



**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ  
НАСЛЕДИЕ А. И. ПУПОНИНА —  
ОСНОВА РАЗРАБОТКИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ  
СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**КОЛЛЕКТИВНАЯ МОНОГРАФИЯ**

**К 85-летию со дня рождения  
академика РАСХН  
Анатолия Ивановича Пупонина**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ВЕРХНЕВОЛЖСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»  
(ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»)**

**Научно-практическое наследие А. И. Пупонина –  
основа разработки и совершенствования  
адаптивно-ландшафтных систем земледелия**

*Коллективная монография*

***К 85-летию со дня рождения академика РАСХН  
Анатолия Ивановича Пупонина***

Суздаль-Иваново  
ПресСто  
2025

УДК 631.58(08)

ББК 41.41

Н 34

Под общей редакцией:

канд. с.-х. наук Игоря Анатольевича Заверткина;

канд. биол. наук Ивана Михайловича Щукина

Рецензенты:

иностран. чл.-кор. РАН, д-р с.х. наук Л. А. Гафурова;

д-р с.-х. наук Ш. Т. Халикулов;

канд. биол. наук А. О. Рагимов

Ответственные за выпуск:

Викулина Е. В., ученый секретарь ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»,  
Воронов М. А., ассистент кафедры земледелия ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА  
им. К. А. Тимирязева

Н-34 Научно-практическое наследие А. И. Пупониной – основа разработки и совершенствования адаптивно-ландшафтных систем земледелия. К 85-летию со дня рождения академика РАСХН Анатолия Ивановича Пупониной : коллективная монография / Федер. гос. бюджет. науч. учреждение «Верхневолжский аграрный научный центр» / отв. за вып. Е. В. Викулина, М. А. Воронов. – Суздаль-Иваново : ПресСто, 2025. – 400 с.

ISBN 978-5-6054897-2-6

DOI 10.51961/978-5-6054897-2-6

Представленные в монографии научные труды посвящены вопросам разработки современных адаптивно-ландшафтных систем земледелия, научно-обоснованного природопользования отдельных звеньев систем земледелия в различных почвенно-климатических зонах России и стран СНГ, изучения систем экологического и биологического земледелия и оценки их вклада в формирование высокопродуктивных экологически устойчивых агробиоценозов; оценки эффективности технологий точного земледелия. В работах рассмотрено влияние различных по способу и интенсивности систем обработки почвы на оптимизацию агрохимических, агрофизических и биологических показателей плодородия почв в эпоху глобального изменения климата. Коллективная монография включает работы ведущих специалистов России и стран СНГ, представленные в авторской редакции, а также работы молодых ученых в разделе «Наука – молодым».

УДК 631.58(08)

ББК 41.41

ISBN 978-5-6054897-2-6



9

785605 489726

© Текст. ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», 2025

© Макет, верстка, обложка. ООО «ПресСто», 2025

Feci quod potui, faciant meliora potentes –  
Я сделал, что мог; кто может –  
пусть сделает лучше

## **ПУПОНИН АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ**



**85 ЛЕТ  
СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ**

## ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЖИЗНИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОФЕССОРА, АКАДЕМИКА РАСХН А. И. ПУПОНИНА

**Н. С. Матюк, М. А. Мазиров, Р. Р. Усманов**

ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА  
имени К. А. Тимирязева  
127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49  
E-mail: nmatyuk@rgau-msha.ru

***Аннотация.** Статья посвящена 85-летию со дня рождения академика РАСХН, ректора МСХА имени К. А. Тимирязева, заведующего кафедрой земледелия и методики опытного дела, профессора А. И. Пупонина, внесшего крупный вклад в сельскохозяйственную науку и образование, управление сельскохозяйственным производством, подготовку кадров высшей квалификации.*

***Summary.** The article is dedicated to the 85th anniversary of the birth of Academician of the Russian Academy of Agricultural Sciences, Rector of the K. A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy, Head of the Department of Agriculture and Experimental Methods, Professor A. I. Puponin, who made a major contribution to agricultural science and education, agricultural production management, and training of highly qualified personnel.*



**18.03.1940 – 09.05.2000**



**К 85-ЛЕТИЮ  
СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ  
АКАДЕМИКА  
А. И. ПУПОНИНА**

А. И. Пупонин – профессор, доктор сельскохозяйственных наук, ректор МСХА им. К. А. Тимирязева (ныне РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева) (1992 – 2000 гг.), действительный член Российской академии сельскохозяйственных наук (с 1992 г.), Председатель экс-

пертного совета ВАК (1979 – 1984 гг.), заместитель министра сельского хозяйства и продовольствия России (1991 – 1994 гг.), член Президиума РАСХН (1992 – 2000 гг.).

Пупонин Анатолий Иванович – известный ученый в области земледелия, выдающийся организатор аграрной науки и образования, внес крупный вклад в сельскохозяйственную науку и аграрное образование, управление сельскохозяйственным производством, подготовку кадров высшей квалификации.

А. И. Пупонин родился 18 марта 1940 года в поселке Змиёвка Орловской области. Здесь же в 1957 году окончил среднюю школу с серебряной медалью и начал трудовую деятельность слесарем Змиёвской машинно-тракторной станции.



*Анатолий Пупонин – выпускник Змиёвской средней школы, 1957 г.*

Отец Анатолия – офицер, ветеран Великой Отечественной войны активно участвовал в восстановлении сельского хозяйства, работал председателем колхоза и прививал своему сыну любовь и уважение к сельскохозяйственному труду. Поэтому выбор высшего учебного заведения был предопределен – в 1958 году он поступил в Московскую сельскохозяйственную академию имени К. А. Тимирязева, которую окончил в 1963 году. В дальнейшем Анатолий два года служил в рядах вооруженных сил в группе Советских войск в Германии, где показал отличные успехи в боевой и политической подготовке.

Еще в студенческие годы Анатолий Иванович проявлял особый интерес к изучению воздействия сельскохозяйственной техники на агрофизические показатели плодородия почв. Поэтому в 1966 году он поступает в аспирантуру Московского института инженеров сельскохозяйственного производства, где под руководством академика В. Н. Степанова своевременно выполнил и с блеском защитил в 1969 году диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук.



*Коллектив кафедры земледелия и методики опытного дела во главе с заведующим кафедрой, профессором Б. А. Доспеховым, 1972 г.*

После успешной защиты кандидатской диссертации молодой ученый возвращается в «родные пенаты», и с 1969 года вся последующая научно-педагогическая, общественная и административная деятельность Анатолия Ивановича Пупонина будет неразрывно связана с Московской сельскохозяйственной академией имени К. А. Тимирязева и, прежде всего, с кафедрой земледелия и методики опытного дела.

А. И. Пупонин более 30 лет отдал работе в Московской сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева. Здесь он прошел славный путь от научного сотрудника, старшего преподавателя, доцента, профессора кафедры земледелия и методики опытного дела до ректора ведущего аграрного вуза России. В этот период в Тимирязевке проводилась активная и напряженная работа по укреплению и совершенствованию материально-технической базы академии: образовывались новые филиалы, учхозы, шло интенсивное строительство и подготовка к московской олимпиаде. Все это проходило при непосредственном участии партийной организации академии, которую с 1978 по 1981 год возглавлял А. И. Пупонин.

В течение длительного времени А. И. Пупонин работал председателем Координационного совета РАСХН по обработке почвы. При участии более 50 НИИ и вузов страны были разработаны и внедрены в производство высокоэффективные приемы минимализации, обеспечивающие почвозащиту и ресурсосбережение применительно к различным уровням интенсификации путем применения усовершенствованных комбинированных агрегатов и модульно-блочных комплексов, обеспечивающих широкое внедрение малоэнергоемких приемов обработки почвы: полосной, мульчирующей, прямого посева.

В период работы проректором по научной работе с 1981 по 1991 годы проявился организаторский талант А. И. Пупонина при создании экспериментальной базы по разработке интенсивных систем земледелия и животноводства в учхозе «Михайловское». Под его руководством была организована и оснащена научно-исследовательская лаборатория по разработке и внедрению в производство научно-обоснованных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, которые явились основой разработки систем ведения хозяйств в Центральных регионах России. Особое внимание уделялось укреплению опытных станций и лабораторий, оснащению их приборами и оборудованием, проведению фундаментальных и прикладных научных исследований в академии.



*Доклад председателя Координационного совета ВАСХНИЛ по обработке почвы  
А. И. Пупонина об итогах работы Совета, 1978 г.*



*Совещание с известными учеными академии после вступления  
в должность проректора по научной работе, 1981 г.*

В 1986 году Анатолий Иванович успешно защитил в форме научного доклада диссертацию на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по теме «Научные и практические основы совершенствования обработки почвы в интенсивном земледелии Центрального района Нечерноземной зоны».



В разные годы Анатолий Иванович заведовал кафедрой земледелия и методики опытного дела.

Научные работы А. И. Пупонина отличаются глубиной анализа, широтой обобщения и большой практической значимостью. Анатолий Иванович одним из первых в стране разработал концепцию ресурсосберегающих почвозащитных технологий обработки почвы. Под его руководством и при непосредственном участии выполнен большой комплекс актуальных исследований по разработке и обоснованию приемов минимализации обработки и снижения переуплотнения почвы. В значительной мере это стало возможным благодаря его тесному сотрудничеству с учеными страны и ведущими конструкторами почвообрабатывающих орудий и агрегатов.

Он стоял у истоков разработки и освоения почвозащитного земледелия в Нечерноземной зоне Российской Федерации. Разработанные академиком РАСХН А. И. Пупониным системы научно-обоснованного экологического и биологического земледелия, устойчивого развития экологически сбалансированного природопользования позволили перейти к ресурсосберегающим агротехнологиям, технологиям точного земледелия. Точное земледелие как высшая ступень интенсификации агрономии берет свое начало от теории и практики зональных адаптивно-ландшафтных систем земледелия, разработанных ведущими учеными кафедры земледелия и методики опытного дела.

Будучи проректором по научной работе, Анатолий Иванович большое внимание уделял подготовке студентов-дипломников и аспирантов кафедры земледелия и методики опытного дела. В отдельные годы под его руководством защищалось до 3 аспирантов, им создана научная школа, подготовлено более 16 кандидатов и 5 докторов наук. Его ученики стали директорами институтов, ведущими сотрудниками Минсельхоза России, известными профессорами аграрных вузов, крупными специалистами в разных сферах деятельности.

Профессором А. И. Пупониным опубликовано более 150 научных и учебно-методических работ, некоторые из них переведены на иностранные языки. Результаты экспериментальных исследований обобщены в виде монографий, статей, вошли в учебники и учебные пособия, рекомендации Министерства сельского хозяйства, РАСХН и внедрены в сельскохозяйственное производство.

Под редакцией А. И. Пупонина и в соавторстве впервые изданы учебники для студентов сельскохозяйственных вузов (Зональные системы земледелия. – Москва: Колос, 1995; Управление сорным компонентом агрофитоценоза в системах земледелия. – Москва: Изд-во МСХА, 1998; Земледелие. – Москва: Колос, 2000).

За совокупность трудов по проблеме «Научные основы земледелия в Нечерноземной зоне» он удостоен первой премии им. В. Р. Вильямса. За монографию «Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны» (Москва: Колос, 1984. – 184 с.) ему присуждена III премия Минвуза СССР (1986 г.).

В 1991 году Постановлением Правительства Российской Федерации А. И. Пупонин назначен заместителем министра сельского хозяйства и продовольствия.

В 1992 году за большие заслуги в научной деятельности Анатолий Иванович Пупонин избирается действительным членом Российской академии сельскохозяйственных наук (РАСХН).

25 декабря 1992 года А. И. Пупонин на альтернативной основе был избран ректором МСХА им. К. А. Тимирязева. Он стал первым в истории старейшего сельскохозяйственного вуза ректором, избранным коллективом, а не назначенным сверху. Следует отметить, что на его период ректорства выпало тяжелое время – лихие 90-е годы, связанные с развалом СССР, когда на глазах распадалась прежняя вертикальная и горизонтальная системы управления производственными, научными и учебными организациями, каждый день приносил большие

перемены и неопределенность. Все решения приходилось принимать самостоятельно и на ходу, что и делал Анатолий Иванович. И в самых тяжелых ситуациях, когда, казалось бы, уже нет выхода, он находил решения в пользу коллектива. Сотрудники и преподаватели многих вузов получали заработную плату не вовремя, с большой задержкой, в то время как в академии никогда не было задержек с выплатой зарплаты.



*В должности ректора МСХА им. К. А. Тимирязева 1992 – 2000 г.*

*Трудные годы переходного периода требуют обдуманного и взвешенного решения вопросов*

Высокие организаторские способности А. И. Пупонина, природный демократический стиль руководства позволили ему в сложные годы сохранить научный и педагогический потенциал Тимирязевки, статус старейшего сельскохозяйственного учебного заведения страны, стабилизировать финансово-экономическое положение академии, укрепить сотрудничество с зарубежными университетами по линии совершенствования образовательных технологий и выполнения совместных научных программ.

При руководстве А. И. Пупонина академия стала выходить из кризиса, увеличилась численность поступающих на ведущие специальности, сократился отток опытных преподавателей. Был построен жилой дом для профессорско-преподавательского состава и начато новое строительство.

Не прибегая к методам жесткого администрирования, он умел заряжать энергией и направлять подчиненных на быструю и качественную работу. Такие качества на посту руководителя, как высокая ответственность, коммуникабельность, справедливость, отзывчивость, требовательность и вместе с тем доброжелательность и доступность снискали А. И. Пупонину уважение многотысячного коллектива, и в апреле 1998 года он был переизбран ректором на следующий пятилетний срок.

Существенный вклад А. И. Пупонин внес в совершенствование учебного процесса и подготовку кадров высшей квалификации. Под руководством профессора А. И. Пупонина была создана Межрегиональная ассоциация «Агрообразование», объединяющая все аграрные вузы, средние специальные учреждения, институты повышения квалификации.

Являясь Президентом Межрегиональной ассоциации «Агрообразование», академик РАСХН А. И. Пупонин активно проводил организационно-методическую работу по развитию и совершенствованию высшего и среднего специального сельскохозяйственного образования в России и странах СНГ, укреплению и дальнейшему углублению связей академии с другими сельскохозяйственными вузами, в том числе и зарубежными.



*Ректор проф. А. И. Пупонин и министр сельского хозяйства России А. В. Гордеев приветствуют и напутствуют первокурсников, 01.09.1999*

Анатолий Иванович был неординарной личностью, в нем чувствовалась внутренняя сила, неиссякаемая энергия. Он был немногословен, нотаций не читал, его юмор был веселым, острым и всегда доброжелательным. Он был требователен к себе, своим подчиненным, любил пунктуальность и дисциплину. Он отдавался любому делу сполна. Неординарность проявлялась и в особенностях его увлечений: шахматы, охота, рыбалка, любовь к поэзии Серебряного века. Любимые стихи Мандельштама, Цветаевой и Ахматовой он знал наизусть.

За достижения в научно-педагогической, производственной и общественной деятельности А. И. Пупонин отмечен двумя правительственными наградами: орденом «Знак Почета», медалью «850-летия Москвы», а также почетными грамотами Минсельхоза, ВАСХНИЛ и РАСХН.

Профессор А. И. Пупонин скоропостижно умер 9 мая 2000 г. и похоронен на Головинском кладбище г. Москвы.

Отмечая юбилей А. И. Пупонина – 85 лет со дня его рождения, коллектив университета РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, институт агробиотехнологии, кафедра земледелия и методики опытного дела сохраняют в сердцах и памяти теплые воспоминания о выдающемся ученом, талантливом педагоге, отзывчивом, справедливом и добром руководителе, общественном деятеле, отдавшем все свои силы беззаветному служению Родине, делу развития сельскохозяйственного образования.

Сделанное Анатолием Ивановичем, как показало время, не забыто. Он занял достойное место в плеяде выдающихся ученых нашего университета, и память о нем всегда будет дорога его ученикам, друзьям и коллегам.

# НАУЧНЫЙ ВКЛАД АКАДЕМИКА А. И. ПУПОНИНА В РАЗРАБОТКУ ОСНОВНЫХ ЗВЕНЬЕВ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Н. С. Матюк, И. А. Заверткин, Р. Р. Усманов

ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет –

МСХА имени К. А. Тимирязева

127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: nmatyuk@rgau-msha.ru

**Аннотация.** В работе рассматриваются методологические и методические подходы к разработке основных звеньев АЛСЗ, базирующихся на идеях почвозащитных ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих устойчивость равнинных и эрозионных агроландшафтов при высокой продуктивности полевых культур в ЦРНЗ, в связи с 85-летием со дня рождения Академика РАСХН ректора МСХА, заведующего кафедрой земледелия и методики опытного дела профессора А. И. Пупонина.

**Annotation.** The paper considers methodological and methodological approaches to the development of the main elements of the ALAZ, based on the ideas of soil-protective resource-saving technologies that ensure the stability of lowland and erosive agrolandscapes with high productivity of field crops in the CRNZ in connection with the 85th anniversary of the birth The Academician of RAAS, Rector of the MSHA, Head of the Department of Agriculture and Experimental Methods, Professor A. I. Puponin.

Член-корреспондент РАСХН проф. Б. А. Доспехов и продолжатель его идей академик РАСХН проф. А. И. Пупонин реализацию основных принципов разработки и внедрения отдельных звеньев АЛСЗ видели в закладке и проведении многолетних многофакторных полевых опытов, которые обеспечивали достоверные данные и критерии их вклада в формирование высокопродуктивных агробиоценозов. На протяжении более 40 лет в опытах, заложенных в учхозе «Михайловское», решались важные задачи, а именно:

- оценка приемов окультуривания и создание мощного хорошо окультуренного пахотного слоя дерново-подзолистых почв;
- переуплотнение пахотных почв и минимализация обработки почвы, обеспечивающая значительную экономию времени и энергетических ресурсов;
- определение долевого участия отдельных звеньев систем земледелия в формировании продуктивности севооборотов различной специализации.

**Приемы окультуривания и создание мощного высокоокультуренного пахотного слоя.** В многолетнем многофакторном стационарном опыте установлена роль систем обработки почвы и удобрений разной степени интенсивности в изменении плодородия дерново-подзолистой почвы, а также в накоплении, распределении и скорости минерализации растительных остатков культур зернопропашного севооборота. Доказано, что возрастающие дозы минеральных и органических удобрений приводят к большему накоплению растительных остатков (30 – 40 %) по сравнению с вариантами без удобрения, а замена вспашки приемами безотвальной разнотравной обработки – к их сосредоточению в верхней (0 – 10 см) части корнеобитаемого слоя. Сохранение и повышение плодородия почвы, а также оптимизация



питательного режима достигаются за счет применения органических и минеральных удобрений и широкого использования минимальных ресурсосберегающих систем обработки почвы. Важная роль при этом отводится способу, глубине и интенсивности перемешивания почвы, определяющим скорость минерализации органических веществ и позиционную доступность элементов питания (Лыков А. М., 2003; Доспехов Б. А., 2007).

Независимо от интенсивности и характера воздействия почвообрабатывающих орудий на почву, функции обработки в адаптивно-ландшафтном земледелии сохраняются как фактор оптимизации агрофизических параметров плодородия, изменения содержания и доступности элементов питания и стабилизации содержания органического вещества (Пупонин А. И., 2010; Матюк Н. С., 2012).

Исследования проводились в трехфакторном стационарном полевом опыте, заложенном в 1969 г. проф. Б. А. Доспеховым и впоследствии продолженным академиком А. И. Пупониным методом расщепленных делянок в трехкратной повторности.

Схема опыта включала 9 вариантов обработки и 7 фонов питания разной интенсивности, из которых наибольший интерес представляют следующие:

1. *Отвальная* – ежегодная вспашка на 20 – 22 см, предпосевная обработка на 6 – 8 см, контроль.

2. *Минимальная* ресурсосберегающая – ежегодное дискование на 10 – 12 см, предпосевное фрезерование на 6 – 8 см.

3. *Интенсивная глубокая* – трехъярусная вспашка на 38 – 40 см под однолетние травы и картофель, дискование на 10 – 12 см под зерновые, предпосевное фрезерование на 6 – 8 см.

Данные системы обработок исследовались на разных фонах питания: без удобрений (контроль), минеральная система удобрений ( $N_{60}P_{60}K_{90}$ ), органо-минеральная ( $N_{60}P_{60}K_{90} + 2,8$  т/га соломы и  $N_{60}P_{60}K_{90} + 14$  т/га навоза ежегодно).

Исследованиями установлено, что минеральные и органические удобрения, повышая урожайность полевых культур, увеличивают биомассу пожнивных и корневых остатков, содержание в них азота и зольных элементов и тем самым улучшают свойства и повышают плодородие почвы (Савоськина О. А., 2012).

При снижении уровня обеспеченности сельскохозяйственного производства органическими и минеральными удобрениями плодородие почвы тесно связано с замедлением темпов минерализации растительных остатков и побочной продукции, оставляемой на полях после уборки полевых культур за счет применения ресурсосберегающих систем обработки почвы.

Исследования кафедры земледелия и методики опытного дела РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева показали, что различная глубина заделки и степень перемешивания удобрений с обрабатываемыми слоями почвы (рис. 1) сопровождалась неодинаковой позиционной доступностью минеральных удобрений и темпами минерализации органических компонентов, что оказало заметное влияние на накопление гумуса и элементов питания, а также на их распределение по слоям корнеобитаемой зоны. (Доспехов Б. А., Кирюшин Б. Д., 1975; Платонов И. Г., 2010).

Применение в течение более 40 лет разных по способу, интенсивности и глубине систем обработки в сочетании с разными формами и дозами минеральных и органических удобрений привело к дифференциации слоя почвы 0 – 30 см на разные по накоплению и распределению гумуса, подвижных фосфатов и обменного калия части.

Способы и глубина обработки также определяли распределение гумуса по горизонтам корнеобитаемого слоя. Наиболее высокое содержание гумуса в слое 0 – 10 см в среднем по всем системам удобрений отмечено при минимальной ресурсосберегающей (2,15 %) и сочетании ее с периодической трехъярусной вспашкой (1,96 %) при содержании на контроле 1,91 %. Солома и навоз примерно одинаково влияют на содержание гумуса в пахотном слое в вариантах отвальной и глубокой обработки, а при минимальной – преимущество оставалось

за навозом. При использовании соломы в этом варианте содержание гумуса составило 2,08 %, а при использовании навоза его в пахотном слое содержалось уже 2,90 %. Это связано, по-видимому, с более высокой степенью минерализации и большим количеством органических остатков, поступающих в почву за ротацию (табл. 1).

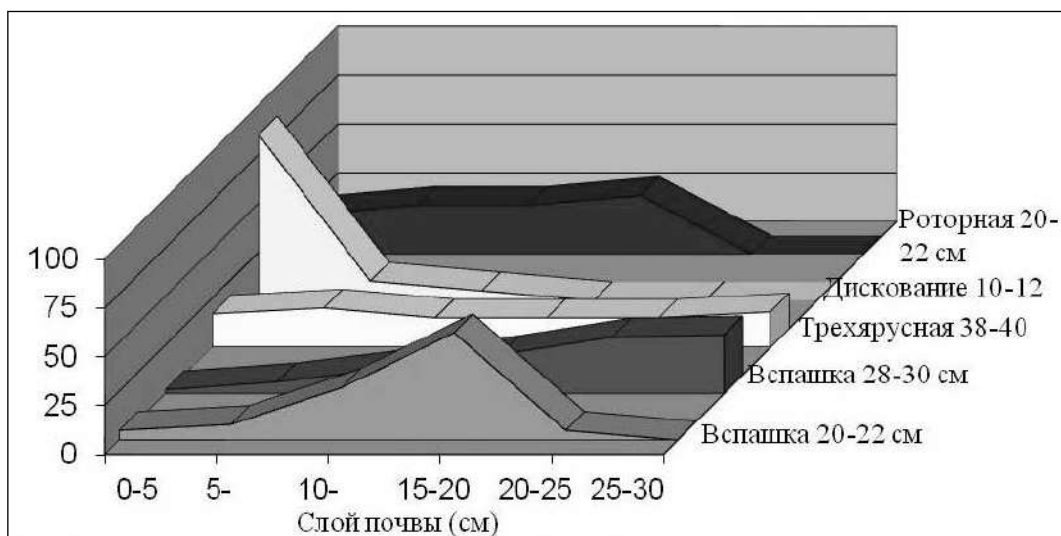


Рис. 1. Распределение минеральных удобрений по слоям в зависимости от приема обработки, в % от дозы

Таблица 1. Влияние обработки и удобрений на содержание гумуса, %

| Система обработки почвы        | Слой почвы, см | Без удобрений | 2NPK | 2NPK + C | 2NPK + H | В среднем по обработке |
|--------------------------------|----------------|---------------|------|----------|----------|------------------------|
| Отвальная, контроль            | 0 – 10         | 1,56          | 1,85 | 2,03     | 2,21     | 1,91                   |
|                                | 10-20          | 1,35          | 1,69 | 1,97     | 1,96     | 1,74                   |
|                                | 20 – 30        | 1,03          | 1,18 | 1,23     | 1,21     | 1,16                   |
| Минимальная ресурсосберегающая | 0 – 10         | 1,87          | 1,84 | 2,06     | 3,04     | 2,15                   |
|                                | 10 – 20        | 1,47          | 1,60 | 2,10     | 2,76     | 1,98                   |
|                                | 20 – 30        | 1,04          | 1,27 | 1,04     | 1,21     | 1,14                   |
| Интенсивная глубокая           | 0 – 10         | 1,73          | 2,01 | 2,04     | 2,08     | 1,96                   |
|                                | 10 – 20        | 1,43          | 1,94 | 2,10     | 2,04     | 1,88                   |
|                                | 20 – 30        | 1,38          | 1,75 | 1,85     | 1,72     | 1,68                   |

Важным показателем окультуренности дерново-подзолистой почвы является уровень обеспеченности ее подвижными фосфатами и обменным калием. Распределение минеральных удобрений при различных обработках почвы не одинаково, что сказывается в дальнейшем на накоплении элементов питания в почве и интенсивности их использования растениями.

Внесение и заделка минеральных удобрений, а также минеральных в сочетании с соломой или навозом в слой 0 – 12 см дисковыми орудиями с последующим предпосевным фрезерованием на глубину 6 – 8 см привело на 40 год после закладки опыта к увеличению содержания подвижного фосфора в слое 0 – 10 см в среднем за ротацию севооборота в 1,8 раза по сравнению с аналогичным слоем контроля. В подпахотном слое 20 – 30 см в вариантах минимальной обработки различия были еще заметнее и составили 84 мг/кг почвы. При ежегодной вспашке на глубину 20 – 22 см распределение подвижного фосфора по частям корнеобитаемого слоя было более выровненным, а при сочетании периодической (2 раза за ротацию) трехъярусной вспаш-

ки на глубину 38 – 40 см с дискованием – аккумулятивным в поверхностном слое 0 – 10 см. Если содержание фосфора на контроле в слое 0 – 10 см принять за 100 %, то в слоях 10 – 20 и 20 – 30 см при отвальной обработке содержание составит 106 и 94 %, а при интенсивной глубокой – 114 % в слое 0 – 10 см, 82 – в слое 10 – 20 см и 77 % – в слое 20 – 30 см.

Разные системы обработки почвы на удобренной почве существенно не изменяют содержание подвижного фосфора по частям корнеобитаемого слоя, а в пахотном горизонте за счет растительных остатков оно увеличивается с 30 до 47 мг/кг почвы.

Изучение динамики содержания подвижного фосфора в слое 0 – 30 см за ротацию зернопропашного севооборота показало, что в вариантах без удобрений его количество при возделывании полевых культур коррелировало с количеством растительных остатков, поступивших в почву от предшественника, и приемами их заделки. В конце шестой ротации севооборота содержание подвижного фосфора в вариантах отвальной обработки возросло в 1,5 раза, минимальной – в 1,8 и интенсивной глубокой – в 1,4 раза по сравнению с исходным состоянием (1969 г.). Преимущество в накоплении  $P_2O_5$  остается за минимальной обработкой как при внесении минеральных удобрений, так и их сочетании с навозом. При заделке соломы наиболее эффективной была ежегодная вспашка на глубину 20 – 22 см, ускоряющая минерализацию растительных остатков.

При внесении минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  действующего вещества в год за 40-летний период содержание подвижного  $P_2O_5$  в 0 – 30 см слое дерново-подзолистой почвы увеличилось в 6,6 раза, при сочетании данной дозы с внесением 2,8 т/га соломы в год – в 7,8 раза, а при совместном применении указанной дозы с ежегодным внесением 14,3 т/га навоза – в 9,0 раза по сравнению с исходным его содержанием (табл. 2).

*Таблица 2. Содержание  $P_2O_5$  в дерново-подзолистой почве при разных системах ее обработки и удобрения, мг/кг почвы*

| Система обработки почвы         | Слой почвы, см | Содержание, 1969 г. | В конце седьмой ротации |     |         |         | В среднем по обработке |
|---------------------------------|----------------|---------------------|-------------------------|-----|---------|---------|------------------------|
|                                 |                |                     | Без удобрений           | NPK | NPK + С | NPK + Н |                        |
| Отвальная, контроль             | 0 – 10         | 28                  | 43                      | 190 | 220     | 269     | 180                    |
|                                 | 10 – 20        | 26                  | 37                      | 194 | 240     | 289     | 190                    |
|                                 | 20 – 30        | 24                  | 38                      | 167 | 200     | 270     | 169                    |
| Минимальная, ресурсосберегающая | 0 – 10         | 30                  | 60                      | 362 | 390     | 460     | 318                    |
|                                 | 10 – 20        | 27                  | 46                      | 172 | 190     | 212     | 155                    |
|                                 | 20 – 30        | 30                  | 52                      | 86  | 96      | 106     | 85                     |
| Интенсивная, глубокая           | 0 – 10         | 34                  | 53                      | 227 | 250     | 290     | 205                    |
|                                 | 10 – 20        | 32                  | 44                      | 154 | 180     | 213     | 148                    |
|                                 | 20 – 30        | 31                  | 41                      | 135 | 170     | 205     | 138                    |

Оценка эффективности влияния различных по интенсивности систем обработки почвы в зернопропашном севообороте показала, что наиболее аккумулятивным эффектом в увеличении запасов калия обладает ежегодная вспашка на глубину 20 – 22 см, где они возросли к концу ротации с 719 до 1028 кг/га (42,9 %), и сочетание глубокой трехъярусной вспашки с поверхностной обработкой (18,7 %), а менее эффективной – минимальная ресурсосберегающая, где их содержание увеличилось лишь с 838 до 870 кг/га (3,8 %).

Способы, глубина и периодичность различных приемов основной обработки оказывают регулирующее воздействие не только на содержание обменного калия в корнеобитаемом слое, но и на различное распределение по его частям. Системы отвальной и интенсивной глу-

бокой обработки обуславливают более гомогенное распределение калия по пахотному слою, а минимальные приводят к резкой дифференциации по этому показателю (табл. 3).

Таблица 3. Содержание  $K_2O$  в дерново-подзолистой почве при разных по интенсивности системах обработки и удобрений, мг/кг почвы

| Система обработки почвы         | Слой почвы, см | Исходное содержание, 1969 г. | В конце седьмой ротации. |     |         |         | В среднем по обработке почвы |
|---------------------------------|----------------|------------------------------|--------------------------|-----|---------|---------|------------------------------|
|                                 |                |                              | Без удобрений            | NPK | NPK + С | NPK + Н |                              |
| Отвальная, контроль             | 0 – 10         | 105                          | 59                       | 193 | 265     | 259     | 220                          |
|                                 | 10 – 20        | 95                           | 63                       | 196 | 270     | 280     | 226                          |
|                                 | 20 – 30        | 95                           | 60                       | 184 | 210     | 228     | 194                          |
| Минимальная, ресурсосберегающая | 0 – 10         | 103                          | 74                       | 298 | 520     | 542     | 384                          |
|                                 | 10 – 20        | 83                           | 46                       | 128 | 229     | 259     | 186                          |
|                                 | 20 – 30        | 83                           | 43                       | 67  | 105     | 96      | 98                           |
| Интенсивная, глубокая           | 0 – 10         | 98                           | 66                       | 224 | 259     | 266     | 228                          |
|                                 | 10 – 20        | 94                           | 64                       | 159 | 183     | 206     | 176                          |
|                                 | 20 – 30        | 96                           | 66                       | 148 | 155     | 184     | 162                          |

Если содержание калия в слое 0 – 10 см принять за 100 %, то в слое 10 – 20 см при отвальной обработке его количество составит 102 %, а в слое 20 – 30 см – 88 %, при интенсивной глубокой – 77 и 71 % соответственно. В варианте минимальной обработки содержание калия в слое 0 – 10 см составляет лишь 17 %, в слое 10 – 20 см – 48 %, а в слое 20 – 30 см – всего 26 %. Следовательно, позиционная доступность калия, особенно в начальные периоды роста и развития растений, в этом случае наиболее высокая, что особенно важно при возделывании озимых зерновых.

Длительное применение более 40 лет разных систем механической обработки дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы и удобрений на простое и расширенное воспроизводство при периодическом известковании повышает уровень потенциального и эффективного плодородия почвы. При этом системы минимальной обработки почвы приводят к формированию гетерогенного распределения элементов питания и гумуса в корнеобитаемом слое с более высоким уровнем доступных форм в верхней (0 – 10 см) части пахотного слоя. Повышение концентрации элементов питания в посевном слое обеспечивает стартовый эффект роста и развития возделываемых культур.

Применение периодической глубокой (38 – 40 см) трехъярусной вспашки способствует созданию сравнительно выровненного по содержанию подвижных форм макроэлементов пахотного и ускорению окультуривания подпахотных слоев дерново-подзолистых почв.

**Накопление остаточных деформаций в пахотном и подпахотном слоях почвы и пути их снижения.** Современные технологии возделывания полевых культур предусматривают многократные проходы по полю тракторов, почвообрабатывающих и посевных агрегатов, комплексов техники для уборки и вывоза продукции. Только ходовые системы тракторов в период предпосевных обработок и сева покрывают следами от 30 до 80 % площади поля. Отдельные участки подвергаются 3 – 9-кратному воздействию движителей (табл. 3).

Широкое применение полевой техники нового поколения, масса которой возросла в несколько раз, привело к росту уплотняющих нагрузок на движители, что обусловило ухудшение свойств и режимов почв и снижение урожайности на уплотненной части поля как в год приложения динамической нагрузки (снижение эффективного плодородия), так и в последствии (снижение потенциального плодородия) за счет аккумуляции остаточной деформации в пахотном и подпахотном слое.

Таблица 4. Изменение плотности дерново-подзолистой почвы ( $\text{г/см}^3$ ) в пахотном слое и площадь уплотнения (%) при выполнении агротехнических приемов

| Технологические приемы                                  | Состав агрегата   | Влажность, % | Площадь уплотнения, % | Прирост плотности в колее МТА, $\text{г/см}^3$ |
|---------------------------------------------------------|-------------------|--------------|-----------------------|------------------------------------------------|
| 1. Ранневесеннее боронование зяби                       | ДТ-75 + СП-11     | 23,8         | 7,6                   | 0,09                                           |
| 2. Внесение минеральных удобрений                       | МТЗ-82 + РМГ-4    | 21,8         | 9,0                   | 0,29                                           |
|                                                         | Т-150К + МБУ-8    | 21,8         | 11,6                  | 0,35                                           |
| 3. Дисковая обработка                                   | МТЗ-80 + БДН-3    | 21,0         | 24,0                  | 0,06                                           |
|                                                         | Т-150К + БДТ-3    | 21,0         | 32,7                  | 0,12                                           |
| 4. Предпосевная культивация                             | МТЗ-80 + КПН-4    | 19,6         | 24,0                  | 0,04                                           |
| 5. Предпосевная обработка с выравниванием и уплотнением | Т-150К + МБК-5,6  | 19,8         | 17,1                  | 0,06                                           |
| 6. Выравнивание и уплотнение                            | Т-150К + РВК-3,6  | 19,4         | 29,4                  | 0,13                                           |
| 7. Посев                                                | МТЗ-80 + СЗТ-3,6  | 19,0         | 21,2                  | 0,07                                           |
|                                                         | ДТ-75 + СЗ-3,6    | 19,0         | 7,6                   | 0,05                                           |
| 8. Ранневесенняя подкормка озимых                       | МТЗ-80 + 1РМГ-4   | 19,0         | 9,0                   | 0,10                                           |
| 9. Обработка посевов гербицидами                        | МТЗ-80 + ОПШ-15   | 18,6         | 4,8                   | 0,09                                           |
| 10. Уборка силосных                                     | Е-281             | 18,0         | 28,0                  | 0,15                                           |
| 11. Уборка зерновых                                     | Дон 1500          | 18,6         | 28,2                  | 0,12                                           |
| 12. Междурядные обработки пропашных                     | МТЗ-80 + КОН-2,8М | 17 – 20      | 25,7                  | 0,05                                           |
| 13. Внесение органических удобрений                     | МТЗ-80 + РОУ-6    | 17 – 22      | 25,3                  | 0,18                                           |
|                                                         | Т-150К + РОУ-10   | 17 – 22      | 19,6                  | 0,32                                           |
| 14. Вывоз продукции                                     | МТЗ-80 + 2ПТС-4   | 16 – 23      | 18,0 – 25,7           | 0,17                                           |
|                                                         | ГАЗ-53Б           |              | 30,0 – 42,9           | 0,12                                           |
| 15. Внесение минеральных удобрений под зябь             | МТЗ-80 + МВУ-6.   | 18 – 23      | 9,0                   | 0,14                                           |
|                                                         | Т-150К + МВУ-8    |              | 11,6                  | 0,22                                           |

Процесс деформации почвы под действием ходовых систем отличается от естественного уплотнения, вызванного гравитационными силами, выпадающими осадками и другими природными факторами. При движении техники по полю почва подвергается не только сжатию (уплотнению), но и сдвигу в разных направлениях. Степень уплотнения почвы изменяется по глубине и зависит от ее физического состояния (твердая или рыхлая, сухая или влажная), механического и структурного состава, рыхлости, степени задернения, содержания органического вещества, а также от динамической нагрузки и характера опорной поверхности, скорости передвижения и числа последовательных проходов машинно-тракторных агрегатов.

Для каждого типа почв существует критический порог уплотнения, при превышении которого способность почв к самовосстановлению свойств до оптимальных значений сильно



ослабевают или утрачиваются. Исследованиями Почвенного института им. В. В. Докучаева установлено, что в качестве норматива предельно допустимой по агротехническим требованиям плотности почв можно принять следующие величины в зависимости от гранулометрического состава: тяжелосуглинистые – 1,25 г/см<sup>3</sup>, среднесуглинистые – 1,30 г/см<sup>3</sup>, легкосуглинистые – 1,40, супесчаные – 1,50 г/см<sup>3</sup>.

Почва сильнее уплотняется при движении трактора и прицепных сельскохозяйственных машин по одному следу. При внесении органических удобрений и обработке посевов гербицидами плотность возрастает на 0,14 – 0,24 г/см<sup>3</sup> до глубины 35 – 55 см, что приводит к изменению соотношения твердой, жидкой и газообразной фаз и параметров водно-воздушного и теплового режимов. С изменением плотности почвы меняются ее общая пористость, соотношение капиллярной и некапиллярной скважности, скорость впитывания и передвижения влаги, интенсивность газообмена между почвой и атмосферой, запасы доступной и недоступной воды, а также сопротивление корням растений и почвообрабатывающим орудиям.

В деформированной движителями машинно-тракторных агрегатов почве изменяется деятельность анаэробных бактерий, замедляются процессы нитрификации, возрастают потери азота и меньше вырабатывается углекислоты. В этих условиях преобладают анаэробные микроорганизмы, уменьшается количество нитрификаторов и целлюлозоразлагающих микроорганизмов, снижается активность инвертазы, глюкозы и уреазы.

С уплотнением в 2 – 3 раза снижается содержание и интенсивность выделения CO<sub>2</sub>, на 20 – 50 % – накопление аммиачного и на 2 – 4 мг на 100 г почвы нитратного азота, замедляется поступление питательных веществ в растения.

Действие и последствие повышенного уплотнения почвы мобильной сельскохозяйственной техникой проявляется длительное время в ухудшении качества полевых работ, возрастании уровня засоренности посевов, снижении темпов роста, развития и накопления органической массы полевыми культурами, что приводит к существенному снижению урожайности (табл. 5).

*Таблица 5. Влияние ходовых систем тракторов на урожайность полевых культур (т/га), среднее за 15 лет*

| Трактор                   | Культуры               |                |           |        | В среднем % к контролю |
|---------------------------|------------------------|----------------|-----------|--------|------------------------|
|                           | Однолетние травы, сено | Озимая пшеница | Картофель | Ячмень |                        |
| Без уплотнения (контроль) | 5,53                   | 4,42           | 28,2      | 3,72   | 100                    |
| МТЗ-82                    | 5,24                   | 4,06           | 27,1      | 3,26   | 94                     |
| ДТ-175 (ХТЗ-150)          | 4,84                   | 4,02           | 26,3      | 3,31   | 91                     |
| Т-150К                    | 4,78                   | 3,75           | 25,0      | 3,14   | 87                     |
| К-701                     | 4,64                   | 3,41           | 23,5      | 2,46   | 78                     |
| НСП <sub>05</sub>         | 0,86                   | 0,94           | 1,35      | 1,12   |                        |

Концепция решения проблемы вредного переуплотняющего воздействия движителей мобильной сельскохозяйственной техники на эффективное и потенциальное плодородие различных типов почв включает инженерно-технические, агротехнические и биологические способы ее устранения в севооборотах разной специализации:

**1. Снижение уровня воздействия машинно-тракторных агрегатов** на почву путем модернизации ходовых систем существующей техники и создание новых почвощающих ходовых систем.

**2. Совершенствование существующих технологических процессов** возделывания растений, обеспечивавших уменьшение числа проходов МТА и транспортных средств по полю, а также разработка принципиально новых технологий.

**3. Дренаж переувлажненных почв;** обработка почв при влажности, соответствующей физической спелости.

**4. Повышение гумусированности почв** путем внесения органических удобрений, соломы, посева пожнивных и сидеральных культур.

**5. Разработка рациональных схем движения** машинно-тракторных агрегатов при выполнении технологических операций по возделыванию и уборке полевых культур (маршрутизация движения МТА).

**6. Разрушение уплотненных подпахотных слоев** почвы почвообрабатывающими орудиями.

В решении проблемы ограничения уровня негативного влияния ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур значительное место отводится техническому направлению, позволяющему:

- **во-первых**, снизить удельное давление существующих движителей;
- **во-вторых**, создать новые, обеспечивающие агротехнически допустимое уплотнение.

Увеличение опорной поверхности колесных движителей полностью не предотвращает вредного уплотняющего их воздействия, а лишь снижает его степень до безопасного уровня, увеличивая в 1,5 – 2 раза площадь следов.

Совершенствование гусеничных ходовых систем идет путем улучшения универсальности движителей за счет увеличения длины опорной поверхности, уменьшения отношения шага расположения катков к шагу гусениц, применения упругих шарниров, создания ленточных гусениц без металлических почвозацепов, пневмо-гусениц, колесно-гусеничного хода, а также транспортных средств на воздушной подушке. Сдвоенные шины по сравнению с одинарными обеспечивают снижение прироста плотности в слое почвы 0 – 30 см в 1,34 раза, а радиальные – в 2,42 раза. Глубина следа составляет 12,2 (одинарные), 8,6 (сдвоенные) и 6,5 см (радиальные) шины. По следу трактора Т-150КШ степень крошения пласта сохраняется такой же, как и вне следа, а удельное сопротивление обработке снизилось в 4,34 раза. Урожай зерновых на делянках с использованием трактора Т-150КШ при посеве увеличивается на 0,21 – 0,34 т/га по сравнению с трактором Т-150К.

Применение гусеничных и пневмогусеничных тракторов при ранневесеннем бороновании зяби, предпосевной обработке почвы и посеве зерновых культур позволяет повысить урожайность ячменя и овса на 6 – 8 и 12 – 16 % соответственно по сравнению с трактором Т-150К (табл. 6).

Учитывая, что основное уплотнение почвы происходит при первом проходе, необходимо комплектовать машинно-тракторные агрегаты так, чтобы колея прицепных машин и орудий совпадала с колеей трактора, которая регулируется у тракторов типа МТЗ. К тракторам Т-150К и К-700 с не регулируемой колеей необходимо по возможности подбирать орудия с такой же колеей.

Снижение отрицательного воздействия движителей мобильной сельскохозяйственной техники на почву и вегетирующие растения может быть достигнуто путем внедрения в практику организационных мероприятий, обеспечивающих ее движение по заранее намеченным маршрутам. При этом большинство технологических приемов по возделыванию полевых культур выполняется при движении тракторов по одним и тем же колеем – заранее определенным и фиксированным.

На всех типах дерново-подзолистых средне- и тяжелосуглинистых почв при предпосевной обработке и посеве сельскохозяйственных культур, а также других операциях при влажности выше 0,7 НВ необходимо в основном применять гусеничные тракторы и максимально

ограничивать использование колесных тракторов, особенно на переувлажненных и слабокультуренных почвах Нечерноземной зоны России.

*Таблица 6. Сравнительная оценка использования серийных и модифицированных движителей современных тракторов при посеве яровых зерновых*

| Трактора      | Тип ходовой системы              | Удельное давление, кПа | Урожайность, % к контролю вне следа* |
|---------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| ДТ-75, Т-150Г | Гусеничный                       | 45 – 52                | 100                                  |
| Т-150К        | Колесный, 4 х 4                  | 120 – 140              | 88                                   |
| Т-150КСШ      | Колесный, 8 х 8                  | 60 – 80                | 92                                   |
| Т-150К «ЛИМ»  | Колесный 4 х 4, широкопрофильные | 70 – 73                | 94                                   |
| Т-150ПГ       | Пневмо-гусеничный                | 33 – 35                | 104                                  |
| К-700         | Колесный, 4 х 4                  | 160 – 180              | 78                                   |
| К-700СШ       | Колесный, 8 х 8                  | 100 – 110              | 88                                   |

*Примечание:* урожайность ячменя вне следа – 3,35 т/га.

Выход в поле агрегатов с колесными тракторами класса 30 и 50 кН для проведения операций предпосевной обработки почвы целесообразно осуществлять, не боясь отрицательных последствий уплотнения, при ее влажности в пахотном слое не более 0,65 НВ. Если работы невозможно провести при оптимальной влажности почвы, необходимо обеспечить рыхление следов тракторов и их заравнивание специально изготовленными рыхлителями или стрельчатыми боролами.

Совмещение технологических операций и приемов по обработке почвы, внесению удобрений и посеву сельскохозяйственных культур в одном рабочем процессе позволяет в 1,6 – 2,5 раза уменьшить число проходов техники по полю, на 36 – 50 % сократить площадь следов и на 8 – 10 % повысить продуктивность севооборотов.

Важным направлением снижения уровня техногенного воздействия на почву является минимизация ее обработки за счет использования безотвальных почвообрабатывающих орудий при малом числе проходов машинно-тракторных агрегатов и неглубоком рыхлении с применением высокоэффективных гербицидов.

Прямой посев, как один из вариантов минимальной обработки, представляет собой технологию с высевом семян возделываемой культуры по стерне или дернине, предварительно обработанной гербицидами, без любой механической обработки почвы.

В технологии прямого посева и использования минимальных приемов обработки на первый план выдвигаются вопросы несущей способности, колееобразования и тягово-сцепных свойств почвы, связанных с состоянием её сложения и структуры.

Стабилизация агрофизических свойств дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в поверхностном слое, при отказе от обработки в интервале оптимальной плотности для зерновых культур, повышает несущую способность и дает возможность проводить агротехнические мероприятия раньше и с меньшей степенью ухудшения его свойств. Более плотный поверхностный слой, поглощая отрицательные воздействия природных и антропогенных факторов, обеспечивает поддержание в более рыхлом состоянии нижележащих частей корнеобитаемого слоя.

Ежегодные многооперационные обработки, разрушая непрочные связи между структурными агрегатами, приводят к переуплотнению слоев почвы ниже глубины обработки, снижают сопротивляемость разрыхленных слоев дождевой и машинной деградации, что ведет к колееобразованию, затрудняет работу МТА в дальнейшем.

Эффективным приемом устранения остаточных деформаций в необрабатываемых слоях почвы является периодическое чизелевание или безотвальное глубокое рыхление. В центральном Нечерноземье наиболее перспективно использование чизелевания в качестве основной обработки после пропашных культур и однолетних трав, перед возделыванием овощных, пропашных и озимых зерновых культур.

Периодичность проведения чизельной обработки в севообороте определяется составом культур и их реакцией на глубокие обработки, почвенными условиями и характером засоренности полей. На почвах с мощным гумусовым горизонтом она проводится через 3 – 4 года, на маломощных почвах с резким ухудшением агрофизических свойств вниз по профилю – через 2 – 3 года. На полях, сильно засоренных корневищными сорняками, чизелевание менее эффективно, чем вспашка (табл. 7).

*Таблица 7. Действие отвальной (числитель) и чизельной (знаменатель) обработки почвы на продуктивность культур зернопропашных севооборотов, т/га*

| Культура севооборота    | Зерновых в севообороте, % |                      |                     | В среднем по культуре | НСР <sub>05</sub> | Прибавка от чизелевания, % |
|-------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|----------------------------|
|                         | 50                        | 60                   | 67                  |                       |                   |                            |
| Однолетние травы (сено) | $\frac{3,57}{3,63}$       | $\frac{5,91}{6,70}$  | $\frac{3,45}{4,64}$ | $\frac{4,31}{4,99}$   | 0,48              | 15,8                       |
| Озимая пшеница          | $\frac{4,46}{4,65}$       | $\frac{3,38}{3,56}$  | $\frac{3,05}{3,46}$ | $\frac{3,63}{3,89}$   | 0,32              | 7,2                        |
| Ячмень                  | $\frac{4,22}{4,30}$       | $\frac{3,38}{3,63}$  | $\frac{3,22}{3,28}$ | $\frac{3,61}{3,74}$   | 0,31              | 3,5                        |
| Картофель               | $\frac{9,39}{11,49}$      | $\frac{22,0}{24,01}$ | $\frac{18,1}{20,0}$ | $\frac{16,5}{18,52}$  | 1,28              | 12,1                       |
| Ячмень                  | –                         | $\frac{3,53}{3,98}$  | $\frac{2,65}{2,76}$ | $\frac{3,09}{3,37}$   | 0,26              | 9,1                        |
| Овес                    | –                         | –                    | $\frac{2,24}{2,74}$ | $\frac{2,24}{2,74}$   | 0,24              | 22,3                       |

В системе обработки почвы под возделываемые культуры чизелевание должно сочетаться со вспашкой и поверхностной обработкой. В этом случае наиболее полно решаются задачи поддержания и повышения эффективного плодородия почвы, создания глубокого корнеобитаемого слоя.

**Удельная значимость звеньев АЛСЗ в формировании высокопродуктивных агробиоценозов.** Комплексное и сбалансированное воздействие на плодородие почвы факторами интенсификации земледелия в целях повышения его продуктивности при экономном расходовании ресурсов вызывает необходимость установления доли участия каждого антропогенного фактора и метеорологических условий конкретного вегетационного периода в формировании урожая сельскохозяйственных культур.

Реальная удельная значимость различных звеньев АЛСЗ в формировании продуктивной части урожая на разных этапах развития сельскохозяйственного производства изменяется.

По расчетам Т. Н. Кулаковской (1982), А. И. Пупониной (1984), долевое участие факторов интенсификации в производстве зерновых культур при урожайности 3,5 – 4,5 т/га составляет:

- **оптимизация почвенных условий**, повышение исходного уровня плодородия (мелиорация, увеличение запасов гумуса и элементов питания) – 28 – 32 %;
- **увеличение доз внесения удобрений** и совершенствование приемов их внесения – 15 – 18 %;
- **совершенствование агротехнических приемов** возделывания сельскохозяйственных культур (способы обработки почвы, чередование культур севооборота, нормы и сроки посева) – 18 – 20 %;
- **внедрение новых** процессов механизации – 11 – 12 %;
- **интегрированная система защиты растений** от болезней, вредителей и сорняков – 8 – 10 %;
- **метеорологические** и погодные условия – 28 – 30 %.

Разработка и освоение ресурсосберегающих агротехнологий предполагает оптимизацию и повышение эффективности использования средств химизации с учетом их экологической безопасности, экономию затрат на обработку почвы, усиление роли сортовых особенностей возделываемых культур. Данные технологии должны обеспечить снижение роли природных факторов при урожайности 6 – 8 т/га к. ед. до 10 – 15 %, интенсивности механической обработки – до 8 – 10 % и увеличение доли удобрений и сорта до 28 – 30 %, а также интегрированной защиты растений до 15 – 20 %.

Статистическая обработка урожайных данных, полученных в течение 20 лет в пятифакторном стационарном опыте кафедры земледелия и методики опытного дела РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, и их многокомпонентный анализ по соотношению доли факторов формирования продуктивности культур к общей сумме квадратов отклонений позволили установить существенные различия в долевом участии изучаемых приемов в формировании продуктивности различных агрофитоценозов.

В среднем за две ротации зерноотравнопропашного севооборота наибольшее долевое влияние оказывали исходный уровень окультуренности почвы (низкий, средний, высокий) – 23,7 % и способы и дозы применения удобрений (органические, минерально-органические и органоминеральные) – 22 %. Существенно меньше влияли системы защиты растений (биологические, интегрированные) – 18,2 %, обработка почвы (отвальная, минимальная, глубокая) – 17,5 и метеорологические условия вегетационных периодов – 14,7 % (рис. 2).

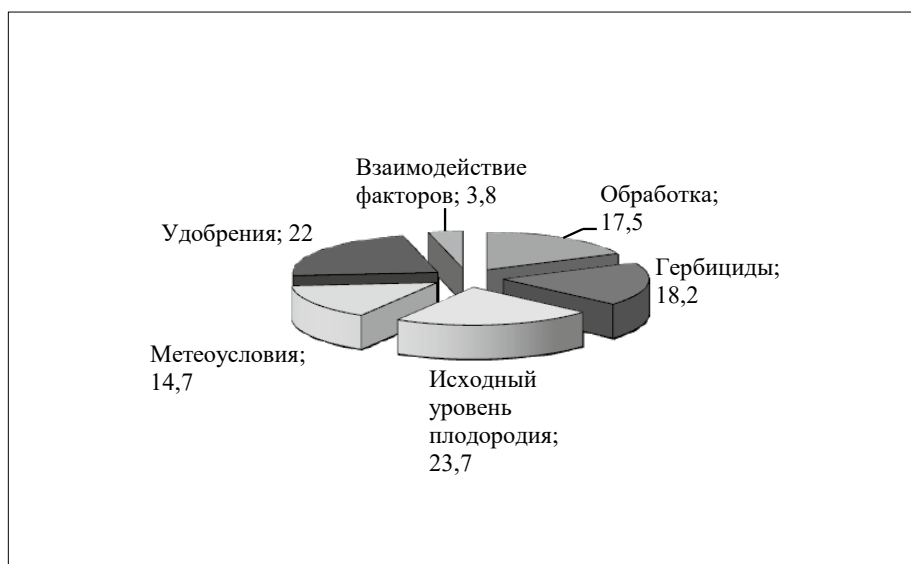


Рис. 2. Долевое участие звеньев АЛСЗ в формировании продуктивности зерноотравнопропашного восьмипольного севооборота, %



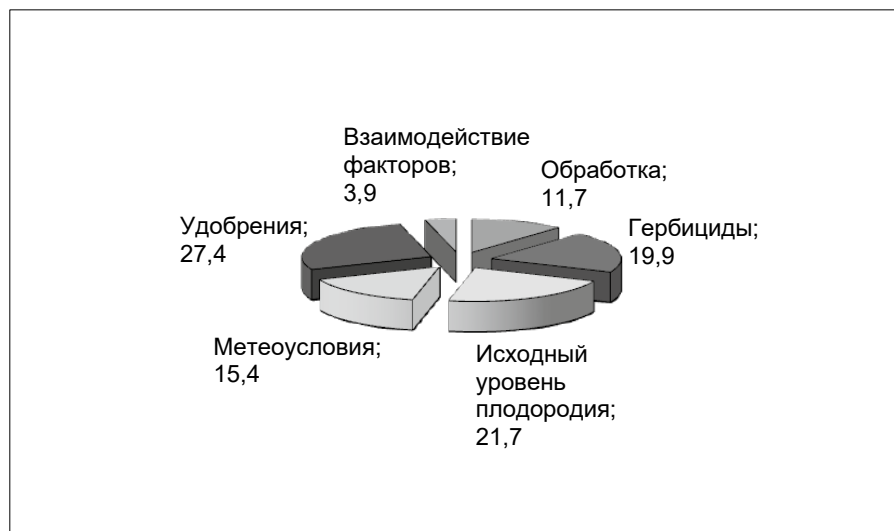


Рис. 3. Долевое участие звеньев АЛСЗ в формировании урожая яровых

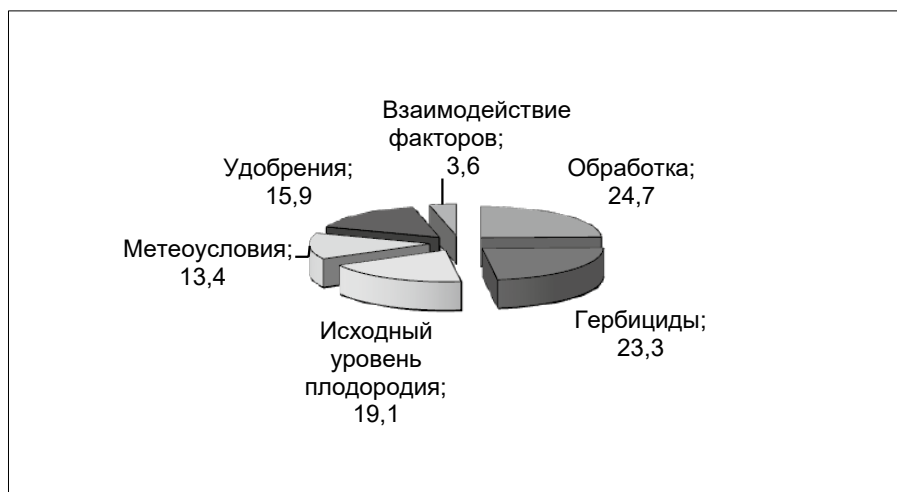


Рис. 4. Долевое участие звеньев АЛСЗ в формировании урожая пропашных, %

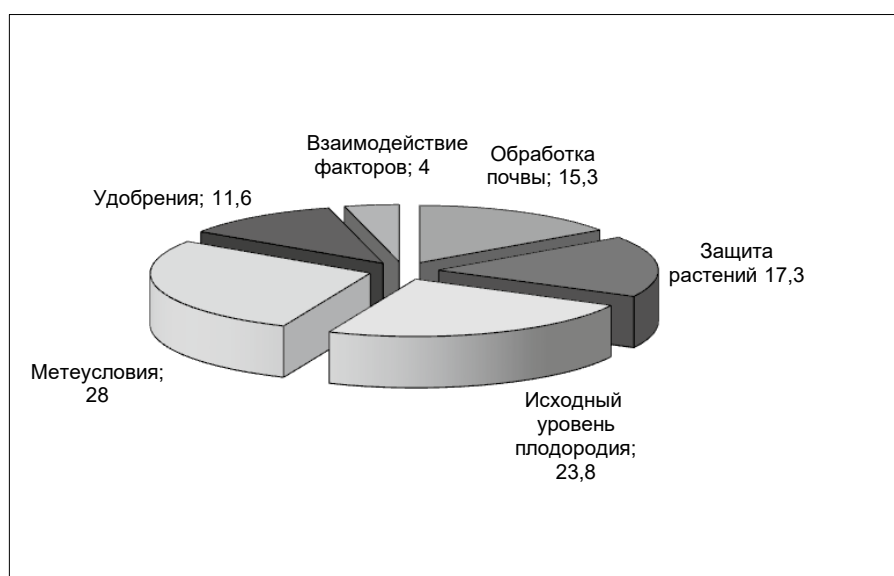


Рис. 5. Долевое участие звеньев АЛСЗ в формировании урожая озимых культур, %

В годы с суммой эффективных температур и количеством осадков, близким к среднегодовым значениям, долевое участие основной обработки в изменении урожайности яровых культур снижается, а системы удобрений и защиты растений – повышается.

В экстремальные по метеорологическим условиям годы (остро засушливые и избыточно увлажненные) влияние основной обработки и исходного уровня повышается, а доля влияния удобрений и средств защиты снижается из-за сокращения темпов поглощения элементов питания и ухудшения почвенных условий для прорастания семян и вегетативных органов сорняков.

При возделывании пропашных и яровых зерновых культур (рис. 3, 4) влияние погодных условий было значительно ниже (13,4 – 15,4 %), чем в агроценозах озимой пшеницы (28 %), что связано с воздействием неблагоприятных факторов осенне-зимнего периода, которое проявилось в частичной гибели растений от вымокания, выпревания и снежной плесени (рис. 5).

Эффективность интегрированной защиты растений от вредных организмов зависела от конкурентной способности выращиваемых культур и колебалась от 12,4 % у многолетних трав, 17,3 % у озимой пшеницы, 19,9 % у яровых зерновых и до 23,3 % у пропашных (рис. 3, 4, 5).

Взаимодействие изучаемых факторов не оказывало значительного влияния на изменение урожайности полевых культур.

Снижение влияния фактора обработки почвы в изменении урожайности зерновых культур на фоне возрастания долевого участия удобрений и исходного уровня окультуренности корнеобитаемого слоя может рассматриваться как одна из теоретических предпосылок снижения уровня интенсивности механического воздействия приемами обработки при заметном повышении роли рационального применения органических и минеральных удобрений и увеличения запасов гумуса за счет увеличения доли многолетних трав и сидеральных культур в структуре посевных площадей.

## **Выводы**

1. Применение в течение 40 лет разных по способу, интенсивности и глубине систем обработки в сочетании с разными формами и дозами минеральных и органических удобрений привело к дифференциации слоя почвы 0 – 30 см на разные по накоплению и распределению гумуса, подвижных фосфатов и обменного калия части.

2. При ежегодной вспашке на глубину 20 – 22 см распределение подвижного фосфора по частям корнеобитаемого слоя было более выровненным, а при сочетании периодической (2 раза за ротацию) трехъярусной вспашки на глубину 38 – 40 см с дискованием – аккумулятивным в поверхностном слое 0 – 10 см.

3. Эффективными приемами снижения отрицательного воздействия движителей тракторов на плодородие почвы являются минимализация обработки почвы в сочетании с периодическим чизелеванием на глубину 38 – 40 см под озимые зерновые и пропашные культуры.

4. Наибольшее долевое влияние на продуктивность севооборотов оказывали исходный уровень окультуренности почвы (низкий, средний, высокий) – 23,7 % и способы и дозы применения удобрений (органические, минерально-органические и органоминеральные) – 22 %. Существенно меньше влияли системы защиты растений (биологические, интегрированные) – 18,2 %, обработка почвы (отвальная, минимальная, глубокая) – 17,5 и метеорологические условия вегетационных периодов – 14,7 %.

## Литература

1. Лыков А. М., Еськов А. И., Новиков М. Н. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья. – М: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2004. – 630 с.
2. Доспехов Б. А., Панов И. М., Пупонин А. И. Минимальная обработка почвы в Нечерноземной зоне: Сборник докладов Международной научной конференции «Агротехнологии XXI века» – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2007. – С. 179 – 196.
3. Платонов И. Г., Сафонов А. Ф., Полин В. Д. и др. Нормативы затрат минеральных удобрений для повышения плодородия в дерново-подзолистой почве. – Агрохимический вестник. – № 5. – 2010. – С. 9 – 11.
4. Пупонин А. И. Научные и практические основы минимальной обработки почвы. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивном земледелии: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2010. – С. 13 – 29.
5. Доспехов Б. А., Кирюшин Б. Д., Братерская А. Н. Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы по профилю под влиянием 62-летнего применения удобрений и периодического известкования // Известия ТСХА. – 1975. – Вып. 6. – С. 30 – 40.
6. Матюк Н. С., Мазиров М. А., Полин В. Д., Кашеева Д. М. Действие 100-летних бессменных культур на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы // Агрохимический вестник. – 2012. – 6. – С. 6 – 9.
7. Савоськина О. А., Манишкин С. Г., Апаева Н. Н., Гогмачадзе Г. Д. Экологические функции приемов обработки почвы разной степени интенсивности в стабилизации биологических показателей плодородия почвы. – АгроЭкоИнфо. – 2012. – № 1. – С. 7.

УДК 631.582: 631.821

## ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ОКУЛЬТУРИВАНИИ

**Н. С. Матюк, О. А. Савоськина, И. А. Заверткин**  
ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет –  
МСХА имени К. А. Тимирязева  
127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49  
E-mail: nmatyuk@rgau-msha.ru

*Предисловие. Академик РАСХН, профессор А. И. Пупонин в период работы как в должности проректора по научной работе, так и ректора МСХА имени К. А. Тимирязева пристальное внимание уделял полноценному и качественному функционированию Длительного (более 110 лет) полевого стационарного опыта, обеспечивая его материальную базу и кадровый состав научных сотрудников за счет отдельной статьи финансирования, за что его ученики выражают искреннюю благодарность.*

*Резюме. При длительном воздействии на почвенный покров дерново-подзолистых легкосуглинистых почв приемами окультуривания разной интенсивности изменяется плодородие не только пахотного, но и нижележащих горизонтов метровой части профиля. При этом в естественных биоценозах и вариантах без удобрений распределение гумуса, подвижного фосфора и обменного калия носит резко выраженный по глубине гетерогенный характер, а при высокой степени окультуривания (NPK + навоз) – близкий к гомогенному, особенно в слое*

0 – 40 см. Это свидетельствует о вертикальной сезонной миграции лабильной части органического вещества и элементов питания из корнеобитаемой зоны, что снижает уровень окультуренности пахотного горизонта почвы, а, следовательно, и продуктивность различных агрофитоценозов.

**Abstract.** *With prolonged exposure to the soil cover of sod-podzolic light loamy soils, the fertility of not only the arable, but also the underlying horizons of the meter part of the profile changes by cultivation methods of varying intensity. At the same time, in natural biocenoses and variants without fertilizers, the distribution of humus, mobile phosphorus, and exchangeable potassium is sharply heterogeneous in dept, and with a high degree of cultivation (NPK + manure), it is close to homogeneous, especially in the 0 – 40 cm layer. This indicates a vertical seasonal migration of the labile part of organic matter and nutrients from the root zone, which reduces the level of cultivation of the arable horizon of the soil, and consequently the productivity of various agrophytocenoses.*



*Проректор по научной работе академии А. И. Пупонин и сотрудники кафедры на приемке Длительного опыта МСХА, 1985 г.*

Многолетнее применение удобрений, периодическое известкование являются эффективным методом окультуривания не только пахотного, но и подпахотных слоев почвы даже при неизменной глубине вспашки на 20 – 22 см (Егоров В. Е., 1972, Милащенко Н. Э., 1993). Длительное сельскохозяйственное использование почвы вызывает изменения морфологических признаков и физико-химических, свойств, гумусированности и питательного режима верхней части почвенного профиля 0 – 100 см. Под воздействием длительной полевой культуры мощность пахотного слоя дерново-подзолистей почвы увеличилась по сравнению с мощностью целинного аналога на 6 – 15 см и достигла 24 – 30 см (Сафонов А. Ф., Мазиров М. А., 2012). Морфологические различия профилей почвы севооборота и бессменных культур от профиля многолетней залежи являются результатом длительной обработки и окультуривающего воздействия многократного наложения удобрений и периодического известкования в условиях полевой культуры (Матюк Н. С., 2012).

По содержанию гумуса, подвижного фосфора и обменного калия профили разноудобряемых почв севооборота, бессменных культур и многолетней залежи особенно заметно различаются в пределах верхнего 40 см слоя. Необходимо подчеркнуть характерную особенность в действии интенсивного окультуривания: более существенное изменение агрохимических свойств подпахотного слоя 20 – 40 см, чем пахотного (Матюк Н. С., 2012).

Длительное воздействие на почвенный покров антропогенных факторов разной интенсивности (способ использования пашни, возделываемые культуры, удобрения) приводит к существенному улучшению ионно-обменных свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы (табл. 1).

Наши исследования показали, что независимо от фона питания и способа размещения ячменя (бессменно или в севообороте)  $pH_{KCl}$  снижалась на 0,36 – 0,58 единицы с более высокими значениями в вариантах NPK + навоз. При этом сумма обменных оснований за счет периодического (раз в ротацию) внесения известковых материалов увеличилась с 2 – 4 до 20 – 22 мг-экв на 100 г почвы. Степень насыщенности почвы основаниями в вариантах без удобрений в чистом пару возросла с 19,0 до 78,6 %, а при выращивании льна бессменно и севообороте – с 30 – 40 до 50 – 60 %. Внесение полного минерального удобрения  $N_{100}P_{150}K_{120}$  совместно с 20 т/га навоза повышало ее до 70 – 90 %.

*Таблица 1. Влияние применения удобрений на изменение ионно-обменных свойств слоя почвы 0 – 20 см*

| Вариант                 | Фон питания | рН          | Нг                 | Обменная кислотность | Сумма оснований | Степень насыщенности основаниями, % |
|-------------------------|-------------|-------------|--------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------------|
|                         |             |             | мг-экв/100 г почвы |                      |                 |                                     |
| Чистый пар<br>бессменно | б/у         | <u>3,76</u> | <u>6,46</u>        | <u>1,78</u>          | <u>1,56</u>     | <u>19,0</u>                         |
|                         |             | 4,12        | 1,31               | 1,21                 | 20,80           | 78,6                                |
|                         | NPK + навоз | <u>4,73</u> | <u>5,11</u>        | <u>0,22</u>          | <u>4,14</u>     | <u>44,7</u>                         |
|                         |             | 5,08        | 0,86               | 0,14                 | 18,20           | 90,1                                |
| Лен<br>бессменно        | б/у         | <u>3,96</u> | <u>5,57</u>        | <u>0,87</u>          | <u>3,75</u>     | <u>40,2</u>                         |
|                         |             | 4,51        | 2,42               | 0,94                 | 21,40           | 63,4                                |
|                         | NPK + навоз | <u>5,30</u> | <u>3,2</u>         | <u>0,07</u>          | <u>6,81</u>     | <u>68,1</u>                         |
|                         |             | 5,20        | 1,09               | 0,08                 | 17,80           | 88,3                                |
| Лен в сево-<br>обороте  | б/у         | <u>3,96</u> | <u>6,51</u>        | <u>0,96</u>          | <u>2,79</u>     | <u>30,0</u>                         |
|                         |             | 4,72        | 2,54               | 1,12                 | 20,50           | 54,0                                |
|                         | NPK + навоз | <u>4,28</u> | <u>5,19</u>        | <u>0,24</u>          | <u>4,34</u>     | <u>45,5</u>                         |
|                         |             | 4,96        | 2,04               | 0,16                 | 22,40           | 71,8                                |

*Примечание:* числитель – данные А. И. Лыкова, 1963 г., знаменатель – 2023 г.

Культуры, возделываемые как бессменно, так и в севообороте, оказывали разноплановое влияние на плодородие дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы. Наиболее высокое содержание гумуса (2,46 %), подвижного фосфора (190 мг/кг почвы) и обменного калия (87 мг/кг почвы) отмечается в естественном травянистом биоценозе 70-летней залежи (табл. 2).

Вовлечение данных земель в пахотный фонд снижало уровень плодородия, особенно заметно в чистом пару. По влиянию способа использования пашни на накопление органического вещества изучаемые агроценозы располагаются в следующей убывающей последовательности: многолетняя залежь > клевер > озимая рожь > яровые зерновые > лен > картофель бессменно > севооборот > чистый пар.

*Таблица 2. Влияние способа использования пашни на содержание гумуса, подвижного фосфора и калия*

| Способ использования пашни | Гумус, % | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|----------------------------|----------|-------------------------------|------------------|
|                            |          | мг/кг почвы                   |                  |
| Многолетняя залежь         | 2,46     | 190                           | 87               |
| Бессменно:<br>Чистый пар   | 1,02     | 85                            | 70               |
| Озимая рожь                | 1,94     | 75                            | 63               |
| Ячмень                     | 1,87     | 71                            | 58               |
| Картофель                  | 1,82     | 58                            | 51               |
| Клевер                     | 1,77     | 62                            | 48               |
| Лен                        | 1,52     | 42                            | 30               |
| Севооборот                 | 0,95     | 36                            | 19               |

Интенсивность антропогенного воздействия на почвенный покров полевой культуры и различных агрохимикатов пашни (чистый пар, бессменные посевы севооборот) в течение длительного периода привели к формированию разнокачественных групп земель по содержанию подвижного фосфора и обменного калия.

Выделение и группировка почв по уровню обеспеченности подвижными фосфатами показали, что в чистом пару, где вносятся удобрения, но не отчуждаются элементы питания, лишь в варианте внесения одних калийных удобрений отмечено его низкое содержание, в вариантах без удобрений N и P – среднее, а в остальных – высокое (табл. 3).

*Таблица 3. Влияние способа размещения льна, удобрений и извести на содержание подвижного фосфора (мг/кг почвы)*

| Фон питания          | Чистый пар, без удобрений, абсолютный контроль | Лен       |     |               |                           |     |
|----------------------|------------------------------------------------|-----------|-----|---------------|---------------------------|-----|
|                      |                                                | бессменно |     | в севообороте |                           |     |
|                      |                                                |           |     | во времени    | во времени и пространстве |     |
|                      |                                                | б/и       | п/и | п/и           | б/и                       | п/и |
| Б/у                  | 123                                            | 71        | 70  | 71            | 62                        | 54  |
| N                    | 121                                            | 44        | 63  | 137           | 128                       | 41  |
| P                    | 139                                            | 133       | 168 | 143           | 135                       | 158 |
| K                    | 68                                             | 48        | 45  | 40            | 38                        | 35  |
| NP                   | 249                                            | 143       | 179 | 153           | 133                       | 169 |
| NK                   | 185                                            | 62        | 60  | 78            | 68                        | 58  |
| PK                   | 294                                            | 260       | 200 | 260           | 250                       | 219 |
| NPK                  | 235                                            | 197       | 231 | 197           | 187                       | 223 |
| NPK + навоз          | 312                                            | 297       | 303 | 297           | 277                       | 294 |
| В среднем по извести | 192                                            | 139       | 148 | 153           | 142                       | 139 |

В бессменных посевах льна возрастает доля вариантов с низким содержанием (с 11 до 44 %), но уменьшается доля со средним (с 33 до 22 %) и высоким (с 56 до 33 %). Такая же закономерность сохраняется и в почвенном покрове севооборотных участков.

Другая закономерность отмечена в распределении содержания обменного калия, особенно в поле чистого пара, где обеспеченность этим элементом питания находится на среднем (22 %), повышенном (33 %) и очень высоком уровне (45 %), таблица 4.



В бессменных посевах льна, как калиелюбивой культуры, резко снижается его содержание и, следовательно, возрастает доля участков с очень низким и низким содержанием (44 %), а участки с очень высоким содержанием переходят в группу среднего (22 %) и высокого уровня (22 %). В севообороте, функционирующем с 1912 года, уровень обеспеченности почвы обменным калием существенно снижается до низкого (44 %) и среднего (56 %), в связи со значительным отчуждением этого элемента питания озимыми зерновыми и бобовыми травами.

Таблица 4. Влияние способа размещения льна, удобрений и извести на содержание обменного калия (мг/кг почвы)

| Фон питания          | Чистый пар, без удобрений, абсолютный контроль | Лен       |       |               |                           |     |
|----------------------|------------------------------------------------|-----------|-------|---------------|---------------------------|-----|
|                      |                                                | бессменно |       | в севообороте |                           |     |
|                      |                                                |           |       | во времени    | во времени и пространстве |     |
|                      |                                                | б/и       | п/и   | п/и           | б/и                       | п/и |
| Б/у                  | 90,5                                           | 30,5      | 33,8  | 45,4          | 51                        | 58  |
| N                    | 95,6                                           | 39,7      | 35,4  | 47,4          | 63                        | 61  |
| P                    | 120,7                                          | 54,4      | 40,6  | 49,5          | 62                        | 60  |
| K                    | 124,3                                          | 100,5     | 87,4  | 110,5         | 122                       | 98  |
| NP                   | 120,4                                          | 57        | 51,5  | 50,4          | 63                        | 75  |
| NK                   | 220,4                                          | 108,7     | 107,5 | 107,5         | 117                       | 81  |
| PK                   | 270,5                                          | 140,6     | 120,4 | 125,4         | 112                       | 93  |
| NPK                  | 225,4                                          | 96,8      | 110,3 | 119,3         | 97                        | 98  |
| NPK + навоз          | 290,6                                          | 167,4     | 142,3 | 165,5         | 116                       | 123 |
| В среднем по извести | 173,2                                          | 88,4      | 81    | 91,2          | 89,2                      | 83  |

Длительное воздействие на почвенный покров легкосуглинистых дерново-подзолистых почв приемов окультуривания разной интенсивности вызывает изменение их морфологических признаков, гумусированности и содержания питательных элементов не только пахотного, но и нижележащих горизонтов по сравнению с их естественными аналогами. Системные обследования метровых профилей многолетней залежи, бессменных посевов и севооборотного участка выявили разнохарактерность процессов накопления и минерализации органического вещества, аккумуляции и миграции в вертикальном направлении по профилю почвы биофильных элементов.

Длительное бессменное возделывание льна, культуры, оставляющей минимальное количество растительных остатков (0,8 – 1,2 т/га), на фоне без удобрений при ежегодной вспашке на глубину 20 – 22 см приводит к усилению процессов минерализации органического вещества и снижению запасов гумуса в пахотном слое за более чем 110-летний период на 11,3 т/га (20 %), с резким уменьшением в нижней части профиля (рис. 1).

Внесение навоза в дозе 20 т/га ежегодно в сочетании с полным минеральным удобрением ( $N_{100}P_{150}K_{120}$ ) замедляет темпы разрушения органики в пахотном слое, но усиливает миграцию его лабильной части в нижележащие слои почвенного профиля.

Установлено, что вовлечение залежных земель в интенсивный сельскохозяйственный оборот на фоне без удобрений снижает запасы гумуса во всех слоях метровой части профиля и особенно сильно в пахотном (11,5 т/га), корнеобитаемом (7,9 т/га) и слое 0 – 50 см (7,1 т/га). В слое 0 – 100 см эти различия сглаживаются и составляют 1,7 т/га.

Ежегодное внесение в среднем за 110 лет 17,8 т/га навоза в чистом пару стабилизирует запасы гумуса в пахотном слое на уровне многолетней залежи, а при других способах размещения культур отмечается увеличение во всех исследуемых (рис. 2).

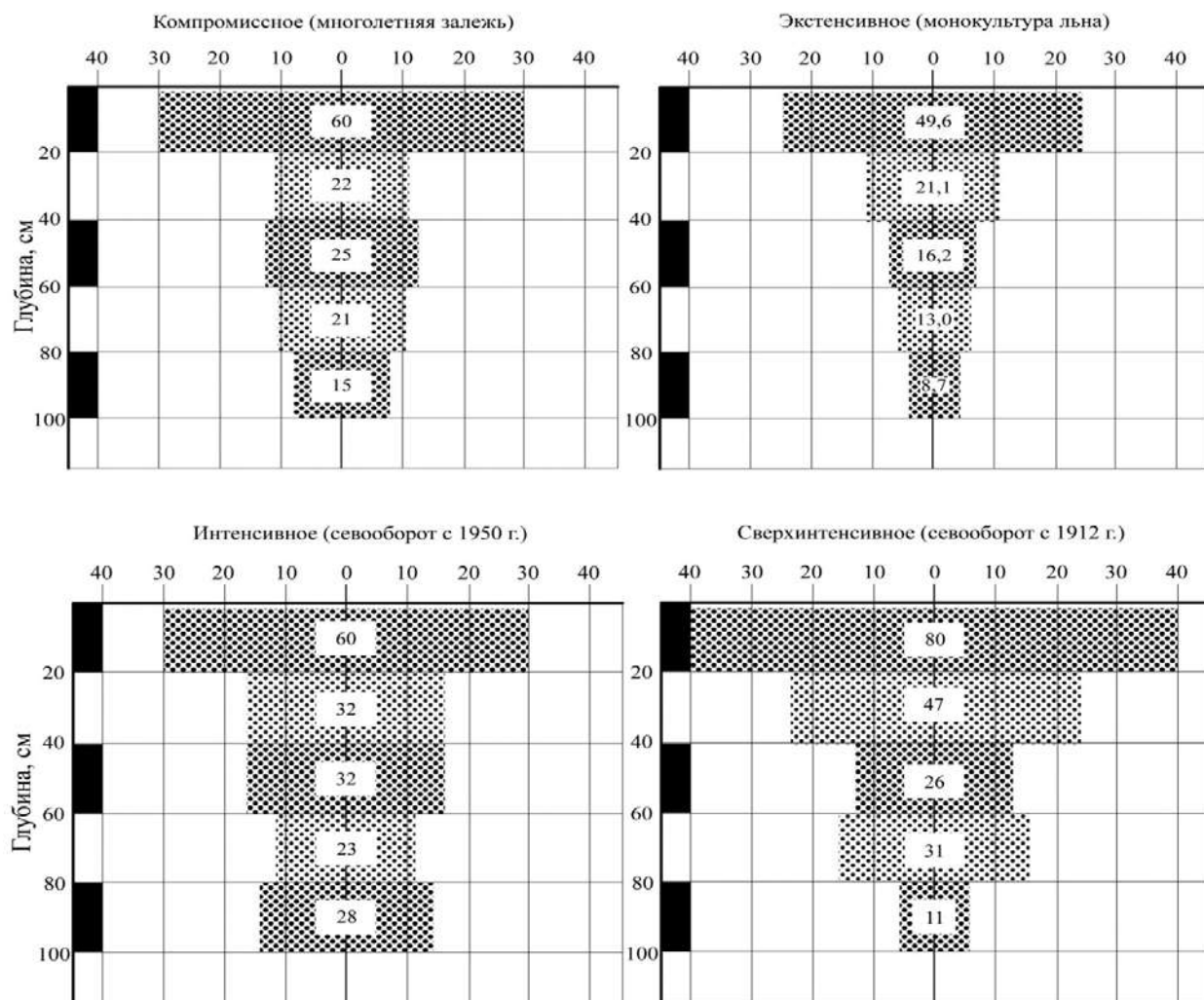


Рис. 1. Распределение запасов гумуса (т/га) в верхней части почвенного профиля в агроэкосистемах разной интенсивности

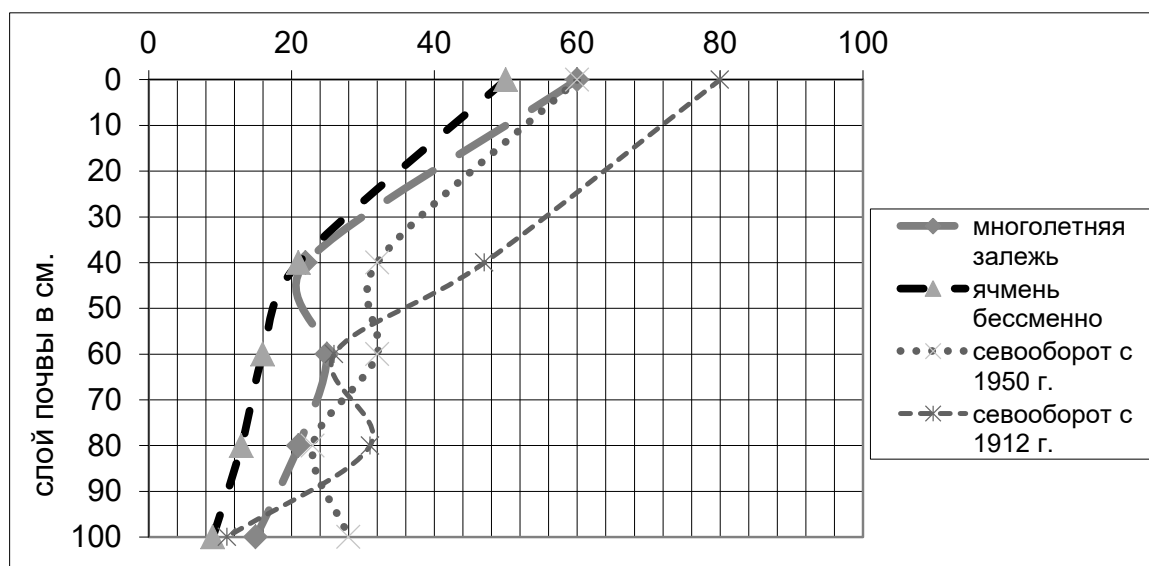


Рис.2. Влияние фона питания на распределение запасов гумуса (т/га) в верхней части почвенного профиля

Длительное использование почвы под агроценозами разной интенсивности сопровождается не только изменением содержания и перераспределения запасов гумуса в верхней части почвенного профиля, но и в значительной степени определяет содержание подвижных форм фосфора и обменного калия (рис. 3, 4).

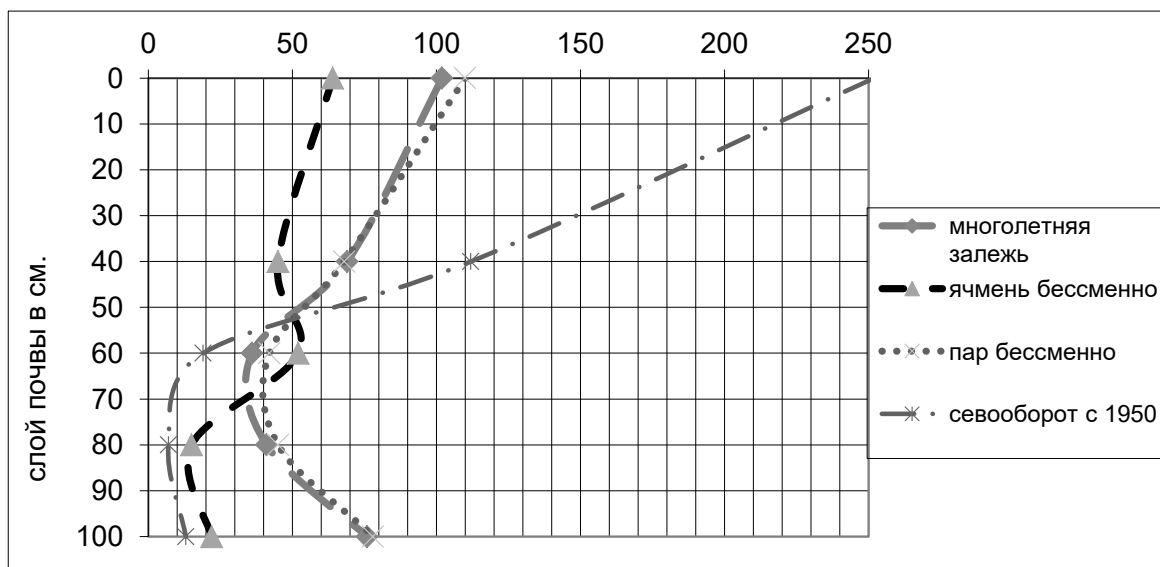


Рис. 3. Содержание подвижного фосфора (мг/кг почвы) в верхней части почвенного профиля

Установлено, что в естественном биоценозе распределение элементов питания имеет резко дифференцированный характер, а под агроценозами разной интенсивности – более выровненный. Отмечена устойчивая тенденция увеличения содержания подвижного фосфора и обменного калия во всех исследуемых слоях на вариантах с применением удобрений. Это связано с частичной миграцией этих соединений с пахотного в нижележащие слои с водорастворимой частью гумуса и илистой фракцией почвы, а также вовлечением их в органо-минеральные комплексы и переходом калия в необменные формы.

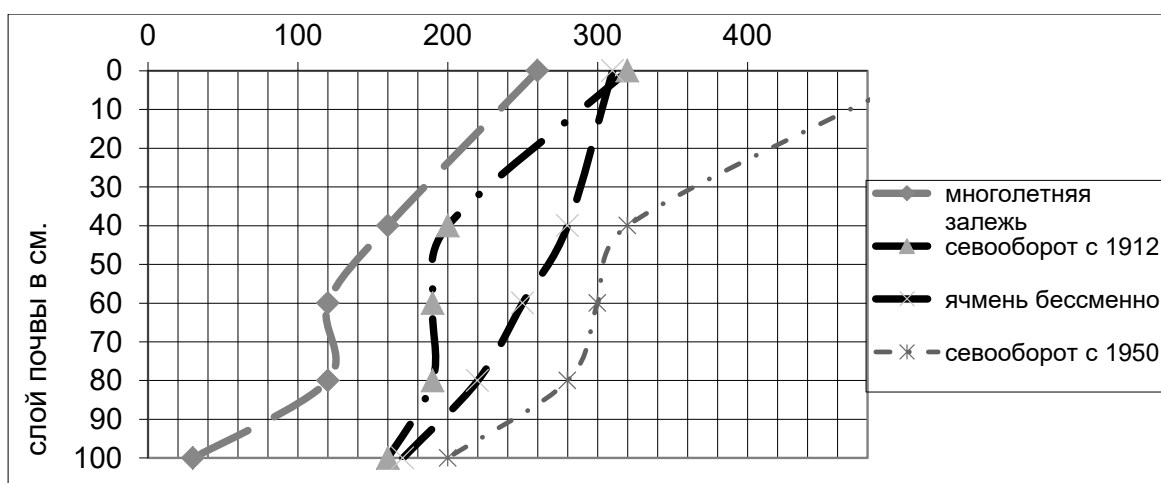


Рис. 4. Содержание обменного калия (мг/кг почвы) в верхней части почвенного профиля

Следовательно, длительное природное и антропогенное воздействие разной степени интенсивности на почвенный покров снижает продуктивность и экологическую устойчивость

различных агрофитоценозов по сравнению с естественными биоценозами. При этом динамика убыли содержания углерода на неудобренных вариантах имеет ярко выраженный характер в первые три ротации севооборота, а в дальнейшем снижается, достигая экологического равновесия, присущего конкретному агроценозу. Систематическое внесение полного минерального удобрения в дозе  $N_{100}P_{150}K_{120}$  в сочетании с 18 – 20 т/га навоза замедляет процессы минерализации, обеспечивая содержание углерода на уровне 1,23 – 1,24 % С орг. Динамика изменения содержания гумуса в травянистых биоценозах носит слабо выраженный накопительный характер.

Способ использования пашни (чистый пар, бессменно, севооборот) оказывает влияние на накопление и качественное состояние органического вещества. Бессменное возделывание культур при естественном фоне питания стабилизирует содержание органического вещества в зависимости от массы послеуборочных и корневых остатков на уровне: озимые зерновые – 1,85 – 1,96 %, яровые зерновые – 1,82 – 1,87 %, пропашные – 1,52 – 1,60 %. В севообороте с одним полем чистого пара и пропашных культур за счет усиления процессов минерализации и более высокой урожайности культур оно снижается на 0,15 – 0,20 %.

## Выводы

1. Применение разнocomпонентных удобрений как в посевах бессменных культур, так и в севообороте изменяло направленность биохимических процессов превращения органического вещества растительных остатков: низкие несбалансированные дозы питания (Р, К, РК) приводят к неизбежным потерям запасов гумуса (3,8 – 5,7 т/га), полное минеральное удобрение (NPK) стабилизирует их колебания по годам (+1,5 т/га), а дополнительное внесение 17,4 т/га навоза ежегодно обеспечивает положительный баланс.

2. При длительном воздействии на почвенный покров дерново-подзолистых легкосуглинистых почв приемами окультуривания разной интенсивности изменяется плодородие не только пахотного, но и нижележащих горизонтов метровой части профиля. При этом в естественных биоценозах и вариантах без удобрений распределение гумуса, подвижного фосфора и обменного калия носит резко выраженный по глубине гетерогенный характер, а при высокой степени окультуривания (NPK + навоз) – близкий к гомогенному, особенно в слое 0 – 40 см. По сравнению с многолетней залежью запасы гумуса на неудобренных вариантах снижались в пахотном слое на 11,5 т/га, корнеобитаемом (0 – 30 см) – 7,9 т/га, 0 – 50 см – на 7,1 т/га.

3. Ежегодное внесение полного минерального удобрения  $N_{100}P_{150}K_{120}$  совместно с 17,8 т/га навоза стабилизирует запасы гумуса в чистом пару на уровне многолетней залежи (140 – 150 т/га), а при других способах использования пашни они возрастают на 30 – 50 т/га.

## Литература

1. Егоров В. Е. Опыт длится 60 лет. – М.: Знание, 1972. – 48 с.
2. Мазиров М. А., Матюк Н. С., Полин В. Д., Кашеева Д. М. Действие 100-летних бессменных культур на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы // Агрохимический вестник. – 6. – 2012. – С. 6 – 9.
3. Матюк Н. С., Мазиров М. А., Кашеева Д. М. Трансформация верхней части почвенного профиля дерново-подзолистых легкосуглинистых почв при длительном окультуривании (к 100-летию длительного опыта ТСХА) // Известия ТСХА. – 3. – 2012. – С. 13 – 26.
4. Матюк Н. С., Полин В. Д. и др. «АгроЭкоИнфо». – 2015. – № 1. – [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/1/st\\_07.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/1/st_07.doc).
5. Милащенко Н. Э. Расширенное воспроизводство плодородия почв в интенсивном земледелии Нечерноземья. – М., 1993. – 864 с.
6. Сафонов А. Ф. Длительному полевому опыту ТСХА 90 лет: итоги научных исследований / под ред. А. Ф. Сафонова. – М.: Изд-во МСХА, 2002. – 262 с.

# НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

УДК 631.4

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОРОШАЕМЫХ И БОГАРНЫХ СЕРОЗЕМОВ ПАРКЕНТСКОГО РАЙОНА ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ (УЗБЕКИСТАН)

К. Х. Гулимов, З. А. Баходиров, А. У. Ахмедов

Институт почвоведения и агрохимических исследований  
г. Ташкент, Алмазарский район, улица Камарнисо, дом 3.

E-mail: gulimov611@gmail.com

E-mail: zafarbahodirov@gmail.com

E-mail: almon@mail.ru

**Резюме.** В статье приведены сведения о поглотительной способности и составе поглощенных катионов в орошаемых и богарных типичных сероземах Паркентского района Ташкентской области. Проанализированы количественные показатели катионов и освещены степени их солонцеватости.

**Abstract.** The article presents data on the absorption capacity and the composition of absorbed cations of irrigated and loamy typical serozem soils in the Parkent district of the Tashkent region. The quantitative indicators of cations are analyzed and their salinity levels are described.

**Введение.** При определении свойств почвы важно знать ее поглощающую способность и содержание поглощенных катионов. Свойство почвы удерживать различные вещества в твердой части определяет ее поглощающую способность. Абсорбционная способность и содержание поглощенных катионов почв, расположенных по правой и левой сторонам Паркентского канала в Паркентском районе, рассчитываются исходя из значимых показателей, определяющих свойства и состояние почвы, уровень плодородия, а также из того факта, что поглощенные магний и натрий в почвенной абсорбционной емкости составляют более высокие показатели, чем общая сумма катионов вторично засоленных почв.

В процессах почвообразования, в частности, в результате непрерывного дробления и разложения различных минералов и минеральных и органических веществ под действием периодических орошений, смешанные частицы образуют дисперсную систему, в которой совокупность всех частиц размером менее 1 мкм (микрон), обладающих коллоидными свойствами, т. е. интерпретируется как комплекс поглощения почвы К. К. Гедройц [1].

Одним из важных показателей почв является поглощающая способность и содержание поглощенных катионов, которые определяют их физико-химические свойства. Поглощающей способностью почв называют поглощение веществ в твердом, жидком и газообразном состоянии и увеличение их концентрации на коллоидных частицах как взаимозаменяемых, так и не обменивающихся с их стороны. Это один из важных показателей почв в связи с их гумусовым состоянием: именно абсорбционная способность и состав абсорбируемых катионов определяют физико-химические свойства. Свойство почвы удерживать различные вещества в своей твердой части определяет ее абсорбционную способность [2].

Физико-химические свойства почв, поглощающая способность, содержание гумуса в почвах, механический и минералогический состав коллоидов зависят от почвенной среды, эти данные широко используются при их химическом, физическом состоянии, диагностике и классификации. Между тем, чем выше поглощающая способность почвы, тем больше химических элементов, необходимых растениям (Ca, Mg, N, S), сохраняется в почвах. Комплекс поглощения почвы обеспечивает реакцию почвенной среды, ее умеренность и поддержание плодородия почвы в высоком состоянии [3].

Из катионов, поглощенных в подавляющем большинстве почв нашей республики,  $\text{Ca}^{++}$  занимает первое место, за ним следует содержание Mg, в то время как в сильно засоленных почвах преобладают магний и натрий или натрий [4, 5].

**Объект и методы исследования.** В качестве объекта исследования были выбраны орошаемые типичные серозёмы, распространенные в массиве «Навбахор» Паркентского района Ташкентской области, а также богарные типичные сероземы, распространенные в массиве «Чанги 2-й участок».

В исследованиях использовались генетико-географические, сравнительно-геохимические, химико-аналитические методы [6]. Химико-аналитические работы на образцах почв выполнены на основе общепринятых методов, в том числе «Агрохимические методы исследования почв и растений» УзПИТИ [7] и Е. В. Аринушкиной «Руководство по химическому анализу почв» [8], абсорбционная способность почв и содержание поглощенных катионов – по методу Пфедффера, по модификации Т. П. Крюгера [9].

**Полученные результаты и их обсуждение.** Превышение количества поглощенного натрия более чем на 5 % начинает отрицательно сказываться на физико-химических и водно-физических свойствах, частично снижается плодородие почвы. А превышение содержания натрия более чем на 10 % приводит к тому, что почвы становятся почти непригодными для орошаемого земледелия. Присутствие натрия в абсорбционном комплексе создает щелочную среду в почве и приводит к образованию в почвенном растворе солей NaOH (щелочь) и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (сода), которые считаются вредными для растений. В этих условиях процесс фотосинтеза у растений нарушается и оно начинает медленно увядать. Косвенным показателем солонцеватости почвы считается повышение общей щелочности ( $\text{HCO}_3$ ) в водной вытяжке выше 0,060 % (1 мг-экв) и содержание  $\text{CO}_3$  выше 0,001 %. Признаки солонцеватости сильно выражены, если общая щелочность превышает 0,1 % [4, 8].

Поглощенные катионы в большинстве почв нашей республики содержат щелочноземельные металлы (Ca, Mg), составляющие 85 – 90 % от общей поглощающей способности или общей суммы поглощенных катионов, за исключением отдельных случаев. На почвах, богатых гумусом и имеющих тяжелый механический состав, абсорбционная способность достигает 22 – 28 мг-экв на 100 г почвы, тогда как на почвах с низким содержанием гумуса и легким механическим составом она составляет 6 – 10 мг-экв, в большинстве случаев 12 – 16 мг-экв. Содержание магния (Mg) и натрия (Na) в почвенном абсорбционном комплексе в больших количествах создает красновато-коричневые, очень плотные солонцеватые слои в подпахотном горизонте (20 – 30 – 60 см), оказывая сильное негативное влияние на нормальный рост и развитие растений [4, 10].

В образцах почвы, взятых из орошаемых типичных сероземов массива «Навбахор» Паркентского района (разрезы 28, 30), количество поглощенного Ca выше, чем количество Mg и составляет 42,97 – 57,95 %, при этом содержание Mg колеблется в пределах 33,80 – 45,58 %, при доле K 0,64 – 2,12 %. Отмечено, что содержание поглощенного Na в этих почвах составляет 2,45 – 14,65 %, причем в этом массиве почвы представлены среднесолонцеватыми (погл. Na 10 – 20 %) и слабосолонцеватыми (погл. Na 5 – 10 %), а нижние и верхние слои – несолонцеватыми (табл. 1).



В образцах почвы, взятых из богарных типичных сероземов в массиве «Чанги 2-й участок» Паркентского района (разрезы 23, 28), количество поглощенного Са также выше, чем количество Mg, при этом Са содержится в пределах 43,80 – 62,66 %, а Mg в пределах 30,88 – 50,06 %, в то время как доля К составляет 0,15 – 2,04 %. Было обнаружено, что количество поглощенного Na колеблется в пределах 2,44 – 6,16 %, и в этом массиве почвы слабосолонцеватые (Na 5 – 10 %) (табл. 1).

Таблица 1. Емкость поглощения и состав поглощенных катионов

| № разреза                                              | Глубина, см | В мг-экв. на 100 г почвы |     |      |      | Сумма, мг-экв | В % от суммы |       |      |       | Степень солонцеватости |
|--------------------------------------------------------|-------------|--------------------------|-----|------|------|---------------|--------------|-------|------|-------|------------------------|
|                                                        |             | Ca                       | Mg  | K    | Na   |               | Ca           | Mg    | K    | Na    |                        |
| Массив «Навбахор». Орошаемые типичные сероземы         |             |                          |     |      |      |               |              |       |      |       |                        |
| 28                                                     | 0 – 27      | 8,0                      | 6,0 | 0,12 | 1,73 | 15,85         | 50,47        | 37,85 | 0,76 | 10,91 | Среднесолонцеватая     |
|                                                        | 27 – 48     | 9,0                      | 6,0 | 0,15 | 0,43 | 15,58         | 57,77        | 38,51 | 0,96 | 2,76  | Несолонцеватая         |
|                                                        | 48 – 69     | 8,0                      | 7,0 | 0,23 | 0,43 | 15,66         | 51,09        | 44,70 | 1,47 | 2,75  | Несолонцеватая         |
|                                                        | 69 – 101    | 9,0                      | 6,0 | 0,10 | 0,43 | 15,53         | 57,95        | 38,63 | 0,64 | 2,77  | Несолонцеватая         |
|                                                        | 101 – 147   | 8,0                      | 7,0 | 0,23 | 0,43 | 15,66         | 51,09        | 44,70 | 1,47 | 2,75  | Несолонцеватая         |
| 30                                                     | 0 – 27      | 9,0                      | 8,0 | 0,12 | 0,43 | 17,55         | 51,28        | 45,58 | 0,68 | 2,45  | Несолонцеватая         |
|                                                        | 27 – 48     | 8,0                      | 5,0 | 0,30 | 0,86 | 14,16         | 56,50        | 35,31 | 2,12 | 6,07  | Слабосолонцеватая      |
|                                                        | 48 – 79     | 9,0                      | 6,0 | 0,15 | 2,60 | 17,75         | 50,70        | 33,80 | 0,85 | 14,65 | Среднесолонцеватая     |
|                                                        | 79 – 125    | 7,0                      | 7,0 | 0,12 | 2,17 | 16,29         | 42,97        | 42,97 | 0,74 | 13,32 | Среднесолонцеватая     |
|                                                        | 125 – 158   | 9,0                      | 8,0 | 0,28 | 2,17 | 19,45         | 46,27        | 41,13 | 1,44 | 11,16 | Среднесолонцеватая     |
| Массив «Чанги 2-й участок». Богарные типичные сероземы |             |                          |     |      |      |               |              |       |      |       |                        |
| 23                                                     | 0 – 23      | 9,0                      | 8,0 | 0,17 | 0,43 | 17,60         | 51,14        | 45,45 | 0,97 | 2,44  | Несолонцеватая         |
|                                                        | 23 – 47     | 9,0                      | 5,0 | 0,05 | 0,43 | 14,48         | 62,15        | 34,53 | 0,35 | 2,97  | Несолонцеватая         |
|                                                        | 47 – 85     | 8,0                      | 5,0 | 0,02 | 0,43 | 13,45         | 59,48        | 37,17 | 0,15 | 3,20  | Несолонцеватая         |
|                                                        | 85 – 115    | 8,0                      | 6,0 | 0,05 | 0,43 | 14,48         | 55,25        | 41,44 | 0,35 | 2,97  | Несолонцеватая         |
|                                                        | 115 – 145   | 9,0                      | 5,0 | 0,07 | 0,43 | 14,50         | 62,07        | 34,48 | 0,48 | 2,97  | Несолонцеватая         |
| 28                                                     | 0 – 27      | 10,0                     | 5,0 | 0,33 | 0,86 | 16,19         | 61,77        | 30,88 | 2,04 | 5,31  | Слабосолонцеватая      |
|                                                        | 27 – 47     | 7,0                      | 8,0 | 0,12 | 0,86 | 15,98         | 43,80        | 50,06 | 0,75 | 5,38  | Слабосолонцеватая      |
|                                                        | 47 – 71     | 10,0                     | 5,0 | 0,10 | 0,86 | 15,96         | 62,66        | 31,33 | 0,63 | 5,39  | Слабосолонцеватая      |
|                                                        | 71 – 118    | 9,0                      | 5,0 | 0,18 | 0,86 | 15,04         | 59,84        | 33,24 | 1,20 | 5,72  | Слабосолонцеватая      |
|                                                        | 118 – 145   | 8,0                      | 5,0 | 0,11 | 0,86 | 13,97         | 57,27        | 35,79 | 0,79 | 6,16  | Слабосолонцеватая      |

Пахотные слои орошаемых типичных сероземов, распространенных в массиве «Навбахор» Паркентского района (разрез 34), в основном среднесолонцеватые, выявлено слабо- и несолонцеватые подпахотные горизонты, доля магния во втором и третьем слоях около и более 50 %, что наблюдается в случае магниевое засоления (рис. 1).

В богарных типичных сероземах, распространенных по массиву «Чанги 2-й участок» Паркентского района (разрез 31), содержание поглощенных катионов колеблется в пределах: Са – 48,25 – 57,69 %, Mg – 38,46 – 48,25 %, К – 0,30 – 1,09 % и Na – 2,45 – 2,97 %. Почвы этого разреза несолонцеватые (рис. 2).

**Вывод.** Проведенные нами исследования показали, что количество поглощенных катионов в почвенном профиле (в слоях) богарных типичных сероземов Паркентского района составляет 13,45 – 17,60 мг/экв, при этом содержание Na составляет 2,44 – 6,16 %, что относятся к средне- и слабосолонцеватым.

Абсорбционная способность орошаемых типичных сероземов, распространенных по массиву «Навбахор» Паркентского района, составляет 14,16 – 19,45 мг/экв по профилю, солонцеватость низкая и средняя.

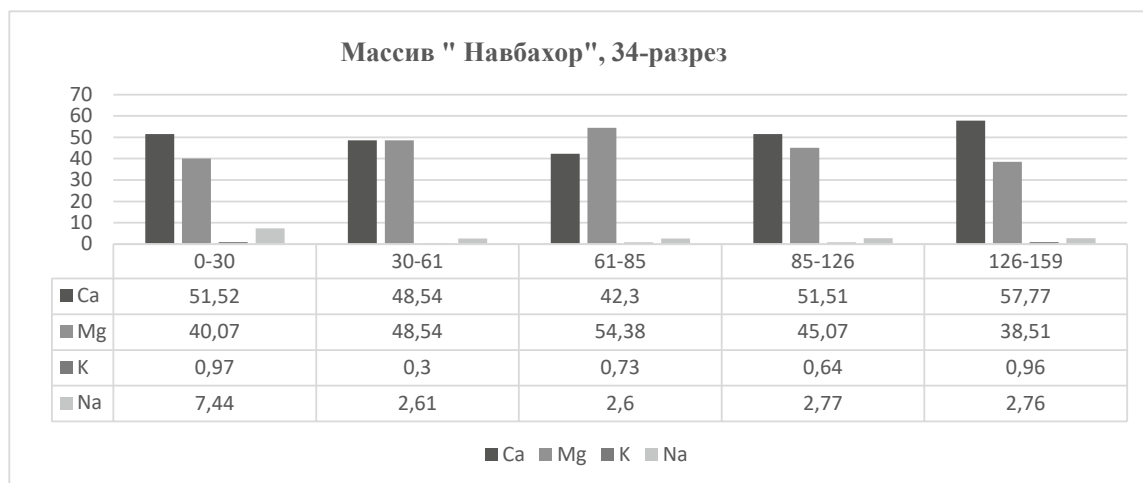


*Рисунок 1. Орошаемый типичный серозем*

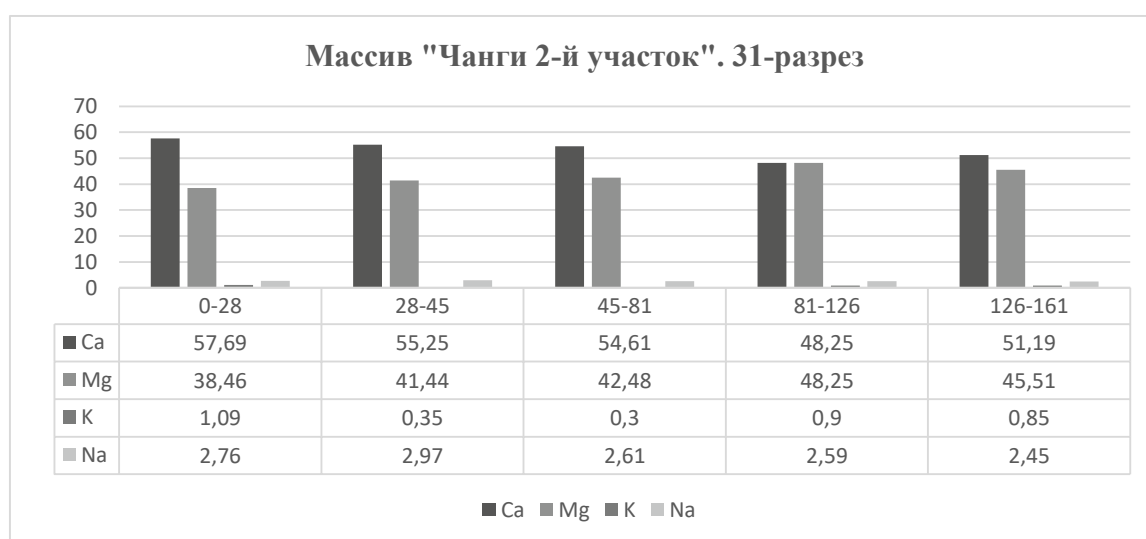


*Рисунок 2. Богарный типичный серозем*

## Литература

1. Гедройц К. К. Почвенно-поглощающий комплекс I почвенно-поглощающий катион как основа генетической почвенной классификации. – 2-е изд., ISPR. I DOP. – Ленинград: Носовский. сел.-хоз. опытная станция, 1927. – Л.: тип. «Коминтерн». Центр. издательство народов СССР. – 112 с.
2. Гедройц К. К. Почвенный поглощающий комплекс. Rastenie I udobrenie. – М.: Сельхозгиз, 1935. – С. 78.
3. Каттаева Г. Н. Генетические и эколого-мелиоративные особенности почво-грунтов высохшего дна Аральского моря (на примере западной части). Diss. – Ташкент, 2024. – С. 96 – 98.
4. Свойства, эколого-мелиоративное состояние и продуктивность орошаемых почв Ферганской долины / монография. – Ташкент: Изд-во «Навруз», 2017. – С. 185 – 193.
5. Абдурахманов Н. Ю., Собитов О. Т., Курдашев К. Д., Физико-химические свойства лугово-сероземных почв Мирзачульского оазиса // Академик Чаржав Абдировтын tuwil isapina 90 Jil Toliw Múnásibetine Bairishlan Isan VI Международная научно-практическая конференция под названием «В настоящее время я изучаю как свои знания». – Нукус, 2023. – С. 333 – 336.
6. Роде А. А. Система методов исследования в почвоведении. – М.: «Наука», Новосибирск, 1971. – С. 19 – 26.

7. Агрохимические методы исследования почв и растений. УзПИТИ. – Ташкент, 2007. – С. 14 – 18.
8. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. – Москва, 1970. – С. 277 – 310.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 9 – 135.
10. Бабомуродов М., Бобоноров Б. В., Разуметов М. И., Ахмедов А. У. Механический состав, содержание гумуса, поглощающая способность и содержание поглощенных катионов в пойменных серо-луговых почв // Научный журнал почвоведения и агрохимии. – Ташкент, 2023. – № 2. – С. 6 – 12.

УДК 631.51.01

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ОПЫТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ СУХОСТЕПНОЙ И НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОН

А. И. Беленков

ФГБНУ ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса  
Российская Федерация, 141055, Московская обл., г. Лобня 5,  
ул. Научный городок, корп. 1  
E-mail: belenokaleksis@mail.ru

**Резюме.** В статье излагаются вопросы внедрения и освоения различных приемов основной обработки почвы под отдельные культуры в севооборотах в условиях Нижнего Поволжья и ЦР НЧЗ РФ, поскольку их системное изучение вызвано неоднозначным отношением ученых-аграриев и практиков сельскохозяйственного производства к данным проблемам.

**Abstract.** The article presents the issues of implementation and development of various methods of primary soil cultivation for individual crops and crop rotations in the conditions of the Lower Volga region and the Central Region of the NCHZ RF, since their systematic study is caused by the ambiguous attitude of agricultural scientists and agricultural production practitioners to these problems.

Вопросам подбора и изучения приемов и орудий обработки почвы всегда уделялось большое и пристальное внимание ученых и практиков как в у нас в стране, так и за рубежом. В настоящий момент обработка почвы уже не рассматривается как неизбежно затратное и слабо прогрессирующее звено систем земледелия. Эта составная часть стала мобильнее и динамичнее в своем развитии. Определены новые пути решения сложных задач экономии материальных и денежных затрат, что приводит, в свою очередь, к увеличению продуктивности культур и стабилизации почвенного плодородия. Обработка почвы является важнейшей составной частью системы земледелия, поскольку регламентирует ее интенсивность, уровень антропогенной нагрузки на агроландшафт, устойчивость почвы к эрозии и возможность воспроизводства плодородия [1, 2, 3].

**Введение.** В течение длительного периода времени нами исследовались вопросы почвообработки в сухостепной зоне каштановых и черноземных почв, а также в Нечерноземной зоне дерново-подзолистых почв. В полевых опытах, заложенных в разные годы в учхозе «Горная Поляна» Волгоградского СХИ (ныне ВолгГАУ), Нижне-Волжском НИИСХ, произ-

водственных условиях ООО «Гелео-Пакс Агро» Михайловского района Волгоградской области, Центре точного земледелия РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, изучались способы, глубина, сроки проведения основной обработки почвы [4, 5, 6].

**Результаты.** В таблице 1 приведены данные по изучению сквозных способов и глубины обработки почвы на всех полях севооборота: пар черный – озимая пшеница – яровая пшеница – ячмень. Наиболее выигрышно выглядели безотвальные приемы, исключая чизельную обработку почвы.

*Таблица 1. Результаты полевых опытов по изучению обработки почвы  
(Учхоз «Горная Поляна» ВСХИ, ВГСХА, 1986 – 1993 гг.)*

| Вариант обработки почвы                     |              | Урожайность культур по севообороту, т/га |              | Уровень рентабельности, % |              | Коэффициент энергетической эффективности |              | Баланс почвенного гумуса, т/га |              |
|---------------------------------------------|--------------|------------------------------------------|--------------|---------------------------|--------------|------------------------------------------|--------------|--------------------------------|--------------|
| Вспашка на 25 – 27 см                       |              | 1,90                                     |              | 99,4                      |              | 2.02                                     |              | –2.5                           |              |
| Плоскорезная обработка на 25 – 27 см        |              | 2,07                                     |              | 111,6                     |              | 2,12                                     |              | –2.1                           |              |
| Чизельная обработка на 25 – 27 см           |              | 1,70                                     |              | 93.5                      |              | 1,88                                     |              | –2.4                           |              |
| Обработка СибиМЭ на 25 – 27 см              |              | 1,95                                     |              | 104.4                     |              | 2,07                                     |              | –2.3                           |              |
| Обработка СибиМЭ на 20 – 22 см              |              | 1,99                                     |              | 108,2                     |              | 2.10                                     |              | –2.2                           |              |
| Обработка СибиМЭ на 12 – 14 см              |              | 1,86                                     |              | 101,6                     |              | 2.03                                     |              | –2.2                           |              |
| Метео за период вегетации (апрель – август) |              |                                          |              |                           |              |                                          |              |                                |              |
| Показатели                                  | 1986 г.      | 1987 г.                                  | 1988 г.      | 1989 г.                   | 1990 г.      | 1991 г.                                  | 1992 г.      | 1993 г.                        | Сред.        |
| Количество осадков, мм                      | 175          | 200                                      | 305,5        | 395                       | 227,3        | 119,6                                    | 202          | 307,7                          | 226,8        |
| Температура воздуха, °С                     | 19,6<br>2943 | 17,1<br>2565                             | 18,8<br>2820 | 18,7<br>2805              | 17,8<br>2670 | 19,9<br>2985                             | 17,9<br>2685 | 16,8<br>2520                   | 18,3<br>2745 |
| ГТК                                         | 0,59         | 0,78                                     | 1.08         | 1,40                      | 0,85         | 0,40                                     | 0.75         | 1.22                           | 0,83         |
| Оценка по метеоусловиям                     | Не-благ.     | Средн.                                   | Благ.        | Благ.                     | Средн.       | Неблаг.                                  | Средн.       | Благ.                          | Средн.       |

Различия между обработками плоскорезом, корпусами СибиМЭ и вспашкой составляли порядка 0,05 – 0,17 т/га, мелкая обработка сибирскими стойками на 0,04 т/га уступала. Чизельная обработка дала урожайность зерновых культур на 0,2 т/га меньше отвальной. Наиболее рентабельными и энергетически эффективными оказались ранее указанные варианты. Чизельная обработка по-прежнему уступала. Расчеты по балансу гумуса в севообороте оказались практически одинаковыми. Из 8 лет по метеоусловиям годы распределились как благоприятные – 3, средние – 2, неблагоприятные – 2.

Исследования, проведенные на обыкновенных черноземах Михайловского района Волгоградской области в таком же севообороте, не выявили преимущество зяблевых обработок на 25 – 27 см. Можно говорить о снижении эффективности осенних мелких обработок на 10 – 12 см (табл. 2).

Весенние обработки под яровые зерновые выявили преимущество КПШ-9. Максимальный уровень рентабельности среди зяблевых обработок зафиксирован по АПК-6, из весенних

чуть больше он был по КПШ-9. То же следует отметить по величине коэффициента энергетической эффективности. Мелкие весенние обработки более экономно расходовали почвенный гумус. Из представленной оценки метеоусловий один год были благоприятным, два – средними и один – неблагоприятным, что сказалось на урожайности культур.

*Таблица 2. Результаты полевого опыта по изучению обработки почвы  
(ООО «Гелео-Пакс Агро» Михайловского района, 2000 – 2003 гг.)*

| Вариант обработки почвы                            | Урожайность культур по севообороту, т/га | Уровень рентабельности, % | Коэффициент энергетической эффективности | Баланс почвенного гумуса, т/га |           |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|-----------|
| 1                                                  | 2                                        | 3                         | 4                                        | 5                              |           |
| Осенняя обработка почвы                            |                                          |                           |                                          |                                |           |
| ПН-8-40 на 25 – 27 см                              | 2,70                                     | 80,7                      | 2,22                                     | –2,2                           |           |
| ПГ-3-5 на 25 – 27 см                               | 2,76                                     | 93,9                      | 2.54                                     | –2.0                           |           |
| 1                                                  | 2                                        | 3                         | 4                                        | 5                              |           |
| СибИМЭ на 25 – 27 см                               | 2.65                                     | 86.7                      | 2,30                                     | –1.9                           |           |
| БДТ-7 на 10 – 12 см                                | 2.50                                     | 92.6                      | 2.45                                     | –1,9                           |           |
| АПК-6 на 10 – 12 см                                | 2,64                                     | 96,1                      | 2.58                                     | –1,7                           |           |
| Весенняя обработка почвы                           |                                          |                           |                                          |                                |           |
| КПШ-9 на 10 – 12 см                                | 2.28                                     | 84.9                      | 2,08                                     | –1.5                           |           |
| БДТ-7 на 10 – 12 см                                | 2.09                                     | 75,8                      | 1.92                                     | –1,3                           |           |
| АПК-6 на 10 – 12 см                                | 2.13                                     | 83.1                      | 2,03                                     | –1,3                           |           |
| Метеоусловия за период вегетации (апрель – август) |                                          |                           |                                          |                                |           |
| Показатели                                         | 2000 г.                                  | 2001 г.                   | 2002 г.                                  | 2003 г.                        | среднее   |
| Количество осадков, мм                             | 218,0                                    | 240,9                     | 127,2                                    | 193,1                          | 194,8     |
| Температура воздуха, °С                            | 18,4 2760                                | 17,7 2655                 | 16,1 2415                                | 14,7 2205                      | 16,7 2505 |
| ГТК                                                | 0,79                                     | 0,91                      | 0,53                                     | 0,88                           | 0,78      |
| Оценка по метеоусловиям                            | средний                                  | благопр.                  | неблаг.                                  | средний                        | средний   |

В сухостепной зоне каштановых почв на опытном поле Нижне-Волжского НИИСХ проводили сравнение осенних и весенних обработок почвы под зерновые культуры различными приемами и орудиями (табл. 3).

Зяблевые обработки отвальным плугом и сибирскими стойками практически одинаково повлияли на урожайность и экономические показатели. Однако вспашка оказалась менее энергетически эффективной и по ней несколько больший отрицательный баланс гумуса. Среди весенних обработок следует выделить относительно новые на тот момент орудия АПК-6 и КУМ-4. Здесь выше урожайность и наибольшие показатели экономической и энергетической эффективности, но гумус расходовался более интенсивно. Оценка метеоусловий показала следующее: 1 год – средний и 3 – неблагоприятные, что характерно для зоны исследований.

В период с 2009 по 2020 гг. проводились исследования на опытном поле Центра точного земледелия (ЦТЗ) РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. В рамках севооборота: викоовсяная смесь – озимая пшеница – картофель – ячмень изучались в т. ч. и приемы обработки почвы, включавшие отвальную, минимальную и нулевую (прямой посев). Здесь представлены результаты влияния обработок на урожайность культур в зависимости от складывающихся метеоусловий за три ротации севооборота (табл. 4).

*Таблица 3. Результаты полевого опыта по изучению обработки почвы  
(Нижне-Волжский НИИСХ, 2000 – 2003 гг.)*

| Вариант обработки почвы                         | Урожайность культур по севообороту, т/га |           | Уровень рентабельности, % |            | Коэффициент энергетической эффективности | Баланс почвенного гумуса, т/га |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------|---------------------------|------------|------------------------------------------|--------------------------------|
| Осенняя обработка почвы                         |                                          |           |                           |            |                                          |                                |
| ПН-4-35                                         | 1.24                                     | 66,9      | 1,84                      | –2,7       |                                          |                                |
| СиБИМЭ                                          | 1.21                                     | 65.8      | 1,92                      | –2.5       |                                          |                                |
| Весенняя обработка почвы                        |                                          |           |                           |            |                                          |                                |
| БДТ-7 на 8 – 10 см                              | 0,97                                     |           | 45.3                      |            | 1,80                                     | –2,2                           |
| КПЭ-3,8 на 12 – 14 см                           | 1.02                                     |           | 52.7                      |            | 1.95                                     | –2,0                           |
| КПС-4 на 10 – 12 см                             | 1.01                                     |           | 48,0                      |            | 1.91                                     | –2.0                           |
| АПК-6 на 10 – 12 см                             | 1.18                                     |           | 73,2                      |            | 2,05                                     | –2.5                           |
| КУМ-4 на 12 – 14 см                             | 1,20                                     |           | 75,2                      |            | 2,11                                     | –2,5                           |
| Метеоусловия за период вегетации(апрель – июль) |                                          |           |                           |            |                                          |                                |
| Показатели                                      | 2000 г.                                  | 2001 г.   | 2002 г.                   | 2003 г.    | среднее                                  |                                |
| Количество осадков, мм                          | 147,2                                    | 199,2     | 125,0                     | 138,7      | 142,5                                    |                                |
| Температура воздуха, °С                         | 19,4 2910                                | 18,8 2820 | 17,8 2670                 | 16,3 2445  | 18,0 2700                                |                                |
| ГТК                                             | 0,50                                     | 0,70      | 0,47                      | 0,57       | 0,53                                     |                                |
| Оценка по метеоусловиям                         | Неблагопр.                               | Средний   | Неблагопр.                | Неблагопр. | Неблагопр.                               |                                |

*Таблица 4. Результаты опыта ЦТЗ по изучению обработки почвы  
в зависимости от метеоусловий года (РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева)*

| Показатели               | Неблагоприятный период     |             | Средний по метеоусловиям   |             | Благоприятный период       |             |
|--------------------------|----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|
|                          | 2010, 2011, 2018, 2019 гг. |             | 2012, 2014, 2017, 2020 гг. |             | 2009, 2013, 2015, 2016 гг. |             |
|                          | Отвальная                  | Мини-малн.* | Отвальная                  | Мини-малн.* | Отвальная                  | Мини-малн.* |
| <b>Урожайность, т/га</b> |                            |             |                            |             |                            |             |
| Вика + овес              | 13,2                       | 11,0        | 22,6                       | 17,4        | 25,0                       | 26,4        |
| Оз. пшеница              | 4,36                       | 3,73        | 5,31                       | 5,46        | 5,53                       | 5,82        |
| Картофель                | 27,1                       | 23,9        | 24,6                       | 22,6        | 32,8                       | 28,9        |
| Ячмень                   | 3,11                       | 3,01        | 3,83                       | 3,68        | 4,98                       | 4,95        |
| Осадки, мм               | 200 – 250; 501 – 550       |             | 251 – 300; 451 – 500       |             | 301 – 450                  |             |
| Температура воздуха, С   | 16,6 – 17,5                |             | 15,6 – 16,5                |             | 14,0 – 15,5                |             |
| ГТК                      | 0,8 – 1,0; 1,9 – 2,0       |             | 1,07 – 1,28; 1,82 – 1,9    |             | 1,43 – 1,67                |             |

*Примечание:\** – под викоовсяную смесь и озимую пшеницу проводилась нулевая обработка (прямой посев), картофель и ячмень – минимальная комбинированным агрегатом.

Согласно оценке, отмечалось нарастание величины урожайности большинства культур по мере улучшения метеоусловий. Исключение составил картофель, по которому в средний период комплекса метеоусловий наблюдалась урожайность меньшая, чем в неблагоприятные годы, т. е. показатели количества осадков и температуры воздуха за период активной вегетации в менее благоприятные годы лучшим образом сказывались на росте, развитии и урожайности картофеля по обоим вариантам обработки. По остальным культурам зафиксирована урожайность в средний период больше, чем в неблагоприятный. Максимальная продуктивность культур севооборота получена в годы оптимальных показателей температуры воздуха и количества осадков. Относительно влияния приемов обработки почвы следует отметить по всем культурам, исключая озимую пшеницу, наивысшую урожайность по вспашке в первый и второй период. В годы со средними и благоприятными метеоусловиями наблюдалось преимущество нулевой обработки для озимой пшеницы, по вико с овсом это проявилось только в третий период. Практическое равенство тогда же наблюдалось на ячмене, картофель во все годы проведения исследований лучше реагировал на вспашку [7].

**Выводы.** Исходя из результатов многолетних исследований, установлено, что в полевых севооборотах различных почвенно-климатических зон Российской Федерации следует ориентироваться на систему комбинированной основной обработки почвы, сочетающую различные приемы отвальной, безотвальной, минимальной и нулевой в рамках адаптивно-ландшафтных систем земледелия. В связи с появлением новых машин и орудий обработки импортного и отечественного производства в стране и по отдельным регионам необходимы новые, углубленные исследования в полевых опытах и на производстве с выявлением наиболее эффективных, отвечающих современным требованиям, как крупных товаропроизводителей, так и тружеников крестьянско-фермерских хозяйств.

## Литература

1. Шульмейстер К. Г. Избр. тр. / К. Г. Шульмейстер. – Волгоград: Комитет по печати, 1995. – В 2-х т.: т. 1. – 456 с.; т. 2. – 480 с.
2. Сдобников С. С. Обработка и плодородие пашни: пахать или не пахать? / С. С. Сдобников. – М., 2000. – 28 с.
3. Сухов А. Н. Агроэкономические основы полевых севооборотов и обработки почвы в адаптивно-ландшафтном земледелии сухостепной и полупустынной зон Нижнего Поволжья: монография / А. Н. Сухов, К. А. Имангалиев, А. К. Имангалиева – Волгоград: ФГОУ ВПО Волгоградская ГСХА, 2011. – 192 с.
4. Беленков А. И. Научно-практические приемы совершенствования обработки почвы в современных адаптивно-ландшафтных системах земледелия: монография / А. И. Беленков, В. А. Шевченко, Т. А. Трофимова, В. П. Шачнев. – М.: Инфра-М, 2019. – 279 с.
5. Мазиров М. А. Влияние различных систем обработки и удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы / М. А. Мазиров, Н. С. Матюк, В. Д. Полин, Н. В. Малахов // Земледелие. – 2018. – 32. – С. 33 – 36.
6. Belenkov A. Role and significance of treatment in modern farming systems / A. Belenkov., M. Mazirov, V. Nikolaev, S. Zinchenko // Tol conference Series Earth and environmental Science. ASAGRT2020. – 2021. – P. 12 – 19.
7. Беленков А. И. Взаимосвязь агрометеорологических условий, плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивности культур полевого опыта / А. И. Беленков, В. Д. Полин, В. А. Николаев // Научно-агрономический журнал. – 2024. – № 1 (124). – С. 48 – 55.



# ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ КОЭФФИЦИЕНТАМИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И ВЛАГОПРОВОДНОСТИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДИЕНТА

Ч. Г. Гюлалыев

Министерство науки и образования Азербайджанской Республики

Азербайджанская Республика, AZ1073, г. Баку, пр. Г. Джавида, 117

E-mail: ch\_gulaliyev@yahoo.com

**Резюме.** В статье исследуется взаимосвязь между коэффициентами теплопроводности ( $K$ ) и термовлагопроводности ( $\Delta P_v$ ) в почве под воздействием температурного градиента. Эксперименты проведены на горно-чернозёмных (Phaeozem (mountain variant)) и серолуговых (Gleyic Cambisol) почвах при постоянной плотности. Полученные результаты показали, что между двумя коэффициентами существует линейная обратно пропорциональная зависимость. Это позволяет интегрально моделировать гидротермический режим почвы. Установленные эмпирические уравнения отражают физическую сущность тепловлажностного переноса. Данные результаты имеют практическое значение для агротехнического планирования.

**Ключевые слова:** почва, температуропроводность, термовлагопроводность, модель, Gleyic Cambisol.

**Abstract.** This paper investigates the interrelationship between soil thermal conductivity ( $K$ ) and thermally induced moisture transfer coefficient ( $\Delta P_v$ ) under the influence of a temperature gradient. Experimental studies were conducted on mountain-chnozem and meadow-gray soils at constant density and varying moisture levels. Results reveal a linear inverse dependence between the two coefficients. This enables integrated modeling of the soil hydrothermal regime. Empirical equations reflect the physical basis of heat-moisture transfer in porous media. The findings are practically significant for optimizing agro-technical decision-making and resource management.

**Keywords:** soil, thermal diffusivity, thermal and moisture conductivity, model, Gleyic Cambisol.

**Введение.** Движение влаги в почвенной системе и её усвоение растениями стало одним из приоритетных направлений современных аграрных и экогидрологических наук. Регулирование водного баланса почвы и управление этим балансом играют важную роль в обеспечении оптимальных условий для вегетации растений. Динамика движения влаги тесно связана с такими важными агротехническими показателями, как планирование орошения, водообеспечение растений и структура почвы. Точное понимание этих процессов имеет большое значение для повышения продуктивности агроэкосистем и рационального использования ресурсов в сельском хозяйстве [2, 7].

Взаимосвязь между потоками тепла и влаги в почвенной среде, особенно под воздействием температурного градиента, приобретает особую актуальность. Температурный градиент определяет не только направление теплового потока в почве, но и существенно влияет на кинетику перемещения влаги. Таким образом, комплексность гидротермических процессов проявляется во взаимном влиянии потоков тепла и влаги. В этих условиях тепловлагообмен изменяет физические и гидротермические свойства почвы, способствуя формированию таких сложных процессов, как испарение, конденсация, капиллярное перенесение и диффузия. Эти

процессы, в свою очередь, напрямую влияют на водный баланс почвы, её биологическую активность и водообеспечение корневой системы растений [4, 6].

С этой точки зрения в научной литературе подчёркивается, что тепловой поток в почве тесно связан не только с температурным градиентом, но и с уровнем влажности. Полученные результаты исследований показывают, что по мере повышения влажности почвы увеличивается и её теплопроводность. Это означает, что перенос тепла и влаги в почве находится во взаимном влиянии и должен моделироваться совместно. В условиях увлажнённой почвы тепловой поток становится более интенсивным, что требует оценки гидротермического режима как единой и интегральной системы [1, 2, 3]. Одновременно исследования, проведённые в полевых и лабораторных условиях, выявили изменчивость теплового потока на различных горизонтах почвенного профиля.

Тепловой поток, индуцированный температурным градиентом, распространяется по слоям почвы неравномерно, и это распределение в значительной степени зависит от уровня влажности. Этот факт требует, чтобы процессы теплопереноса в почве анализировались не только с точки зрения физики, но и с учётом гидрологических условий. Такие выводы ещё раз подтверждают, что гидротермический режим носит комплексный характер, и подчёркивают важность математического моделирования в данной области [7].

В последние годы математические модели, эмпирические функции и численные методы моделирования, применяемые в данной области, способствовали более точному и экономически эффективному объяснению почвенных процессов. В связи с финансовыми и техническими ограничениями лабораторных методов актуальность математических подходов значительно возросла. С помощью таких моделей можно прогнозировать тепловые и влаговые потоки в зависимости от плотности, влажности и температурных параметров почвы. Таким образом, эти подходы позволяют не только глубже понять физические свойства почвы, но и оптимизировать агротехнические решения [3, 5]. Особенно важно, что проведённые экспериментальные исследования и графический анализ показали: как коэффициент теплопроводности  $K$ , так и коэффициент термовлагопереноса  $\Delta P_{vl}$  зависят от влажности по параболической закономерности. Эти функциональные зависимости достигают максимальных значений при определённом оптимальном уровне влажности почвы, а затем при дальнейшем увеличении влажности значения коэффициентов постепенно снижаются. Такая картина свидетельствует о существовании оптимального гидротермического баланса в почве и о негативном влиянии его нарушения на процессы тепловлагообмена [1].

Эти наблюдения и научные обоснования позволили установить, что между коэффициентами теплопроводности и термовлагопереноса существуют как функциональные, так и физические сходства. Динамика этих коэффициентов в зависимости от влажности, совпадение диапазона их максимальных значений и согласованность направлений изменений указывают на наличие взаимосвязи между данными параметрами. Исходя из этого, основная цель представленной статьи заключается в научном исследовании взаимосвязи между коэффициентами теплопроводности и термовлагопереноса, в математическом выражении этой зависимости с использованием моделей и в определении возможностей применения полученных результатов для регулирования гидротермического режима почвы.

**Объекты и методы исследования.** Исследование проводилось на образцах горно-черноземной (Phaeozem (mountain variant)) и серолуговой (Gleyic Cambisol) почв. Инструментальное определение коэффициента теплопроводности почвы осуществлялось методом калориметрии в стационарном режиме. Данный метод основан на изучении динамики тепловых изменений, происходящих при нагревании или охлаждении почвенного образца в условиях стабильной температуры окружающей среды. Для изучения процессов влагопереноса под воздействием температурного градиента в почве использовалась специальная экспериментальная установка, включающая в себя систему терморегуляции. В состав установки входили ультратермостат типа ТС-15, потенциометр постоянного тока Р-306, микроампер-

метр М-95, прибор для измерения времени, а также термopapa, подключённая к ключу типа РМТ-20. С помощью указанных приборов была определена динамика движения влаги в почвенном профиле под воздействием температурных изменений [1].

**Результаты и их обсуждение.** Результаты исследования показали, что коэффициент температуропроводности почвы ( $K$ ) и коэффициент влагопереноса под воздействием температуры ( $\Delta P_{vl}$ ) изменяются в зависимости от уровня влажности и эта зависимость носит нелинейный, параболический характер: с увеличением влажности значения коэффициентов сначала возрастают, достигают максимума, а затем начинают снижаться. Это объясняется пористой структурой почвы и изменением фазового состояния воды. Кроме того, направления движения влаги в фазах испарения и конденсации варьируются в зависимости от времени суток и сезона. В тёплое дневное время пар может направляться в более глубокие слои почвы, тогда как ночью его движение меняется на противоположное. Эти закономерности подтверждают тесную связь движения влаги с упругостью водяного пара.

Обобщение полученных нами экспериментальных результатов показало, что при заданной постоянной плотности зависимость коэффициента температуропроводности ( $K$ ) и коэффициента влагопереноса под действием температуры ( $\Delta P_{vl}$ ) от влажности может быть выражена в общем виде следующим образом:

$$Y = a_l - b_l(W - W_{kr})^2.$$

В данном уравнении выражается либо температуропроводность ( $K$ ), либо коэффициент влагопереноса под воздействием температуры ( $\Delta P_{vl}$ ). То есть, поскольку зависимость обоих коэффициентов от влажности при постоянной плотности одинакова, можно взаимозаменяемо использовать  $K$  и  $\Delta P_{vl}$ . Здесь  $W_{kr}$  – это значение влажности, соответствующее максимуму как для  $K$ , так и для  $\Delta P_{vl}$  и называется критическим уровнем влажности.

В результате проведённых экспериментальных исследований установлено, что как коэффициент температуропроводности  $K$ , так и коэффициент влагопереноса под воздействием температуры  $\Delta P_{vl}$  демонстрируют линейную зависимость от плотности почвы. Этот результат подтверждает фундаментальный характер взаимосвязи между плотностью, влажностью и тепловыми потоками в почве, что делает его подходящим исходным условием для математического моделирования. Основываясь на этих наблюдениях, для различных исследуемых типов почв эмпирическая зависимость температуропроводности от влажности и плотности была выражена в следующей форме [1]:

$$10^4 \cdot K = A \cdot \rho - B \cdot \rho (W - W_{kr})^2. \quad (1)$$

Коэффициент  $A$  в данном уравнении определяется при малых значениях влажности, то есть когда  $W \approx W_{kr}$ , а выражение с  $B$  определяется по значениям влажности на других уровнях после нахождения коэффициента  $A$ . Зависимость коэффициента влагопереноса под воздействием температуры от влажности и плотности устанавливается в следующей аналитической форме:

$$\Delta P_{vl} = A' - B \cdot \rho - \frac{C}{\rho} (W - W_{kr})^2. \quad (2)$$

В данном уравнении коэффициенты  $A$  и  $B$  принимаются равными значениям, соответствующим критическому уровню влажности. Коэффициент  $C$  определяется экспериментально, в зависимости от других уровней влажности, при которых происходит перенос влаги под воздействием температуры. Из этого следует, что зависимость коэффициентов температуропроводности и влагопереноса под действием температуры от влажности и плотности может быть выражена двумя общими математическими уравнениями.

На основе данных, полученных в результате проведённых экспериментальных исследований, были выполнены расчёты с использованием эмпирических математических моделей, построенных для коэффициента влагопереноса под воздействием температуры и коэффициента температуропроводности. Указанные модели были сформированы как итог исследования

и применены к различным типам почв. Результаты расчётов сопоставлены с фактическими экспериментальными значениями и представлены в таблице 1 и таблице 2. В данных таблицах приведены как измеренные опытным путём, так и вычисленные по формулам значения коэффициентов  $K$  и  $\Delta P_{vp}$ , а также проанализированы относительные отклонения между ними. На основании анализа можно отметить, что значения, полученные с помощью эмпирических уравнений, демонстрируют высокую степень соответствия с экспериментальными результатами по обоим коэффициентам.

Это, в свою очередь, свидетельствует о том, что построенные модели достаточно точно отражают динамику тепловых и влаговых потоков в почве в реальных условиях и обладают способностью надёжно прогнозировать экспериментальные результаты. Такое совпадение не только расширяет практические возможности применения моделей, но и подтверждает корректность их теоретической основы. Полученные результаты демонстрируют эффективность проводимых исследований в области моделирования взаимовлияния тепла и влаги в почвенной физике и создают основу для будущих научных разработок в этом направлении.

Таблица 1. Экспериментальные значения и значения коэффициента температуропроводности ( $K$ ), рассчитанные по формуле 1

| W, %                                                                                                            | $K \cdot 10^4$ ,<br>см <sup>2</sup> /сек.<br>эксп.-но | Расчётное<br>значение<br>$K \cdot 10^4$ , см <sup>2</sup> /<br>сек. | Отн.-я<br>погр., % | W, %                                                                                                            | $K \cdot 10^4$ ,<br>см <sup>2</sup> /сек.<br>эксп.-но | Расчётное<br>значение<br>$K \cdot 10^4$ , см <sup>2</sup> /<br>сек. | Отн.-я<br>погр., % |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------|
| <b>Горно-чернозёмная</b><br>( <i>Phaeozem (mountain variant)</i> )                                              |                                                       |                                                                     |                    | <b>Серолуговая</b><br>( <i>Gleyic Cambisol</i> )                                                                |                                                       |                                                                     |                    |
| $T = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; $W_{kr} = 27\%$ ; $\rho = 1,3\text{ г/см}^3$ ;<br>$A = 19.11$ ; $B = 0.0237$ |                                                       |                                                                     |                    | $T = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; $W_{kr} = 20\%$ ; $\rho = 1,3\text{ г/см}^3$ ;<br>$A = 18.11$ ; $B = 0.0473$ |                                                       |                                                                     |                    |
| 10.0                                                                                                            | 16.80                                                 | 15.94                                                               | 5.13               | 10                                                                                                              | 18.14                                                 | 17.39                                                               | 4.11               |
| 15.0                                                                                                            | 19.41                                                 | 20.41                                                               | 5.13               | 12                                                                                                              | 19.23                                                 | 19.61                                                               | 1.96               |
| 20.0                                                                                                            | 22.53                                                 | 23.33                                                               | 3.57               | 15                                                                                                              | 21.53                                                 | 22.01                                                               | 2.21               |
| 25.0                                                                                                            | 26.02                                                 | 24.72                                                               | 4.99               | 18                                                                                                              | 24.06                                                 | 23.30                                                               | 3.17               |
| 27.0                                                                                                            | 26.53                                                 | 24.84                                                               | 6.36               | 20                                                                                                              | 24.34                                                 | 23.54                                                               | 3.27               |
| 30.0                                                                                                            | 24.55                                                 | 24.57                                                               | 0.06               | 22                                                                                                              | 23.55                                                 | 23.30                                                               | 1.07               |
| 33.0                                                                                                            | 21.71                                                 | 23.73                                                               | 9.32               | 25                                                                                                              | 20.30                                                 | 22.01                                                               | 8.40               |

Таблица 2. Экспериментальные и расчётные по формуле 2 значения  $P_{vp}$  (в граммах) под воздействием температуры

| W, %                                                                                                                            | Эксп.-но,<br>г | Расчётное<br>значение, г | Отн.-я<br>погр., % | W, %                                                                                                                                | Эксп.-но,<br>г | Расчётное<br>значение, г | Отн.-я<br>погр., % |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------|--------------------|
| <b>Горно-чернозёмная</b><br>( <i>Phaeozem (mountain variant)</i> )                                                              |                |                          |                    | <b>Серолуговая</b><br>( <i>Gleyic Cambisol</i> )                                                                                    |                |                          |                    |
| $T = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; $W_{kr} = 20\%$ ; $\rho = 1,3\text{ г/см}^3$<br>$A' = 948.64$ ; $B = 729.30$ ; $C = 0.00844$ |                |                          |                    | $T = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; $W_{kr} = 14\%$ ; $\rho = 1,3\text{ г/см}^3$ ;<br>$A' = 1543.35$ ; $B = 1186.65$ ; $C = 0.01482$ |                |                          |                    |
| 12                                                                                                                              | 0.140          | 0.133                    | 5.06               | 8                                                                                                                                   | 0.28           | 0.284                    | 1.44               |
| 14                                                                                                                              | 0.330          | 0.315                    | 4.64               | 10                                                                                                                                  | 0.47           | 0.512                    | 8.94               |
| 16                                                                                                                              | 0.430          | 0.445                    | 3.38               | 12                                                                                                                                  | 0.62           | 0.649                    | 4.64               |
| 18                                                                                                                              | 0.500          | 0.522                    | 4.49               | 14                                                                                                                                  | 0.71           | 0.694                    | 2.2                |
| 20                                                                                                                              | 0.570          | 0.548                    | 3.79               | 16                                                                                                                                  | 0.65           | 0.649                    | 0.19               |
| 22                                                                                                                              | 0.500          | 0.522                    | 4.49               | 18                                                                                                                                  | 0.57           | 0.512                    | 10.17              |
| 24                                                                                                                              | 0.470          | 0.445                    | 5.42               | —                                                                                                                                   | —              | —                        | —                  |

Исходя из того, что оба выражения содержат один и те же аргументы, совместно решим уравнения температуропроводности и термовлагопроводности. Для начала предположим, что исходная влажность равна критической влажности ( $W = W_{kr}$ ), тогда обе скобки, входящие в правые части для  $K$  и  $\Delta P_{vp}$  примут соответственно вид:

1) Коэффициент температуропроводности (при критической влажности):

$$10^4 \cdot K = A \cdot \rho.$$

2) Коэффициент термовлагопроводности (в условиях критической влажности) определяется следующим образом:

$$\Delta P_{vl} = A' - B \cdot \rho.$$

Из этих двух уравнений получены следующие взаимные зависимости: Выражение коэффициента термовлагопроводности  $\Delta P_{vl}$  через  $K$ :

$$\Delta P_{vl} = A' - (10^4 \cdot B / A) \cdot K.$$

А выражение коэффициента температуропроводности  $K$  через  $\Delta P_{vl}$ :

$$K = (A \cdot A' - A \cdot \Delta P_{vl}) / (10^4 \cdot B).$$

Таким образом, между коэффициентом температуропроводности ( $K$ ) и коэффициентом термовлагопроводности ( $\Delta P_{vl}$ ), обусловленным действием температуры, устанавливается линейная зависимость следующего вида. То есть между коэффициентом температуропроводности ( $K$ ) и коэффициентом переноса влаги ( $\Delta P_{vl}$ ) существует линейная обратная зависимость. Иными словами, с увеличением температуропроводности, при постоянных параметрах, значение  $\Delta P_{vl}$  уменьшается, что физически также логично: в почвах с более высокой теплопроводностью потенциал переноса влаги под воздействием тепла ( $\Delta P_{vl}$ ) может быть ниже. Этот результат показывает, что при совместном переносе тепла и влаги в почве между этими двумя коэффициентами ( $K$  и  $\Delta P_{vl}$ ) существует обратно пропорциональная и линейная связь. Значения коэффициентов зависят от типа почвы и её физических свойств.

## Литература

1. Герайзаде А. П., Гюлалыев Ч. Г. Теплофизические характеристики почв. – Баку: Изд. «Адилъоглы», 2006. – 204 с.
2. Assouline, S., Or, D., & Shavit, U. (2018). Advances in soil evaporation physics – A review. *Vadose Zone Journal*, 17(1), 180075. <https://doi.org/10.2136/vzj2018.04.0075>.
3. Jiang, S., Liu, Y., Chen, L., & Hu, X. (2019). Coupled heat and moisture transport in unsaturated soils under climate change. *Geoderma*, 349, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.04.040>.
4. Montaldo, N., Caratelli, A., & Corona, R. (2019). Soil–vegetation–atmosphere interactions and their effects on the soil water and temperature dynamics. *Journal of Hydrology*, 577, 123956. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.123956>.
5. Rossi, R., Bittelli, M., & Pisa, P. R. (2023). Modeling coupled heat and mass transport in structured soils using updated retention and conductivity functions. *Soil and Tillage Research*, 231, 105695. <https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105695>.
6. Saito, H., Šimůnek, J., & Hopmans, J. W. (2021). Simultaneous modeling of water, vapor, and heat transport in soils: Recent developments and applications. *Water*, 13(2), 127. <https://doi.org/10.3390/w13020127>.
7. Vereecken, H., Schnepf, A., Hopmans, J. W., Javaux, M., Or, D., Roose, T., ... & Vanderborght, J. (2022). Modeling soil processes: Review, key challenges, and new perspectives. *Vadose Zone Journal*, 21(1), e20139. <https://doi.org/10.1002/vzj2.20139>.

# ВЫБОР ОСНОВНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А. В. Бузылёв, М. А. Мазиров, М. В. Тихонова

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49

E-mail: axe@rgau-msha.ru

**Резюме.** Рассматривается рациональность корректировки технологии основной обработки почвы адаптивно-ландшафтной системы земледелия на основе географических информационных систем (ГИС) и данных многолетних исследований влияния видов почвообработки на урожайность яровых зерновых. Моделируется рациональная комбинация применяемых технологий основной обработки почвы.

**Abstract.** The rationality of adjusting the technology of primary soil cultivation of the adaptive-landscape farming system is considered based on geographic information systems (GIS) and data from long-term studies of the influence of types of soil cultivation on the yield of spring grain crops. A rational combination of the applied technologies of primary soil cultivation is modeled.

Адаптивно-ландшафтные системы земледелия (АЛСЗ) занимают лидирующие позиции среди применяемых технологий в сельском хозяйстве благодаря тому, что они учитывают множество ограничивающих факторов, легко внедряются и требуют минимальных затрат со стороны производителей сельскохозяйственной продукции [1, 2].

Многие учёные считают, что применение адаптивно-ландшафтных систем земледелия в сочетании с географическими информационными системами (ГИС) является научно обоснованным и необходимым [3, 4]. Это позволяет существенно оптимизировать систему землепользования в целом [5, 6], а также объектно скорректировать отдельные агротехнические методы выращивания сельскохозяйственных культур [7].

## Проблематика исследования

Разработанные и внедрённые в конце 80-х годов зональные системы земледелия, которым в 1993 г. академиком В. И. Кирюшиным было дано обобщённое определение «Адаптивно-ландшафтные» (АЛСЗ) [6], несут в своей основе агроэкологическую почвенную группировку. В условиях современного сельского хозяйства реализация потенциала полной комбинаций групп почв даже в рамках одной территориальной единицы не представляется возможным в связи с присущей почвенному покрову пестротой распределения факторов и параметров качества [3, 8].

Значительное количество формализованных методических подходов к доработке принятых АЛСЗ упирается в недостаточность аналитической информации и соответственно высокую затратность её получения с последующей детальной интерпретацией, перевода системы земледелия на высший уровень в Precision agriculture [6].

Применяемые в ГИС методы интерполяции и экстраполяции данных способны сократить затратность корректировки АЛСЗ, яркая необходимость которой возникает у аграриев, в том числе в связи с наблюдающимися процессами глобального изменения климата [9].

Практика применения картографического материала, разработанного в рамках ГИС-обеспечения хозяйств, зачастую указывает на его избыточность. Так, к примеру, данные по содержанию фосфора и калия в пахотном горизонте агрономами применяются лишь обзорно для уточнения общего уровня обеспеченности почв питательными элементами [3]. Содержание микроэлементов зачастую даже не рассматривается, а азот игнорируется в виду внесения его в значительных концентрациях на посевных площадях и высоком приходно-расходном балансе, не позволяющем провести оперативные корректировки ГИС в связи с быстрым устареванием данных агрохимических обследований [10].

Наибольший интерес вызывают картограммы актуальной кислотности почв, как самый стабильный параметр, напрямую влияющий на формы применяемых минеральных удобрений и технологию их внесения.

Системы обработки почвы отчасти корректируются по картограммам содержания гумуса, условно отражающего агрофизические характеристики пахотного горизонта [1], при условии отсутствия этих показателей в ГИС хозяйства, что зачастую встречается при заказе проектов у организаций, специализирующихся на агрохимических исследованиях. Напротив, грамотно составленные в соответствии с чётким техническим заданием ГИС, включающие выверенные агрономом и технологами хозяйства набор показателей, позволяют существенно адаптировать применяемые агротехнологии не только к ландшафтным особенностям территории, но и добиться внутрипольной дифференциации применяемых технологических операций с целью достижения потенциальной урожайности и выровненного качества получаемой сельскохозяйственной продукции [8].

### Методы исследования

Исследования проводились на товарном поле группы компаний Gerion в башмаковском районе Пензенской области. Опытное поле площадью 100 га представлено выположенным участком на верхней трети склона водораздельного холма уклоном 1 – 2° южной экспозиции. В юго-восточной оконечности поля располагается слабозамечное замкнутое эрозионное понижение. Абсолютные высоты – 218 – 222 м.

Почвенный покров – преимущественно чернозём, выщелоченный мощный гумусный глинистый незродированный на лёссовидных глинах. Черноземы характеризуются хорошими физическими свойствами, заметно снижающимися на смытых участках поля (рис. 1).



*Рисунок 1. Аэрофотоснимок эрозионных проявлений юго-восточной оконечности агроэкосистемы «Митрофаново»*

*Полевые методы* включали сплошное картирование опытного участка на основе анализа данных почвенных проб, отобранных на глубину пахотного горизонта регулярной 100-метровой сети опробования по ГОСТ Р 58595-2019 «Почвы. Отбор проб». Также к полевым методам можно отнести применение беспилотных авиационных систем (БАС) для получения снимков поверхности опытного участка для построения карт структуры почвенного покрова [4].

*Лабораторные исследования* были нацелены на анализ агроэкологического качества почвенного покрова и включали в себя определение кислотности пахотного горизонта почвы (ГОСТ Р 58594-2019), содержания органического вещества (ГОСТ 26213-2021), подвижных форм фосфора и серы, обменного калия, а также нитратного и аммонийного азота (ГОСТ 26204-91).

*Геостатистическая обработка* данных проводилась с применением возможностей пакета 2D-3D-визуализации, контурирования и моделирования поверхностей Golden Software Surfer 28. Агроэкологическая оценка качества почвенного покрова проводилась с применением Региональной автоматизированной системы комплексной агроэкологической оценки земель (РАСКАЗ). Моделирование системы земледелия и отдельных агротехнологий, а также прогнозные оценки рентабельности производства выполнялись с применением системы поддержки принятия решений (СППР) ЛИССОЗ.

#### Анализ и результаты

Отделение «Митрофаново» анализируемого хозяйства применяет стандартный пятипольный зернопаропропашной севооборот. Ландшафтные условия территории типичны для юго-востока Восточно-Европейской равнины и характеризуются как увалисто-холмистая неглубоко эрозионно-расчленённая равнина. Исходя из параметров территории отделения, проведение почвозащитных мероприятий в принятой АЛСЗ предусмотрено не было.

При рекогносцировочной оценке было выявлено существенное (до 25 %) различие в качестве получаемой продукции (3 – 5 классы качества зерна), приуроченное к мезорельефу поверхности поля. Усреднённые агроэкологические характеристики поля приведены в табл. 1.

*Таблица 1. Почвенные характеристики анализируемого участка*

| Мощность А<br>(А1Р + А1) | Гумус, %      | pH <sub>KCl</sub>                     | Твёрдость, Дж           | Влажность<br>А1Р, % |
|--------------------------|---------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------|
| 55 ± 5                   | 7,90 ± 0,14   | 5,43 ± 0,02                           | 430,53 ± 6,72           | 14,20 ± 3,17        |
| Н нитр., мг/кг           | Н амм., мг/кг | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг | K <sub>2</sub> O, мг/кг | S, мг/кг            |
| 11,37 ± 0,06             | 15,92 ± 0,12  | 87,56 ± 1,86                          | 141,77 ± 2,27           | 6,65 ± 0,12         |

Основной задачей исследования ставилось выравнивание однородности качества зерновых культур с желательным достижением третьего уровня качества зерна за счёт применения комбинаций основной обработки почвы с учётом ландшафтно-экологического подхода.

Проведённая с применением экспертной оценочной системы «РАСКАЗ» комплексная агроэкологическая оценка почвенного покрова показала интегральный почвенно-экологический бонитет (SAB) 86 баллов при «хорошем» агроэкологическом состоянии территории.

На протяжении пяти лет исследовались отвальная вспашка, чизелевание, дискование, нулевая обработка (no-till) и комбинированный способ (табл. 2).

*Таблица 2. Результаты применения технологий основной обработки почвы*

| Основная обработка<br>почвы | Урожайность, ц/га | Качество зерна по классам, % |    |    |
|-----------------------------|-------------------|------------------------------|----|----|
|                             |                   | 3                            | 4  | 5  |
| Отвальная вспашка           | 52                | 22                           | 66 | 12 |
| Чизелевание                 | 46                | 23                           | 61 | 16 |
| Дискование                  | 46                | 22                           | 62 | 16 |
| No-till                     | 35                | 20                           | 42 | 38 |
| Комбинированная             | 49                | 29                           | 61 | 10 |



Статистическая обработка данных урожайности и качества зерна показала нерациональность применения технологии no-till по всем группам анализируемых параметров. Классическая технология отвальной вспашки давала более выровненное по качеству зерно и максимальную урожайность. Максимальный объём высшего из анализируемых классов качества позволила достигнуть комбинированная технология основной обработки почвы.

Проведённый анализ картографического материала, предоставленного исходного обследования почв отделения региональной агрохимслужбой, как полученные за время исследования данные не показали существенной корреляции учтённых параметров с фактической внутрипольной неоднородностью урожайности, в результате чего было принято решение дополнительного изучения структуры почвенного покрова с применением БАС и построением зонированных картограмм дешифрированной структуры почвенного покрова (рис. 2).



*Рисунок 2. Картограмма структуры почвенного покрова*

Последующий детальный анализ показал высокую зависимость ( $K 0,78$ ) применения классической отвальной вспашки на суглинистых почвах и комбинированной обработки ( $K 0,64$ ) на тяжёлом суглинке, распространённом преимущественно в зонах проявления водно-эрозионных процессов [10]. Также была выявлена зависимость дискования на суглинках ( $K 0,43$ ). Все остальные вариации применения обработок показали несущественную связь с урожайностью зерновых ( $K < 0,2$ ).

Моделирование возделывания зерновых с применением СППР «ЛИССОЗ» позволило откорректировать систему земледелия анализируемого участка с учётом ГИС-технологий и ландшафтного подхода. Предлагаемая основная система обработки почвы была разделена на 2 способа: отвальная вспашка 40 га суглинистых почв и комбинированная почвозащитная обработка 60 га почв частично эродированного участка с преобладанием тяжёлого суглинка (рис. 3).



*Рисунок 3. Предлагаемые методы основной обработки почв*

## Выводы и предложения

Активно пропагандируемая и повсеместно внедряемая в сельском хозяйстве малозатратная технология нулевой обработки почв no-till, дающая достойные результаты в южных регионах Российской Федерации, показала нерациональность внедрения в условиях зоны достаточного увлажнения.

Комбинированная система основной обработки почвы, разработанная с применением СППР на основе ГИС-технологий, в текущем году проходит стадию верификации на анализируемом участке.

Коллективом авторов на основе проведенных исследований и моделирования с последующей апробацией откорректированной технологии был зарегистрирован «Способ выращивания твердой яровой пшеницы» (Патент № 2822770 С1 МПК А01G 22/20, А01В 79/02, опубл. 12.07.2024).

## Литература

1. Адаптивные агротехнологии возделывания полевых культур / В. А. Шевченко, Н. С. Матюк, В. Д. Полин, В. А. Николаев. – Москва : ВНИИ гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, 2020. – 233 с.
2. Прудникова Е. Ю. Спутниковая оценка агрономически важных свойств пахотных почв с учетом состояния их поверхности / Е. Ю. Прудникова, И. Ю. Савин, П. Г. Грубина // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. – 2023. – № 115. – С. 129 – 159.
3. Козлов Д. Н. Ближайшие задачи развития ландшафтного картографирования и агроэкологической группировки земель Центрального Черноземья для целей интенсификации и экологизации земледелия / Д. Н. Козлов // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов : Материалы XIII Международной ландшафтной конференции: в 2 томах, Воронеж, 14 – 17 мая 2018 года. Том 2. – Воронеж: Издательство Истоки, 2018. – С. 169 – 170.
4. Минаев Н. В. Идентификация масштабных уровней организации рельефа пашни / Н. В. Минаев, А. А. Никитин, Д. Н. Козлов // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. – 2019. – № 96. – С. 3 – 21.
5. Savich V. Information and energy assessment of soil fertility / V. Savich, K. Borodina, N. Minaev // AgroEcoInfo. – 2023. – Vol. 3, No. 57. – P. 7.
6. Почвенно-экологические проблемы адаптивно-ландшафтного земледелия / В. И. Кирюшин, С. В. Лукин [и др.]. // Почвы – стратегический ресурс России : Материалы пленарных докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В. В. Докучаева, Сыктывкар, 10 – 14 августа 2022 года / Отв. редакторы С. А. Шоба [и др.]. Часть 1. – Москва-Сыктывкар: Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, 2022. – С. 41 – 51.
7. Методические рекомендации по разработке минимальных систем обработки почвы и прямого посева / В. И. Кирюшин, В. К. Дридигер, А. Н. Власенко [и др.] ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Российская академия наук; Почвенный институт имени В. В. Докучаева. – Москва : Издательство МБА, 2019. – 136 с.
8. Наилучшие доступные почво- и углерод-сберегающие технологии природопользования, экологического мониторинга и контроля / И. И. Васенев, Н. А. Александров, И. В. Андреева [и др.]. – Москва : РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2023. – 240 с.
9. Научные основы защиты почв от эрозии и дефляции / А. Я. Рассадин, Г. И. Баздырев, Н. С. Матюк [и др.]. – Москва : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2012. – 232 с.
10. Savich V. Information and energy assessment of soil fertility / V. Savich, K. Borodina, N. Minaev // AgroEcoInfo. – 2023. – Vol. 3, No. 57. – P. 7.

# РОЛЬ ИНТЕНСИВНОСТИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ПРОДУКТИВНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В РАЗЛИЧНЫХ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

В. Д. Полин

АНО «Агрохимический инновационный центр»

127550, ул. Костякова, 12, Москва, Россия

E-mail: polinwd4@gmail.com

**Резюме.** *Интенсивность обработки почвы играет большую роль в создании благоприятных для культуры агрофизических, агрохимических и биологических факторов. При этом агрометеорологические условия вегетационного периода оказывают существенное влияние на эффективность этих обработок в повышении урожайности культуры.*

**Abstract.** *The intensity of soil cultivation plays a major role in creating favorable agrophysical, agrochemical and biological factors for the crop. At the same time, the agrometeorological conditions of the growing season have a significant impact on the effectiveness of these treatments in increasing crop yields.*

Постоянный рост цен на дизельное топливо вынуждает сельскохозяйственного производителя внедрять ресурсосберегающие технологии. При возделывании сельскохозяйственных культур более 40 % энергозатрат приходится на обработку почвы, поэтому их сокращение направлено в первую очередь на это звено системы земледелия. Уменьшение числа обработок и их глубины, отказ от вспашки сводит всю технологию обработки почвы под культуру к двум-трем приемам, а при технологии прямого посева – к одному. Отсутствие механического воздействия на почву, как утверждают сегодня многие исследователи (противники вспашки), положительно сказывается на свойствах почвы, и агроценоз приближается к естественным условиям. В этих условиях сорные растения более адаптированы по сравнению с культурой, так как селекция культурных растений направлена, прежде всего, на урожайность и качество, в естественных условиях они конкурировать с сорняками не могут. По этой причине многократно возрастает пестицидная нагрузка на поля [1, 2].

При изучении влияния различных по интенсивности обработок почвы и агрометеорологических условий на продуктивность полевых культур имеет огромное значение длительность проведения эксперимента. В разные по агрометеорологическим условиям годы эффект от интенсивности систем обработки почвы может значительно различаться. Агрометеорологические условия мы не имеем возможности регулировать, поэтому нашей задачей остается анализ данных условий по годам исследований. При этом достоверность этого анализа будет зависеть от количества лет проводимых наблюдений: чем длительней период, тем больше вариантов мы имеем для сравнения, что позволяет сделать более точные выводы о влиянии приемов обработки почвы и агрометеорологических условий на урожайность культуры [3, 4].

Наши исследования проведены в опыте кафедры земледелия РГАУ-МСХА имени Тимирязева в зернопропашном севообороте (вики-овес – озимая пшеница – картофель – ячмень) в 2009 – 2020 годах, схема опыта представлена (табл. 1).

*Таблица 1. Схема полевого опыта по изучению ресурсосберегающих технологий обработки почвы*

| Культура севооборота          | Системы обработки почвы |                                      |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
|                               | Отвальная (О)           | Ресурсосберегающая (Рс)              |
| Однолетние травы ( вико-овес) | вспашка + культивация   | прямой посев                         |
| Озимая пшеница                | вспашка + культивация   | прямой посев                         |
| Картофель                     | вспашка + фрезерование  | фрезерование                         |
| Ячмень                        | вспашка + культивация   | поверхностная обработка (дискование) |

В качестве культуры для изучения мы остановились на озимой пшенице, она более подвержена влиянию агрометеорологических условий, так как в силу своих биологических особенностей занимает поле в течение 11 месяцев в году. Культура возделывалась по двум технологиям при отвальной системе: вспашка с соответствующей предпосевной обработкой и ресурсосберегающий прямой посев в стерню. При проведении эксперимента в течение изучаемого периода технологии возделывания и машины, их выполняющие, принципиально не изменялись, по этой причине основным фактором, который существенно влиял на продуктивность озимой пшеницы, были агрометеорологические условия.

Метеоданные по годам исследований нам были предоставлены обсерваторией имени В. А. Михельсона, которая находится в непосредственной близости от опыта (500 м), что является важным критерием, определяющим точность показателей, используемых в исследовании.

Основным показателем, который дает оценку вегетационного периода для озимой пшеницы по влажности и температуре, является гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова Г. Т. (отношение атмосферных осадков за период с температурами  $> 10^{\circ}\text{C}$  к сумме среднесуточных температур воздуха за тот же период) (рис. 1).

Анализируя данные на рисунке 1, нужно отметить, что в целом оба варианта обработки почвы под озимую пшеницу реагируют на изменения ГТК. Пики урожайности культуры соответствуют высоким значениям этого показателя, и наоборот, его снижение приводит к снижению урожайности озимой пшеницы.

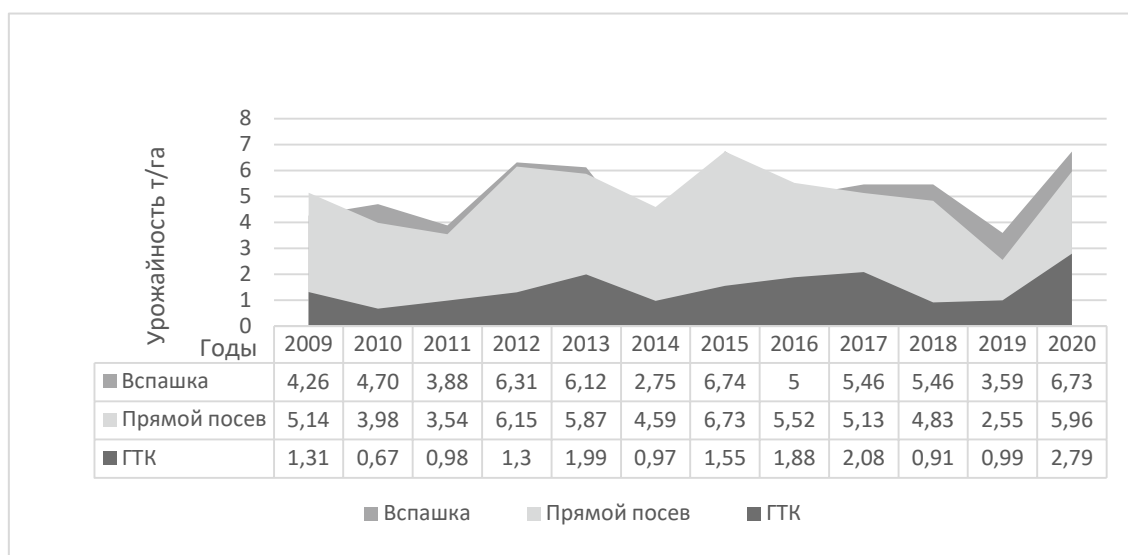


*Рисунок 1. Урожайность озимой пшеницы и коэффициент (ГТК) по годам исследований*

При расчете коэффициента корреляции между показателями ГТК и урожайностью озимой пшеницы по годам исследований были получены значения на уровне средней зависимости этих показателей: на варианте вспашки – 0,62, на прямом посеве – 0,52. Различия не велики, но более низкий коэффициент корреляции на прямом посеве говорит о том, что данный вариант более устойчив к неблагоприятным агрометеорологическим условиям.

Надо отметить, что при высоких значениях ГТК – 1,3 и выше – урожайность озимой пшеницы по годам исследований как на варианте вспашки, так и на прямом посеве культуры колебалась на уровне от 5,0 – 6,74 т/га. При ГТК менее единицы урожайность озимой пшеницы по обоим вариантам находилась в пределах от 2,55 до 4,7 т/га.

Низкая урожайность озимой пшеницы 2014 году по вспашке определялась переувлажнением почвы в 2013 году после посева культуры (в сентябре осадков выпало в 3 раза больше средних многолетних – 185 мм). При высокой влажности на варианте отвальной обработки из-за более уплотненного подпахотного горизонта почва потеряла структуру и заплывала. Озимая пшеница не смогла пробиться через образовавшуюся корку, часть семян задохнулись и не проросли вообще, что привело к снижению всхожести. Произошло сильное выпадение больших участков на данном варианте, что сказалось на развитии озимой пшеницы в следующем году после перезимовки. Средняя урожайность в 2014 году составила всего 2,75 т/га. Ненарушенное строение пахотного слоя, сохранение растительных остатков на варианте прямого посева обеспечило хорошую водопроницаемость почвы и создание наиболее благоприятных условий для развития культуры, что позволило получить урожайность на уровне 4,59 т/га. Данный факт говорит о том, что правильно подобранная по интенсивности система обработки почвы может значительно сглаживать отрицательное воздействие погодных условий на урожайность культуры. Наименьшая урожайность культуры на прямом посеве отмечается в 2019 году (2,55 т/га), где в критические периоды развития культуры наблюдался дефицит влаги и повышенные температуры, что не позволило озимой пшенице сформировать хороший урожай по обоим вариантам. При возобновлении вегетации в апреле месяце при среднемноголетней сумме осадков 44 мм выпало всего 8 мм, при этом среднемесячная температура апреля была выше средних многолетних на 2,4 °С, по этой причине ранневесенняя подкормка азотными удобрениями не сработала. Такая же ситуация сложилась в июне месяце в фазе выхода в трубку – колошения: сумма осадков была ниже средних многолетних на 22 мм, а температура превышала средние многолетние на 3,2 °С. Кроме того, на варианте прямого посева снижалась эффективность гербицида, она составила всего 51,6 %, тогда как на варианте вспашки она составляла 100 %. Снижение эффективности обусловлено, прежде всего, отсутствием механического воздействия на многолетние сорняки и заделки семян мятлика однолетнего на глубину. Следует еще отметить появление специализированного сорняка зерновых культур костра полевого, который, как и мятлик однолетний, гербицидом не уничтожается. На прямом посеве костер полевой и мятлик однолетний в посевах озимой пшеницы во втором учете составляли в структуре сорного компонента от 30 до 40 %, при общей численности 51 шт/м<sup>2</sup>.

В остальные годы урожайность озимой пшеницы была примерно на одном уровне по отвальной системе обработки почвы и на прямом посеве культуры. В целом за 12 лет исследований средняя урожайность на обоих вариантах составила 5,08 т/га.

Для дальнейшего сравнения двух вариантов обработки почвы мы провели расчет экономической эффективности возделывания озимой пшеницы (табл. 2).

В 2008 году в период закладки опыта для выравнивания условий основная обработка всего опытного участка была одинаковой, предпосевная – уже в соответствии с методикой. Поэтому затраты были одинаковыми, и в 2009 году вариант прямого посева был более эффективным, чем вспашка, уровень рентабельности был выше на 56 %. В дальнейшем при использовании прямого посева озимой пшеницы после викоовсяной смеси происходило сильное засорение многолетними сорняками, что потребовало после викоовсяной смеси на данном варианте применять гербицид сплошного действия в послеуборочный период. Использо-

ние двукратного применения гербицида перекрывало экономию затрат на обработку почвы, что видно из таблицы 2. По этой причине практически при одинаковой урожайности озимой пшеницы на вариантах опыта уровень рентабельности по отвальной обработке был несколько выше, чем на варианте прямого посева озимой пшеницы.

*Таблица 2. Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы по отвальной системе обработки (О) и прямому посеву (Пп)*

| Показатели                                | 2009 |      | 2013 |      | 2015 |      | 2020 |      |
|-------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                           | О    | Пп   | О    | Пп   | О    | Пп   | О    | Пп   |
| 1. Производственные затраты, тыс. руб./га | 15,8 | 15,8 | 16,0 | 16,2 | 17,6 | 17,8 | 19,2 | 19,8 |
| 3. Урожайность, т/га                      | 4,26 | 5,14 | 6,12 | 5,87 | 6,74 | 6,70 | 6,4  | 6,0  |
| 3. Себестоимость 1 т, тыс. руб.           | 3,7  | 3,1  | 2,6  | 2,8  | 2,6  | 2,6  | 3,0  | 3,3  |
| 4. Чистый доход, тыс. руб./га             | 30,1 | 39,1 | 42,8 | 41,1 | 47,2 | 47,1 | 44,8 | 42,0 |
| 5. Прибыль, тыс. руб./га                  | 14,3 | 23,3 | 26,8 | 24,9 | 29,5 | 29,3 | 25,6 | 22,2 |
| 6. Рентабельность, %                      | 91   | 147  | 168  | 154  | 167  | 164  | 133  | 112  |

## Выводы

1. Использование данных длительных полевых опытов с большой базой наблюдений по годам позволяет получить более достоверные результаты при изучении влияния агрометеорологических условий на развитие агроценоза.

2. Гидротермический коэффициент определял уровень урожайности озимой пшеницы на изучаемых вариантах, при значениях (ГТК) > 1,3 по годам исследований она находилась на уровне 5,0 – 6,5 т/га, при его значениях (ГТК) < 1 урожайность культуры колебалась в пределах от 2,55 до 4,7 т/га.

3. Важное значение в продуктивности озимой пшеницы приобретает количество осадков в посевной и послепосевной период, в сентябре их превышение от средних многолетних значений приводит к потере урожая за счет плохой всхожести и слабой перезимовке – в случае с задержкой сроков посева.

4. В условиях Нечерноземной зоны РФ расчет экономической эффективности возделывания озимой пшеницы по двум технологиям показал, что прямой посев из-за необходимости двукратного применения гербицида незначительно уступал отвальной обработке, где уровень рентабельности по годам исследований был несколько выше.

## Литература

1. Байбеков Р. Ф. Природоподобные технологии – основа стабильного развития земледелия // Земледелие. – 2018. – № 2. – С. 5 – 8.
2. Полин В. Д., Смелкова И. А. Изменение сорного компонента под действием ресурсосберегающих систем обработки почвы в зернопропашном севообороте и методы борьбы с ним // Земледелие. – 2015. – № 8. – С. 29 – 32.
3. Беленков А. И., Полин В. Д., Николаев В. А. Взаимосвязь агрометеорологических условий, плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивности культур полевого опыта // Научно-агрономический журнал. – 2024. – 1(124). – С. 48 – 55. – DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.006.48-5.
4. Белолобцев А. И., Дронова Е. А., Ильинич В. В., Авдеев С. М., Асауляк И. Ф. Агрономические риски зимнего периода в условиях современных климатических изменений // Метеорология и гидрология. – 2023. – № 9. – С. 114 – 120.

## ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИЗУЧЕНИЯ МАССОВЫХ ДАННЫХ В АГРОБИЗНЕСЕ

**В. А. Ареньева**

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Российская Федерация, 109028, г. Москва, Покровский бульвар, 11

E-mail: varefeva@hse.ru

**Резюме.** Ведущее место в обеспечении агробизнеса научно-обоснованной информацией занимает получение, статистическое обобщение и оценка массовых хозяйственных и экспериментальных данных о состоянии, качестве и эффективности использования основных факторов производства. В статье рассмотрены методы статистической обработки данных с учетом особенностей аграрного производства.

**Abstract.** Leading position in providing agribusiness with scientifically based information take mining, statistical generalization and analysis of mass economic and experimental data on the quality and efficiency of the use of the main production factors. The article discusses methods of statistical data processing, taking into account the specific traits of agricultural production.

Основная задача статистической обработки данных в агрономии – оценить влияние отдельных важнейших факторов проведения опыта и их сочетаний на урожайность культур и изучаемый фактор.

В этой связи статистика как наука, изучающая массовые явления, тесно взаимодействует с науками о сельском хозяйстве – экономикой, организацией, земледелием и др.

Учет качественного состояния массовых явлений и их своеобразия в сельском хозяйстве, предполагающий выделение объектов и единиц наблюдения, определение существенных признаков, перевод категорий и понятий отрасли в статистические показатели, разработка классификаций, проводится идентично другим видам экономической деятельности [3].

Основной вопрос статистической обработки данных в агрономии – изучение вопросов зональных различий в действии изучаемых факторов на основе статистического обобщения массовых экспериментальных данных.

Сводка итогов действия изучаемого фактора проводится по сопутствующим факторам и признакам: зоны и подзоны, типы почв и их механический состав, виды и формы удобрений, средств защиты растений, регуляторов роста и т. д.; способы и сроки их внесения; предшественники сельскохозяйственных культур; сортоиспытание; системы земледелия (например, традиционная и точное земледелие (Precision Agriculture)).

Опыты в агрономии проводятся по единым методикам, размер делянок составляет от 100 – 200 или 500 кв. м, рекомендуемая повторность вариантов – 4-кратная, среднее число вариантов – 8, средняя точность опытов – 4 %, уровень значимости ( $\lambda$ ) – 0,05 [4].

При проведении агрономических экспериментов точность опыта оценивают по степени вариации ( $V$ ) и стандартной ошибке ( $E$ ) [2].

Основными вопросами статистического обобщения выборочных данных являются:

- уточнение оптимальных доз и определение необходимых доз удобрений; гербицидов и т. д. для заданных уровней урожайности;
- оценка достоверности получаемых прибавок урожайности в среднем;
- анализ причин вариации и оценка величины вариации изучаемого признака;
- генерализация данных на разных уровнях (регион, область и т. д.);

- оценка достоверности получаемых статистических характеристик для дальнейшего их использования при построении экономических моделей;
- применение разнопланового статистического анализа с целью определения доли влияния погодных условий на общий уровень урожайности;
- определение наиболее значимых агрометеорологических факторов, влияющих на продуктивность культур.

Оценка эффективности использования земли и агротехнических приемов, анализ урожайности культур и выбор агротехники предполагают учет наиболее существенных показателей метеорологических условий отдельных лет. Эти показатели разрабатываются метеорологией и климатологией, а статистика использует в своей работе те, которые связаны с урожайностью и агротехникой. Наиболее важными из них являются тепло- и влагообеспеченность, солнечная радиация, ветры, град.

В последние три десятилетия (начало 2000-х – 2020-е гг.) отмечаются значительные изменения климата, что отражается на условиях произрастания сельскохозяйственных культур. Следствием климатических изменений является увеличение вариабельности урожайности культур и повышение ее зависимости от погодно-климатических условий, что проявляется в увеличении доли погодного фактора в общей дисперсии урожайности.

Различия в метеоусловиях и долю их влияния также необходимо учитывать при проведении агрономических экспериментов в различных природно-географических зонах, например, географическая сеть опытов Центрального института агрохимического обслуживания [6]. В данном случае, как было отмечено ранее, зачастую наблюдается не чистое действие исследуемого фактора, а его взаимодействие с условиями среды.

В большинстве случаев при проведении многолетних агрономических экспериментов влияние изучаемых агротехнических приемов и природно-климатических условий взаимосвязано со значением коэффициента детерминации, характеризующим соответствие динамики показателя урожайности за период проведения исследований построенной линии тренда продуктивности (аппроксимация тренда). При увеличении или уменьшении значения коэффициента детерминации происходит изменение доли вклада различных факторов в общую дисперсию урожайности.

С целью решения поставленных вопросов при статистическом обобщении выборочных данных по результатам проведения агрономических экспериментов и в производственных условиях аграрного сектора экономики рекомендуется применение разноплановых методов статистического анализа [5].

*Метод комбинационной группировки опытов (факторный анализ, кластерный анализ, дискриминантный анализ) и проведение анализа парного взаимодействия факторов*

В производственных условиях в связи с большим числом существенных факторов производства (размеры и качество земель, климатические и метеорологические условия, специализация, концентрация, местонахождение, интенсификация и организация производства), а также пространственной протяженностью и рассредоточенностью процесса производства применяется метод комбинационных группировок (производственно-территориальные группировки, производственные типы предприятий и хозяйств по комплексу признаков и др.).

В то же время сочетание факторов производства с большим числом случайных факторов и применение выборочного метода требуют проведения статистической оценки достоверности различий между устойчивыми классификациями и группировками реальных данных наблюдения.

В научной агрономии метод комбинационных группировок чаще всего применяется для интерпретации влияния погодных условий на дисперсию средней урожайности культур, что дает возможность оценить долю совместного влияния основных показателей (среднемесяч-



ные температуры и среднемесячные суммы осадков) на урожайность, а также оценить влияние антропогенного фактора в сравнении с погодными условиями.

При проведении факторного анализа зависимости продуктивности культур от агрометеорологических условий необходимо исключать из анализа показатели, имеющие высокую корреляцию с другими метеорологическими элементами. Такие показатели часто являются расчётными – сумма активных температур, сумма осадков за вегетационный период, гидро-термический коэффициент. В то же время, чем больше количество используемых при проведении факторного анализа показателей, тем лучше удастся разделить их на факторы и тем более высокие значения коэффициентов множественной корреляции и детерминации получаются в итоговых регрессионных уравнениях. Коэффициенты множественной корреляции при использовании метода факторного анализа в итоговых уравнениях зависимости урожайности культур от агрометеорологических условий зачастую имеют меньшее значение, чем при проведении регрессионного анализа, однако факторный анализ дает возможность оценить долю совместного влияния на урожайность каждого из факторов, при этом сократив число переменных.

Использование трендового анализа позволяет оценить влияние агротехнических приемов и погодно-климатических условий на продуктивность культур, результатом которой является ее динамика во времени.

#### *Трендовый анализ*

Применение трендового анализа обусловлено сочетанием множества факторов, влияющих на продуктивность, в том числе экономических, социальных, политических, которые, не имея прямого воздействия на урожайность, определяют особенности ведения хозяйственной деятельности, входящие в понятие культуры земледелия. Зачастую при отсутствии значимой линии тренда урожайности именно факторы культуры земледелия влияют на динамику и колебания продуктивности культур.

Также отмечается зависимость доли влияния культуры земледелия и погодных условий от значения коэффициента детерминации, описывающего соответствие динамики продуктивности и построенной линии тренда (коэффициент аппроксимации).

В этой связи отклонения продуктивности культуры от тренда урожайности могут быть количественно оценены с помощью расчета метеорологических составляющих, которые вычисляются как процент отклонения урожайности от тренда и позволяют количественно оценить влияние погодных условий в конкурентном году.

#### *Корреляционный и регрессионный анализы*

Применение корреляционного и регрессионного анализов в научной агрономии позволяет определить долю влияния наиболее значимых антропогенных и агрометеорологических факторов на продуктивность сельскохозяйственных культур, их значимость и направленность.

При построении уравнений регрессии с использованием усредненных параметров по результатам выборочных наблюдений необходимо учитывать, что итоговый набор переменных уравнения будет зависеть от климатических условий проведения агрономического эксперимента и биологических особенностей культуры. В этой связи при рассмотрении совокупного действия факторов на урожайность в каждом отдельном вегетационном периоде доля влияния каждого из включенных в уравнение показателей будет изменяться.

#### *Метод моментов и метод наименьших квадратов*

Применение метода моментов позволит проводить статистическую обработку данных наблюдений с использованием оценки одного параметра – эмпирического момента (например, медианы). Вычисленные по экспериментальным данным оценки моментов приравняются к теоретическим моментам. Несмотря на то, что даже при больших объемах выборок

дисперсия оценок относительно велика, для агрономических наблюдений применение данного метода достаточно эффективно, так как экспериментальные данные в агрономии в силу своей природы подчиняются закономерностям нормального наблюдения.

Метод наименьших квадратов в большей степени применим к обработке выборочных данных агрономического опыта.

Проведение научных наблюдений и экспериментов в научно-производственных системах на сегодняшний день опирается на современный уровень технической оснащенности. Это касается как подготовки и осуществления экспериментов, так и обработки результатов.

После получения массивов данных встает вопрос их грамотной всесторонней статистической обработки. Разные данные требуют разного подхода, и невозможно осуществить полную обработку лишь в одной программе – не существует универсальной программы. Так, для построения карт и картограмм используются геостатистические системы (ГИС) – системы сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации о необходимых объектах, которая включает программное обеспечение компьютера, позволяющее работать с оцифрованным материалом (картами, базами данных и др.).

ГИС позволяют рассчитывать корреляционные таблицы для разных слоев карты полей. В качестве слоев могут выступать показатели почвенного плодородия, показатель NDVI (нормализованный относительный индекс растительности), электропроводность почвы и др. Эффективно для анализа урожайности сопоставление картограмм и картодиаграмм, на которых наряду с урожайностью отражены уровни природных и экономических факторов.

Определенные трудности возникают при обработке массивов режимных (непрерывных во времени) наблюдений: как методические, так и технические. В то же время существуют программы для моделирования процессов, например, миграции пестицидов в окружающей среде, которые учитывают метеоусловия, влажность почвы и другие режимные показатели [1].

Результаты обобщения выборочных данных с целью их применения в агробизнесе должны соответствовать следующим требованиям:

- полученные статистические выводы должны быть применимы не только для анализа урожайности опытных данных, но и средней урожайности по хозяйствам;
- полученные статистические выводы должны быть применимы для прогнозирования ожидаемой урожайности при различном сочетании условий и для приближенной оценки взаимозаменяемости факторов;
- статистический анализ данных должен способствовать более обоснованному отбору факторов, определяющих величину прибавки урожая в зависимости от изучаемых признаков.

Результаты обобщения выборочных данных агрономических исследований необходимо использовать на всех уровнях управления при планировании и прогнозировании агробизнеса, при обосновании применения агротехнологических приемов в производственных процессах в сельском хозяйстве.

## Литература

1. Балабанов В. И., Железова С. В., Березовский Е. В., Беленков А. И., Егоров В. В. Навигационные технологии в сельском хозяйстве в координатном земледелии. – М.: РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2013.
2. Доспехов Б. А. Методика научных исследований / 5-е издание. – М.: «Колос», 1985.
3. Зинченко А. П. Сельскохозяйственные предприятия: экономико-статистический анализ. – М.: Финансы и статистика, 2002.
4. Кирюшин Б. Д., Усманов Р. Р., Васильев И. П. Основы научных исследований в агрономии. – М.: «КолосС», 2009.
5. Мхитарян В. С., Архипова М. Ю., Дуброва Т. А., Миронкина Ю. Н., Сиротин В. П. Анализ данных / Отв. ред. В. С. Мхитарян. – М.: Юрайт, 2024.
6. Официальный сайт ВНИИ агрохимии имени Д. Н. Прянишникова: <https://www.vniia-pr.ru>.

# ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ И АГРОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ПОЧВЕННЫХ СВОЙСТВ ПРИ ЗАКЛАДКЕ ВИНОГРАДНИКА

С. В. Железова<sup>1</sup>, А. Э. Юцис<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ ВНИИФ, РФ, 143050, Московская область, Большие Вязёмы,  
ул. Институт, вл. 5

E-mail: soferrum@mail.ru

<sup>2</sup>Ассоциация виноградарей и виноделов «Севастополь»

E-mail: yutis.a.e@gmail.com

**Резюме.** При обследовании новых участков для закладки виноградников был использован электрофизический метод обследования на основе измерения кажущейся электропроводности почвы. На основании результатов обследования на территории площадью 28 га были выделены производственные участки с различными почвенными условиями и разной глубиной подстилания почвообразующей породы. Для данных участков был предложен и реализован дифференцированный подход в отборе проб агрохимического анализа и обработке почвы, что необходимо для повышения качества продукции винограда и вин.

**Ключевые слова:** электропроводность почвы, агрохимический анализ, полевые обследования, виноградник.

**Abstract.** When surveying new vineyard sites, an electrophysical survey method based on soil electrical conductivity measurement was used. Based on the survey results, production areas with different soil conditions and varying depths of soil-forming rock were identified on an area of 28 hectares. A differentiated approach to soil treatment and analyses was proposed and implemented for these areas, which is necessary to improve the quality of vineyard products.

**Keywords:** soil electrical conductivity, agrochemical analyses, field surveys, vineyard.

Традиции виноделия в Крыму уходят корнями в далекое прошлое, и в настоящее время площадь виноградников в данном регионе постоянно растёт. В связи с увеличением площади посадок становится актуальным вопрос о всесторонней оценке угодий под будущие плантации, ведь основным фактором качественного урожая является грамотная и правильная закладка виноградника. На состояние и продуктивность винограда, а в конечном итоге и на качество вина, влияют такие условия возделывания, как высота расположения плантации над уровнем моря, крутизна и экспозиция склона, почвообразующая порода, агрофизические и агрохимические свойства почвы, а также характеристики сортов и технологии возделывания. Помимо правильного выбора типа подвоя и сорта винограда необходимо соблюдать правильную схему посадки с целью создания оптимальной среды для развития винограда, проведения механических работ на поле и получения максимального экономического эффекта. В связи с тем, что почвенный покров горных районов Крыма характеризуется сильной пестротой [1] и, зачастую, не самыми оптимальными условиями в корнеобитаемом слое, то здесь нередко встречается проблема железодефицитного хлороза листьев винограда [2]. Это актуально даже для процветающих хозяйств, где тщательно выполняются технологические карты ухода за виноградными посадками. Проблема хлороза зачастую связана не с ошибками технологии возделывания, а с почвенными условиями.

**Целью данного исследования** было оценить неоднородность почвенных условий перед закладкой виноградника методом электромагнитной индукции.

**Объекты и методы.** Исследования проведены в Севастопольском районе Крыма, ближайший населенный пункт – Верхнесадовое. Для обследования почвы на площади 28 га был использован неинвазивный индукционный метод измерения кажущейся электропроводности почвы (метод электромагнитной индукции, ЕМІ). Ограничения метода связаны с самой природой передачи электрического сигнала в различных физических средах: на результаты измерений могут влиять температура, влажность, засоленность почвы, состав почвенного раствора, способность к катионному обмену [3].

Исследования были проведены на участке 28 га, выделенном под новые виноградники. Данный участок находится на склоне западной экспозиции, перепад высот составляет от 10 до 15 м, при протяженности склона от 300 до 500 м (рис. 1).

Метод электромагнитной индукции позволяет оценить неоднородность почвенного покрова, в частности, глубину залегания скальных выходов. Для измерения кажущейся электрической проводимости использовали прибор, принцип действия которого аналогичен прибору ЕМ 38 от канадской компании Geonics [4].

**Результаты и обсуждение.** По результатам измерения кажущейся электропроводности была построена карта неоднородности почвенных свойств на четырех глубинах: 0,5 м, 0,7 м, 0,9 м и 1,1 м от поверхности земли. По результатам анализа пространственной неоднородности данных карт были выбраны точки отбора почвенных проб для агрохимического анализа (рис. 2). Также было выявлено место близкого залегания скальной породы – где каменная основа подходит к поверхности почвы на глубине 30 см (рис. 2). На основании результатов данного предварительного анализа почвенной неоднородности были выданы научно-обоснованные рекомендации по обработке почвы на данном земельном участке.

Близкое залегание скальной породы является лимитирующим фактором возделывания винограда. Поэтому для данного участка было рекомендовано провести мероприятия по углублению «мягкого» корнеобитаемого слоя с частичным удалением каменной скальной прослойки.

Также хорошо известно и также подтверждается нашими более ранними исследованиями [2], что железодефицитный хлороз виноградной лозы может быть связан не только с близким залеганием скальной породы, но и с реакцией почвенного раствора (рН) и запасами железа в доступной форме. Приведем также краткий анализ некоторых данных агрохимического обследования почвы на новом участке: рН солевой вытяжки составляет 8,52 – 8,72, содержание железа составило 20 – 27 мг/кг почвы при оптимальной норме > 40 мг/кг. Для таких условий высока вероятность распространения проблемы хлороза, а следовательно, существенного снижения урожайности винограда.

## Выводы

Применение новых методов обследования почвы на основе измерения кажущейся электропроводности в сочетании с традиционным агрохимическим обследованием является надежной основой для выработки правильных решений в технологии обработки почвы при закладке новых виноградных плантаций.

## Литература:

1. Лисецкий Ф. Н., Ергина Е. И., 2010. Развитие почв крымского полуострова в позднем голоцене // Почвоведение. – 2010. – № 6. – С. 643 – 657.
2. Юцис А. Э., Железова С. В., Даммер К. Х. Инструментальные методы выявления хлороза виноградной лозы в Крыму // Магараç. Виноградарство и виноделие. – 2019. – № 21 (1). – С. 41 – 45.

3. Mat Su AS and Adamchuk VI (2023) Temporal and operation-induced instability of apparent soil electrical conductivity measurements // Front. Soil Sci. 3:1137731. doi: 10.3389/fsoil.2023.1137731.
4. Вольфганг Р. Сканер для почвы // статья на сайте журнала Новое сельское хозяйство: <https://www.nsh.ru/selhoztehnika/skaner-dlya-pochvy/> (дата обращения 20.05.2025).

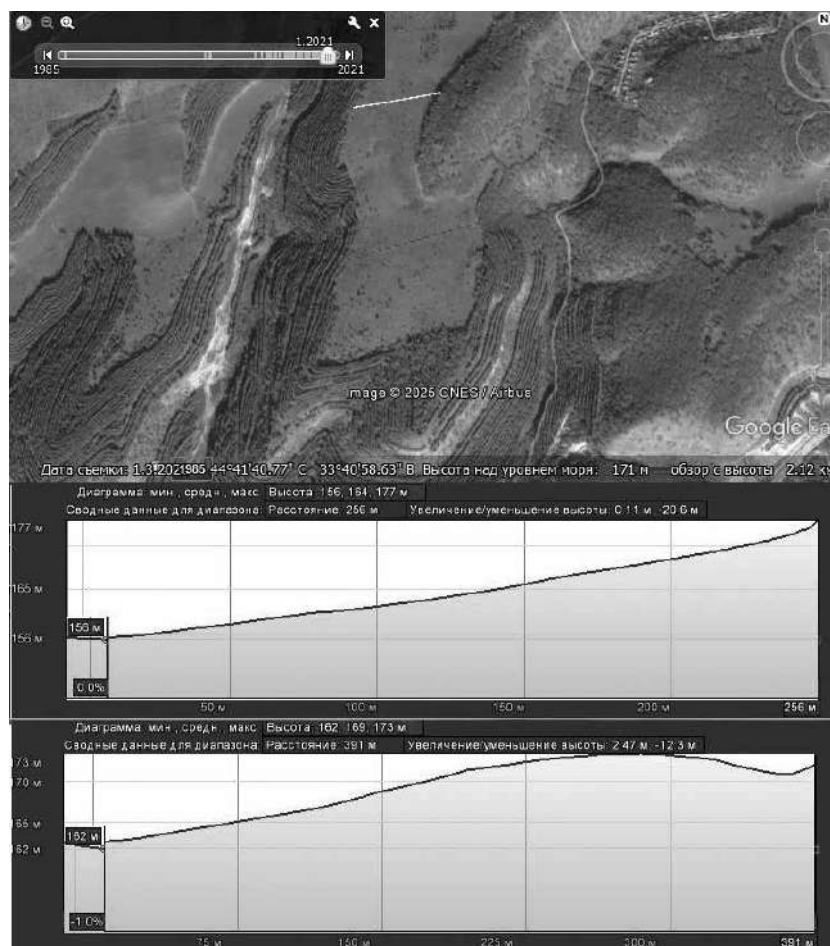


*Рисунок 1. Спутниковый снимок изучаемого участка и линии сечения рельефа с профильным отображением перепада высот (рисунки получены с применением GoogleEarth открытого доступа)*



*Рисунок 2. Нанесенные на спутниковый снимок данные сканирования почвы (слой 0 – 50 см). Цифрами обозначены места отбора почвенных проб для агрохимического анализа*

## ВЛИЯНИЕ ПРИЁМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НА СТРУКТУРУ УРОЖАЯ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО

Ю. Н. Плескачёв<sup>1</sup>, М. Ю. Анишко<sup>2</sup>, С. Н. Новосельцев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева  
Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49  
E-mail: pleskachiov@yandex.ru

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт люпина –  
филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»  
Российская Федерация, 241524, Брянская обл., Брянский р-н,  
пос. Мичуринский, ул. Березовая, д. 2  
E-mail: mihailanisko640@gmail.com

<sup>3</sup>Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии  
имени В. Р. Вильямса  
Российская Федерация, 141055, Московская область,  
г. Лобня, Научный городок, корпус 1.  
E-mail: nsn0705@yandex.ru

**Резюме.** Приводятся данные по влиянию приёмов основной обработки почвы и стимуляторов роста на полевую всхожесть, сохранность растений к уборке и элементов структуры урожая люпина узколистного сорта Брянский кормовой.

**Abstract.** The article presents data on the effect of basic soil cultivation methods and growth stimulants on the field germination, plant survival rate, and yield structure of the narrow-leaved lupine variety Bryansky Fodder.

Люпин является высокобелковой бобовой культурой. Его большое значение состоит в том, что он хорошо произрастает на бедных по питательному режиму почвах и является примерным средством обогащения почв биологическим азотом и производства высокобелковой продукции. Таким образом, высокая востребованность люпина как на внутрироссийском, так и международном рынках предопределяет актуальность проводимых исследований по совершенствованию элементов технологии возделывания различных видов люпина – белого, жёлтого и узколистного.

Объектом исследований был сорт люпина узколистного Брянский кормовой, предметом исследований – приёмы основной обработки почвы и микробиологические препараты Ризогумин и Экстрасол. Люпин узколистный в опытах выращивали на фоне естественного плодородия. Норма высева из расчёта 1,2 млн семян на гектар. Препараты в опыте применяли для предпосевной обработки семян с нормой расхода Ризогумина и Экстрасола из расчёта 2 л/т. Площадь делянки – 24 м<sup>2</sup>, ширина – 4 м, длина – 6 м. Повторность трёхкратная. Научные исследования проводились по стандартным методикам.

Обработка семян люпина узколистного привела к активизации ростовых процессов. Полевая всхожесть семян на варианте с применением биопрепарата Ризогумин в среднем за годы исследований увеличивалась на 2,3 %, а на варианте с применением биопрепарата Экстрасол – на 3,6 %. В результате количество всходов на контрольном варианте составляло 71,5 раст./м<sup>2</sup>, на варианте с обработкой семян Ризогумином – 73,8 раст./м<sup>2</sup>, на варианте с обработкой семян Экстрасолом – 75,1 раст./м<sup>2</sup> (рис. 1).

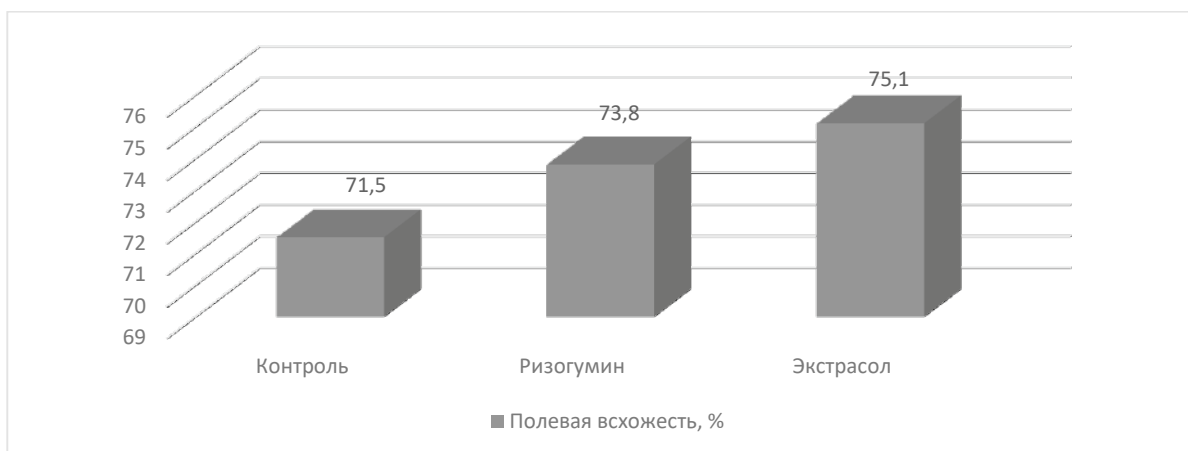


*Рисунок 1. Полевая всхожесть люпина узколистного, средняя, %*

Сохранность растений люпина узколистного сорта Брянский кормовой находилась в пределах от 55,7 % на варианте без обработки семян биопрепаратами до 61,5 % на варианте с обработкой семян люпина Экстрасолом (рис. 2).

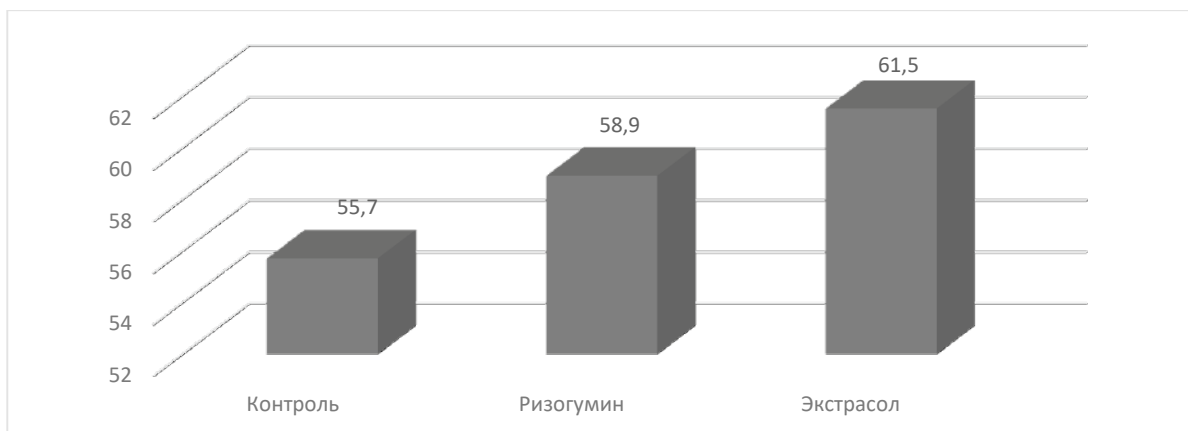


*Рисунок 2. Сохранность растений люпина узколистного, средняя, %*

Наименьшее количество бобов с одного растения на контрольном варианте мелкой дисковой обработки почвы без применения стимуляторов роста в среднем за 2023 – 2024 годы равнялось 6,4 шт./растение.

На варианте с применением Ризогумина количество бобов в среднем на одном растении увеличивалось на 0,4 штуки. На варианте с применением Экстрасола количество бобов в среднем на одном растении по сравнению с контрольным вариантом увеличивалось на 0,6 штуки. Отвальная обработка почвы на глубину 0,20 – 0,22 м увеличивала количество бобов на одном растении по сравнению с мелкой дисковой обработкой на 0,7 – 0,8 штуки. Чизельная обработка почвы на глубину 0,30 – 0,32 м увеличивала количество бобов на одном растении по сравнению с мелкой дисковой обработкой на 1,1 – 1,2 штуки.

В результате, наибольшее количество бобов на одном растении в среднем за 2023 – 2025 годы было установлено на варианте чизельной обработки почвы на глубину 0,30 – 0,32 м с применением стимулятора роста Экстрасол и равнялось 7,7 шт./растение (рис. 3).

Наименьшее число зёрен в среднем на одном растении люпина узколистного сорта Брянский кормовой формировалось на контрольном варианте мелкой дисковой обработки почвы без применения стимуляторов роста и равнялось 17,5 шт./растение.

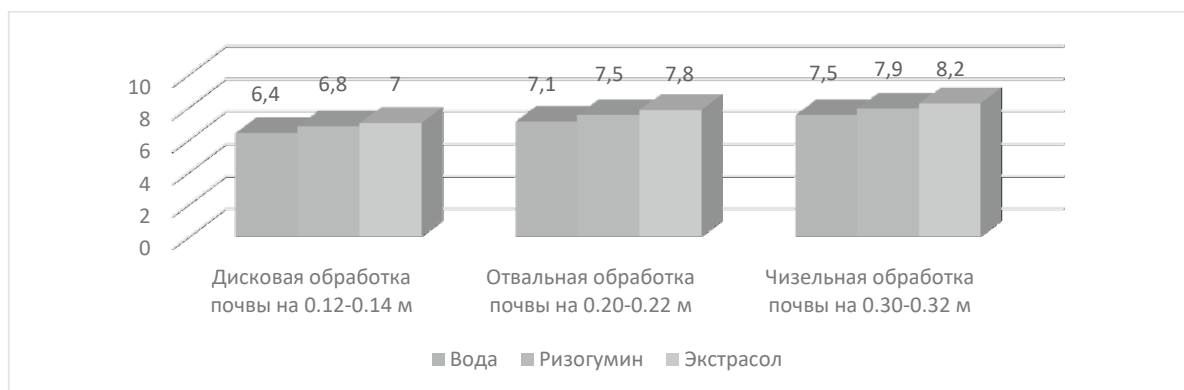


Рисунок 3. Количество бобов в среднем за 2023 – 2024 годы, шт./растение

На варианте с применением Ризогумина число зёрен в среднем на одном растении увеличивалось на 0,8 штуки. На варианте с применением Экстрасола число зёрен в среднем на одном растении по сравнению с контрольным вариантом увеличивалось на 1,2 штуки. Отвальная обработка почвы на глубину 0,20 – 0,22 м увеличивала число зёрен на одном растении по сравнению с мелкой дисковой обработкой на 1,9 – 2,1 штуки. Чизельная обработка почвы на глубину 0,30 – 0,32 м увеличивала число зёрен на одном растении по сравнению с мелкой дисковой обработкой на 2,9 штуки.

В результате, наибольшее число зёрен на одном растении люпина узколистного сорта Брянский кормовой в среднем за 2023 – 2024 годы было установлено на варианте чизельной обработки почвы на глубину 0,30 – 0,32 м с применением Экстрасола и равнялось 21,6 шт./растение (рис. 4).

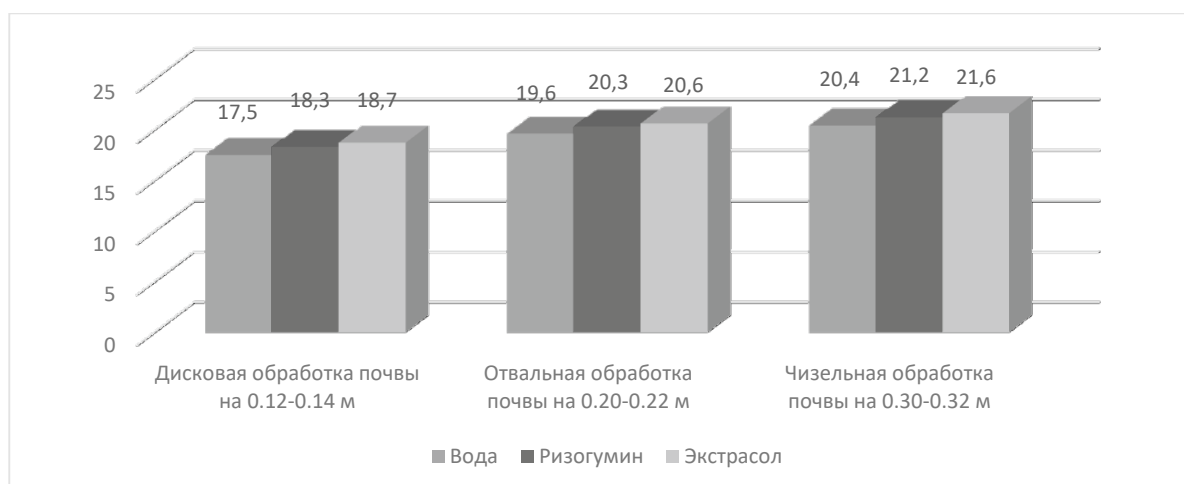


Рисунок 4. Число зёрен в среднем за 2023 – 2024 гг., шт./растение

Наименьший вес семян люпина узколистного с одного растения сорта Брянский кормовой был установлен на варианте мелкой дисковой обработки почвы без применения стимуляторов роста и равнялся 4,4 грамма.

Вес семян с одного растения на варианте с применением Ризогумина увеличивался на 0,4 г/растение по сравнению с контрольным вариантом, на варианте с применением Экстрасола – на 0,6 г/растение. Отвальная обработка почвы на глубину 0,20 – 0,22 м увеличивала вес семян с одного растения по сравнению с мелкой дисковой обработкой на 0,7 – 0,8 грамма. Чизельная обработка почвы на глубину 0,30 – 0,32 м увеличивала вес семян на одном растении по сравнению с мелкой дисковой обработкой на 1,1 – 1,2 грамма.



Наибольший вес семян на одном растении сорта Брянский кормовой в среднем за 2023 – 2024 годы был установлен на варианте чизельной обработки почвы на глубину 0,30 – 0,32 м с применением Экстрасола и равнялся 6,2 г/растение (рис. 5).

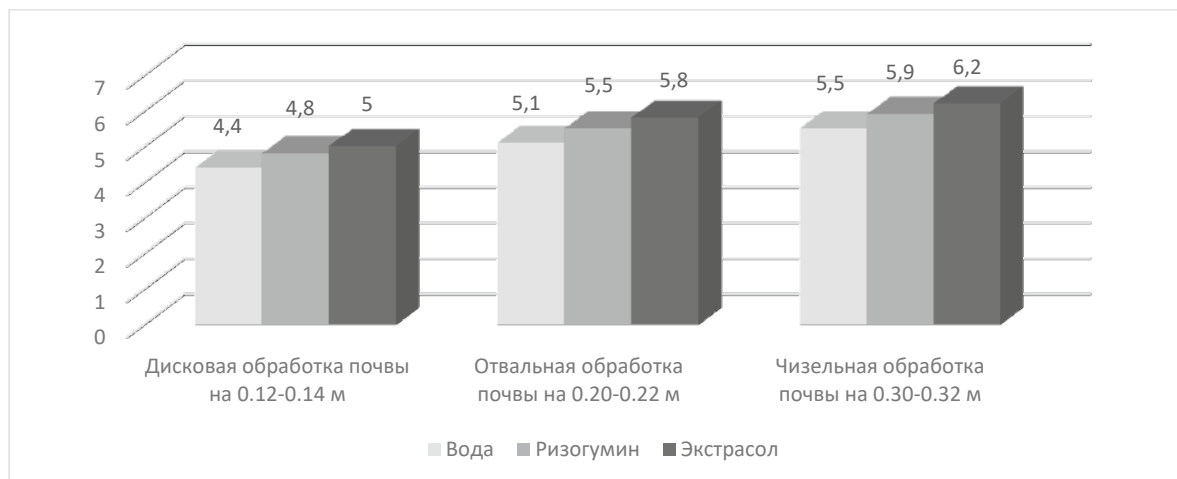


Рисунок 5. Вес семян в среднем за 2023 – 2024 годы, г/растение

Таким образом, было установлено – применение глубокой чизельной обработки почвы и стимулятора роста Экстрасол приводило к увеличению полевой всхожести, сохранности, а также элементов структуры урожая люпина узколистного сорта Брянский кормовой на дерново-подзолистых почвах Брянской области.

УДК 635.655

## БАЗОВАЯ, ИНТЕНСИВНАЯ И ВЫСОКОИНТЕНСИВНАЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ

М. Ю. Анишко<sup>1</sup>, А. Л. Огурцова<sup>1</sup>

Всероссийский научно-исследовательский институт люпина –  
филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»

Российская Федерация, 241524, Брянская обл., Брянский р-н,  
пос. Мичуринский, ул. Березовая, д. 2

E-mail: mihaianisko640@gmail.com

**Резюме.** В статье приводятся данные по изучению базовой, интенсивной и высокоинтенсивной технологий возделывания сои на сортах Белгородская 7, Аляска и Кофу. Наибольшая хозяйственная урожайность была установлена у сорта Кофу на варианте высокоинтенсивной технологии и равнялась 6,44 т/га, то есть на 3,96 т/га, или на 259 %, больше наименьшего значения.

**Abstract.** The article presents data on the study of basic, intensive, and high-intensive soybean cultivation technologies using the varieties Belgorodskaya 7, Alyaska, and Kofu. The highest economic yield was achieved by the Kofu variety using the high-intensive technology, which was 6.44 t/ha, an increase of 3.96 t/ha or 259% compared to the lowest value.

Соя является одной из важнейших белково-масличных культур как в мировом, так и отечественном земледелии [1, 2].

Содержание в семенах сои большого количества белка и жира, незаменимых аминокислот, углеводов и др. позволяет использовать сою в различных отраслях промышленности [3].

Широкое практическое применение делает наращивание производства сои актуальным для всего сельского хозяйства и, что самое главное, экономически выгодным для производителей [4, 5].

Целью наших исследований являлось изучение влияния разного уровня интенсивности технологий возделывания на продуктивность и качественные показатели различных сортов сои.

В среднем за 2023 – 2024 годы наименьшая густота растений сои формировалась у сорта Белгородская 7 на варианте базовой технологии возделывания и составляла 321 тыс. шт./га. У сорта Кофу на варианте высокоинтенсивной технологии возделывания формировалась наибольшая густота стояния растений сои в опыте и равнялась 373 тыс. шт./га, то есть на 52 тыс. шт./га, или на 15,9 %, больше по сравнению с наименьшим значением.

*Таблица 1. Густота стояния растений к уборке, тыс. шт./га*

| Сорта          | Технологии        | 2023 г. | 2024 г. | Среднее |
|----------------|-------------------|---------|---------|---------|
| Белгородская 7 | Базовая           | 312     | 331     | 321     |
|                | Интенсивная       | 320     | 338     | 329     |
|                | Высокоинтенсивная | 325     | 343     | 334     |
| Аляска         | Базовая           | 338     | 349     | 343     |
|                | Интенсивная       | 347     | 354     | 350     |
|                | Высокоинтенсивная | 352     | 360     | 356     |
| Кофу           | Базовая           | 361     | 357     | 359     |
|                | Интенсивная       | 368     | 365     | 366     |
|                | Высокоинтенсивная | 374     | 372     | 373     |

Наименьшая продолжительность вегетационного периода – 111 суток была установлена у сорта Белгородская 7 на варианте с базовой технологией возделывания. Наибольшая продолжительность вегетационного периода отмечалась у сорта Кофу на варианте высокоинтенсивной технологии и равнялась 117 суткам.

*Таблица 2. Продолжительность вегетационного периода, сут.*

| Сорта          | Технологии        | 2023 г. | 2024 г. | Среднее |
|----------------|-------------------|---------|---------|---------|
| Белгородская 7 | Базовая           | 107     | 112     | 111     |
|                | Интенсивная       | 110     | 114     | 112     |
|                | Высокоинтенсивная | 111     | 116     | 114     |
| Аляска         | Базовая           | 109     | 113     | 111     |
|                | Интенсивная       | 112     | 116     | 114     |
|                | Высокоинтенсивная | 114     | 119     | 116     |
| Кофу           | Базовая           | 112     | 114     | 113     |
|                | Интенсивная       | 113     | 117     | 115     |
|                | Высокоинтенсивная | 115     | 119     | 117     |

Хозяйственная урожайность сои была наименьшей у сорта-стандарта Белгородская 7 на варианте базовой технологии возделывания и равнялась 2,48 т/га. На варианте интенсивной технологии хозяйственная урожайность сои формировалась на 0,76 т/га больше. На варианте высокоинтенсивной технологии хозяйственная урожайность сои формировалась на 1,71 т/га больше, чем на варианте базовой технологии. Хозяйственная урожайность у сорта Аляска формировалась на 0,98 – 1,27 т/га больше, чем у сорта Белгородская 7.

Хозяйственная урожайность у сорта Кофу формировалась на 1,65 – 2,25 т/га больше, чем у сорта Белгородская 7, и на 0,67 – 0,98 т/га больше, чем у сорта Аляска. На варианте интенсивной технологии хозяйственная урожайность сои формировалась на 1,10 т/га больше. На варианте высокоинтенсивной технологии хозяйственная урожайность сои формировалась на 2,31 т/га больше, чем на варианте базовой технологии.

В результате в среднем за 2023 – 2024 годы наибольшая хозяйственная урожайность была установлена у сорта Кофу на варианте высокоинтенсивной технологии и равнялась 6,44 т/га, то есть на 3,96 т/га, или на 259 %, больше наименьшего значения.

Таблица 3. Урожайность сои с 2023 по 2024 годы, т/га

| Сорта                | Технологии        | 2023 г. | 2024 г. | Среднее |
|----------------------|-------------------|---------|---------|---------|
| Белгородская 7       | Базовая           | 2,29    | 2,67    | 2,48    |
|                      | Интенсивная       | 3,02    | 3,47    | 3,24    |
|                      | Высокоинтенсивная | 3,84    | 4,34    | 4,19    |
| Аляска               | Базовая           | 3,28    | 3,65    | 3,46    |
|                      | Интенсивная       | 4,25    | 4,62    | 4,43    |
|                      | Высокоинтенсивная | 5,25    | 5,68    | 5,46    |
| Кофу                 | Базовая           | 3,96    | 4,31    | 4,13    |
|                      | Интенсивная       | 5,09    | 5,40    | 5,23    |
|                      | Высокоинтенсивная | 6,26    | 6,62    | 6,44    |
| HCP <sub>05</sub> A  |                   | 0,10    | 0,12    |         |
| HCP <sub>05</sub> B  |                   | 0,08    | 0,10    |         |
| HCP <sub>05</sub> AB |                   | 0,08    | 0,10    |         |

Наименьшее содержание белка в опыте было установлено у сорта Аляска на варианте базовой технологии и составило в среднем 31,9 %. Применение интенсивной технологии увеличивало содержание белка в сое на 0,3 %. Применение высокоинтенсивной технологии увеличивало содержание белка в сое на 0,5 %.

У сорта Белгородская 7 белка в зерне содержалось на 1,5 % больше по сравнению с сортом Аляска и находилось в пределах от 33,4 % на варианте базовой технологи до 33,9 % на варианте высокоинтенсивной технологии.

У сорта Кофу белка в зерне содержалось на 2,6 – 2,7 % больше по сравнению с сортом Аляска, на 1,1 – 1,2 % больше по сравнению с сортом Белгородская 7 и находилось в пределах от 34,5 % на варианте базовой технологии до 35,1 % на варианте высокоинтенсивной технологии.

Таблица 4. Содержание белка в сое, %

| Сорта                | Технологии        | 2023 г. | 2024 г. | Среднее |
|----------------------|-------------------|---------|---------|---------|
| Белгородская 7       | Базовая           | 34,1    | 32,7    | 33,4    |
|                      | Интенсивная       | 34,4    | 33,0    | 33,7    |
|                      | Высокоинтенсивная | 34,7    | 33,2    | 33,9    |
| Аляска               | Базовая           | 32,5    | 31,4    | 31,9    |
|                      | Интенсивная       | 32,7    | 31,7    | 32,2    |
|                      | Высокоинтенсивная | 33,0    | 31,9    | 32,4    |
| Кофу                 | Базовая           | 35,3    | 33,8    | 34,5    |
|                      | Интенсивная       | 35,6    | 34,1    | 34,9    |
|                      | Высокоинтенсивная | 35,9    | 34,4    | 35,1    |
| HCP <sub>05</sub> A  |                   | 0,08    | 0,06    |         |
| HCP <sub>05</sub> B  |                   | 0,06    | 0,04    |         |
| HCP <sub>05</sub> AB |                   | 0,08    | 0,04    |         |

## Литература

1. Гинс М. С. Изменение биохимического состава семян сои сортов Соната и Гармония при различных условиях выращивания / М. С. Гинс, О. А. Селихова, Е. А. Семёнова, Л. Е. Иванченко, Е. В. Романова, С. Р. Е. Або Хегази // Доклады РАСХН. – 2005. – № 5. – С. 10 – 12.
2. Давлетов Ф. А. Результаты изучения сортов сои в условиях Республики Башкортостан / Ф. А. Давлетов, И. И. Ахмадуллина, К. П. Гайнуллина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2 (88). – С. 49 – 55.
3. Зотиков В. И. Продуктивность и качество зерна сортов озимой пшеницы и сои в ООО «Дубовицкое» / В. И. Зотиков, В. С. Сидоренко, П. В. Матвейчук // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 1 (33). – С. 92 – 98.
4. Котлярова Е. Г. Фотосинтетическая деятельность сортов сои в зависимости от уровня удобрённости / Е. Г. Котлярова, В. Г. Грицина // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 2. – С. 25 – 32.
5. Кошкарлова Т. С. Модернизация методов семеноводства сортов сои в Нижнем Поволжье / Т. С. Кошкарлова, В. В. Толоконников, Г. П. Канцер, С. С. Мухаметханова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – № 3 (59). – 2020. – С. 205 – 211.

УДК 631.861

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ОВСА ОТ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ MARI FERTI

С. А. Замятин<sup>1</sup>, С. Г. Манишкин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Марийский НИИСХ – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока  
ул. Победы, 10, посёлок Руэм, Россия

<sup>2</sup>Марийский государственный университет  
площадь имени В. И. Ленина, 1, Йошкар-Ола, Россия

**Резюме.** Проведены исследования по изучению эффективности использования в последствии удобрения Mari Ferti, производства ООО «ГринАгро», при возделывании овса. Установлено, что последствие применения удобрений Mari Ferti существенно повышает урожайность ярового овса сорта Кречет. Удобрение Mari Ferti – полностью органический продукт, который требует изучения при возделывании сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** яровой овес, технология возделывания, удобрение Mari Ferti, урожайность, структура, болезни.

**Abstract.** Research was conducted to study the effectiveness of using Mari Ferti fertilizer, produced by GreenAgro LLC, in the cultivation of oats. It was found that the use of Mari Ferti fertilizer significantly increases the yield of spring oats of the Krechets variety. Mari Ferti fertilizer is a completely organic product that requires further study in the cultivation of agricultural crops.

**Keywords:** spring oats, cultivation technology, Mari Ferti fertilizer, yield, structure, diseases.

Без решения проблемы повышения плодородия почвы невозможно достигнуть стабильной урожайности сельскохозяйственных культур высокого качества [1]. Весомая роль в воспроизводстве почвенного плодородия в современном земледелии отводится использованию органических удобрений в системе севооборотов [2].

В нашем регионе много птицефабрик, которые кроме мяса дают птичий помет в большом количестве. Проблема утилизации куриного помета является экологически важной. Без надлежащей подготовки ее к применению в качестве удобрения можно нанести вред почве и качеству продукции [3].

Исследования по сравнительному изучению эффективности применения удобрений на основе птичьего помета проводятся в Марийском научно-исследовательском институте сельского хозяйства – филиале ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого с 2019 года. Предварительные результаты показали, что применение гранулированных органических удобрений на основе птичьего помета в дозе 100 кг/га не уступает применению аммиачной селитры в такой же дозе [4]. В дальнейших исследованиях мы применяли различные дозы удобрений [5]. Результаты показали, что при применении минерального удобрения диаммофоски в дозах 100, 200, 300 и 400 кг/га в физическом весе дали достоверную прибавку урожайности. Наибольшее её значение отмечается на варианте с внесением 400 кг/га и составляет 2,74 т/га, что на 69,1 % больше, чем на контроле. При применении гранулированных органических удобрений на основе птичьего помета достоверное повышение урожайности яровой пшеницы наблюдается на вариантах с внесением 300 и 400 кг/га как в продукции ООО «Птицефабрика Акашевская», так и ООО «ГринАгро» [5].

Сейчас ООО «ГринАгро» проводит гранулирование куриного помета. Гранулированное органическое удобрение из птичьего помета (Mari Ferti) после прохождения стадии ферментирования и компостирования теряет запах за счет высокой температуры. В готовом продукте исчезает вся патогенная микрофлора, семена сорных растений теряют всхожесть. Это экологически безвредное удобрение. Оно содержит набор макро- и микроэлементов. Птичий помет привлекает внимание из-за способности улучшать свойства почвы. Он является ресурсом для повышения и поддержания плодородия почвы, обеспечивая ее питательными веществами и увеличивая содержание органического вещества в почве [6].

Однако органические удобрения из птичьего помета (Mari Ferti) оказывают положительное действие на урожайность сельскохозяйственных культур на протяжении нескольких лет [7]. В связи с этим мы исследовали этот вопрос.

Цель исследования – совершенствование приемов возделывания овса от последствий применения удобрения Mari Ferti из куриного помета, произведенного методом аэробного компостирования и низкотемпературной сушки.

Задачи исследования:

- исследовать возделывание овса от последствий различных доз органических удобрений;
- определить распространение и развитие болезней овса от последствий гранулированного птичьего помета;
- изучить рост и развитие овса от последствий удобрения Mari Ferti из куриного помета, произведенного методом аэробного компостирования и низкотемпературной сушки.

Экспериментальная часть работ по совершенствованию приемов возделывания овса от последствий применения гранулированных органических удобрений, произведённых в условиях Республики Марий Эл, была выполнена в полевых условиях на опытном поле Марийского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока по следующей схеме:

Под предшественник (картофель) вносили:

1 вариант. Естественный фон (контроль).

2 вариант. Гранулированные органические удобрения Mari Ferti ( $N_{5,5}P_3K_4$ ) в дозе 250 кг/га.

3 вариант. Mari Ferti в дозе 500 кг/га.

В 2024 году на этом месте посеяли овес «Кречет» селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока.

Агрохимическое обследование почвы опытного участка проводили перед закладкой опыта (табл. 1)

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почвы после внесения органических удобрений под предшественник, 2024 г.

|                                                                              | Вариант 1 | Вариант 2 | Вариант 3 |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| pH (ГОСТ 26483-85), ед. pH KCL                                               | 6,7       | 6,6       | 6,8       |
| pH (ГОСТ 26423-85), ед. pH H <sub>2</sub> O                                  | 7,3       | 7,2       | 7,5       |
| Содержание щелочно-гидролизуемого азота (Метод указания, Москва-85), мг N/кг | 147       | 168       | 154       |
| Содержание подвижных соединений фосфора (ГОСТ 54650-2011), мг/кг             | 240       | 165       | 205       |
| Содержание подвижных соединений калия (ГОСТ 54650-2011), мг/кг               | 320       | 150       | 190       |
| Содержание органического вещества (ГОСТ 26213-2021, %)                       | 1,6       | 1,5       | 2,0       |
| Гидролитическая кислотность (ГОСТ 26212-91), ммоль / 100 гр. почвы           | 0,23      | 0,23      | 0,23      |
| Сумма поглощенных оснований (ГОСТ 27821-88), ммоль / 100 гр. почвы           | 2,7       | 3,0       | 4,5       |
| Степень насыщенности основаниями, %                                          | 92,15     | 92,88     | 95,14     |

Повторность вариантов трёхкратная, расположение делянок в опыте систематическое. Норма высева – 5 млн всхожих семян на гектар – рекомендуемая и применяемая в хозяйствах республики на сегодняшний день.

Обработка почвы опытного участка проводилась по следующей схеме: осенью – зяблевая вспашка, весной – ранневесеннее боронование, двукратная культивация с боронованием.

Семена перед посевом обрабатывали фунгицидным протравителем Бенефис МЭ в дозе 0,8 л/га.

Посев провели сеялкой СЗП-3,6 1 мая 2024 года.

В фазу полного кущения посевы обработали баковой смесью, состоящей из гербицида Примадонна Грант в дозе 0,7 л/га и фунгицида Титул Дуо ККР в дозе 0,25 л/га.

В опыте планируется проведение следующих учетов, наблюдений, анализов:

1. Учёт густоты стояния растений в фазу полных всходов, в период возобновления вегетации весной и перед уборкой.

2. Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений по методике ГСИ [8].

3. Оценка устойчивости изучаемых сортов овса к основным болезням.

4. Определение структуры урожая по пробному снопу, взятому с постоянно закрепленных площадок S – 0,25 кв. м.

5. Учет урожая зерна поделяночно путем скашивания растений с последующим их обмолом на стационарной молотилке.

6. Статистическая обработка экспериментальных данных методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову при помощи компьютерной программы «DISMAN» [9].

Формирование естественных растительных сообществ подчинено, прежде всего, комплексу погодных условий местности, и урожайность сельскохозяйственных культур независимо от агротехнических приёмов их возделывания в решающей степени зависит от благоприятных климатических факторов региона.

Основные метеорологические характеристики вегетационного периода представлены в таблице 2.

В апреле стояла аномально теплая и дождливая погода. Отклонение от нормы составило +5,4 °С. Осадков выпало 276 % от нормы. Однако похолодание и возвратные заморозки в мае затянули посевную кампанию. Агрометеоусловия для прорастания зерна были удовлетворительными.

Таблица 2. Метеорологические условия вегетационного периода яровых зерновых культур, 2024 г. (по данным метеостанции г. Йошкар-Ола)

| Месяц    | Температура воздуха, °С | Отклонение от нормы | Осадки, мм | В % от нормы |
|----------|-------------------------|---------------------|------------|--------------|
| Апрель   | 10,3                    | +5,4                | 86,7       | 276          |
| Май      | 9,6                     | –3,2                | 38,1       | 97           |
| Июнь     | 20,3                    | +3,3                | 64,1       | 35           |
| Июль     | 20,6                    | +1,3                | 52,0       | 68           |
| Август   | 17,5                    | +0,7                | 54,2       | 84           |
| Сентябрь | 15,7                    | +4,6                | 0,9        | 2            |

Количество осадков за июнь месяц составило 64,1 мм, это составляет всего лишь 35 % от нормы. В начале месяца наблюдалась фаза трубкования и в конце отмечалось выметывание.

В июле и августе месяце стояла жаркая погода с дождями разной интенсивности.

В целом достаточное количество почвенной влаги в мае, июле и августе месяце позволило растениям реализовать свой потенциал по росту и развитию ярового овса. Однако недостаток влаги и засушливые условия июня ограничили развитие растений в этот период. Положительный момент в таких погодных условиях в том, что не отмечено существенного поражения растений овса грибными заболеваниями.

В соответствии с требованиями фенологических наблюдений за ростом и развитием растений по методике ГСИ отмечали наступление основных фенологических фаз роста и развития овса. Посев провели 1 мая 2024 года. Всходы появились на десятый день – 11 мая. Кущение наступило на 21 день после посева. Выход в трубку – на 16 день после появления всходов. Выметывание метелок наступило 21 июня. Молочная спелость наступила 27 июля. Через неделю наступила полная спелость зерна. Уборку провели 20 августа.

Структура урожая является количественным и качественным выражением жизнедеятельности органов и элементов растений, обуславливающих урожай и отражающих взаимодействие организма и среды на определённых этапах роста и развития. Результаты структурного анализа ярового овса представлены в таблице 3.

Таблица 3. Элементы структуры урожая овса, 2024 г.

| Варианты опыта           | Продуктивная кустистость | Высота растений | Масса 1000 семян, г | Число зерен в метелке, шт. | Продуктивность метёлки, г |
|--------------------------|--------------------------|-----------------|---------------------|----------------------------|---------------------------|
| Без удобрений (контроль) | 1,8                      | 63,2            | 42,4                | 23                         | 0,71                      |
| Mari Ferti (250 кг/га)   | 1,9                      | 65,2            | 42,9                | 24                         | 0,82                      |
| Mari Ferti (500 кг/га)   | 2,0                      | 65,3            | 43,2                | 24                         | 0,84                      |

Как показал анализ, структура урожая незначительно меняется в зависимости от последствия применяемых удобрений. В погодных условиях 2024 года сложились благоприятные условия для налива зерна овса.

Высота стебля растений овса незначительно варьировала от 63,2 до 65,3 см в зависимости от последствия применения органических удобрений.

Важнейшим количественным признаком, определяющим урожайность овса, является продуктивная кустистость, которая определяется генотипом сорта и в большей степени подвержена воздействию окружающей среды. По нашим исследованиям, этот показатель варьирует от 1,8 (в контроле) до 2,0 (Mari Ferti (500 кг/га)).

Масса 1000 зёрен изменялась в зависимости от количества внесённых удобрений под предшественник. Она варьировала от 42,4 (в контроле) до 43,2 при применении Mari Ferti в дозе 500 кг/га гранулированных удобрений. Внесение органического удобрения под предшественник не оказало существенного влияния на крупность зерна овса.

Немаловажным показателем структуры урожая является количество зёрен в метёлке. Её величина составила 23 – 24 шт. в метелке.

Таким образом, внесение органических удобрений под предшественник увеличивает показатели структуры урожая по всем исследуемым дозам, тем самым увеличивая урожайность.

От вредителей, болезней и сорняков гибнет около 30 % урожая. Э. Э. Гещелле (1978) считал, что растения могут обладать различными природными устойчивостями и по-разному реагировать на внешние условия. Некоторые растения имеют слабо закрепленный иммунитет и изменяют устойчивость под влиянием внешних факторов. Степень поражения зависит от погодных условий, предшественника, устойчивости растений.

На нашем опыте семена овса перед посевом были обработаны фунгицидным протравителем Бенефис МЭ в дозе 0,8 л/га, что показало высокую эффективность ко всем болезням. Степень поражения растений болезнями была незначительной.

Применение фунгицида позволило эффективно контролировать развитие болезни листового аппарата, что обеспечило сохраненный урожай.

Однако недостаток осадков в июне повлиял на развитие растений. На контроле высохла почти половину листового аппарата. При применении последствия гранулированных органических удобрений листовая пластина полностью сохранилась.

Таким образом, сложившиеся погодные условия отчетного года благоприятствовали проявлению устойчивости растений овса к болезням. Растения овса при применении органического удобрения под предшественник выглядели мощнее и здоровее.

Приемы возделывания овса от последствий применения удобрения Mari Ferti из куриного помета, произведенного методом аэробного компостирования и низкотемпературной сушки, повлияли на зерновую продуктивность (табл. 4).

*Таблица 4. Зерновая продуктивность ярового овса (т/га), 2024 г.*

| Варианты опыта           | Урожайность, т/га | Прибавка |
|--------------------------|-------------------|----------|
| Без удобрений (контроль) | 1,87              |          |
| Mari Ferti (250 кг/га)   | 2,11              | +0,24    |
| Mari Ferti (500 кг/га)   | 2,34              | +0,47    |
| НСР <sub>05</sub>        | 0,14              |          |

Наименьшая урожайность овса (1,87 т/га) была на контрольном варианте. Применение органических удобрений Mari Ferti под предшественник в дозе (250 кг/га) достоверно увеличило урожайность ярового овса. Прибавка составила 0,24 т/га. Дальнейшее увеличение органических удобрений под предшественник в дозе 500 кг/га достоверно увеличило урожайность овса на 25 %.

Таким образом, в условиях Республики Марий Эл усовершенствована технология возделывания овса путем внесения удобрения Mari Ferti под предшественник. Урожайность овса от последствий применения удобрения Mari Ferti повысилась на 25 %.



## Литература

1. Чекмарев П. А. Воспроизводство плодородия – залог стабильного развития агропромышленного комплекса России // Плодородие. – 2018. – № 1. – С. 4 – 7.
2. Новоселов С. И. Влияние севооборота и удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур и плодородие почвы // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. – Том 3. – № 1. – 2017. – С. 60 – 65.
3. Apaeva N.N. et al. An innovative approach to the use of the granulated organic fertilizers based on bird droppings on crops of spring wheat / N.N. Apaeva, S.G. Manishkin, L.V. Kudryashova, A.M. Yamaliev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Conference proceedings Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – 2020. – P. 22062.
4. Ефимова А. Ю., Замятин С. А., Максимова Р. Б., Максуткин С. А. Влияние различных видов удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: Мосоловские чтения / Материалы международной научно-практической конференции. Выпуск XXI. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2019. – С. 92 – 94. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39250543>.
5. Замятин С. А., Максимова Р. Б., Манишкин С. Г. Применение гранулированных органических удобрений на яровой пшенице // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: Мосоловские чтения / Материалы международной научно-практической конференции. Выпуск XXII. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2020. – С. 20 – 24. – Режим доступа: [https://mosolov.marsu.ru/files/Modern\\_Agricultural\\_Technologies-2020.pdf](https://mosolov.marsu.ru/files/Modern_Agricultural_Technologies-2020.pdf).
6. Манишкин С. Г., Апаева Н. Н. Инновационный подход к применению птичьего помета на посевах яровой пшеницы // ДПО АПК: Научное обеспечение: материалы II международной научно-практической конференции «Андреевские чтения». – Москва, 2021. – С. 453 – 459.
7. Новоселов С. И., Горохов С. А., Иванов М. Н., Новоселова Е. С. Действие и последствие органических удобрений в севообороте // Агрохимия. – 2013. – № 8. – С. 30 – 37. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20868205>.
8. Методика государственного испытания сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1985. – 267 с.
9. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): Учеб. пособие для высш. с.-х. учеб. заведений. – 5-е изд. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

УДК 631.17: 631.583

## РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЛЬНОСОЛОМЫ ПРИ РАЗНЫХ УРОВНЯХ ИНТЕНСИВНОСТИ

**О. А. Савоськина, С. И. Чебаненко, Р. И. Тараканов**

**ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева**

**Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49**

***Резюме.** В статье рассмотрена рентабельность получения льносолумы при разных уровнях интенсивности производства. Исследования проводились в Длительном опыте РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, в котором схема опыта позволяет оценить и интенсивность технологии за счет дифференцированных антропогенных субсидий: от экстенсивного земледелия (бессменное возделывание культуры на фоне без удобрений и извести) до*

интенсивного (возделывание культуры в севообороте на фоне комплексного внесения NPK (в нормах 100, 150, 120 кг д.в./га при проведении периодического (1 раз в ротацию) известкования почвы). Для анализа производственно-экономических показателей мы использовали усредненные данные по урожайности льносоломы (сорт льна-долгунца – Тверской) за 5 лет. Показано, что монокультура льна-долгунца является убыточной для льноводства. Рентабельность производства (8,6 %) можно обеспечить за счет интенсивного производства продукции.

**Abstract.** The article discusses the profitability of obtaining flax straw at different levels of production intensity. The research was conducted in the Long-Term Experiment of the Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, where the experiment design allows for the assessment of the intensity of technology through differentiated anthropogenic subsidies: from extensive farming (continuous cultivation of a crop without fertilizers or lime) to intensive farming (cultivation of a crop in a crop rotation with a complex application of NPK (at rates of 100, 150, and 120 kg of active ingredients per hectare, with periodic (once per rotation) soil liming). To analyze production and economic indicators, we used average data on the yield of flax straw (Tver variety of flax) over 5 years. It has been shown that the monoculture of flax is unprofitable for flax production. The profitability.

**Введение.** Возделывание льна имеет стратегически важное значение для Российской Федерации, обусловленное его ролью в обеспечении сырьевой базы для ряда ключевых отраслей народного хозяйства, включая пищевую, текстильную, медицинскую промышленность, а также военно-промышленный комплекс. Лен-долгунец является ценным источником волокна, используемого для производства текстильных изделий различного назначения, а также льносемян, богатых маслом и другими ценными компонентами, применяемых в пищевой и фармацевтической промышленности [1]. Несмотря на значительный потенциал льноводства в России, одной из ключевых проблем, сдерживающих развитие отрасли, является нестабильность урожайности и недобор продукции. Недобор урожая льна обусловлен комплексом факторов, среди которых ключевыми являются недостаточная интенсификация производства, высокая степень засоренности посевов, неблагоприятные агрометеорологические условия и фитосанитарная нестабильность [2]. Повышение эффективности льноводства в РФ требует совершенствования агротехнических приемов, направленных на оптимизацию условий роста и развития растений и снижение негативного воздействия биотических и абиотических факторов [3, 4, 5].

В современных условиях изучение технологии возделывания культуры, проблема повышения экономической эффективности производства льнопродукции, пожалуй, одна из самых сложных и наиболее важных [6].

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводились на базе Длительного опыта кафедры земледелия и методики опытного дела Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева, заложенного в 1912 году профессором А. Г. Дояренко.

В опыте изучаются способы возделывания культуры – бессменные посевы льна-долгунца, клевера, ячменя, картофеля, озимой ржи, черный пар и севооборот – 1. Черный пар, 2. Озимая рожь, 3. Картофель, 4. Ячмень с подсевом клевера, 5. Клевер, 6. Лен-долгунец.

Вторым фактором является дифференцированная система удобрений, разработанная французским учёным-агрономом Ж. Виллем и рекомендованная Д. Н. Прянишниковым (контроль, N, P, K, NP, NK, PK, NPK), и органики (навоз, навоз + NPK). С 1973 года вносятся аммиачная селитра, двойной суперфосфат, хлористый калий в нормах 100, 150, 120 кг д.в./га.

Третий изучаемый фактор в опыте – химическая мелиорация, который включает 2 варианта: проведение 1 раз в ротацию известкования почвы и без известкования.

Таким образом, создается различная интенсивность возделывания сельскохозяйственных культур.

Объектом наших исследований являлся лен-долгунец сорта Тверской. Учет урожайности проводили поделочно.

Для расчета экономической эффективности возделывания культуры использовали данные технологической карты.

При определении рентабельности производства мы взяли 2 контрастных варианта: внесение N100P150K120 и без удобрений на фоне по извести и без при возделывании в севообороте и бессменные посевы.

**Результаты и их обсуждение.** Льноводство в России развивается нестабильно. Если в конце 90-х годов прошлого столетия площадь посева льна-долгунца составляла около 420 тыс. га, а валовый сбор превышал 100 тыс. т, то потом производство льно-соломы пошло резко на спад – площадь посевов к 2015 году сократилась практически в 8 раз, а сбор продукции упал вдвое (рис. 1).

Однако в последнее время возделывание льна-долгунца получает существенную господдержку и становится привлекательным для аграриев.

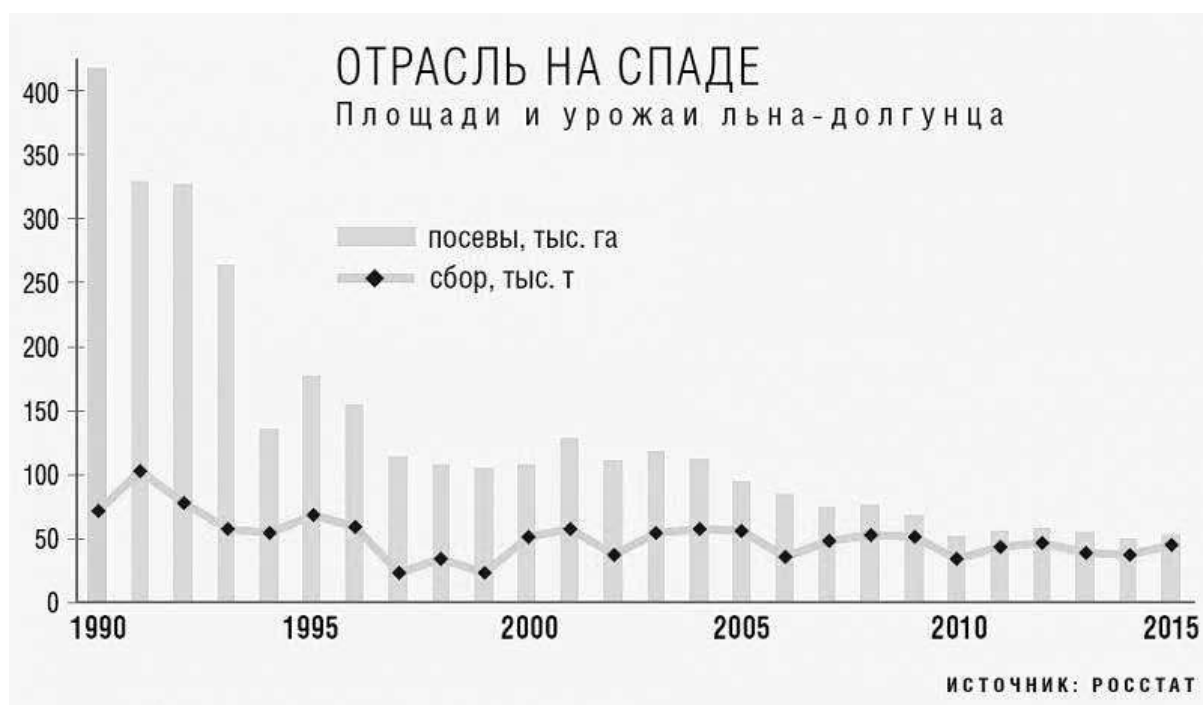


Рисунок 1. Динамика развития льноводства (<https://www.agroinvestor.ru/regions/article/23350-dotatsionnyy-len/>)

Эффективность выращивания льна-долгунца напрямую зависит от адаптации технологии к конкретным почвенно-климатическим условиям. Лен, как культура с высокой потребностью в уходе и слаборазвитой корневой системой, требует плодородных почв, тщательной подготовки и точной технологии сева.

Неоднородность опытных делянок по уровню окультуренности определяет варьирование урожайности.

Даже на фоне интенсивного возделывания льна-долгунца (севооборот + NPK + известь) выход продукции остается низким (4,51 т/га).



Рисунок 2. Урожайность льносолумы (т/га) в зависимости от интенсивности производства (в среднем за 5 лет)

Рентабельность производства льна в среднем колеблется от +5 % до 10 % (по данным агентства «Лен»). Чтобы отрасль льноводства могла выживать в современных условиях, необходимо повышать данный показатель до 20 %. Однако в разрезе диспаритета цен на льноволокно и антропогенные субсидии (удобрения, мелиоранты, средства защиты растений) без поддержки отрасли со стороны государства добиться маржинальности невозможно.

Мы провели анализ рентабельности получения льноволокна при разном уровне интенсивности производства.

Для расчета затрат на удобрения брали стоимость для физических доз: для аммиачной селитры (34,5 % N), двойного суперфосфата (46 %  $P_2O_5$ ) и хлористого калия (40 %  $K_2O$ ), с учетом стоимости одной тонны, составляющей 4260 рублей, 4024 рубля и 4257 рублей соответственно.

Полученные результаты расчета производственно-экономических показателей свидетельствуют об убыточности производства льна-солумы в бессменных посевах при всех изучаемых уровнях интенсивности, так как себестоимость продукции выше цены реализации (табл. 1).

Таблица 1. Производственно-экономические показатели производства льносолумы при разных уровнях интенсивности в бессменных посевах

| Экономические показатели               | Без удобрений | Без удобрений+ известь | NPK    | NPK + известь |
|----------------------------------------|---------------|------------------------|--------|---------------|
| Урожайность, т/га                      | 1,03          | 1,32                   | 2,26   | 2,5           |
| Цена реализации, руб./т                | 6500          | 6500                   | 6500   | 6500          |
| Выручка от реализации с 1 га, руб.     | 6695          | 8580                   | 14690  | 16250         |
| Производственные затраты на 1 га, руб. | 16420         | 16520                  | 28961  | 29061         |
| Полная себестоимость, руб.             | 18062         | 18172                  | 31857  | 31967         |
| Себестоимость 1 т, руб.                | 17536         | 13767                  | 14096  | 12787         |
| Прибыль на 1 га, руб.                  | -9725         | -7940                  | -14271 | -12811        |
| Уровень рентабельности, %              | —             | —                      | —      | —             |

Экономический анализ показывает нецелесообразность возделывания льна-долгунца в монокультуре. Увеличение урожайности, достигаемое за счет внесения минеральных удобрений,

ний, не компенсирует рост производственных затрат, что приводит к увеличению убытков. Известкование позволяет частично снизить убыточность, однако для достижения рентабельности необходимо либо отказаться от бессменных посевов льна, либо внедрить инновационные технологии, направленные на оптимизацию затрат и повышение урожайности, в частности, за счет использования севооборота.

Анализ экономических показателей выращивания льносолемы в севообороте показывает, что доход напрямую связан с урожайностью. Самая низкая выручка (24180 руб./га) в контрольном варианте, где не применялись удобрения и известкование. Максимальная выручка (31570 руб./га) достигается при внесении NPK и проведении периодического известкования почвы, что обеспечивает самую высокую урожайность (4,51 т/га). Применение известкования и минеральных удобрений по отдельности увеличивает урожайность, но наибольший эффект достигается при их совместном использовании.

Однако уровень рентабельности выше на вариантах без применения удобрений и составляет в среднем 52,5 %. При увеличении интенсивности производства за счет дополнительных антропогенных субсидий в виде внесения минеральных удобрений происходит снижение данного показателя на фоне без известкования до отрицательного значения (–2,1 %), а при проведении известкования – до 8,6 %.

*Таблица 2. Производственно-экономические показатели производства льносолемы при разных уровнях интенсивности в севообороте*

| Экономические показатели               | Без удобрений | Без удобрений + известь | NPK   | NPK + известь |
|----------------------------------------|---------------|-------------------------|-------|---------------|
| Урожайность, т/га                      | 3,72          | 4,01                    | 4,05  | 4,51          |
| Цена реализации, руб./т                | 6500          | 6500                    | 7000  | 7000          |
| Выручка от реализации с 1 га, руб.     | 24180         | 26065                   | 28350 | 31570         |
| Производственные затраты на 1 га, руб. | 16420         | 16520                   | 28961 | 29061         |
| Полная себестоимость, руб.             | 18062         | 18172                   | 31857 | 31967         |
| Себестоимость 1 т, руб.                | 4855          | 4532                    | 7866  | 7088          |
| Прибыль на 1 га, руб.                  | 7760          | 9545                    | –611  | 2509          |
| Уровень рентабельности, %              | 47,3          | 57,8                    | –2,1  | 8,6           |

Это еще раз подчеркивает влияние диспаритета цен в льноводстве на производственно-экономические показатели.

Для сохранения жизнеспособности отрасли необходимо обеспечить стабильный спрос на сырье и установить цену, гарантирующую прибыльность производителям льносолемы.

## Выводы

В современных условиях льноводства для обеспечения рентабельности отрасли необходимо рационально подходить к выбору интенсивности технологии возделывания культуры. В первую очередь необходимо соблюдать севооборот (период возврата на прежнее место через 5 – 6 лет) и размещать лен-долгунец по лучшим предшественникам, в частности, клеверу. Далее важно регулировать в сторону оптимизации для роста и развития растений льна-долгунца реакцию почвенной среды. Существенную роль в питании растений играет система удобрений, поэтому необходимо корректировать нормы их внесения с учетом почвенного плодородия, так как, например, избыток азотных удобрений может привести к полеганию посевов. Что в свою очередь обернется недобором продукции вследствие затруднения уборки.

В льноводстве, где затраты высоки, главное – сократить расходы на производство и сделать его прибыльным. Для этого необходимо повышать урожайность и улучшать качество

продукции. Это достигается за счет внедрения более современных методов выращивания. Снизить себестоимость можно, если более экономно использовать удобрения, средства защиты растений, семена, топливо и смазочные материалы, а также оптимизировать трудозатраты.

## Литература

1. Давыдова С. А. Техническая оснащенность селекции и семеноводства при возделывании льна-долгунца и конопли посевной / С. А. Давыдова, М. Е. Чаплыгин, Р. А. Попов. – Аграрный научный журнал. – 2021. – № 4. – С. 72 – 78.
2. Заверткин И. А. Формирование агрофитоценозов льна-долгунца в длительном полевом опыте / И. А. Заверткин, Б. В. Санчай-Оол // Научные труды Тувинского государственного университета : Материалы ежегодной научно-практической конференции преподавателей, сотрудников и аспирантов Тувинского государственного университета, посвященной 25-летию Тувинского государственного университета, Кызыл, 30 октября 2020 года. Выпуск XIX. – Кызыл: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тувинский государственный университет», 2021. – С. 100 – 103.
3. Пислегин Е. В. Приемы ухода за посевами в технологии возделывания льна-долгунца / Е. В. Пислегин, Д. А. Емшанова // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. [Электронное издание] / отв. за выпуск Н. М. Итешина. – Ижевск, 2020. – С. 208 – 211.
4. Череухина Е. В. Рентабельность применения средств интенсификации при возделывании льна-долгунца // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2020. – № 56. – С. 218 – 224.
5. Кожановский В. А. Организационно-технологические факторы повышения эффективности возделывания и переработки льна в Беларуси / В. А. Кожановский, Е. К. Соколова // Актуальные проблемы инновационного развития агропромышленного комплекса Беларуси. Сборник научных трудов по материалам XIV Международной научно-практической конференции. В 2-х частях / Редколлегия: И. В. Шафранская (отв. ред.) [и др.]. – Горки, 2023. – С. 145 – 154.
6. Голуб И. А. Лен-долгунец. Резервы технологии / И. А. Голуб // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – № 11. – С. 40 – 43.

УДК 631.3

## ОБРАБОТКА ПОЧВЫ НА РАЗНУЮ ГЛУБИНУ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР

**Н. В. Алдошин<sup>1</sup>, А. С. Цыгуткин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5  
E-mail: naldoshin@yandex.ru

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений  
и торфа – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения  
«Верхневолжский федеральный аграрный научный центр»

Российская Федерация, 601390, Владимирская обл., Судогодский р-н,  
п. Вяткино, ул. Прянишникова, д. 2  
E-mail: UWL2010@mail.ru

**Резюме.** После уборки зерновых культур обработку почвы проводят комбинированным агрегатом, который за один проход выполняет посев сидератов, внесение деструкторов и ЖКУ, заделку растительных остатков и семян в почву на глубину 0 – 10 см. При отраста-

нии сидераты заделывают в почву на ту же глубину. Глубокую обработку почвы проводят различными орудиями, сохраняя разлагающуюся растительную массу в слое почвы 0 – 10 см, что делает возможным её полное разложение осенью.

**Abstract.** *After harvesting grain crops, soil cultivation is carried out with a combined unit, which in one pass performs sowing of green manure, application of decomposers and liquid fertilizers, incorporation of plant residues and seeds into the soil to a depth of 0 – 10 cm. When green manure grows back, it is incorporated into the soil to the same depth. Deep soil cultivation is carried out with various tools, preserving the decomposing plant mass in the soil layer of 0 – 10 cm, which makes its complete decomposition possible in the fall.*

После уборки зерновых культур, которые являются лучшими предшественниками для зернобобовых культур, остаются пожнивно-корневые остатки, при разложении которых в почву поступают питательные элементы [1 – 3], которые вместе с питательными элементами растительных остатков, минеральных и органических удобрений обеспечивают оптимизацию питания зернобобовых культур – главных источников растительного белка. Как кормовые культуры они полностью отвечают требованиям интенсивного животноводства: максимальное количество обменной энергии, питательных элементов и химических веществ в единице массы корма [4, 5]. Органическое вещество растительного и животного происхождения, внесённое в почву, повышает её плодородие, создаёт условия для роста и развития растений [6 – 8].

Активизация разложения растительных остатков и органических удобрений приводит к более быстрому включению химических элементов в их круговорот в природе, способствует снижению пестицидной нагрузки на агроэкосистему, снижает влияние пестроты плодородия почвы на процесс формирования урожая. Решение проблемы активизации разложения пожнивно-корневых остатков, сидератов, органических удобрений связано с применением деструкторов, заделкой их в верхний слой почвы для создания аэробных условий для микрофлоры, разлагающей органическое вещество, в т. ч. с использованием комбинированного агрегата [9].

Известно, что при разложении 1 т соломы зерновых культур в почву поступает до 10 – 15 кг/га питательных элементов, а при заделке в почву сидератов количество питательных элементов, поступающих в почву, эквивалентно 10 т подстилочного навоза. В сидератах, соломе и пожнивно-корневых остатках содержится полный набор питательных элементов, используемых растениями в процессе формирования урожая и участвующих в круговороте химических элементов в природе. Они становятся доступными для питания растений после завершения процесса разложения, который продолжается длительное время.

На скорость разложения растительных остатков в почве оказывают влияние: 1) обработка их деструкторами; 2) длина нарезки; 3) заделываемая масса растительных остатков; 4) глубина заделки растительных остатков в почву; 5) влажность почвы. Для ускоренного разложения соломы и пожнивно-корневых остатков за два-три месяца после уборки необходимо создать специальные условия. Если разложение не произойдёт осенью, то оно продолжится весной и приведёт к тому, что фенольные соединения, выделяющиеся в процессе, не будут вымыты из корнеобитаемого слоя почвы в осенне-зимний период и начнут угнетать растения весной в начале вегетации. Кроме того, свежее органическое вещество снижает интенсивность минерализации гумуса в почве, а отсутствие растительных остатков устраняет условия для перезимовки патогенов, вызывающих болезни растений, и разносящих их насекомых.

Без применения деструкторов разложение растительных остатков может долго длиться. Установлено, что процесс разложения соломы и растительных остатков проходит максимально эффективно в аэробных условиях при высокой влажности (до 75 %) и среде, величина

кислотности которой близка к нейтральной (рН – от 5,5 до 7,8), соотношении углерода к азоту C:N в диапазоне от 20 до 40, при положительной температуре, в равномерно перемешанной среде, когда растительные остатки измельчены.

При уборке зерновых культур технологии предусматривали измельчение и равномерное распределение по поверхности поля соломы, которую заделывали в почву луцильниками или орудиями с дисками, после чего проводили отвальную вспашку. При такой обработке растительные остатки заделывали на большую глубину, они оказывались в анаэробных условиях, что замедляло минерализацию. Такая технология требовала использования большого количества техники, выполнение её было растянуто во времени и требовало высоких энерго- и трудовых затрат.

Внесение жидких минеральных удобрений перед заделкой растительных остатков в почву, которые были обработаны штаммами микроорганизмов, позволяет сократить потери питательных элементов из-за устранения возможности их перехода в газообразную форму, предотвратить гибель микроорганизмов деструктора из-за действия солнечных лучей. Перемешивание растительных остатков с почвой при заделке их на глубину до 10 см с использованием дисков создает благоприятные условия аэрации для процессов разложения и активизации деятельности микроорганизмов. Это позволяет равномерно распределить растительную массу по всей глубине, а закрытие поверхности поля сидератами сохраняет режим увлажнения почвы и повышает влажность воздуха в приземном слое на уровне, который оптимален для работы почвенной микрофлоры как разлагающей пожнивно-корневые остатки, так и усваивающей азот атмосферы [10].

Продолжительность периода вегетации сидератов зависит от культур, используемых для этих целей. Наиболее востребованы капустные культуры, прежде всего редька масличная и горчица. Обычно их рекомендуют скашивать в период цветения, т. е. через 1,5 – 2 месяца после посева. Разложение растительной массы свежескошенных сидератов, заделанных в почву, идёт значительно быстрее, чем у соломы из-за более узкого соотношения углерода к азоту. Добавление к соломе, разлагающейся под действием деструкторов около трёх месяцев, свежей растительной массы сидератов делает её гетерогенной по физическому состоянию и химическому составу, что не приводит к увеличению периода разложения гетерогенной растительной массы.

Пожнивно-корневые остатки и сидераты заделывают в верхний слой почвы, но если по технологии возделывания необходимо провести глубокую обработку почвы, то возникает противоречие, связанное с нежелательностью перенесения свежей растительной массы на глубину ниже 10 см. Поэтому необходимо найти и обосновать способы выполнения глубокой обработки почвы различного гранулометрического состава после заделки пожнивно-корневых остатков и сидератов.

По нашему мнению, на почвах тяжёлого гранулометрического состава после заделки сидератов глубокую обработку необходимо проводить плоскорезами-глубококорыхлителями на глубину 22 – 27 см, на лёгких почвах – стерневыми культиваторами на глубину 20 – 25 см, на почвах, где образована плужная подошва, – чизельным плугом на глубину до 40 см. Это обеспечивает глубокое рыхление почвы и сохраняет в верхнем слое аэробные условия, необходимые для завершения процесса разложения гетерогенной растительной массы, имеющей различное происхождение.

Разноглубинную обработку почвы проводят последовательно различными сельскохозяйственными машинами и орудиями в зависимости от почвенных условий. В результате проведения таких технологических операций будет повышено плодородие почв, растения получают необходимые для роста и развития питательные элементы, снизится применение пестицидов на растения и почву, что в итоге создаст условия для производства необходимого количества продукции с заданными параметрами качества [11].



## Литература

1. Формирование урожайности зерна и показатели качества люпина белого (*Lupinus albus* L.) при применении селенита натрия / И. И. Серегина, А. О. Шумилин, Ю. М. Вигилянский [и др.] // *Агрохимия*. – 2018. – № 7. – С. 73 – 80. – EDN UWYHNDJ.
2. Цыгуткин А. С. Элементный состав семян люпина белого / А. С. Цыгуткин // *Российская сельскохозяйственная наука*. – 2023. – № 5. – С. 21 – 26. – EDN PKRWTY.
3. Цыгуткин А. С. Содержание питательных веществ в зерне белого люпина / А. С. Цыгуткин // *Агрохимический вестник*. – 2024. – № 4. – С. 55 – 60. – EDN QGPQHK.
4. Природный источник марганца – белый люпин / Е. Н. Андрианова, Л. В. Кривопишина, О. А. Чванова [и др.] // *Птица и птицепродукты*. – 2015. – № 5. – С. 47 – 49. – EDN VBRVWR.
5. Использование белкового концентрата на основе белого люпина в рационах цыплят-бройлеров / И. А. Егоров, Т. В. Егорова, А. Э. Ставцев, А. С. Цыгуткин // *Птица и птицепродукты*. – 2017. – № 1. – С. 33 – 36. – EDN YIYACB.
6. Цыгуткин А. С. Изучение влияния технологий возделывания сельскохозяйственных культур и почвы, как саморазвивающейся системы, на содержание гумуса / А. С. Цыгуткин, А. В. Азаров // *Достижения науки и техники АПК*. – 2021. – № 6. – С. 44 – 49.
7. Агрономические основы инженерного обеспечения биологизации земледелия / В. М. Косолапов, А. С. Цыгуткин, Н. В. Алдошин, Н. А. Лылин // *Кормопроизводство*. – 2022. – № 3. – С. 41 – 47. – EDN IZUIQD.
8. Цыгуткин А. С. Использование регрессионного анализа для изучения влияния удобрений и способов основной обработки почвы на урожайность гороха / А. С. Цыгуткин, И. В. Логвинов // *Достижения науки и техники АПК*. – 2022. – Т. 36, № 5. – С. 61 – 66. – EDN ARMWOM.
9. Алдошин Н. В. Ускоренное разложение растительных остатков в почвах разного механического состава / Н. В. Алдошин, А. С. Цыгуткин, Л. А. Неменуца // *Техника и оборудование для села*. – 2025. – № 2 (332). – С. 21 – 25. – EDN DGBWKQ.
10. Селицкая О. В. Влияние изолятов клубеньковых бактерий на рост и развитие растений белого люпина / О. В. Селицкая, З. Чадраабал, А. С. Цыгуткин // *Агрохимический вестник*. – 2025. – № 1. – С. 67 – 73. – EDN WKZZWR.
11. Зверев С. В. Проблемы развития импортозамещения в сельском хозяйстве России / С. В. Зверев, А. С. Цыгуткин, Л. В. Постникова // *Бухучет в сельском хозяйстве*. – 2015. – № 9. – С. 7 – 12. – EDN UJUJGJ.

УДК 635.655

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО

**В. В. Гудимо<sup>1</sup>, В. В. Джафаров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»  
Российская Федерация, 121205, г. Москва, территория инновационного центра  
«Сколково», Большой бульвар, дом 30, стр. 1

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Государственный университет землеустройства  
Российская Федерация, 105064, г. Москва, ул. Казакова, д. 15  
E-mail: gudimo@ficnemchinovka.ru, vagif-92@mail.ru

**Резюме.** Козлятник восточный является ценной бобовой культурой. Более высокие показатели урожайности зелёной массы, сухого вещества и кормовых единиц были установлены у сорта Юбилар с применением Монофосфата с прилипателем из расчёта 0,5 кг/га за одну подкормку в каждом укосе в фазу активного роста растений.

**Abstract.** *Eastern goatbean is a valuable legume crop. Higher yields of green mass, dry matter, and feed units were achieved by using Monophosphate with an adhesive at a rate of 0.5 kg/ha for one application in each mowing during the active growth phase of the plants.*

Важным компонентом производства высококачественных кормов для мясного и молочного животноводства являются многолетние бобовые травы. Среди них по своей значимости в Европейской части Российской Федерации выделяются клевер, люцерна и козлятник [1, 2, 3].

Клевер является традиционной кормовой культурой средней полосы России. Люцерна – уникальная культура, которая успешно произрастает как на юге России, так в более северных широтах. Интересной культурой выглядит козлятник восточный, который может выращиваться на одном месте без существенного снижения продуктивности свыше десяти лет [4, 5].

Совершенствование технологии возделывания козлятника восточного в наших исследованиях осуществлялось путём определения наиболее адаптированных сортов для Нечернозёмной зоны и применения листовых подкормок Монофосфатом в период вегетации растений в каждом укосе.

В опыте в 2021 году высевались сорта козлятника восточного Кривич, Юбиляр, Казбек. Общим фоном перед посевом вносились минеральные удобрения в виде азофоски в дозе  $N_{24}P_{24}K_{24}$ . В опыте изучалось три варианта ежегодных листовых подкормок: 1. Контроль (без листовых подкормок); 2. Монофосфат из расчёта 0,5 кг/га за одну подкормку; 3. Монофосфат с прилипателем из расчёта 0,5 кг/га за одну подкормку. Подкормки проводились в каждом укосе в фазу активного роста растений.

Зелёная масса козлятника восточного в сумме за два укоса в первый год пользования находилась в пределах от 7,6 т/га у сорта Кривич на контрольном варианте без применения листовых подкормок до 9,9 т/га у сорта Юбиляр на варианте применения Монофосфата с прилипателем из расчёта 0,5 кг/га за одну подкормку.

Во второй год пользования зелёная масса козлятника восточного в сумме за два укоса увеличивалась по сравнению с первым годом на 171 – 220 % и составляла от 24,3 т/га у сорта Кривич на контрольном варианте без применения листовых подкормок до 26,9 т/га у сорта Юбиляр на варианте применения Монофосфата с прилипателем из расчёта 0,5 кг/га за одну подкормку.

В третий год пользования зелёная масса козлятника восточного в сумме за два укоса увеличивалась по сравнению со вторым годом на 6 – 10 % и составляла от 25,8 т/га у сорта Кривич на контрольном варианте без применения листовых подкормок и до 29,5 т/га у сорта Юбиляр на варианте применения Монофосфата с прилипателем из расчёта 0,5 кг/га за одну подкормку.

В четвёртый год пользования зелёная масса козлятника восточного в сумме за два укоса увеличивалась по сравнению со вторым годом на 5 – 6 % и составляла от 27,1 т/га у сорта Кривич на контрольном варианте без применения листовых подкормок и до 31,2 т/га у сорта Юбиляр на варианте применения Монофосфата с прилипателем из расчёта 0,5 кг/га за одну подкормку.

Таким образом, в среднем за четыре года пользования зелёная масса козлятника восточного в сумме за два укоса находилась в пределах от 21,2 т/га у сорта Кривич на контрольном варианте без применения листовых подкормок до 24,4 т/га у сорта Юбиляр на варианте применения Монофосфата с прилипателем из расчёта 0,5 кг/га за одну подкормку.

Сухое вещество в сумме за два укоса в первый год пользования находилось в пределах от 1,7 т/га у сорта Кривич на контрольном варианте без применения листовых подкормок до 2,3 т/га у сорта Юбиляр на варианте применения Монофосфата с прилипателем из расчёта 0,5 кг/га за одну подкормку.

Таблица 1. Урожайность зелёной массы, т/га

| Сорт                 | Листовые подкормки | 2021 г. | 2022 г. | 2023 г. | 2024 г. | Среднее |
|----------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Кривич               | Вариант 1          | 7,6     | 24,3    | 25,8    | 27,1    | 21,2    |
|                      | Вариант 2          | 8,8     | 25,6    | 27,2    | 28,6    | 22,5    |
|                      | Вариант 3          | 9,2     | 26,1    | 27,7    | 29,2    | 23,0    |
| Юбиляр               | Вариант 1          | 8,5     | 25,3    | 26,9    | 28,3    | 22,2    |
|                      | Вариант 2          | 9,6     | 26,5    | 28,3    | 28,9    | 23,3    |
|                      | Вариант 3          | 9,9     | 26,9    | 29,5    | 31,2    | 24,4    |
| Казбек               | Вариант 1          | 8,1     | 24,9    | 26,5    | 27,8    | 21,8    |
|                      | Вариант 2          | 9,0     | 25,9    | 27,9    | 28,1    | 22,7    |
|                      | Вариант 3          | 9,4     | 26,3    | 28,1    | 28,4    | 23,0    |
| НСП <sub>05</sub> А  |                    | 0,4     | 0,4     | 0,6     | 0,6     |         |
| НСП <sub>05</sub> В  |                    | 0,2     | 0,2     | 0,4     | 0,4     |         |
| НСП <sub>05</sub> АВ |                    | 0,2     | 0,2     | 0,4     | 0,4     |         |

Во второй год пользования сухое вещество в сумме за два укоса увеличивалось по сравнению с первым годом на 171 – 220 % и составляло от 5,5 т/га у сорта Кривич на контрольном варианте без применения листовых подкормок до 6,1 т/га у сорта Юбиляр на варианте применения Монофосфата с прилипателем из расчёта 0,5 кг/га за одну подкормку.

В третий год пользования сухое вещество в сумме за два укоса увеличивалось по сравнению со вторым годом на 6 – 10 % и составляло от 5,9 т/га у сорта Кривич на контрольном варианте без применения листовых подкормок и до 6,7 т/га у сорта Юбиляр на варианте применения Монофосфата с прилипателем из расчёта 0,5 кг/га за одну подкормку.

В четвёртый год пользования сухое вещество в сумме за два укоса увеличивалось по сравнению со вторым годом на 5 – 6 % и составляло от 6,2 т/га у сорта Кривич на контрольном варианте без применения листовых подкормок и до 7,1 т/га у сорта Юбиляр на варианте применения Монофосфата с прилипателем из расчёта 0,5 кг/га за одну подкормку.

Таким образом, в среднем за четыре года пользования сухое вещество у козлятника восточного в сумме за два укоса составляло от 4,8 т/га у сорта Кривич на контрольном варианте без применения листовых подкормок до 5,5 т/га у сорта Юбиляр на варианте применения Монофосфата с прилипателем из расчёта 0,5 кг/га за одну подкормку.

Таблица 2. Содержание сухого вещества, т/га

| Сорт                 | Листовые подкормки | 2021 г. | 2022 г. | 2023 г. | 2024 г. | Среднее |
|----------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Кривич               | Вариант 1          | 1,7     | 5,5     | 5,9     | 6,2     | 4,8     |
|                      | Вариант 2          | 2,0     | 5,8     | 6,2     | 6,5     | 5,1     |
|                      | Вариант 3          | 2,1     | 5,9     | 6,3     | 6,6     | 5,2     |
| Юбиляр               | Вариант 1          | 1,9     | 5,7     | 6,1     | 6,4     | 5,0     |
|                      | Вариант 2          | 2,2     | 6,0     | 6,4     | 6,6     | 5,3     |
|                      | Вариант 3          | 2,3     | 6,1     | 6,7     | 7,1     | 5,5     |
| Казбек               | Вариант 1          | 1,8     | 5,6     | 6,0     | 6,3     | 4,9     |
|                      | Вариант 2          | 2,0     | 5,9     | 6,3     | 6,4     | 5,1     |
|                      | Вариант 3          | 2,1     | 6,0     | 6,4     | 6,5     | 5,2     |
| НСП <sub>05</sub> А  |                    | 0,2     | 0,2     | 0,3     | 0,3     |         |
| НСП <sub>05</sub> В  |                    | 0,1     | 0,1     | 0,2     | 0,2     |         |
| НСП <sub>05</sub> АВ |                    | 0,1     | 0,1     | 0,2     | 0,2     |         |

Количество кормовых единиц в урожае козлятника восточного в первый год пользования содержалось от 1,81 т/га у сорта Кривич на контрольном варианте без применения листовых подкормок до 2,36 т/га у сорта Юбиляр на варианте применения Монофосфата с прилипателем из расчёта 0,5 кг/га за одну подкормку.

Во второй год пользования кормовых единиц в урожае козлятника восточного содержалось от 5,78 т/га у сорта Кривич на контрольном варианте без применения листовых подкормок до 6,40 т/га у сорта Юбиляр на варианте применения Монофосфата с прилипателем из расчёта 0,5 кг/га за одну подкормку.

В третий год пользования кормовых единиц в урожае козлятника восточного содержалось от 6,14 т/га у сорта Кривич на контрольном варианте без применения листовых подкормок до 7,02 т/га у сорта Юбиляр на варианте применения Монофосфата с прилипателем из расчёта 0,5 кг/га за одну подкормку.

В четвёртый год пользования кормовых единиц в урожае козлятника восточного содержалось от 6,45 т/га у сорта Кривич на контрольном варианте без применения листовых подкормок и до 7,43 т/га у сорта Юбиляр на варианте применения Монофосфата с прилипателем из расчёта 0,5 кг/га за одну подкормку.

Таким образом, в среднем за четыре года пользования кормовых единиц в урожае козлятника восточного содержалось от 5,05 т/га у сорта Кривич на контрольном варианте без применения листовых подкормок до 5,81 т/га у сорта Юбиляр на варианте применения Монофосфата с прилипателем из расчёта 0,5 кг/га за одну подкормку.

*Таблица 3. Урожайность зелёной массы, т/га*

| Сорт                 | Листовые подкормки | 2021 г. | 2022 г. | 2023 г. | 2024 г. | Среднее |
|----------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Кривич               | Вариант 1          | 1,81    | 5,78    | 6,14    | 6,45    | 5,05    |
|                      | Вариант 2          | 2,09    | 6,09    | 6,48    | 6,81    | 5,36    |
|                      | Вариант 3          | 2,19    | 6,21    | 6,59    | 6,95    | 5,48    |
| Юбиляр               | Вариант 1          | 2,02    | 6,02    | 6,40    | 6,74    | 5,29    |
|                      | Вариант 2          | 2,28    | 6,31    | 6,74    | 6,88    | 5,55    |
|                      | Вариант 3          | 2,36    | 6,40    | 7,02    | 7,43    | 5,81    |
| Казбек               | Вариант 1          | 1,93    | 5,93    | 6,31    | 6,62    | 5,19    |
|                      | Вариант 2          | 2,14    | 6,17    | 6,64    | 6,69    | 5,40    |
|                      | Вариант 3          | 2,23    | 6,26    | 6,69    | 6,76    | 5,48    |
| НСП <sub>05</sub> А  |                    | 0,2     | 0,2     | 0,3     | 0,3     |         |
| НСП <sub>05</sub> В  |                    | 0,1     | 0,1     | 0,2     | 0,2     |         |
| НСП <sub>05</sub> АВ |                    | 0,1     | 0,1     | 0,2     | 0,2     |         |

## Литература

1. Тютюма Н. В. Агроэкологическое сортоизучение многолетних кормовых трав в подзоне светло-каштановых почв Астраханской области / Н. В. Тютюма, Н. И. Кудряшова, Г. К. Булахтина, А. В. Кудряшов // Известия Нижневолжского аграрно-университетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 4 (60). – С. 79 – 85.
2. Дронова Т. Н. Эффективность использования биопрепаратов при возделывании многолетних бобовых трав / Т. Н. Дронова, Н. И. Бурцева, О. И. Двойникова, И. П. Земцова, С. В. Земляничина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 2 (62). – С. 41 – 50.

3. Зезин Н. Н. Белково-энергетический коэффициент как показатель эффективности отрасли кормопроизводства / Н. Н. Зезин, М. А. Намятов // Кормопроизводство. – 2019. – № 6. – С. 12 – 17.
4. Бекузарова С. А. Продуктивность козлятника восточного в зависимости от способов посева и норм высева / С. А. Бекузарова, В. И. Гасиев, Р. В. Осикина, Б. С. Калоев // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2017. – Т. 54. – № 1. – С. 8 – 15.
5. Коконов И. С. Формирование травостоя козлятника восточного при предпосевной подготовке семян / И. С. Коконов, Т. Н. Рябова // Современные достижения селекции растений – производству. Материалы Национальной научно-практической конференции. – Ижевск, 2021. – С. 337 – 340.

УДК 631.45(476.4)

## МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ МЕЖДУ ТУРАМИ АГРОХИМИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

Т. Ф. Персикова, О. В. Мурзова, Е. Ф. Валейша

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

Республика Беларусь, 213407, г. Горки, Могилевская обл., ул. Агрономическая, 1

E-mail: pochva\_bgsha@mail.ru

**Резюме.** В статье излагается мониторинг агрохимических показателей между XIII и XIV турами обследования почв Могилевской области.

**Abstract.** The article presents the monitoring of agrochemical indicators between the XIII and XIV rounds of soil survey in the Mogilev region.

Агрохимические показатели почв являются важной составляющей в общей оценке потенциального плодородия почв. К наиболее важным агрохимическим показателям, характеризующим состояние плодородия почв, относятся: степень кислотности ( $pH_{KCl}$ ), содержание гумуса, подвижных форм фосфора, калия. Планирование объемов сельскохозяйственных работ и осуществление почвоулучшающих мероприятий проводится из расчета достижения и поддержания оптимальных параметров основных агрохимических свойств почв, при которых обеспечиваются высокие уровни урожаев сельскохозяйственных культур и окупаемость удобрений. Учитывая, что в условиях интенсивного использования земель происходит существенное изменение почвенных свойств, необходим постоянный контроль за изменением основных агрохимических показателей пахотных почв каждого конкретного сельскохозяйственного предприятия [1, 2, 3, 4].

Роль оптимизации реакции почв существенно возрастает в интенсивном земледелии. Известно, что эффективность минеральных удобрений существенно снижается при избыточной кислотности почв. Оптимизация кислотности почв является значимым фактором, способствующим новообразованию и закреплению гумусовых веществ. Кислая и щелочная реакция ограничивает их образование и закрепление в почве.

Степень кислотности почвы в значительной мере определяет ее биологическое состояние. При слабокислом диапазоне pH в почвах преобладают бактерии и актиномицеты, повышается численность нитрификаторов, азотфиксаторов, целлюлозолитических микробных сообществ. В сильнокислых и среднекислых почвах отмечается высокая численность плесневых грибов, многие виды которых синтезируют фитотоксические вещества.

Важным показателем экологического состояния почвы является ее ферментативная активность. Уровень почвенной кислотности – один из важнейших факторов, регулирующих активность почвенных ферментов. Концентрация ионов водорода  $H^+$  оказывает влияние на ионное состояние ферментов, ферментных субстратов и кофакторов, изменяя их ионизацию и растворимость. Эти физико-химические факторы определяют скорость ключевых ферментативных реакций, протекающих в почве. При неблагоприятных изменениях кислотности почвы важнейшие ферменты, связанные с циклами основных биогенных элементов С, N и Р, частично денатурируют, что приводит к нарушению круговорота элементов питания и процессов трансформации органического вещества и формирования гумуса [1].

Характеристика пахотных почв по степени кислотности по Могилевской области представлена на рис. 1.

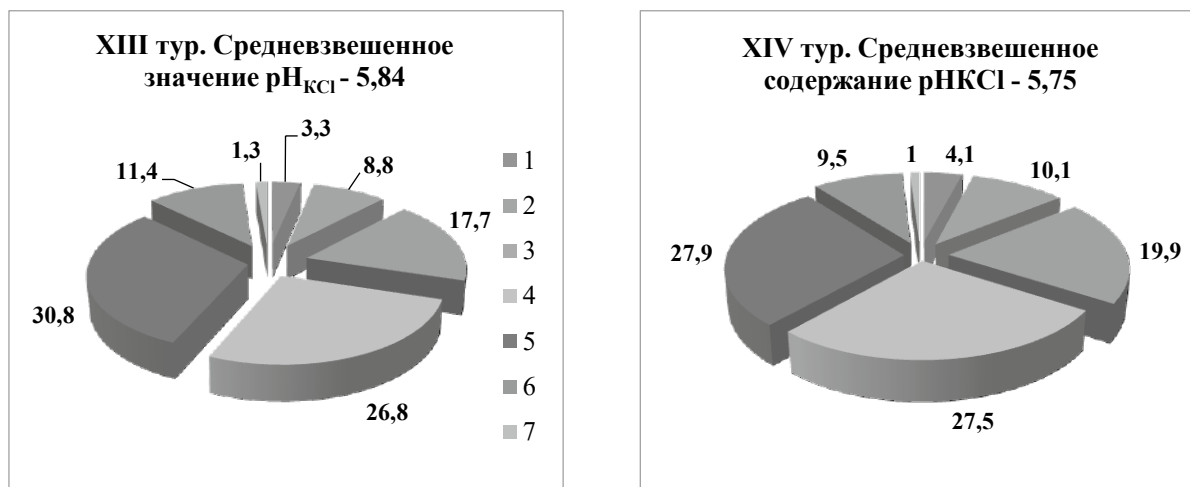


Рисунок 1. Динамика изменения кислотности почв

Средневзвешенное значение  $pH_{KCl}$  в пахотных почвах области за четырехлетний период снизилось на 0,09 и составляет 5,75. По сравнению с XIII туром обследования доля сильно- и среднекислых почв заметно повысилась – с 12,1 до 14,2 %. Однако еще основные массивы пахотных почв Могилёвской области характеризуются благоприятной слабокислой и близкой к нейтральной реакции среды.

Содержание подвижных форм фосфатов является одним из основных признаков окультуренности дерново-подзолистых почв, тесно связанных с величиной урожаев. Обеспеченность почв фосфором влияет на микробиологические и биохимические процессы трансформации органического вещества, протекающие как при прямом участии микроорганизмов, так и за счет их метаболитов или внеклеточных ферментов, источниками которых также являются преимущественно микроорганизмы. Оптимизация содержания подвижных фосфатов в почве приводит к повышению заселенности почвы микроорганизмами, интенсифицирует процессы аммонификации органических азотсодержащих соединений с выделением неорганического азота, повышает скорость минерализации целлюлозы в почве.

Сравнительные данные изменения содержания подвижных фосфатов по результатам последних двух туров агрохимического обследования пахотных почв представлены на рис. 2.

Средневзвешенное содержание подвижных фосфатов в пахотных почвах заметно снизилось – на 15 мг/кг и составляет 175 мг/кг почвы.

В целом по области доля слабообеспеченных фосфором почв (менее 100 мг/кг) повысилась с 19,5 % до 24,7 % от площади пашни.

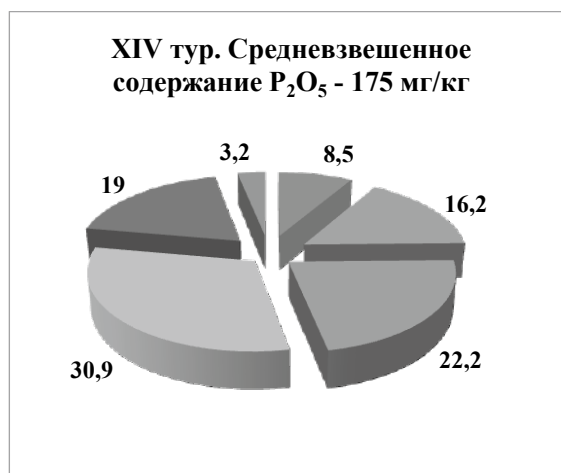
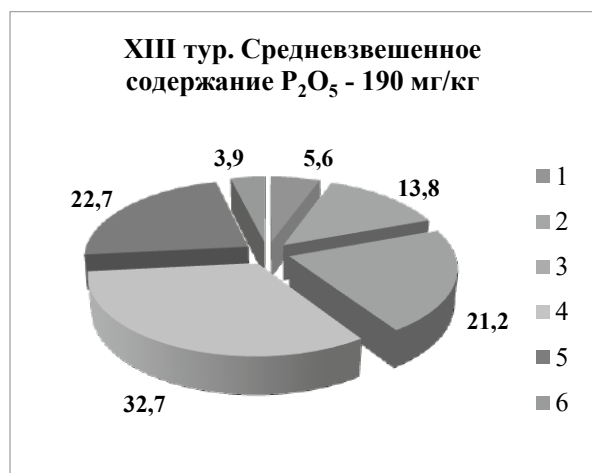


Рисунок 2. Динамика изменения содержания подвижного фосфора в почве

Обеспеченность почв калием оказывает регулирующее действие на ее микробиологический и биохимический статус. Повышение концентрации подвижных форм калия до оптимальных показателей повышает уровень биогенности почвы, ускоряет аммонификацию органических азотсодержащих соединений, высвобождая доступный для растений неорганический азот, повышает скорость минерализации поли- и олигосахаридов в почве, а также активизирует гумификацию растительных лигнинов в почве. При избыточном содержании калия регистрируется существенное снижение биологической активности почвы. Характеристика сельскохозяйственных земель по содержанию подвижных форм калия приведена на рис. 3.

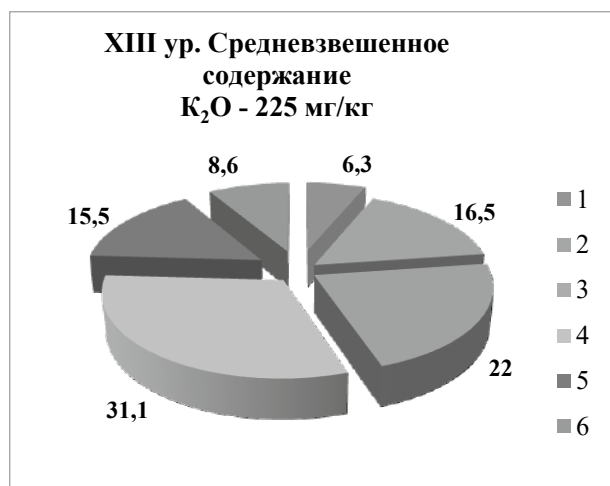


Рисунок 3. Динамика изменения содержания подвижного калия в почве

За период между последними турами обследования средневзвешенное содержание подвижных форм калия в пахотных почвах области несколько снизилось с 225 до 214 мг/кг почвы. Доля пахотных почв, слабообеспеченных калием (I группа), составляет 6,3 % в целом по области.

Одним из важнейших критериев плодородия почв является содержание в ней гумуса. При недостаточном внесении органических удобрений в результате возделывания сельскохозяйственных культур происходит минерализация органического вещества почвы, а, следовательно, и снижение ее плодородия. В почвах необходимо создавать и постоянно поддерживать содержание гумуса не менее того предела, за которым он становится лимитирующим факто-

ром для получения высоких урожаев. Обогащая почву элементами питания, органические удобрения, что не менее важно, повышают влагоемкость почвы. Каждая тонна органического вещества увеличивает влагоемкость почвы на 50 – 60 ц/га продуктивной влаги. Доза высококачественного навоза 20 т/га, своевременно вносимая в почву, увеличивает запасы гумуса на 0,7 – 1,0 т/га.

Характеристика сельскохозяйственных земель по содержанию гумуса приведена на рис. 4.

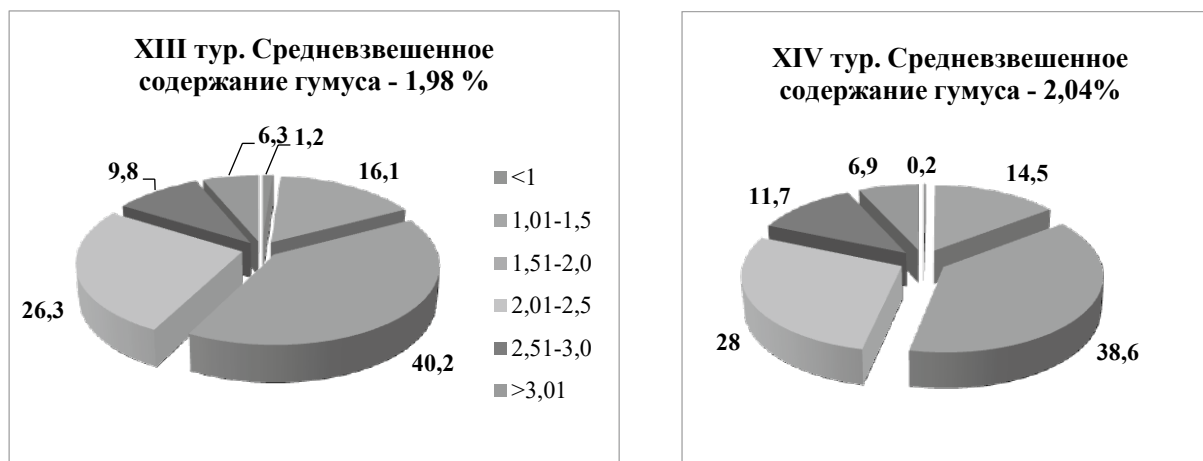


Рисунок 4. Динамика изменения содержания гумуса в почве

Средневзвешенное содержание гумуса в пахотных почвах Могилевской области составляет 2,04 % и по отношению к предыдущему туру обследования произошло повышение на 0,06 %. Однако положительный баланс органических веществ в пахотных почвах области имеет еще неустойчивый характер. Доля пахотных почв с содержанием гумуса менее 1,5 % значительна – 14,7 % от площади пашни.

Мониторинг агрохимических показателей пахотных почв Могилевской области выявил ряд изменений за период между XIII и XIV турами обследований: средневзвешенное значение содержания гумуса увеличилось с 1,98 до 2,04 %; увеличилась кислотность с 5,84 до 5,75 единицы  $pH_{KCl}$ ; содержание подвижного фосфора и калия уменьшилось со 190 до 175 мг/кг почвы и с 225 до 214 мг/кг соответственно.

## Литература

1. Почвоведение : учеб. пособие / О. В. Мурзова, Т. Ф. Персикова, Е. Ф. Валеяша [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2024. – 448 с.
2. Кадастровая оценка земель сельскохозяйственных предприятий и крестьянских (фермерских) хозяйств / Г. И. Кузнецов [и др.]. – Минск: Проектный ин-т Белгипрозем, 2000. – 136 с.
3. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013 – 2016 гг.) / И. М. Богдевич [и др.] / под общ. ред. И. М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2017. – 275 с.
4. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2017 – 2020 гг.) / И. М. Богдевич [и др.] / под общ. ред. И. М. Богдевича. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2022. – 276 с.



## ПРИМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ ПОД ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЕЙ ПРИ ДВУХЪЯРУСНОЙ И ОБЫЧНОЙ ВСПАШКЕ

Б. А. Бекбанов, Б. Х. Турдышев, О. Н. Нагыметов

Каракалпакский научно-исследовательский институт земледелия  
231407, г. Чимбай, ул. Академик, 42, Каракалпакстан, Узбекистан  
E-mail: qqditi@iim.uz

**Резюме.** В статье приводятся результаты исследований, определяющие необходимость дифференциации в технологиях основной и предпосевной обработки почв при возделывании озимой пшеницы. После качественно проведенной зяблевой вспашки не требуется глубокое весеннее рыхление. При предпосевной обработке верхний слой почвы должен приобрести мелкокомковатую структуру, хорошую воздухопроницаемость. Большую перспективу имеет двухъярусная вспашка на глубину 30 см: повышает урожай зерна в сравнении с обычной вспашкой на 4,5 ц/га на фоне без навоза и на 5,2 ц – с внесением его.

**Abstract.** The article presents the research results that determine the need for differentiation in the technologies of basic and pre-sowing tillage of winter wheat. After high-quality winter plowing, deep spring loosening is not required. During pre-sowing treatment, the topsoil layer should acquire a finely lumpy structure and good breathability. Two-tier plowing to a depth of 30 cm has strong potential to increase grain yield by 4.5 centers per hectare (c/ha) compared to conventional plowing without manure, and by 5.2 c/ha when manure is introduced.

Система земледелия не может быть повсюду одинаковой, она имеет зональный характер, а приемы агротехники, системы удобрений могут меняться даже в одной зоне в зависимости от погодных условий. Отсюда становится понятным, что приемы, сроки и способы внесения удобрений, соотношение питательных веществ в них будет зависеть не только от культуры и почвы, но и от климатических, погодных условий, температурного режима почвы, атмосферы и т. д., а эффективность удобрений значительно повышается при применении их в комплексе с другими приемами агротехники.

Для всех зональных систем земледелия и химизации обязательно правильное сочетание органических и минеральных удобрений. Совместное применение органических и минеральных удобрений на песчаных и супесчаных почвах при орошении имеет большое значение. Этот прием обеспечивает наиболее благоприятный режим питания растений и улучшает свойства почвы.

Как известно, плодородные почвы должны иметь достаточный запас необходимых растению питательных веществ. Высокоплодородная почва также должна иметь полезную микрофлору. Одним из важнейших факторов обеспечения воспроизводства плодородия почв является химизация земледелия, т. е. рациональное применение органических и минеральных удобрений.

Навоз и минеральные удобрения, применяемые в эквивалентных дозах, оказывают примерно одинаковое влияние на урожай. Навоз снижает кислотность почвы, увеличивает накопление перегноя и улучшает его состав, биологические и физико-химические свойства почвы. Систематическое применение органических удобрений дает возможность поддерживать органическое вещество в почве на оптимальном уровне и быстрее восстанавливать в ней баланс питательных веществ, вынесенных урожаем.

В прошлые годы в течение длительного времени повышение плодородия почв осуществлялось за счет использования органических удобрений. В связи с сокращением поголовья скота и ростом цен на энергоносители применение их значительно сократилось. Поэтому в сложившихся условиях большое значение в стабилизации плодородия почвы имеет совершенствование систем обработки и правильное применение удобрений.

Использование на практике рациональных систем обработки почвы с учетом почвенно-климатических условий позволит сократить положительный баланс гумуса, повысить эффективность применения удобрений и увеличить урожайность сельскохозяйственных культур, Х. Атаджанов [1].

В пользу глубокой вспашки высказывались В. Р. Вильямс [2], В. П. Кондратьюк [3], А. П. Белякова и А. А. Асророва и др. [4].

А. Ф. Устинович [5] отмечает, что глубокая вспашка на 35 – 40 см создает лучшие условия для нормального развития корневой системы и тем самым повышает урожайность.

Эффективность двухъярусной вспашки доказали в своих исследованиях З. С. Турсунходжаев [6], И. С. Рабочев [7] и А. К. Кашкаров [8].

Практический интерес представляет изучение различных систем обработки почвы в комплексе с применением удобрений и влияния их на плодородие, свойства почвы и урожайность. Для наиболее рационального использования удобрений важно учитывать экологические условия, формы применяемых туков и биологические особенности возделываемых культур.

Органические удобрения являются энергетическим материалом и источником пищи для почвенных микроорганизмов. Кроме того, они очень богаты микрофлорой. Поэтому внесение органических удобрений усиливает в почве жизнедеятельность азотофиксирующих бактерий и других полезных групп микроорганизмов.

Навоз – ценное удобрение, он улучшает агрофизические свойства почвы и баланс гумуса, содержит в своем составе почти все виды питательных веществ, прежде всего азот, фосфор, калий, кальций, магний и т. д. Накопление гумуса, общего азота и других элементов в почве зависит от дозы навоза, длительности его применения и почвенно-климатических условий.

С целью изучения эффективности различных технологий основной обработки почвы с внесением минеральных и органических удобрений проводились полевые опыты на экспериментальной базе Каракалпакского научно-исследовательского института земледелия: обычная вспашка с оборотом пласта на 28 – 30 см и на глубину 30 – 40 см двухъярусным плугом.

Почва опытного участка луговая, староорошаемая, по механическому составу средне-суглинистая, с глубиной залегания грунтовых вод 1,8 – 2,3 м. Основные агрохимические показатели пахотного слоя: гумус – 0,93 %,  $pH_{\text{сол.}}$  – 7,2, подвижных форм фосфора – 1,05 – 3,92 мг/кг, обменного калия – 199,41 – 322,02 мг/кг почвы.

Засоренность участка средняя, основными сорняками являются: лебеда, куриное просо, вьюнок полевой и другие.

Погодные условия вегетационного периода в годы исследований были близкими к средним многолетним данным как по осадкам, так и по температуре.

На участке перед зяблевой вспашкой был внесен навоз из расчета 30 т/га. Предпосевная обработка почвы – безотвальная вспашка на глубину 25 см.

В опытах проводились наблюдения за растениями (густота стояния, формирование генеративных органов, развитие корневой системы и др.) по общепринятым методикам.

Исследованиями установлено, что не менее половины урожая получается за счет минеральных удобрений. В хозяйствах нашего региона применяются в основном аммиачная селитра, мочевины, простой суперфосфат, аммофос и хлористый калий.

В настоящее время основным видом азотного удобрения является аммиачная селитра, легкоусвояемое и быстродействующее удобрение. Азот в почве подвергается разным превра-

щениям и он выносится урожаем, а также вымывается из почвы при близком залегании грунтовых вод и на супесчаных почвах.

Запасы усвояемого азота в нашем регионе недостаточны для получения высоких урожаев озимой пшеницы, поэтому здесь имеются большие возможности для эффективного использования азотных удобрений.

Ранняя обеспеченность растений азотом благоприятно повлияла на рост и развитие растений озимой пшеницы. Как известно, совместное внесение органических удобрений с минеральными удобрениями не только обеспечивает повышение урожая, но и качество продукции.

Годовую норму минеральных удобрений необходимо распределить следующим образом: при севе 10 % фосфора от годовой нормы, 25 – 30 % годовой нормы азота в первую подкормку, 45 – 50 % во вторую подкормку и третью подкормку 20 – 25 %. 90 % фосфорного удобрения и 100 % калийного внести под вспашку.

Как показывают полученные данные, между изучаемыми глубинами и способами основной обработки почвы как с внесением навоза, так и без него отмечается определенная закономерность. Обработка почвы двухъярусным плугом на глубину 30 см имела некоторое преимущество по сравнению с обычной вспашкой на 22 см. По всем показателям преимущество было на стороне, где проведены двухъярусные вспашки на 30 см (постоянно) и переменной пахоты по схеме 0 – 10, 10 – 20 см.

Вспашка на глубину 30 и 40 см двухъярусным плугом оказывает положительное влияние на развитие корневой системы. На фоне обычной вспашки на глубину 22 – 25 см корневая система в основном развита в верхнем горизонте почвы.

Положительное влияние глубокой обработки заключается в том, что воздух проникает в подпахотные горизонты и снимается биологический барьер, ограничивающий углубление корневой системы растений.

Динамика прохождения фаз кущения у озимой пшеницы является важным критерием в оценке изучаемых агротехнических приемов. Для условий северных районов Каракалпакстана, характеризующихся ранним наступлением осенних заморозков, этот вопрос приобретает особое значение, так как до перехода растений в зимний «покой» они должны завершить фазу кущения. Это предотвращает гибель растений зимой, особенно в бесснежные годы.

Двухъярусная вспашка на 30 – 40 см по сравнению с обычной вспашкой на 22 – 25 см уменьшает засоренность сорняками в 3 – 4 раза. Так, при вспашке на 30 см количество сорняков снизилось на 55,0 %, на 40 см – на 64,0 % по сравнению с пахотой на 22 – 25 см, и при этом нет необходимости применять гербициды, что дает экономию трудовых затрат, а также способствует повышению урожая.

Величина и качество урожая являются основной оценкой эффективности изучаемых агротехнических приемов. При проведении двухъярусной вспашки на 30 см урожай зерна был выше, чем при обычной вспашке на 22 – 25 см без внесения навоза на 4,5 ц/га, а с внесением навоза – на 5,2 ц/га.

Важнейшим фактором естественного плодородия почв является содержание гумуса и питательных элементов. Как видно из полученных данных, содержание гумуса при оптимальной агротехнике в конце вегетаций в год сева увеличилось на 0,142 % к массе сухой почвы, на второй год – на 0,295 %, в конце третьего года – на 0,345 %.

Приведенные результаты исследований показывают, что для рационального использования органических удобрений необходимо большое внимание уделять вопросам правильного выбора доз, форм и сроков их применения.

Таким образом, при длительном применении органических удобрений почва обогащается общим углеродом и азотом, а также увеличивается содержание подвижных органических веществ, находящихся на разных стадиях гумификации.

## Литература

1. Атаджанов Х., Ибрагимов О., Назаров М. О глубине обработки засоленных почв / Атаджанов Х., Ибрагимов О., Назаров М. // Хлопководство, 1963. – № 10.
2. Вильямс В. Р. О глубокой и мелкой вспашке / Вильямс В. Р. // «Агропропаганда». – М., 1933. – № 7, 8.
3. Кондратьюк В. П. Двухъярусная зяблевая вспашка под хлопчатник / Кондратьюк В. П. // Сельское хозяйство Узбекистана. – 1961. – № 11.
4. Белякова А. П., Асрарова А. А. Эффективность почв углубления орошаемых почв / Белякова А. П., Асрарова А. А. // Хлопководство. – 1959. – № 2.
5. Устинович А. П. Влияние уплотненного подпахотного горизонта почвы на развитие корневой системы / Устинович А. П. // Хлопководство. – 1957. – № 5.
6. Турсунходжаев З. С. О технологии пахоты на засоленных почвах Голодной степи / Турсунходжаев З. С. // Хлопководство. – 1964. – № 9.
7. Рабочев И. С. Элементы новой системы обработки под хлопчатник / Рабочев И. С. // Хлопководство. – 1955. – № 3.
8. Кашкаров А. К. Дифференцировать глубину и способы вспашки посевов хлопчатника / Кашкаров А. К. // Хлопководство. – 1965. – № 9.

УДК 631.153.7(571.5)

## ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТОВ ПРИ РАЗНЫХ СИСТЕМАХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ЛЕСОСТЕПИ ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

**В. И. Солодун, Т. В. Амакова, О. В. Рябинина**

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А. А. Ежевского

Российская Федерация, 664038, Иркутская область, муниципальный район  
Иркутский, сельское поселение Молодежное, поселок Молодежный, здание 1/1

E-mail: amakovatiana@mail.ru, olya.riabinina@yandex.ru

**Резюме.** В статье представлены данные пятилетних исследований по сравнительной продуктивности трёх полевых севооборотов при ежегодной отвальной, дисковой и комбинированной системах основной обработки тёмно-серой лесной почвы в типичном лесостепном агроландшафте Иркутской области.

**Abstract.** The article presents data from five years of research on the comparative productivity of three field crop rotations with annual dump, disk and combined systems of basic processing of dark gray forest soil in a typical forest-steppe agricultural landscape of the Irkutsk region.

В лесостепных агроландшафтах Предбайкалья наибольшее распространение получили полевые севообороты с короткой ротацией (3 – 5 полей) и, чаще всего, с ведущим предшественником – чистым паром. Доля чистых ранних паров в регионе достигает ежегодно 240 – 250 тыс. га, что составляет 21 – 24 % от всей площади пашни [1, 2]. Наибольшее распространение получил трёхпольный зернопаровой севооборот: пар – пшеница – пшеница или пар – пшеница – овёс (ячмень). Ещё в 70-е годы было доказано, что повторные посевы пшеницы снижают её урожайность на 30 – 40 %, поэтому эффективнее вместо повторной пшеницы размещать зернофуражные культуры: ячмень или овёс, которые дают урожайность на уровне первой пшеницы по пару или выше [3, 4].

Слишком высокий удельный вес чистых паров (33 %) приводит к неэффективному использованию пашни и в то же время при смешанной зерноживотноводческой специализации большинства хозяйств [5, 6], севообороты должны обеспечивать не только производство зерна, но и разные видов кормов.

С учётом этого в 2017 году нами были заложены 3 вида полевых севооборотов с введением в них донника, клевера и кукурузы для получения зелёной массы на серой лесной почве, и на протяжении полной ротации проводились сравнительные исследования с севооборотом: пар – пшеница – овёс по их влиянию на изменение показателей плодородия почвы и продуктивность культур.

Система отвальной обработки почвы в зернопаровом севообороте включала: в чистом пару вспашка в начале июня + три послонные культивации до глубины 14 – 16 см + глубокое рыхление во второй половине августа, вспашка на глубину 20 – 22 см под овёс – контроль. При дисковой обработке использовался дискатор БДМ-4. В пару – четыре дисковых обработки на глубину 4 – 6, 6 – 8, 8 – 10 и 12 – 14 см, дискование на 10 – 12 см под овёс. При комбинированной обработке под овёс применялся прямой посев сеялкой Обь-4.

В севообороте пар – пшеница + донник – донник – пшеница – овёс при ежегодной отвальной обработке пар обрабатывался как зернопаровом севообороте, из-под донника и пшеницы вспашка на глубину 20 – 22 см. При дисковой пар обрабатывался как в первом севообороте, под пшеницу и овёс – дискование на глубину 8 – 10 см. При комбинированной пар обрабатывался как по отвальной в первом севообороте, вспашка на глубину 20 – 22 см после донника под пшеницу, прямой посев овса.

В севообороте кукуруза – ячмень + клевер – клевер – пшеница при отвальной системе: под культуры вспашка на глубину 20 – 22 см, при дисковой: дискование на глубину 10 – 12 см под все культуры. При комбинированной: вспашка на глубину 20 – 22 см под кукурузу, вспашка из-под клевера под пшеницу на глубину 20 – 22 см.

Удобрения (аммиачная селитра) вносились из расчёта балансовым методом на планируемую урожайность зерновых 25 ц/га, кормовых – 200 ц/га зелёной массы.

Повторность опыта 3-кратная, размер делянок – 100 м<sup>2</sup>, учётная – 50 м<sup>2</sup>. Сорты и агротехника в опытах – общепринятая для лесостепной зоны. Исследования проводили в соответствии с общепринятыми методиками [7, 8].

В годы исследований не отмечалось засушливых и других экстремальных погодных условий.

В результате проведённых исследований установлено, что ежегодная отвальная и комбинированная системы основной обработки тяжелосуглинистой тёмно-серой лесной почвы оказались более эффективными по влиянию на урожайность как зерновых, так и кормовых культур (см. табл. 1).

В зернопаровом севообороте при отвальной обработке пара в вариантах с отвальной и комбинированной системами получена наиболее высокая урожайность зерновых культур. При этом овёс, размещаемый второй зерновой культурой после чистого пара, во всех вариантах превысил урожайность пшеницы по пару. При дисковой обработке пара и дисковании под овёс отмечена явная тенденция снижения урожайности до 3,5 ц/га у пшеницы и 3,9 ц/га у овса.

Характерно, что это снижение произошло даже на фоне внесённых азотных удобрений на планируемую урожайность, что свидетельствует о значимом влиянии приёмов основной обработки почвы в формировании урожайности полевых культур на тяжелосуглинистых почвах.

Под листовые культуры: донник, клевер и кукурузу на силос в зернопаротравяном и плодосменном севооборотах дискование также существенно снизило урожайность этих культур.

*Таблица 1. Урожайность сельскохозяйственных культур в севооборотах по разным системам основной обработки почвы (среднее за 2017 – 2021 гг.), ц/га*

| Севооборот                          | Система основной обработки почвы |          |                 |
|-------------------------------------|----------------------------------|----------|-----------------|
|                                     | отвальная                        | дисковая | комбинированная |
| <b>Зернопаровой севооборот</b>      |                                  |          |                 |
| Пар чистый                          | –                                | –        | –               |
| Пшеница                             | 25,4                             | 23,1     | 26,6            |
| Овёс – контроль                     | 27,5                             | 24,3     | 28,2            |
| <b>Зернопаротравяной севооборот</b> |                                  |          |                 |
| Пар чистый                          | –                                | –        | –               |
| Пшеница + донник                    | 23,1                             | 21,7     | 23,3            |
| Донник                              | 220                              | 186      | 219             |
| Пшеница                             | 25,1                             | 22,4     | 25,2            |
| Овёс                                | 26,4                             | 22,2     | 27,1            |
| <b>Плодосменный севооборот</b>      |                                  |          |                 |
| Кукуруза                            | 240                              | 194      | 242             |
| Ячмень + клевер                     | 25,2                             | 19,6     | 25,0            |
| Клевер                              | 210                              | 176      | 212             |
| Пшеница                             | 25,9                             | 19,8     | 25,7            |

С позиций современного земледелия, когда стоит задача необходимости ресурсосбережения [9], комбинированная система основной обработки почвы и, в частности, замена вспашки на прямой посев под овёс в контрольном зернопаровом севообороте и под овёс в зернопаротравянном, положительно отражается на урожайности и, следовательно, может быть рекомендована для производства.

Эффективность изучаемых севооборотов и систем обработки почвы оценивали по выходу зерна, кормовых единиц и переваримого протеина (см. табл. 2).

По выходу зерна с 1 га севооборотной площади явное преимущество было за традиционным зернопаровым севооборотом при отвальных технологиях обработки чистого раннего пара. Дискаторная обработка пара обеспечила более низкий выход зерна. В этом же севообороте был и наибольший выход переваримого протеина и также по этим системам обработки почвы, что связано с большим содержанием протеина в зерновых, чем в кормовых культурах.

Самый меньший выход зерна, но больший выход кормовых единиц получен в четырёхпольном плодосменном севообороте по отвальной и комбинированной системам обработки почвы.

## **Выводы**

На тёмно-серых лесных почвах лесостепи Предбайкалья разные виды полевых севооборотов имеют преимущества друг перед другом по выходу одних видов продукции, но уступают по другим, поэтому выбор севооборотов должен определяться специализацией хозяйства и необходимостью получения определённого вида сельскохозяйственной продукции.

Наиболее эффективной системой обработки почвы в полевых севооборотах является комбинированная, основанная на чередовании отвальной, дисковой обработки и прямого посева. Под зерновые целесообразно проводить дискование и прямой посев, под кукурузу, клевер донник – традиционную вспашку.

*Таблица 2. Продуктивность полевых севооборотов при разных системах основной обработки почвы (среднее за 2017 – 2021 гг.)*

| Севооборот                                                             | Система основной обработки почвы | Выход продукции с 1 га севооборотной площади |                       |                              |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------|------------------------------|
|                                                                        |                                  | зерна, ц/га                                  | кормовых единиц, ц/га | переваримого протеина, кг/га |
| Зернопаровой:<br>пар – пшеница – овёс                                  | отвальная                        | 17,6                                         | 19,0                  | 163                          |
|                                                                        | дисковая                         | 15,8                                         | 17,1                  | 145                          |
|                                                                        | комбинированная                  | 18,2                                         | 19,7                  | 168                          |
| Зернопаротравяной:<br>пар – пшеница + донник – донник – пшеница – овёс | отвальная                        | 14,9                                         | 24,5                  | 156                          |
|                                                                        | дисковая                         | 13,2                                         | 21,4                  | 138                          |
|                                                                        | комбинированная                  | 15,1                                         | 24,2                  | 158                          |
| Плодосменный:<br>кукуруза – ячмень + клевер – клевер – пшеница         | отвальная                        | 12,7                                         | 36,1                  | 138                          |
|                                                                        | дисковая                         | 9,8                                          | 27,8                  | 127                          |
|                                                                        | комбинированная                  | 12,7                                         | 35,2                  | 138                          |

*Примечание:* выход к. ед. у зерновых рассчитан без учёта побочной продукции.

## Литература

1. Солодун В. И., Зайцев А. М., Филиппов А. С., Такаландзе Г. О. Научные основы адаптивно-ландшафтных систем земледелия Предбайкалья. Учебное пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2012. – 448 с.
2. Система ведения сельского хозяйства Иркутской области. В 2 ч. Ч.1 / Отв. ред. Н. Н. Дмитриев, Я. М. Иваньо. – Иркутск: Мегапринт, 2019. – 318 с.
3. Инновационные технологии в земледелии и растениеводстве Иркутской области: науч.-практ. рек. / Иркут. научн.-исслед. ин-т сель. хоз-ва, Иркут. гос. аграр. ун-т им. А. А. Ежевского; сост.: Н. Н. Дмитриев [и др.]. – Иркутск: Изд-во ИрГАУ, 2021. – 215 с.
4. Растениеводство Предбайкалья: учебное пособие для вузов / Ш. К. Хуснидинов, А. А. Долгополов [и др.]. – Иркутск: ИрГСХА, 2000. – 462 с.
5. Технологии возделывания полевых культур в условиях Предбайкалья: науч.-практ. рек. – Иркутск: Мегапринт, 2020. – 222 с.
6. Белых А. Г. Культура земледелия. – Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1977. – 248 с.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 383 с.
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй: Зерновые, крупяные, кукуруза и кормовые культуры. – Москва, 1989. – С. 5 – 23.
9. Гольяпин В. Я. Инновационные технологии прямого посева зерновых культур: научн. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех, 2019. – 80 с.

## СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ГЕНОТИПОВ МИСКАНТУСА В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ ПОЛОСЫ РОССИИ

О. В. Тимофеев

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: o.timofeev@rgau-msha.ru

**Резюме.** Проведено сравнение различных представителей рода *Miscanthus* в условиях средней полосы России. В результате сравнительной оценки 15 генотипов выделены наиболее перспективные.

**Abstract.** A comparison of various representatives of the genus *Miscanthus* was carried out in the conditions of the central zone of Russia. As a result of a comparative assessment of 15 genotypes, the most promising ones were identified.

В современных условиях поиск альтернативных возобновляемых и экологичных источников сырья является одной из важнейших задач агропромышленного комплекса [1]. Одним из таких перспективных источников сырья для получения целлюлозы являются мискантус.

Мискантус способен произрастать на одном месте свыше 20 лет, не требователен к уходу, слабо поражается вредителями и болезнями, достаточно морозостоек и может расти даже на обедненных почвах [2]. Кроме того, растения, обладающие хорошо развитой корневой системой, являются значимым противоэрозионным фактором [3]. Мискантус успешно выполняет экологические и средоулучшающие функции: защищает ландшафты от эрозии, способствует накоплению органического вещества в почве, значительно уменьшает эмиссию CO<sub>2</sub> [4].

Вместе с тем вопросы формирования элементов продуктивности различными генотипами мискантуса в регионах, отличающихся друг от друга по климатическими условиям, остаются недостаточно изученными. В этой связи изучение и накопление данных об особенностях роста и развития растений разных генотипов рода *Miscanthus* представляется крайне актуальным.

Исследования проводились в рамках многолетнего полевого опыта, заложенного в 2012 году на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. Почва участка дерново-подзолистая легкосуглинистая на моренном суглинке. Полевой опыт был заложен по методу организованных повторений с рендомизированным размещением вариантов. Растения высаживали по схеме 70 × 70 см. На одной делянке площадью 25 м<sup>2</sup> (5 × 5 м) размещалось по 49 растений. Повторность опыта – трёхкратная.

В рамках исследования изучаются 15 генотипов мискантуса, относящихся к 4 видам:

- ОРМ-1, ОРМ-2, ОРМ-3 и ОРМ-4 – 4 генотипа мискантуса сахароцветкового *M. Sacchariflorus*, отобранных на территории Китая и размноженных микроклонально сотрудниками университета Абериствита (Великобритания);
- ОРМ-5, ОРМ-6, ОРМ-7 и ОРМ-8 – 4 гибрида между мискантусом китайским и мискантусом сахароцветковым *M. x hybrid*, размноженных микроклонально сотрудниками университета Абериствита;
- ОРМ-9 – мискантус гигантский *M. x giganteus*, природный гибрид между *M. sinensis* и *M. Sacchariflorus*, наиболее распространённый в Европе генотип мискантуса, используемый в производстве, размноженный микроклонально частной компанией Kai-Uwe Shwarz (Германия);



• ОРМ-10 – генотип мискантуса китайского *M. Sinensis*, ОРМ-11 – мискантус китайский *M. Sinensis* сорт Голиаф, размноженные микроклонально, и ОРМ-12, ОРМ-13, ОРМ-14 и ОРМ-15 – генотипы мискантуса китайского *M. Sinensis*, размноженные для получения посадочного материала семенами, были собраны из природного ареала и размножены сотрудниками университета Вагенинген (Нидерланды)

Отбор образцов с изучаемых участков проводился после перезимовки.

Проведенный анализ структуры урожая показал, что растения видов *M. x hybrid* и *M. Sinensis* существенно уступали растениям видов *M. x giganteus*, *M. Sacchariflorus* по таким показателям, как толщина междоузлий и масса растения. Наибольшими среди всех изучаемых генотипов длиной растений, толщиной междоузлий и массой – 48,33 г обладают растения вида *M. x giganteus*, генотип ОРМ-9. Среди генотипов *M. Sacchariflorus* наиболее перспективными показали себя ОРМ-1, растения которого обладают наибольшей массой и толщиной междоузлий, и ОРМ-3 с наибольшей длиной растений (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика надземной биомассы различных генотипов мискантуса, 2024 г.

| Условное обозначение генотипа | Средний диаметр междоузлия, см | Средний диаметр узла, мм | Средняя длина междоузлия, см | Масса листьев, г | Масса стебля, г | Масса растения, г | Длина растения, см |
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| ОРМ-1                         | 4,53                           | 5,14                     | 17,41                        | 0,02             | 21,66           | 21,68             | 208,92             |
| ОРМ-2                         | 3,01                           | 3,99                     | 10,95                        | 2,52             | 21,15           | 23,67             | 120,44             |
| ОРМ-3                         | 5,13                           | 5,40                     | 16,75                        | 1,58             | 33,33           | 34,91             | 184,26             |
| ОРМ-4                         | 1,84                           | 1,83                     | 11,98                        | 0,92             | 14,77           | 15,69             | 119,84             |
| ОРМ-5                         | 3,58                           | 4,03                     | 14,45                        | 3,04             | 9,32            | 12,36             | 173,45             |
| ОРМ-6                         | 21,21                          | 2,73                     | 9,00                         | 2,34             | 4,35            | 6,69              | 117,00             |
| ОРМ-7                         | 3,85                           | 4,32                     | 11,49                        | 1,99             | 6,36            | 8,35              | 149,42             |
| ОРМ-8                         | 4,71                           | 5,04                     | 15,41                        | 2,54             | 13,71           | 16,25             | 184,91             |
| ОРМ-9                         | 6,91                           | 7,49                     | 19,02                        | 7,78             | 40,45           | 48,23             | 228,25             |
| ОРМ-10                        | 2,31                           | 2,55                     | 11,76                        | 1,92             | 5,51            | 7,43              | 164,73             |
| ОРМ-11                        | 4,08                           | 4,63                     | 11,93                        | 4,65             | 7,61            | 12,26             | 155,05             |
| ОРМ-12                        | 4,56                           | 5,11                     | 14,41                        | 5,04             | 12,12           | 17,16             | 187,35             |
| ОРМ-13                        | 2,73                           | 3,44                     | 12,93                        | 2,85             | 7,07            | 9,93              | 168,09             |
| ОРМ-14                        | 2,80                           | 3,30                     | 14,96                        | 3,93             | 9,28            | 13,21             | 144,65             |
| ОРМ-15                        | 3,41                           | 3,77                     | 12,44                        | 3,51             | 7,52            | 11,03             | 161,71             |

В биомассе мискантуса наибольшую ценность представляют стебли, так как именно они служат основным сырьём для дальнейшей переработки. В соответствии с европейской технологией возделывания уборка перезимовавшей в поле надземной биомассы мискантуса проводится весной, поэтому устойчивость к полеганию является одним из наиважнейших требований, предъявляемых к этой культуре.

В наших исследованиях наибольшее полегание растений отмечено у генотипов мискантуса ОРМ-5, ОРМ-6, ОРМ-7, ОРМ-8 вида *M. x hybrid* – 77 – 93 % и ОРМ-10 ОРМ-11, ОРМ-12, ОРМ-13, ОРМ-14, ОРМ-15 вида *M. Sinensis* – 40 – 92 %, что обусловлено небольшой толщиной стебля. У мискантуса *M. Sacchariflorus* генотип ОРМ-1 полегание растений не отмечено. Небольшое полегание на уровне 5 % было у генотипов ОРМ-3 *M. Sacchariflorus* и ОРМ-9 *M. x giganteus* (табл. 2).

Таблица 2. Степень полегания различных генотипов мискантуса после перезимовки, %

|        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ОРМ-1  | ОРМ-2  | ОРМ-3  | ОРМ-4  | ОРМ-5  |
| 0      | 18     | 5      | 75     | 88     |
| ОРМ-6  | ОРМ-7  | ОРМ-8  | ОРМ-9  | ОРМ-10 |
| 93     | 82     | 77     | 5      | 92     |
| ОРМ-11 | ОРМ-12 | ОРМ-13 | ОРМ-14 | ОРМ-15 |
| 73     | 40     | 70     | 80     | 78     |

## Выводы

Таким образом, в условиях Нечерноземной зоны России на дерново-подзолистых легко-суглинистых почвах наиболее перспективным показал себя генотип мискантуса ОРМ-9 вида *M. x giganteus*, выращивание которого позволит получить наибольшее количество биомассы с высокой долей хозяйственно-ценных стеблей и проявивший хорошую устойчивость к полеганию. Стоит также отметить, что неплохо проявили себя и генотипы ОРМ-1 и ОРМ-3 мискантуса *M. Sacchariflorus*.

## Литература

1. Агробиотехнологии XXI века / И. И. Серегина, С. П. Торшин, Н. Н. Новиков [и др.]. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2022. – 516 с.
2. Lobell D. B., Burke M. B., Tebaldi C., Mastrandrea M. D., Falcon W. P., Naylor R. L. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030 // Science. 2008. Vol. 319, no. 5863. P. 607 – 610.
3. Научные основы защиты почв от деградации / С. И. Зинченко, Н. С. Матюк, М. А. Мазиров [и др.]. – Суздаль-Иваново : ПресСто; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», 2022. – 316 с.
4. Анисимов А. А. Мискантус (*Miscanthus* spp.) в России: возможности и перспективы / А. А. Анисимов, Н. Ф. Хохлов, И. Г. Тараканов // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. – 2016. – № 12. – С. 3 – 5.

УДК 631.582:631.8

## ОЦЕНКА БАЛАНСА ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ЗЕРНО-ПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ ПРИ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ УДОБРЕНИЙ

**М. В. Царева**

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» Республика  
Беларусь, 213407, Могилевская обл., г. Горки, ул. Мичурина, д. 5  
E-mail: tsarevamariya@mail.ru

**Резюме.** При органоминеральной системе удобрения в звене зернопропашного севооборота, где доза куриного помета составляет 25 т/га в год, минеральных удобрений (азот в подкормку 90 кг/га, калий в основное внесение 120 кг/га), баланс элементов питания положительный, прогнозируемое содержание подвижного фосфора повысится на 12 мг/кг и составит 269 мг/кг, подвижного калия – на 2,8 мг/кг и составит 345,3 мг/кг.

**Abstract.** *With an organomineral fertilizer system in the grain-tillage crop rotation, where the dose of chicken manure is 25 t/ha per year; mineral fertilizers (nitrogen in the top dressing is 90 kg/ha, potassium in the main application is 120 kg/ha), the balance of nutrients is positive, the predicted content of mobile phosphorus will increase by 12 mg/kg and amount to 269 mg/kg, mobile potassium – by 2.8mg/kg and will amount to 345.3mg/kg.*

**Введение.** Современное высокоэффективное товарное сельскохозяйственное производство входит в число наиболее наукоемких отраслей экономики. В условиях Беларуси, когда не менее половины прибавки урожая сельскохозяйственных культур формируется за счет систем удобрения, степень научной обоснованности их применения во многом определяет экономический и социальный успех всей отрасли и ее экологическую безопасность [1].

Органические удобрения служат основой плодородия почв. Систематическое применение органических удобрений способствует накоплению гумуса, увеличивает запас питательных веществ, создает оптимальные условия для минерального питания растений [2]. За счет органических удобрений в Беларуси компенсируется около 30 – 40 % выноса питательных элементов с урожаем сельскохозяйственных культур [3].

**Актуальность решаемой проблемы.** Птицеводческая отрасль – одна из важнейших в сельскохозяйственном производстве Беларуси [1]. Наращивание мощностей в птицеводстве и увеличение объемов производства неизбежно влекут за собой и увеличение объемов образования многотоннажных побочных продуктов, в частности, птичьего помета. Куриный помет – ценное органическое удобрение с высоким содержанием основных элементов питания (азота, фосфора и калия) и микроэлементов (меди, цинка, марганца), причем питательные вещества находятся в легкодоступных для питания растений соединениях. По содержанию питательных веществ он превосходит любое органическое удобрение, а по доступности – не уступает минеральным удобрениям. Ценность 1 т бройлерного помета приравнивается к 180 кг полного минерального удобрения [4]. В условиях постоянного удорожания энергоресурсов, сырья для производства минеральных удобрений применение птичьего помета служит одним из эффективных путей его утилизации. Птицефабрики за счет эффективного использования ценного органического удобрения повышают плодородие своих земель [5].

**Научная новизна исследований** состоит в том, что впервые в ЗАО «СерволуксАгро» при органоминеральной системе удобрения сельскохозяйственных культур (органическое удобрение – куриный помет) будет дано научное обоснование оптимального баланса элементов питания с целью повышения плодородия почвы и охраны окружающей среды.

По состоянию на 01.01.2024 в хозяйстве имелось 10 109,3 га сельхозугодий, в т. ч. пашни 9 140,7 га. Принята безотвальная обработка почвы. Поголовье птицы на 01.12.2024 – 4 152 тыс., клеточное и напольное содержание. Выход органики ежегодно составляет 140 тыс. т, на 1 га пашни ежегодно вносится в среднем 14 т/га куриного помета.

**Условия и методика исследований.** Способ применения органического удобрения (куриный помет) – основное внесение, взброс.

Система удобрений – органоминеральная, дозы и сроки внесения, принятые в хозяйстве.

Для определения агрохимических показателей почвы и химического состава куриного помета, зерна и соломы продукции применяли общепринятые методики.

Расчеты проведены для звена зернопропашного севооборота: озимая пшеница – кукуруза. Площадь поля 40 га.

Почва дерново-подзолистая среднеокультуренная оглеенная, внизу связно-супесчаная, развивающаяся на водно-ледниковой супеси, подстилаемой моренной супесью с глубины 35 см, с прослойкой песка на контакте.

### **Озимая пшеница (2023 г.)**

Предшественник – озимый рапс. После уборки предшественника проведено внесение куриного помета (25 т/га). Заделку растительных остатков и органики проводили дискатором на глубину 8 – 10 см, предпосевную обработку почвы – лаповым культиватором на глубину 5 – 6 см. Посев озимой пшеницы проведен 5 сентября 2022 г. зерновой узкорядной сеялкой. Уход за посевом предусматривал три подкормки по фазам развития озимой пшеницы (карбамид, 203 кг/га ф. м.).

Полученная урожайность озимой пшеницы составила 56 ц/га.

### **Кукуруза на зерно (2024 г.)**

Предшественник – озимая пшеница. Под кукурузу внесена органика (куриный помет) в дозе 25 т/га. Заделку растительных остатков и органики проводили дискатором на глубину 10 – 12 см.

В предпосевную культивацию внесено 120 кг/га д. в. калия, предпосевную обработку почвы проводили лаповым культиватором на глубину 5 – 6 см.

Посев кукурузы проведен 27 – 29 апреля 2024 г. сеялкой точного высева.

Полученная урожайность кукурузы на зерно составила 103,54 ц/га.

### **Результаты исследований.**

Пахотный горизонт дерново-подзолистой среднеокультуренной связно-супесчаной почвы характеризовался близкой к нейтральной кислотностью, средним содержанием гумуса, высоким – подвижного фосфора и калия, средним – кальция, повышенным – магния, высоким – меди и цинка, избыточным – марганца, кларк свинца (табл. 1).

*Таблица 1. Агрохимические показатели почвы участка*

| Гумус, % | pH  | N, % | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг | K <sub>2</sub> O, мг/кг | Ca, мг/кг | Mg, мг/кг | Cu, мг/кг | Zn, мг/кг | Mn, мг/кг | Cd, мг/кг | Pb, мг/кг |
|----------|-----|------|---------------------------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1,61     | 6,2 | 0,13 | 257,1                                 | 342,5                   | 1040      | 194       | 5,28      | 8,30      | 16,0      | 0,00      | 2,54      |

**Химический состав куриного помета:** рН<sub>KCl</sub> – 5,84, влажность – 49,2 %, зольность – 14,6 %, содержание органического вещества – 85,4 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,92 %, K<sub>2</sub>O – 0,71 %, азота общего – 3,12 %, меди – 336,1 мг/кг, цинка – 882,6 мг/кг, марганца – 126 мг/кг, железа – 171 мг/кг.

Большой интерес представляет изучение содержания элементов питания в зерне и соломе культур с целью расчета влияния на общий и удельный их вынос 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции при органоминеральной системе удобрения культур. С целью оценки баланса элементов питания в звене зернопропашного севооборота при органоминеральной системе удобрения проведен анализ химического состава основной и побочной продукции кукурузы. Установлено, что содержание азота, фосфора, магния цинка в зерне кукурузы больше, чем в соломе; калия, кальция, меди, марганца больше в соломе, чем в зерне. Содержание свинца отсутствует в зерне и соломе, кадмий равнозначен (табл. 2).

Расчеты показали, что с 1 т зерна и соответствующим количеством побочной продукции при органоминеральной системе удобрения вынос элементов питания кукурузой при выращивании на зерно составил: азота – 21,5 кг, фосфора – 7,4, калия – 27,9, кальция – 5,1 и магния – 13,4 кг. Вынос меди составил 82,5 мг, цинка – 405,6, марганца – 385,1 мг.

Баланс основных элементов питания служит научной основой планирования применения удобрений и позволяет регулировать плодородие почвы, защиту ее и окружающей среды от загрязнения. В системе «удобрение – почва – растение» баланс – это математическое выражение круговорота питательных элементов в земледелии и оценивается по разности между их приходом и расходом.

Таблица 2. Химический состав зерна и пожнивных остатков кукурузы (2024 г.)

| Повторность | Продукция | N, % | P, % | K, % | Ca, % | Mg, % | Cu, мг/кг | Zn, мг/кг | Mn, мг/кг | Pb, мг/кг | Cd, мг/кг |
|-------------|-----------|------|------|------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1           | Зерно     | 1,32 | 0,37 | 0,44 | 0,005 | 1,11  | 2,0       | 18,9      | 5         | 0         | 0,10      |
| 2           |           | 1,11 | 0,38 | 0,51 | 0,004 | 1,23  | 2,1       | 16,8      | 3         | 0         | 0,05      |
| 1           | Солома    | 0,71 | 0,25 | 1,64 | 0,29  | 0,13  | 5,5       | 19,6      | 13        | 0         | 0,08      |
| 2           |           | 0,54 | 0,25 | 1,43 | 0,33  | 0,09  | 2,7       | 10,5      | 33        | 0         | 0,07      |

Основные статьи прихода – это поступление элементов питания с органическими и минеральными удобрениями, с семенами, с атмосферными осадками, несимбиотический азот (для дерново-подзолистых почв республики 10 кг/га в год).

Расходные статьи баланса – это вынос элементов питания урожаем, потери от эрозии, газообразные потери азота, которые в среднем составляют 25 % от общего количества, внесенного с минеральными и органическими удобрениями [3].

Общий баланс элементов питания на данном участке составляет: азота – 146, фосфора – 51, калия – 20 кг/га и интенсивность его 140; 166 и 107 % соответственно (табл. 3).

Наряду с общим рассчитывают и эффективный баланс, который характеризует отношение между выносом растениями элементов питания с возможным их усвоением из поступающих в почву удобрений. Эффективный баланс отрицательный: по азоту – 25, фосфору – 40, калию – 11 кг/га. Но дефицит элементов питания по эффективному балансу будет компенсирован за счет возможного усвоения из почвы: азота – 38,5, фосфора – 56,7, калия – 12,6 кг/га.

Таблица 3. Баланс основных элементов питания в дерново-подзолистой, среднекультуренной, связно-супесчаной почве

| Приход, кг/га                                                | N     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|--------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------|------------------|
| Всего                                                        | 510   | 128                           | 311              |
| Расход, кг/га                                                |       |                               |                  |
| Всего                                                        | 364,5 | 76,6                          | 291              |
| Баланс общий, кг/га                                          | 146   | 51                            | 20               |
| Интенсивность баланса, %                                     | 140   | 166                           | 107              |
| Будет усвоено из органических и минеральных удобрений, кг/га | 198   | 37                            | 300              |
| Эффективный баланс, кг/га                                    | –25   | –40                           | –11              |
| Интенсивность эффективного баланса                           | 88    | 48                            | 103              |
| Будет усвоено из почвы, кг/га                                | 38,5  | 56,7                          | 12,6             |
| Прогнозируемое содержание, мг/кг                             |       | 269 (+12)                     | 345,3 (+2,8)     |

При оценке системы применения удобрений по балансу питательных элементов прогнозируется изменение содержания в почве за ротацию севооборота подвижных форм фосфора и калия. Прогнозируемое содержание подвижного фосфора составит 269 (+12) и калия 345,3 (+2,8) мг/кг почвы. Это высокое содержание подвижного фосфора и калия. При планировании доз фосфорных и калийных удобрений на этом участке для следующих культур севооборота следует учитывать обеспеченность почвы подвижным фосфором и калием.

Следовательно, при органоминеральной системе удобрения в звене зернопропашного севооборота, где доза куриного помета составляет 25 т/га в год, минеральных удобрений (азот в подкормку 90 кг/га, калий в основное внесение 120 кг/га д. в.), баланс элементов питания положительный, прогнозируемое содержание подвижного фосфора повысится на 12 мг/кг и составит 269 мг/кг, подвижного калия – на 2,8 мг/кг и составит 345,3 мг/кг.

## Литература

1. Крапивина Л. Белорусское птицеводство: объемы, структура и проблемы / Л. Крапивина // Белорусское сельское хозяйство. – Режим доступа: <http://agriculture.by/news/apk-belarusi-belorusskoe-pticevodstvo-obemy-struktura-i-problemy> – Дата доступа: 20.03.2018 г.
2. Агрохимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш, Т. Ф. Персикова [и др.] / под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2023. – 600 с.
3. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.] / Ин-т почвоведения и агрохимии; под ред. акад. В. В. Лапа. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 260 с.
4. Использование птичьего помета в земледелии (научно-методическое руководство) / под общей редакцией академиков РАСХН В. И. Фисинина и В. Г. Сычева. – М.: ООО «НИПКЦ Восход-А», 2013. – 272 с.
5. Лысенко В. П. Птичий помет – отход или побочная продукция / В. П. Лысенко // Птицеводство. – 2015. – № 6. – С. 55.

# РЕГУЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ В СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

УДК: 631.51:631.412:631.452

## ВЛИЯНИЕ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И АГРОМЕЛИОРАНТА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

**В. М. Кильдюшкин, С. Г. Моргачева, Е. Г. Животовская, Е. Н. Лукьянова**  
ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко»

Российская Федерация, 350012, г. Краснодар, Центральная усадьба КНИСХ  
E-mail: kniish@kniish.ru

***Резюме.** Представлены результаты влияния различных систем основной обработки почвы и агромелиоранта на физико-химические свойства чернозема выщелоченного в условиях подкисления и эффективность традиционной и чизельной обработок по сохранению плодородия и получению высокой урожайности озимой пшеницы*

***Abstract. Resume.** The results of the influence of various systems of basic tillage and agromeliorant on the physico-chemical properties of leached chernozem under acidification conditions and the effectiveness of traditional and chisel treatments to preserve fertility and obtain high yields of winter wheat are presented.*

На черноземе выщелоченном деградированном с неудовлетворительными агрофизическими свойствами в виде переуплотнения и низкой водопроницаемости часто отмечается высокая гидролитическая кислотность (Нг), что требует особых подходов к обработке почвы, применению агромелиорантов и минеральных удобрений. Поэтому целью наших исследований являлась разработка эффективных приемов основной обработки почвы, применение агромелиорантов, способствующих созданию более оптимальных агрофизических свойств почвы, снижению гидролитической кислотности и получению стабильно высокой урожайности полевых культур в севооборотах.

Исследования проводились в стационарном опыте (2018 – 2023 гг.) в ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко» в короткоротационном узкоспециализированном севообороте с малым набором полевых культур на черноземе выщелоченном деградированном с исходным содержанием органического вещества (гумуса) 3,24 % (по Тюрину) и гидролитической кислотностью Нг 6,0 мг.-экв./100 г почвы (по Каппену-Гилькевичу).

Исследования проводились по следующим общепринятым методикам: плотность сложения буром 500 см<sup>3</sup>, агрегатный состав по методу Саввинова, органическое вещество (гумус) по Тюрину, нитратный азот методом Грандваль-Ляжу, гидролитическая кислотность по Г. Каппену. Чередование культур в севообороте: кукуруза на зерно – озимая пшеница – соя.

1. Вспашка на глубину 20 – 22 см под пропашные культуры и поверхностная под озимую пшеницу на глубину 6 – 8 см;
2. Чизельная обработка на глубину 35 – 38 см под пропашные культуры и поверхностная под озимую пшеницу на глубину 6 – 8 см;
3. Поверхностная обработка на глубину 6 – 8 см под все культуры севооборота.

Основная обработка проводилась на фоне внесенного агроメリоранта (дефекат) из расчета нейтрализации 0,75 гидролитической кислотности в пересчете на известь. Контролем служил вариант без внесения агроメリоранта.

Основное внесение удобрений диаммофоска ( $N_{10}P_{26}K_{26}$ ) 1,5 ц/га. Весной при возобновлении ранневесенней вегетации озимой пшеницы проведена подкормка аммиачной селитрой с нормой N 70.

Рядом российских ученых установлено ухудшение физико-химических свойств почвы при интенсификации сельскохозяйственного производства [1, 2]. Это связано с необоснованным внесением высоких доз минеральных удобрений, а также применением поверхностных и минимальных безотвальных обработок почвы в различных агроландшафтах без учета почвенных разностей, которые разрыхляют верхний слой с одновременным уплотнением нижележащего. Более рациональному использованию минеральных удобрений способствуют мероприятия по снижению гидролитической кислотности почвы. На это указывают и наши исследования, проведенные на черноземе выщелоченном в условиях подкисления. Внесение дефеката ( $CaCO_3$ ) под основную обработку снижало гидролитическую кислотность с 6,0 до 3,5 мг.-экв. /100 г почвы, или на 58 %. Одним из важных показателей, характеризующих агрофизические свойства почвы, является плотность сложения и общая порозность. Без применения агроメリоранта оптимальная плотность сложения в слое 0 – 20 см была на вспашке и чизельной обработках – 1,23, 1,22 г/см<sup>3</sup> соответственно. Максимальное значение плотности сложения отмечены на поверхностной обработке – 1,35 г/см<sup>3</sup>. Известно, что кальций как структурообразователь способствует увеличению доли агрономически ценных агрегатов (0,25 – 10 мм). Данный агроメリорант (дефекат) совместно с применяемыми способами обработки почвы способствовал снижению плотности сложения на 0,02 – 0,03 г/см<sup>3</sup> и росту общей порозности на 2,1 – 2,6 % (табл. 1).

*Таблица 1. Плотность сложения (г/см<sup>3</sup>) и общая порозность (%) в зависимости от способов обработки почвы и агроメリоранта на подкисляемых черноземах (слой 0 – 20 см, 2018 – 2023 гг.)*

| Обработки почвы         | Внесение $CaCO_3$ | Плотность сложения, г/см <sup>3</sup> | Коэффициент структурности | Общая порозность, % | Водопрочность, % |
|-------------------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------|------------------|
| Традиционная (контроль) | –                 | 1,23                                  | 2,7                       | 57,0                | 60,0             |
|                         | Ca                | 1,20                                  | 3,1                       | 59,6                | 67,5             |
| Чизельная               | –                 | 1,22                                  | 2,8                       | 53,0                | 74,0             |
|                         | Ca                | 1,19                                  | 3,4                       | 55,6                | 76,7             |
| Поверхностная           | –                 | 1,35                                  | 1,5                       | 50,1                | 71,0             |
|                         | Ca                | 1,33                                  | 1,8                       | 52,0                | 73,4             |

Наряду с ликвидацией избыточной кислотности при внесении агроメリоранта отмечалась тенденция увеличения в почве азота и органического вещества, так как процессы гумификации более благоприятно протекают в менее кислой и богатой кальцием почвенной среде. Кроме того, с увеличением количества органического вещества улучшаются и агротехнологические свойства почвы.



Установлено, что наибольшее содержание органического вещества на вариантах без внесения агроmeliоранта по сравнению со вспашкой отмечалось на чизельной и поверхностной обработках – 3,26, 3,29 и 3,27 % соответственно. Однако на фоне агроmeliоранта по всем способам основной обработки почвы прибавка составляла 0,05; 0,03 и 0,02 %.

В опыте наиболее высокая урожайность озимой пшеницы (сорт Стиль 18) была на вспашке и чизельной обработках – 6,9 – 7,0 т/га. На фоне агроmeliоранта прибавка от последствия мелиоранта составила 0,4 – 0,5 т/га.

*Таблица 2. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от способов основной обработки почвы и агроmeliоранта (т/га)*

| Обработки почвы           | Урожайность, т/га |     | Прибавка, т/га |       |
|---------------------------|-------------------|-----|----------------|-------|
|                           | контроль          | Са  | от обработки   | от Са |
| Вспашка (контроль)        | 6,9               | 7,3 | –              | 0,4   |
| Чизельная                 | 7,0               | 7,5 | 0,1            | 0,5   |
| Поверхностная             | 5,7               | 5,9 | -1,2           | 0,2   |
| НСР <sub>0,5</sub> , т/га | 0,19              |     |                |       |

Таким образом, внесение агроmeliоранта (дефеката) способствовало стабилизации плодородия и улучшению физико-химических свойств почвы. Наибольшая урожайность озимой пшеницы на черноземе выщелоченном в условиях подкисления отмечалась при вспашке и чизельной обработке почвы на фоне внесения агроmeliоранта.

## Литература

1. Бондарев А. Г. Проблемы деградации физических свойств России и пути решения / А. Г. Бондарев, И. В. Кузнецова // Почвоведение. – 1999. – № 9. – с. 1126 – 1131.
2. Коржов С. И. Оценка различных способов использования черноземов / С. И. Коржов, Т. А. Трофимова, В. А. Маслов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2011. – № 3. – С. 27 – 29.

УДК 631.95

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ УЧЁТА РИСКОВ ДЛЯ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД КАК ПОДСИСТЕМЫ ПРОЕКТА «ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ПОЧВЫ»

**К. А. Перевертин<sup>1</sup>, Т. А. Васильев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБУН ИПЭЭ РАН им. А. Н. Северцева

Российская Федерация, 119071, Москва, Ленинский проспект, 33

E-mail: perevertink@mail.ru

<sup>2</sup>ФГБНУ ФИЦ Почвенный институт им. В. В. Докучаева

Российская Федерация, 119017, Москва, Пыжёвский пер., 7, с. 2

**Резюме.** В рамках проекта «Цифровой двойник почвы» разработан комплекс моделей, связывающих режим снежного покрова и динамику почвенной температуры на глубине узла кущения, определяющих агрономические риски для озимых зерновых (вымерзание, выпревание).

***Summary.** Within the framework of the «Digital Twin of Soil» project, a set of models was developed that link the snow cover regime and the dynamics of soil temperature at the depth of the tillering node, determining agronomic risks for winter grains (freezing, damping off).*

**Постановка задачи (проблемы).** Экспоненциальный рост мощности (объёма памяти и быстродействия) компьютеров в последние десятилетия позволяет ставить и решать ранее непредставимые задачи во всех сферах человеческой деятельности, включая сельское хозяйство. Это внедрение элементов искусственного интеллекта (ИИ), обучение нейросетей, разработка цифровых двойников (ЦД). С 2024 г. в Почвенном институте им. В. В. Докучаева реализуется проект «Цифровой двойник почвы». Одной из многочисленных подсистем ЦД, необходимых для разработки, является комплекс моделей, определяющих пространство состояний ЦД в зимний период, что позволяет, в частности, учитывать риски, угрожающие перезимовке и влияющие на развитие озимых зерновых культур. Программный модуль может функционировать как подсистема, повышающая адекватность ЦД с открывающимися новыми возможностями фундаментальных исследований динамики почвенных процессов, так и автономно для решения прикладной задачи оценки и возможной компенсации рисков для озимых. В последнем случае возможна параметризация моделей для уровня «подурочищ» по ландшафтной классификации В. И. Кирюшина либо для экономического уровня отдельных хозяйств, являющихся субъектами рынка, для оптимизации агрономического решения в функционирующей системе земледелия.

Главным образом, основные риски (вымерзание, выпревание озимых) безусловно связаны с погодными условиями, от которых сельское хозяйство зависит как никакая другая отрасль, причём на фоне стремительных процессов глобальных климатических изменений значимость таких рисков возрастает.

**Основные результаты.** По упомянутым видам рисков определены следующие результаты построения цифровых моделей:

Становление устойчивого снежного покрова.

За последние 30 лет, по данным Метеорологической обсерватории им. В. А. Михельсона (при РГАУ (МСХА) им. К. А. Тимирязева), аномально позднее становление снежного покрова было отмечено: в 2006 г. (20 января); 2013 г. (12 января); 2019 г. (23 января). Однако минувшую зиму 2024/2025 г. можно считать рекордной. Приходится констатировать, что даже в конце января устойчивый снежный покров отсутствовал. Такие погодные аномалии ставят под сомнение адекватность ранее разработанных моделей (рис. 1).

Вегетация озимых при этом происходит нормально, но существует риск **вымерзания** посевов (табл. 1).

Явление вымерзания озимых для Нечерноземья (в отличие от более южных регионов Черноземья) практически не представляло проблемы за рассматриваемый период (последние 20 – 30 лет). Однако процессы смещения сроков становления устойчивого снежного покрова на более поздний период (малоснежные и даже бесснежные зимы) при возможных «прорывах» арктических атмосферных «волн холода» на юг предполагают необходимость учёта этих рисков.

Условием риска вымерзания является понижение температуры почвы на глубине улаживания до критической температуры и ниже [2]  $T_{\text{кущ}} < T_{\text{крит}}$ .

В модели учитывается, что значение  $T_{\text{крит}}$  меняется в течение вегетации по фенофазам (F) и зависит от степени закалки растений (Z).

Функция  $T_{\text{крит}} = f(F, Z)$  представляет эмпирическую поверхность с дискретными независимыми переменными.

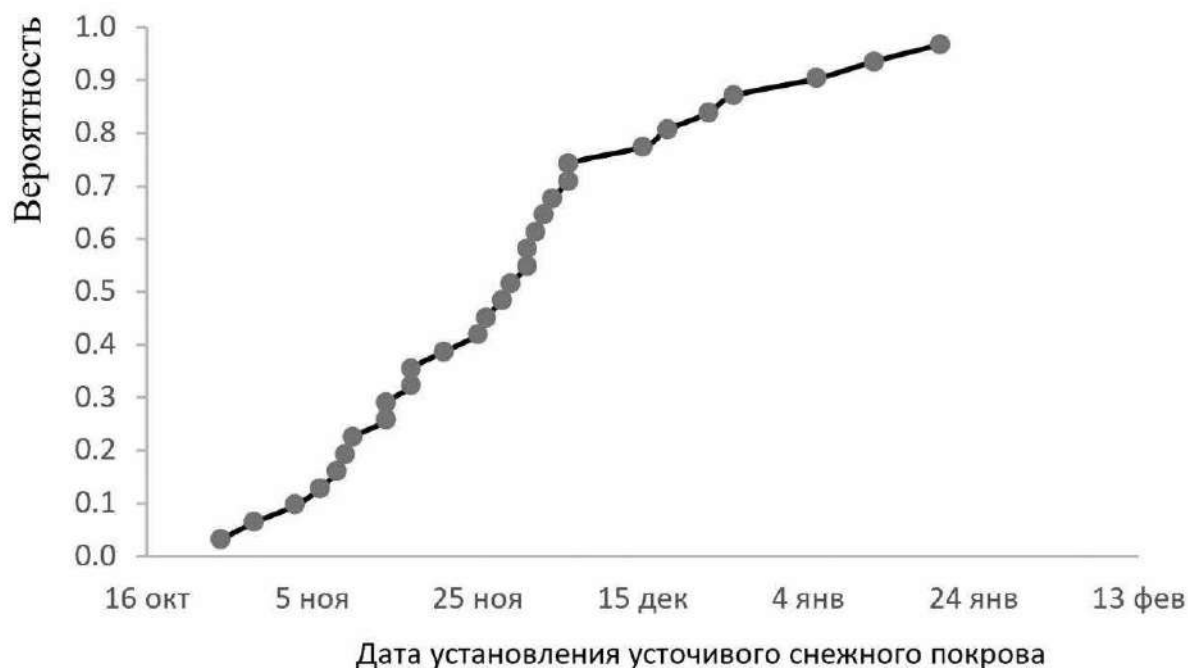


Рисунок 1. Теряющая актуальность прогностическая модель вероятности становления устойчивого снежного покрова в зависимости от календарной даты, рассчитанная нами по 30-летним метеоданным Обсерватории им. В. А. Михельсона. Несмотря на прогнозируемую 100%-ю вероятность, в январе 2025 года устойчивый снежный покров в Москве не состоялся

Таблица 1. Агрометеорологические опасные явления, связанные с режимом снежного покрова, согласно действующему на территории РФ «РУКОВОДЯЩЕМУ ДОКУМЕНТУ – РД 52.04.563 – 2013» [1].

| Название опасного явления                                                                                     | Характеристика (определение) опасного явления                                                                                                                                                                         | Критерии опасного явления                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Вымерзание</b><br>Низкие температуры воздуха при отсутствии снежного покрова или при его высоте менее 5 см | Низкая температура воздуха при отсутствии снежного покрова или при высоте снежного покрова менее 5 см, обуславливающая понижение температуры на глубине узла кушения растений ниже критической температуры вымерзания | Минимальная температура воздуха ниже минус 25,0 °С при отсутствии снежного покрова или ниже минус 30,0 °С – при высоте снежного покрова менее 5 см                                                                              |
| <b>Выпревание</b><br>Сочетание высокого снежного покрова и слабого промерзания почвы                          | Длительное залегание высокого снежного покрова при слабо промерзшей или талой почве, приводящее к выпреванию посевов озимых                                                                                           | Высота снежного покрова 30 см и более при слабо промерзшей (до глубины менее 30 см) или талой почве в течение более 6 декад. При этом минимальная температура почвы на глубине узла кушения удерживается от минус 1,0 °С и выше |

**Выпревание.** В отличие от вымерзания риск выпревания предполагает наличие значительного снежного покрова длительное время. В нижней части таблицы 1 обозначены условия для выпревания озимых (поражения снежной плесенью).

Учитывая, что скорость развития микробиоты положительно связана с температурой, а недостаточность поступления кислорода и длительность схождения снега – с высотой снежного покрова, предлагается следующая простая оценка риска развития снежной плесени с использованием результатов подекадных инструментальных наблюдений. Оценка составлена на основе среднего произведения температуры на глубине узла кущения на толщину снежного покрова и длительность опасного явления (число декад, начиная с шестой). Если толщина снежного покрова не ниже 30 см держится не менее шести декад и температура почвы на глубине узла кущения не ниже  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то оценка риска имеет следующий вид:

$$r = (N - 5) / N \sum H_i > 30 H_i (T_i + 1),$$

где  $N$  – число декад, в которых выполнялись условия;  $H_i$  – высота устойчивого снежного покрова, см;  $T_i$  – температура почвы на глубине узла кущения,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $i$  – декада наблюдаемого явления. По предлагаемой оценке, риск равен нулю при длительности менее шести декад или при температурах ниже  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  [3].

## Выводы

1. Глобальные климатические изменения определяют учащение аномальных погодных ситуаций, например, отсутствие снежного покрова до конца января, что представляет риски для перезимовки озимых зерновых.

2. Предложенные модели позволяют оценить риски вымерзания и выпревания озимых как в моделируемых ситуациях, так и в режиме реального времени. Входные данные для модели предусматривают мониторинг ряда показателей (в первую очередь температуру почвы на глубине узла кущения), которые могут быть получены как из общей модели ЦД (цифрового двойника), так и при инструментальных измерениях on-line на реальном физическом объекте.

## Литература

1. Руководящий документ РД 52.04.563–2013. Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями. – СПб. : Главная геофизич. обсерватория, 2013. – 53 с.
2. Практическое руководство по контролю за состоянием озимой пшеницы в Ставропольском крае / Под ред. А. И. Подколзина. – Ставрополь, 2000. – С. 31.
3. Перевертин К. А., Белолубцев А. И., Дронова Е. А., Асауляк И. Ф., Кузнецов И. А., Мазиров М. А., Васильев Т. А. Влияние режима снежного покрова на агрономические риски развития розовой снежной плесени // Лёд и Снег, 2022. – Т. 62. – № 1. – С. 75 – 80.

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ РАЗЛИЧНЫХ АГРОХИМИКАТОВ НА АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛЕВОГО АГРОЦЕНОЗА, УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР

**В. А. Касатиков, Н. П. Шабардина**

Всероссийский НИИ органических удобрений и торфа –  
филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»

ул. Прянишникова, д. 2, п. Вяткино, Судогодский р-н, Владимирская область,  
601390, Российская Федерация

E-mail: kasv47@yandex.ru

**Резюме.** В вегетационный период 2022 – 2024 гг. изучалось действие и последствие различных доз биокомпостов на основе ППЖ и осадка сточных вод на агробиологические свойства почвы, урожайность и макроэлементный состав культур. Показано, что действие и последствие биокомпостов на урожайность культур в звене севооборота определяется их влиянием на агробиологические свойства почвы и климатическими условиями вегетационных периодов. Вследствие этого максимальная урожайность получена по действию биокомпоста на основе подстилочного птичьего помета при сравнимой эффективности равноценных доз биокомпостов на основе подстилочного навоза КРС и ОСВ.

**Abstract.** During the vegetation period of 2022 – 2024, the effect and aftereffect of various doses of biocomposts based on PPZh and sewage sludge on the agrobiological properties of the soil, crop yield and macroelement composition of crops were studied. It was shown that the effect and aftereffect of biocomposts on crop yields in the crop rotation link are determined by their influence on the agrobiological properties of the soil and the climatic conditions of the vegetation periods. As a result, the maximum yield was obtained from the effect of biocompost based on litter poultry manure with comparable efficiency of equivalent doses of biocomposts based on litter cattle manure and SS.

Органические животноводческие, бытовые и промышленные отходы являются одними из основных продуктов производственной и бытовой деятельности человека. Использование данных отходов в качестве компонентов органических и органоминеральных удобрений – один из главных приемов их утилизации [1 – 3]. При этом на серых лесных и дерново-подзолистых почвах выявлена повышенная эффективность птичьего помета при дозах от 15 до 50 т/га на кормовых культурах, а также яровых зерновых (4).

Использование птичьего помета в дозах 15 – 30 т/га как первичного продукта животноводства (ППЖ) в сочетании с минеральными удобрениями на обыкновенных черноземах Омской области способствовало повышению урожайности яровой пшеницы на 37 – 63 % в условиях его однократного и многократного внесения. В то же время аналогичные исследования в Бийско-Чумышской зоне Алтайского края выявили наличие прибавки урожайности яровой пшеницы в размере 65,8 – 72,8 % от применения данного вида ППЖ в дозе 10 – 15 т/га (5 – 6).

Таким образом, разработка научно обоснованных экологически безопасных приемов использования ППЖ и органогенных коммунальных отходов в качестве органического удобрения, внедрение и совершенствование технологии по переработке ППЖ способствуют сокращению объемов накопленных и вновь образованных отходов, в том числе осадков городских

сточных вод (ОСВ), при применении современных технологий производства и применении агрохимикатов [3].

Применение агрохимикатов на основе побочных продуктов животноводства и органических городских отходов проявляется в положительном их влиянии на агробиологические свойства почв, увеличении запасов органического вещества. Особенно отчетливо почвоулучшающие свойства данных агрохимикатов проявляются на песчаных, супесчаных и малоплодородных деградированных почвах [3 – 4].

Цель исследования – выявить сравнительную эффективность влияния технологически различных агрохимикатов на агробиологические свойства полевого агроценоза, урожайность культур.

**Условия, материалы и методы.** Исследования проводились на дерново-подзолистой почве, сформировавшейся на двучленных ледниковых отложениях. Горизонты  $A_{\text{пах}}$  и  $B_1$  представлены супесчаными отложениями, перекрывающими тяжелосуглинистые моренные образования.

Биокомпосты на основе ППЖ получены путем мезофильно-термофильного компостирования подстилочного птичьего помета и подстилочного навоза КРС. Внесение биокомпостов проводилось весной под основную обработку почвы в 2022 г. Содержание азота в составе биокомпоста на основе подстилочного птичьего помета на сухое вещество – 2,68 %,  $P_2O_5$  общ. – 1,63 %,  $K_2O$  общ. – 1,93 % при  $pH_{\text{сол.}}$  7,8. Содержание азота в составе биокомпоста на основе подстилочного навоза КРС на сухое вещество – 0,76 %,  $P_2O_5$  общ. – 0,55 %,  $K_2O$  общ. – 0,84 % при  $pH_{\text{сол.}}$  7,7.

Биокомпост на основе осадка сточных вод получен путем компостирования субстрата на основе механически обезвоженной смеси осадка сточных вод с активным илом и органического наполнителя (опилки). Данный агрохимикат представляет собой структурированную массу темно-серого цвета с землистым запахом. Содержание азота в составе данного агрохимиката составляет на сухое вещество 0,7 %,  $P_2O_5$  общ. – 1,50 %,  $K_2O$  общ. – 0,36 % при  $pH_{\text{сол.}}$  – 7,5.

Статистическая обработка полученных данных была проведена с использованием дисперсионного анализа и программы Statistika 6.0.

**Результаты и обсуждение.** Влияние биокомпостов на агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы рассматривалось в звене севооборота: яровая пшеница – яровое тритикале – овес. В условиях действия биокомпостов в опыте с яровой пшеницей содержание минерального азота в пахотном слое почвы (0 – 20 см) характеризовалось наличием обеих форм минерального азота, находящихся в пропорциональной зависимости от доз биокомпостов (табл. 1). При этом наблюдается отрицательная динамика содержания  $N-NH_4$  по фазам вегетации яровой пшеницы с максимумом в фазу всходов. Так, если в фазу всходов его уровень на контроле был равен 3,89 мг/кг почвы, то в фазы кущения и колошения соответственно 3,49 и 1,78 мг/кг почвы. На вариантах с биокомпостами в фазу всходов содержание  $N-NH_4$  достигало 4,93 – 50,2 мг/кг с максимумом на вариантах с дозой биокомпоста на основе птичьего помета 15 т/га, что обусловлено более высоким исходным содержанием  $N_{\text{общ.}}$ . В фазу кущения и колошения данная зависимость сохраняется. При этом содержание  $N-NH_4$  на вариантах с биокомпостами уменьшалось в фазу кущения до 4,56 – 19,37 мг/кг почвы, а в фазу колошения – до 3,05 – 5,05 мг/кг почвы за счет разложения органического удобрения и протекания обменных процессов в системе удобрение-почва в условиях низкой влажности и повышенной температуры, способствующих ускорению нитрификационных почвенных процессов. Для динамики содержания  $N-NO_3$  в слое почвы 0 – 20 см выявлена в ходе вегетации аналогичная зависимость за счет прохождения нитрификационных процессов. Так, если в фазу всходов содержание  $N-NO_3$  на вариантах с биокомпостами было равно 2,09 – 17,81 мг/кг почвы с максимумом при дозе биокомпоста на основе птичьего помета 15 т/га, то в фазу ко-

лошения происходит понижение содержания  $N-NO_3$  по вариантам опыта до 0,06 – 13,55 мг/кг почвы за счет ускорения нитрификационных процессов при низкой почвенной влажности. При этом степень влияния биокомпостов на аммиачный и нитратный режим почвы зависела от их вида и была пропорциональна дозам биокомпостов. Наиболее наглядно данная зависимость проявляется в суммарных показателях азотного режима почвы, максимальные величины которых получены при дозах биокомпостов 15 т/га при максимуме в вариантах с биокомпостом на основе птичьего помета.

*Таблица 1. Действие биокомпостов на динамику содержания подвижного азота в дерново-подзолистой супесчаной почве, мг/кг сухого в-ва (слой 0 – 20 см)*

| Вариант опыта                                           | Содержание, мг/кг а.с. в-ва |              |                |                   |              |                | В среднем                                           |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|----------------|-------------------|--------------|----------------|-----------------------------------------------------|
|                                                         | N-NH <sub>4</sub>           |              |                | N-NO <sub>3</sub> |              |                |                                                     |
|                                                         | Всходы                      | Куще-<br>ние | Коло-<br>шение | Всходы            | Куще-<br>ние | Коло-<br>шение | N-NH <sub>4</sub> +<br>N-NO <sub>3</sub> ,<br>мг/кг |
| Контроль                                                | 3,89                        | 3,49         | 1,78           | 1,45              | 1,26         | 0,06           | 3,97                                                |
| * Биокомпост<br>на основе навоза<br>КРС, 7,5 т/га       | 4,93                        | 4.56         | 3,05           | 2,09              | 1,87         | 0.07           | 5,52                                                |
| * Биокомпост<br>на основе навоза<br>КРС, 15 т/га        | 8,05                        | 6,04         | 3,38           | 6,56              | 2,10         | 0,08           | 8,73                                                |
| *Биокомпост<br>на основе птичьего<br>помета, 7,5 т/га   | 33,61                       | 6,92         | 5,89           | 12,32             | 11,68        | 11,05          | 27,15                                               |
| * Биокомпост<br>на основе птичьего<br>помета, 15 т/га   | 50,20                       | 19,37        | 7,05           | 17,81             | 15,17        | 13,55          | 41,05                                               |
| *Биокомпост<br>на основе осадка<br>сточных вод, 15 т/га | 16,35                       | 5,52         | 4,67           | 1,8               | 1,1          | 0,06           | 9,83                                                |

\* В этой и последующих таблицах дозы удобрения даны на сухое вещество.

По фазам вегетации овса в условиях последействия биокомпостов 3-го года пользования содержание минерального азота в пахотном слое почвы (0 – 20 см) характеризовалось наличием только аммиачного азота, находящегося в пропорциональной зависимости от доз биокомпостов. Уровень содержания нитратного азота в отличие от их действия находился ниже предела его обнаружения. В климатических условиях вегетационного периода 2024 г., как и в 2022 г., выявлена положительная динамика содержания  $N-NH_4$  по фазам вегетации овса с максимумом в фазу полной спелости. При этом если в фазу всходов его уровень на контроле по действию был равен 3,89 мг/кг почвы, то по последействию второго года – 1,85 мг/кг почвы, что превышает результат по  $N-NH_4$  по последействию биокомпостов в 2023 г. Данная зависимость обусловлена, очевидно, низкой нитрификационной активностью почвы в 2024 г. В фазу трубкования данные показатели равны соответственно 3,49 и 2,05 мг/кг почвы, а в фазу полной спелости – 2,05 и 2,74 мг/кг почвы. На вариантах с биокомпостами в фазу всходов содержание  $N-NH_4$  по последействию второго года достигало 2,93 – 3,76 мг/кг с максимумом на варианте с дозой биокомпоста на основе навоза КРС 15 т/га, что обусловлено, очевид-

но, более высоким остаточным содержанием  $N_{\text{общ.}}$  в почве при меньшем использовании его на формирование зеленой массы овса, в отличие от варианта с последствием биокомпоста на основе птичьего помета в дозе 15 т/га. В фазу полной спелости данная зависимость сохраняется. При этом содержание  $N-NH_4$  на вариантах с биокомпостами в отличие от их действия в 2022 г. возрастало в фазу трубкования до 2,88 – 4,37 мг/кг почвы, а в фазу полной спелости – до 2,23 – 3,81 мг/кг почвы с максимумом в варианте с дозой 15 т/га биокомпоста на основе навоза КРС (табл. 2). Степень влияния биокомпостов на аммиачный режим почвы зависела от их вида и была пропорциональна дозам биокомпостов. Наиболее наглядно данная зависимость проявляется в средних за вегетацию показателях аммиачного режима почвы, максимальные величины которого в условиях низкой почвенной влажности вегетационного периода 2024 г. получены в отличие от действия и последствия первого года при дозах биокомпостов 15 т/га, при максимуме в варианте с последствием биокомпоста на основе навоза КРС. Влияние биокомпоста на основе ОСВ в дозе 15 т/га на азотный режим почвы равноценно последствию биокомпоста на основе навоза КРС в дозе 7,5 т/га.

Анализ изменения агрохимических свойств пахотного слоя почвы в ходе вегетации культур звена севооборота по действию рассматриваемых видов биокомпостов и их последствию не выявил значительных различий, в отличие от динамики азотного режима почвы. Так, по действию биокомпостов выявлено снижение обменной кислотности почвы пропорционально дозам биокомпостов и максимальное – при внесении биокомпоста на основе осадка сточных вод (табл. 2). При этом выявлена обратная зависимость  $H_{\text{гидр.}}$  от  $pH_{\text{сол.}}$ . По действию биокомпостов проявляется увеличение суммы поглощенных оснований, пропорциональное их дозам, и максимальное – по действию биокомпостов на основе навоза КРС и птичьего помета в дозе 15 т/га. Вследствие чего наблюдается увеличение емкости катионного обмена (ЕКО). Их значения выросли соответственно с 8,79 мг.-экв./100 г на контроле до 9,34 – 9,73 мг.-экв./100 г почвы на вариантах с биокомпостами на основе навоза КРС и птичьего помета. Данная зависимость обусловлена кислотно-основными свойствами данных биокомпостов, а также фактором разложения под влиянием почвенного биоценоза основной их массы и, как следствие, разрушением органоминеральных комплексов в составе органического удобрения с высвобождением катионов  $Ca^{+2}$  и  $Mg^{+2}$ . По действию биокомпостов, содержащих также  $P_2O_5$  и  $K_2O$ , наблюдался значительный рост значений данных макроэлементов в слое 0 – 20 см, максимальный – по действию биокомпостов на основе навоза КРС и птичьего помета в дозах 15 т/га (табл. 2).

Характер изменения агрохимических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы в слое 0 – 20 см в ходе рассмотрения последствия второго года биокомпостов не выявил существенных различий в сравнении с их действием на яровую пшеницу и последствием на яровое тритикале. И действительно, отмеченное ранее снижение обменной кислотности почвы происходит пропорционально дозам биокомпостов и максимально – по последствию биокомпоста на основе осадка сточных вод. По результатам проведенных исследований выявлена обратная зависимость  $H_{\text{гидр.}}$  от  $pH_{\text{сол.}}$ . При этом сохраняется пропорциональная зависимость суммы поглощенных оснований от их доз. Ее максимальные значения получены по последствию биокомпостов на основе навоза КРС и птичьего помета в дозе 15 т/га. В условиях последствия второго года наблюдается также увеличение емкости катионного обмена (ЕКО) с 9,27 мг.-экв./100 г на контроле до 10,33 – 10,39 мг.-экв./100 г почвы на вариантах с биокомпостами на основе навоза КРС. Выявлено также преимущественное влияние навоза КРС на величину ЕКО. Данная зависимость обусловлена кислотно-основными свойствами данного биокомпоста, а также фактором его длительного разложения под влиянием почвенного биоценоза. Следствием этого является разрушение органоминеральных комплексов в составе органического удобрения с высвобождением катионов  $Ca^{+2}$  и  $Mg^{+2}$ . По последствию второго года биокомпостов сохраняется повышенное содержание  $P_2O_5$  подв. в слое 0 – 20 см,



максимальное – по последствию биокомпостов на основе птичьего помета и ОСВ в дозах 15 т/га. На уровень  $K_2O$  обм. в большей степени по последствию влияет биокомпост на основе навоза КРС.

*Таблица 2. Действие биокомпостов на агрохимическую характеристику дерново-подзолистой супесчаной почвы, слой 0 – 20 см*

| Вариант опыта                                           | pH <sub>KCL</sub> | H <sub>г</sub> | S<br>(Ca+Mg) | ЕКО  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>подв. | K <sub>2</sub> O<br>обм. | Гумус, % |
|---------------------------------------------------------|-------------------|----------------|--------------|------|----------------------------------------|--------------------------|----------|
|                                                         |                   | мг.-экв./100 г |              |      | мг/кг                                  |                          |          |
| Контроль                                                | 6,1               | 1,01           | 7,78         | 8,79 | 79                                     | 68                       | 1,28     |
| * Биокомпост<br>на основе навоза<br>КРС, 7,5 т/га       | 6,5               | 0,73           | 8,61         | 9,34 | 160                                    | 183                      | 1,36     |
| * Биокомпост<br>на основе навоза<br>КРС, 15 т/га        | 6,6               | 0,64           | 8,82         | 9,46 | 277                                    | 249                      | 1,49     |
| *Биокомпост<br>на основе птичьего<br>помета, 7,5 т/га   | 6,1               | 1,02           | 8,71         | 9,73 | 356                                    | 152                      | 1,37     |
| * Биокомпост<br>на основе птичьего<br>помета, 15 т/га   | 6,3               | 0,91           | 8,82         | 9,73 | 623                                    | 217                      | 1,52     |
| *Биокомпост<br>на основе осадка<br>сточных вод, 15 т/га | 6,7               | 0,62           | 7,92         | 8,54 | 161                                    | 65                       | 1,34     |

Оптимизация гумусового состояния, агрохимических и биологических свойств пахотного слоя почвы по действию биокомпостов способствовала повышению продуктивности яровой пшеницы. При этом прибавки ее урожайности превышали уровень контроля в пропорциональной зависимости от доз удобрений на 37 – 97 % от действия биокомпоста на основе навоза КРС и на 85 – 106 % – от действия биокомпоста на основе птичьего помета. По действию биокомпоста на основе осадка сточных вод выявлено повышение урожайности яровой пшеницы на 84 %, что сравнимо с действием биокомпоста на основе птичьего помета в дозе 7,5 т/га по сухому веществу.

Данная зависимость обусловлена исходным агрохимическим составом биокомпостов, а также их влиянием на азотный режим и агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы (табл. 1, 2).

Содержание макроэлементов в биомассе яровой пшеницы не находится в пропорциональной зависимости от доз и видов биокомпостов. Данная зависимость объясняется эффектом ростового разбавления, наиболее выраженным в содержании азота в вариантах с биокомпостами на основе навоза КРС и птичьего помета и обусловленным существенным повышением урожайности яровой пшеницы с учетом вида и доз применения данных биокомпостов.

Как и по действию, по последствию первого года сохраняется повышенное влияние биокомпостов на гумусовое состояние, агрохимические свойства пахотного слоя почвы, что способствовало повышению урожайности ярового тритикале. При этом прибавки его урожайности превышали уровень контроля в пропорциональной зависимости от последствия

биокомпоста на основе навоза КРС на 31 – 68 % и на 85 – 153 % – от последствий биокомпоста на основе птичьего помета (табл. 4). По последствию биокомпоста на основе ОСВ в дозе 15 т/га выявлено повышение урожайности ярового тритикале на 64 %, что сравнимо с последствием биокомпоста на основе навоза КРС в дозе 7,5 т/га по сухому веществу.

Таблица 3. Действие биокомпостов на урожай яровой пшеницы, 2022 г.

| Вариант опыта                                     | Урожай зерна,<br>ц/га | Прибавка<br>к контролю |     |
|---------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----|
|                                                   |                       | ц/га                   | %   |
| Контроль                                          | 10,9                  | –                      | –   |
| * Биокомпост на основе навоза КРС, 7,5 т/га       | 15,0                  | 4,1                    | 37  |
| * Биокомпост на основе навоза КРС, 15 т/га        | 21,5                  | 10,6                   | 97  |
| *Биокомпост на основе птичьего помета, 7,5 т/га   | 20,2                  | 9,3                    | 85  |
| * Биокомпост на основе птичьего помета, 15 т/га   | 22,5                  | 11,6                   | 106 |
| *Биокомпост на основе осадка сточных вод, 15 т/га | 20,1                  | 9,2                    | 84  |
| НСР <sub>05</sub>                                 | 1,35                  | –                      | –   |

Данная зависимость, как и по действию на урожайность яровой пшеницы, обусловлена исходным агрохимическим составом биокомпостов, а также их влиянием на азотный режим и агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы.

Таблица 4. Последствие биокомпостов на урожай ярового тритикале, 2023 г.

| Вариант опыта                                     | Урожай зерна,<br>ц/га | Прибавка<br>к контролю |     |
|---------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----|
|                                                   |                       | ц/га                   | %   |
| Контроль                                          | 12,7                  | –                      | –   |
| * Биокомпост на основе навоза КРС, 7,5 т/га       | 16,6                  | 3,9                    | 31  |
| * Биокомпост на основе навоза КРС, 15 т/га        | 21,4                  | 8,7                    | 68  |
| *Биокомпост на основе птичьего помета, 7,5 т/га   | 21,8                  | 9,1                    | 85  |
| * Биокомпост на основе птичьего помета, 15 т/га   | 32,1                  | 19,4                   | 153 |
| *Биокомпост на основе осадка сточных вод, 15 т/га | 20,8                  | 8,1                    | 64  |
| НСР <sub>05</sub>                                 | 1,9                   | –                      | –   |
| P, %                                              | 3,0                   |                        |     |

Согласно агрохимическому составу содержание макроэлементов в биомассе ярового тритикале, как и по действию на макроэлементный состав яровой пшеницы, не находится в пропорциональной зависимости от доз и видов биокомпостов. Данная зависимость объясняется сохраняющимся эффектом ростового разбавления, наиболее выраженным в содержании азота в вариантах с биокомпостами на основе навоза КРС и птичьего помета и обусловленным существенным повышением урожайности ярового тритикале с учетом вида и доз биокомпостов.

Сохраняющееся по последствию биокомпостов третьего года пользования повышенное влияние биокомпостов на аммиачный режим и агрохимические свойства пахотного слоя почвы способствовало повышению урожайности овса в климатических условиях вегетационного периода 2024 г. с пониженной почвенной влажностью. При этом прибавки его уро-

жайности несмотря на более низкий уровень в сравнении с урожайностью яровой пшеницы и ярового тритикале превышали уровень контроля в пропорциональной зависимости от последствий биокомпоста на основе навоза КРС на 16 – 36 % и на 38 – 48 % – от последствий биокомпоста на основе птичьего помета. По последствию биокомпоста третьего года пользования на основе ОСВ выявлено повышение урожайности овса на 30 %, что сравнимо с последствием биокомпоста на основе навоза КРС в дозе 15 т/га по сухому веществу.

Данная зависимость обусловлена исходным агрохимическим составом биокомпостов, а также их положительным влиянием на аммиачный режим дерново-подзолистой супесчаной почвы.

Как и по предыдущим культурам звена севооборота, содержание макроэлементов в зерне овса не находится в пропорциональной зависимости от доз и видов биокомпостов. Данная зависимость связана с эффектом ростового разбавления, выраженным в содержании азота и обусловленным повышением урожайности овса на 16 – 48 % с учетом вида и доз применения биокомпостов. Близкая, но менее выраженная зависимость выявлена по содержанию  $P_2O_5$  в зерне овса.

Содержание макроэлементов в соломе овса, в отличие от зерна, зависит от вида биокомпоста и максимально для  $P_2O_5$  и  $K_2O$  в вариантах с биокомпостом на основе птичьего помета.

## Выводы

Степень влияния биокомпостов на аммиачный режим почвы зависела от их вида факторов действия и последствий и была пропорциональна дозам удобрений. Максимальные его значения получены при дозах биокомпостов 15 т/га по сухому веществу. Аналогичная зависимость выявлена по их влиянию на агрохимические свойства почвы.

Влияние биокомпостов на урожайность культур в звене севооборота определяется их влиянием на агробиологические свойства почвы и климатическими условиями вегетационных периодов. Вследствие этого максимальная урожайность получена по действию биокомпоста на основе подстилочного птичьего помета при сравнимой эффективности равноценных доз биокомпостов на основе подстилочного навоза КРС и ОСВ.

В ходе проведенных исследований выявлено как по действию, так и по последствию наличие эффекта ростового разбавления, выраженного в содержании азота в зерне культур при менее выраженной зависимости по содержанию  $P_2O_5$ .

## Литература

1. Беляков А. Н. Влияние компоста на основе куриного помета на урожай и качество сельскохозяйственных культур: автореф. дис. ... к. с.-х. наук, 2000. – 23 с.
2. Курганова Е. В., Копейкина Л. И., Гюнтер Л. И., Беляева С. Д. Комплексная оценка осадков сточных вод // Агрохимический вестник. – 1999. – № 3. – С. 38 – 40.
3. Касатиков В. А., Шабардина Н. П. Влияние агрохимиката на основе осадка городских сточных вод на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы, урожайность райграсса однолетнего // Владимирский земледелец. – 2020. – № 2. – С. 10 – 13.
4. Красницкий В. М. Использование птичьего помета в земледелии Западной Сибири : учеб. пособие. – Омск : изд-во ФГБОУ ВО «Омский ГАУ», 2016. – 60 с.
5. Трифонов А. Ю. Сравнительная эффективность применения птичьего помета и минеральных удобрений на серых лесных и дерново-подзолистых почвах : Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата с.-х. наук, 2003. – 24 с.
6. Тиньгаев А. В., Малютина Л. А. Информационно-логическая модель урожайности яровой пшеницы при внесении птичьего помета в качестве удобрения // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – № 10. – 2016. – с. 24 – 29.

# ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ФОРМ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ФОСФОРИТОВ КИЗИЛКУМОВ НА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ НА ПРЕВРАЩЕНИЕ И ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДОСТУПНЫХ РАСТЕНИЯМ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

М. М. Ташкузиев<sup>1</sup>, С. Ч. Мустафаева<sup>1</sup>, Т. Т. Бердиев<sup>1</sup>, Н. Х. Усанбаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт почвоведения и агрохимических исследований

Республика Узбекистан, 100179, г. Ташкент, ул. Камаринисо, д. 3

<sup>2</sup>Институт общей и неорганической химии Академии Наук Республики Узбекистан  
100170, г. Ташкент, ул. Мирзо-Улугбека, 77-а

E-mail: maruf.tashkuziev@gmail.com

**Резюме.** Определены свойства почв отдельных ключевых массивов (8 участков) Навоийской области и влияние на этих почвах ОМУ, определено, что почвы были засолены в различной степени, в основном средне засолены, тип засоления – сульфатно-хлоридный. Рассматриваемые почвы по содержанию гумуса относятся к среднему и низкому уровню, по содержанию валового фосфора – к низкому и среднему, а по содержанию валового калия – к недостаточному уровню. По содержанию подвижного азота и фосфора относятся к очень низкой обеспеченности, а по калию – низкой обеспеченности. Результаты испытаний ОМУ на данных почвах способствовали повышению содержания питательных веществ до положительного уровня и снижению засоленности, тем самым позволяя повысить плодородие почвы и обеспечить растения необходимыми питательными элементами.

**Abstract.** The soil properties of individual key massifs (8 sites) of the Navoi region and the impact of the OMU on these soils were determined. It was determined that the soils were saline to varying degrees, mainly moderately saline, the salinization type was sulfate-chloride. The soils under consideration are classified as medium and low in humus content, low and medium in total phosphorus content, and insufficient in total potassium content. They are classified as very low in mobile nitrogen and phosphorus content, and low in potassium content. The results of the OMU tests on these soils contributed to an increase in the nutrient content to a positive level and a decrease in salinity, thereby increasing soil fertility and providing plants with the necessary nutrients.

**Ключевые слова:** гумус, азот, фосфор, калий, засоление, плодородие, органоминеральные удобрения, питательные элементы.

**Введение.** В республике в последние годы наблюдается снижение плодородия орошаемых почв, что связано со значительным уменьшением содержания органического вещества, основных питательных веществ, развитием засоления, эрозионных процессов и других негативных явлений, как деградация, дегумификация. Первые связаны в орошаемой земледелии с пренебрежением применения научно-обоснованных севооборотов, возделывания повторных, промежуточных культур, сидерации и других агротехнических мероприятий [1].

Вторые связаны в богарных условиях и засушливых регионах с деградацией земель из-за нехватки воды, происходящих ветровой, овражной и других видов эрозии, а также в последние годы обводнением отдельных территорий в результате стихийных явлений, на примере Сардобинского водохранилища [2].

На основе проведенных исследований за последние 2010 – 2020 годы усовершенствована ранее нами разработанная агротехнология, направленная на обогащение почвы органическим веществом, повышение ее плодородия и урожайности возделываемых культур [3, 4], где данная агротехнология применялась для слабозасоленных почв Кашкадарьинской и Сурхандарьинской областей и Республики Каракалпакстан.

С учетом того, что в этих опытах применение высоких норм органических удобрений компенсирует минеральные удобрения в отношении снабжения растений питательными элементами в течение вегетации растений, нами в последние годы проводятся исследования по биологизации земледелия внесением различных видов только органических удобрений. Результаты этих исследований с хлопчатником на первый год приведены в сообщении [5, 6].

**Методы и материалы.** Для исследования взяты почвенные образцы из 3 участков различных ключевых массивов, где намечается применение ОМУ, полученных на основе некондиционных фосфоритов Центральных Кызылкумов и навоза крупного рогатого скота путем их компостирования.

Намечено проведение лабораторного опыта в течение 3 месяцев со следующими вариантами:

- 1 Вариант – почва без применения удобрений, Фон, контроль.
- 2 – Стандартные минеральные удобрения, из расчета  $N - 250$ ,  $P_2O_5 - 200$  мг/кг почву д. в. – контроль.
- 3 – Фон + 5 т/га ОМУ.
- 4 – Фон + 10 т/га ОМУ.
- 5 – Фон + 15 т/га ОМУ.

В этом опыте почва постоянно увлажняется в пределах 60 – 70 % от полевой влагоемкости, или в пределах 16 – 18 % влажности. Продолжительность опыта – 3 месяца. Образцы почвы на анализ берутся в следующие сутки после начала опыта и внесения удобрений: через 5 дней; 15 дней; 30 дней; 45 дней; 60 дней; 75 дней и 90 дней.

В образце исходной почвы до увлажнения проведены следующие анализы: определение содержания гумуса, валового азота, фосфора, калия, а также подвижных форм  $NH_4$ ,  $NO_3$ ,  $P_2O_5$  и  $K_2O$ , pH и состава водорастворимых солей.

В образцах увлажненной почвы, взятых в указанных выше сроках, определено содержание подвижных форм  $NH_4$ ,  $NO_3$ ,  $P_2O_5$  и  $K_2O$ . А в конце опыта, в высушенной почве, определено содержание гумуса, валового азота, фосфора, калия [7, 8].

**Результаты и их обсуждения.** Анализ результатов по засолению почв по данным водной вытяжки – в таблице 1. Результаты анализа показывают: почвы, взятые из участка 5, образец 5,1, не засолены. В них сумма солей по плотному (сухому) остатку равна 0,175 %, меньше 0,30 %, количество Cl-иона и  $SO_4^{2-}$  составляет 0,010 % и 0,020 %.

Почвы, взятые из участка 1, образец 1,1, не засолены, сумма солей по сухому с остатку составляет 0,265 %, т. е. меньше 0,30 %, где количество Cl и  $SO_4^{2-}$  составляет 0,007 % и 0,097 %.

Почвы, взятые из участка 3, образцы 3,1 и 3,2, средне засолены. В них количество плотного остатка – 0,950 и 0,490 %, ниже 1,0 %. Количество Cl-иона – 0,007 и 0,021 %, а  $SO_4^{2-}$  – 0,264 % и 0,042 % соответственно. Тип засоления почвы образцов 3,1 и 3,2 – хлоридно-сульфатный. Следовательно, почвы, взятые из участка 1 (образец 1,1) и участка 5 (образец 5,1), не засолены.

Результаты анализа химического состава почв по содержанию гумуса, общего азота, фосфора, калия и подвижных форм питательных элементов приведены в таблице 2.

Данные анализа по содержанию гумуса показывают, в почвах участка 1 (образец 1,1) и участка 5 (образец 5,1) количество его равно 1,153 и 2,080 % –средний уровень содержания.

Соответственно гумусу, в почвенных образцах содержится валового азота 0,036 – 0,125 %, гумус почв средне обеспечен азотом.

Таблица 1. Результаты анализа водной вытяжки в образцах Навоийской области, %

| Участки № | Образцы № | Сухой остаток | HCO <sub>3</sub> | Cl    | SO <sub>4</sub> | Ca    | Mg    | Na    | K     | Химизм засол. | Уровень засол. |
|-----------|-----------|---------------|------------------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|---------------|----------------|
| Участок 1 | 1.1       | 0,265         | 0,021            | 0,007 | 0,097           | 0,025 | 0,006 | 0,069 | 0,012 | –             | Не засол.      |
| Участок 3 | 3.1       | 0,950         | 0,012            | 0,007 | 0,264           | 0,320 | 0,108 | 0,079 | 0,012 | Х.-С.         | Средняя        |
|           | 3.2       | 0,490         | 0,024            | 0,021 | 0,042           | 0,070 | 0,025 | 0,137 | 0,012 | Х.-С.         | Средняя        |
| Участок 5 | 5.1       | 0,175         | 0,024            | 0,010 | 0,020           | 0,020 | 0,006 | 0,079 | 0,012 | –             | Не засол.      |

Таблица 2. Результаты анализа химического состава почв по содержанию валовых и подвижных форм гумуса питательных элементов

| Участки № | Образцы № | Валовые, % |                 |                               |                  | Подвижные, мг/кг |                               |                  |
|-----------|-----------|------------|-----------------|-------------------------------|------------------|------------------|-------------------------------|------------------|
|           |           | Гумус      | NH <sub>4</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | NO <sub>3</sub>  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| Участок 1 | 1.1       | 1,153      | 0,072           | 0,250                         | 0,843            | 9,80             | 11                            | 115              |
| Участок 3 | 3.1       | 0,826      | 0,048           | 0,200                         | 0,512            | 6,72             | 11                            | 135              |
|           | 3.2       | 0,831      | 0,036           | 0,175                         | 0,642            | 5,12             | 12                            | 125              |
| Участок 5 | 5.1       | 2,080      | 0,116           | 0,355                         | 0,915            | 13,40            | 11                            | 168              |

Во всех 4 образцах рассматриваемых почв 5 участков количество валового фосфора – 0,175 % – 0,355 % и относится к низкому (образец 3,2) и среднему (в остальных образцах) уровню по содержанию. Содержание валового калия в образцах почв всех 3 участков составляет 0,512 – 0,915 % и относится к недостаточному уровню.

В исходных образцах почвы количество подвижных элементов питания было следующим (мг/кг): NO<sub>3</sub> – 9,30; NH<sub>4</sub> – 11,50; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 10,0; K<sub>2</sub>O – 125. В них содержание гумуса равно (%) 0,765; азота – 0,035; фосфора – 0,275 и калия – 0,845.

В проводимом модельно-лабораторном опыте на 1 кг почвы ОМУ вносили 3,20 г из расчета 5 т/га; 6,40 г из расчета 10 т/га и 9,60 г из расчета 15 т/га. Продолжительность лабораторного опыта – 90 суток (3 месяца). Результаты приведены в таблице 3.

Согласно приведенным данным, на 5 сутки при использовании ОМУ в норме 5 т/га (вариант 1) среднее количество NH<sub>4</sub>-аммонийного азота на варианте 1 из 3 повторений за 5 дней составило 32,1 мг/кг, что выше от исходного содержания на 20,6 мг/кг, или в 1,79 раза. По нитратному азоту – 14,8 мг/кг, что выше от исходного в 1,59 раза. В этот период среднее количество подвижного фосфора составило 24,7 мг/кг, что выше в 2,8 раза. Содержание обменного калия составило в среднем 241 мг/кг, или выше от исходного в 1,92 раза.

*Таблица 3. Результаты лабораторного опыта по превращению  
в почве органоминеральных фосфорно-гуминовых удобрений*

| ОМУ<br>(т/га)    | Повторность | Варианты | Подвижные, мг/кг,<br>5-й день |                 |                               |                  | Подвижные, мг/кг,<br>15-й день |                 |                               |                  |
|------------------|-------------|----------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|--------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|
|                  |             |          | NH <sub>4</sub>               | NO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | NH <sub>4</sub>                | NO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| Срок: 17.05.2021 |             |          |                               |                 |                               |                  | Срок: 27.05.2021               |                 |                               |                  |
| 5 т/га           | I           | 1        | 29,0                          | 14,6            | 26,0                          | 286,0            | 25,2                           | 12,3            | 14,0                          | 262,0            |
| 10 т/га          |             | 2        | 35,6                          | 28,6            | 16,0                          | 262,0            | 21,2                           | 11,2            | 18,0                          | 268,0            |
| 15 т/га          |             | 3        | 27,6                          | 5,6             | 16,0                          | 361,0            | 21,6                           | 10,3            | 12,0                          | 241,0            |
| 5 т/га           | II          | 1        | 29,0                          | 12,3            | 26,0                          | 168,0            | 25,8                           | 15,6            | 26,0                          | 168,0            |
| 10 т/га          |             | 2        | 25,4                          | 9,0             | 32,0                          | 168,0            | 25,8                           | 16,4            | 32,0                          | 208,0            |
| 15 т/га          |             | 3        | 29,0                          | 10,6            | 23,0                          | 168,0            | 29,0                           | 12,9            | 24,0                          | 208,0            |
| 5 т/га           | III         | 1        | 38,4                          | 17,6            | 22,0                          | 268,0            | 29,0                           | 23,5            | 46,0                          | 286,0            |
| 10 т/га          |             | 2        | 31,6                          | 7,3             | 28,0                          | 168,0            | 31,6                           | 27,3            | 40,0                          | 268,0            |
| 15 т/га          |             | 3        | 28,2                          | 10,6            | 34,0                          | 261,0            | 34,8                           | 23,5            | 44,0                          | 265,0            |
| ОМУ<br>(т/га)    | Повторность | Варианты | Подвижные, мг/кг, 30-й день   |                 |                               |                  | Подвижные, мг/кг, 45-й день    |                 |                               |                  |
|                  |             |          | NH <sub>4</sub>               | NO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | NH <sub>4</sub>                | NO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| Срок:12.06.2021  |             |          |                               |                 |                               |                  | Срок: 25.06.2021               |                 |                               |                  |
| 5 т/га           | I           | 1        | 29,0                          | 14,6            | 18,0                          | 241,0            | 16,4                           | 3,6             | 20,0                          | 216,0            |
| 10 т/га          |             | 2        | 32,8                          | 15,9            | 16,0                          | 258,0            | 14,5                           | 2,8             | 12,0                          | 192,0            |
| 15 т/га          |             | 3        | 31,6                          | 18,1            | 12,0                          | 241,0            | 10,6                           | 3,7             | 18,0                          | 246,0            |
| 5 т/га           | II          | 1        | 27,6                          | 26,4            | 28,0                          | 168,0            | 17,7                           | 2,9             | 20,0                          | 216,0            |
| 10 т/га          |             | 2        | 25,8                          | 25,1            | 30,0                          | 208,0            | 13,8                           | 2,5             | 26,0                          | 192,0            |
| 15 т/га          |             | 3        | 29,0                          | 24,6            | 22,0                          | 268,0            | 26,4                           | 4,1             | 20,0                          | 240,0            |
| 5 т/га           | III         | 1        | 32,8                          | 25,9            | 52,0                          | 262,0            | 24,5                           | 3,6             | 22,0                          | 192,0            |
| 10 т/га          |             | 2        | 25,4                          | 29,0            | 50,0                          | 268,0            | 22,6                           | 2,8             | 24,0                          | 192,0            |
| 15 т/га          |             | 3        | 32,8                          | 27,6            | 80,0                          | 268,0            | 16,4                           | 3,4             | 26,0                          | 240,0            |
| ОМУ<br>(т/га)    | Повторность | Варианты | Подвижные, мг/кг, 60-й день   |                 |                               |                  | Подвижные, мг/кг, 75-й день    |                 |                               |                  |
|                  |             |          | NH <sub>4</sub>               | NO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | NH <sub>4</sub>                | NO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| Срок: 26.07.2021 |             |          |                               |                 |                               |                  | Срок:11.08.2021                |                 |                               |                  |
| 5 т/га           | I           | 1        | 18,5                          | 6,2             | 20,0                          | 168,0            | 21,3                           | 6,7             | 20,0                          | 182,0            |
| 10 т/га          |             | 2        | 16,1                          | 8,4             | 22,0                          | 168,0            | 23,6                           | 7,5             | 22,0                          | 190,0            |
| 15 т/га          |             | 3        | 15,0                          | 7,5             | 22,0                          | 168,0            | 25,6                           | 8,4             | 24,0                          | 195,0            |
| 5 т/га           | II          | 1        | 20,2                          | 10,9            | 42,0                          | 240,0            | 19,4                           | 10,9            | 40,0                          | 206,0            |
| 10 т/га          |             | 2        | 18,0                          | 16,4            | 46,0                          | 168,0            | 21,3                           | 16,2            | 44,0                          | 219,0            |
| 15 т/га          |             | 3        | 18,5                          | 16,2            | 50,0                          | 168,0            | 24,2                           | 16,4            | 46,0                          | 218,0            |
| 5 т/га           | III         | 1        | 22,0                          | 17,0            | 46,0                          | 168,0            | 24,6                           | 15,3            | 50,0                          | 195,0            |
| 10 т/га          |             | 2        | 24,2                          | 15,8            | 48,0                          | 168,0            | 27,4                           | 16,4            | 58,0                          | 192,0            |
| 15 т/га          |             | 3        | 27,4                          | 6,4             | 54,0                          | 192,0            | 24,2                           | 17,0            | 60,0                          | 200,0            |
| ОМУ<br>(т/га)    | Повторность | Варианты | Подвижные, мг/кг, 90-й день   |                 |                               |                  |                                |                 |                               |                  |
|                  |             |          | NH <sub>4</sub>               | NO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |                                |                 |                               |                  |
| 26.09.2021       |             |          |                               |                 |                               |                  |                                |                 |                               |                  |
| 5 т/га           | I           | 1        | 14,5                          | 4,8             | 18                            | 168              |                                |                 |                               |                  |
| 10 т/га          |             | 2        | 20,1                          | 6,7             | 20                            | 190              |                                |                 |                               |                  |
| 15 т/га          |             | 3        | 22,0                          | 12,1            | 22                            | 192              |                                |                 |                               |                  |
| 5 т/га           | II          | 1        | 24,2                          | 5,6             | 31                            | 160              |                                |                 |                               |                  |
| 10 т/га          |             | 2        | 26,4                          | 7,3             | 34                            | 168              |                                |                 |                               |                  |
| 15 т/га          |             | 3        | 29,1                          | 7,9             | 38                            | 190              |                                |                 |                               |                  |
| 5 т/га           | III         | 1        | 30,0                          | 6,4             | 35                            | 180              |                                |                 |                               |                  |
| 10 т/га          |             | 2        | 32,0                          | 7,9             | 38                            | 190              |                                |                 |                               |                  |
| 15 т/га          |             | 3        | 34,0                          | 7,9             | 40                            | 192              |                                |                 |                               |                  |

Исходя из вышеизложенного расчета, через 5 суток количество этих подвижных элементов питания при внесении ОМУ из расчета 10 т/га (вариант 2) составило: среднее количество  $\text{NH}_4$ -азота – 30,9 мг/кг, что выше от исходного в 2,7 раза, нитратного  $\text{NO}_3$  азота – 21,6 мг/кг, что выше от исходного в 2,3 раза, среднее количество подвижного фосфора – 22 мг/кг, что выше от исходного в 2,2 раза, обменного калия – 199 мг/кг, или выше от исходного в 1,59 раза. На варианте 3 при внесении ОМУ 15 т/га, среднее количество  $\text{NH}_4$  составило 28,3 мг/кг, что выше от исходного в 2,46 раза, а по  $\text{NO}_3$  – 25,3 мг/кг, что выше в 2,75 раза. Среднее количество фосфора – 24,3 мг/кг, или выше от исходного в 2,43 раза, а обменного калия – 163,3 мг/кг, что выше от исходного в 2,11 раза.

По приведенным выше расчетам были проанализированы изменения содержания питательных веществ при внесении трех норм ОМУ по истечении 15, 30, 45, 75 и 90 дней, где также отмечено увеличение их качества в зависимости от продолжительности взаимодействия ОМУ с почвой, а также от вносимой дозы. А затем по истечении времени взаимодействия с почвой отмечено постепенное снижение приращения содержания рассматриваемых питательных веществ, при сохранении закономерности увеличения их количества в зависимости от нормы вносимого ОМУ.

Так, на 30 день опыта количество  $\text{NH}_4$ -аммиачного азота в почве при норме ОМУ 5 т/га в варианте 1 составило в среднем 29,8 мг/кг, что в 2,59 раза выше исходного содержания. Количество  $\text{NO}_3$ -нитратного азота – 22,3 мг/кг, что выше от исходного в 2,40 раза. По подвижному фосфору и обменному калию эти показатели составили соответственно 32,6 мг/кг, или выше в 3,50 раза, и 224 мг/кг, или выше в 1,79 раза.

При внесении ОМУ в норме 10 т/га по  $\text{NH}_4$ -аммиачному и  $\text{NO}_3$ -нитратному азоту эти показатели составили соответственно 32,6 мг/кг, или выше в 3,50 раза, и 224 мг/кг, или выше в 1,79 раза. При внесении ОМУ в норме 10 т/га в варианте 2 по  $\text{NH}_4$ -аммиачному и  $\text{NO}_3$ -нитратному азоту эти показатели составили соответственно 28,0 мг/кг, или выше исходного в 2,43 раза, и 23,3 мг/кг, или выше в 2,50 раза. По подвижному фосфору и обменному калию отмечено соответственно 32,0 мг/кг, или в 3,2, и 245 мг/кг, или выше в 1,96 раза. При внесении ОМУ в норме 15 т/га в варианте 3 по  $\text{NH}_4$  и  $\text{NO}_3$ -азотам эти показатели составили соответственно 31,1 мг/кг, или выше от исходного в 2,71 раза, и 23,4 мг/кг, или выше в 2,39 раза. По подвижному фосфору и обменному калию получены соответственно 29,7 мг/кг, или выше в 2,97 раза, и 188,7 мг/кг, или в 1,51 раза выше от исходного содержания.

На 45 день опыта количество аммиачного азота в почве при норме ОМУ 5 т/га в варианте 1 составило 19,5 мг/кг, или выше от исходного в 2,1 раза, а нитратного – 3,4 мг/кг, что меньше от исходного в 2,7 раза. По подвижному фосфору и обменному калию получены соответственно 20,7 мг/кг, что выше от исходного в 2,1 раза, и 208 мг/кг, или выше от исходного в 1,7 раза. При внесении ОМУ в норме 10 т/га в варианте 2 количество аммиачного азота составило 17,0 мг/кг, что выше от исходного в 1,8 раза, а по нитратному азоту составило 2,7 мг/кг, что меньше от исходного содержания в 3,4 раза. По подвижному фосфору и обменному калию получены соответственно 20,7 мг/кг, что выше в 2,1 раза, и 192 мг/кг, или выше от исходного в 1,5 раза. При внесении ОМУ в норме 15 т/га в варианте 3 количество аммиачного азота составило в среднем 17,8 мг/кг, что выше от исходного в 1,5 раза, а по нитратному азоту – 3,7 мг/кг, что меньше от исходного содержания в 2,5 раза. По подвижному фосфору и обменному калию эти показатели составили соответственно 21,3 мг/кг и 242 мг/кг, что выше от исходного содержания в 2,1 раза по фосфору и 1,9 раза – по калию.

На 60 день опыта количество аммиачного и нитратного азота в почве при норме ОМУ 5 т/га в варианте 1 в среднем составило соответственно 20,2 мг/кг и 11,4 мг/кг, что выше от исходного содержания в 1,8 раза по аммиачному азоту и в 1,2 раза – по нитратам. По подвиж-



ному фосфору и обменному калию в среднем получены соответственно 38 мг/кг и 200 мг/кг, что выше от среднего содержания в 3,8 раза по фосфору и 1,6 раза – по калию. При внесении ОМУ в норме 10 т/га в варианте 2 количество аммиачного и нитратного азота составило в среднем соответственно 20,5 мг/кг и 13,4 мг/кг, что выше от исходного содержания в 1,8 раза по аммиачному азоту и 1,4 раза – по нитратному азоту.

По подвижному фосфору и обменному калию эти показатели составили соответственно 40,7 мг/кг и 168 мг/кг, что выше от исходного содержания в 4,0 раза по фосфору и 1,3 раза – по калию. При внесении ОМУ в норме 15 т/га в варианте 3 количество аммиачного и нитратного азота составило соответственно в среднем 18,5 мг/кг и 13,4 мг/кг, что выше от исходного содержания в 1,6 раза по аммиачному азоту и 1,4 раза – по нитратному азоту.

По подвижному фосфору и обменному калию эти показатели составили соответственно 47,3 мг/кг и 168 мг/кг, что выше от исходного содержания в 4,4 раза по фосфору 1,3 раза – по калию.

На 75 день проведения опыта с применением различных норм ОМУ в сравнении с предыдущими сроками хотя сохраняется увеличение количества питательных веществ в почве от исходного их содержания, однако оно выражено в меньших величинах, особенно по нитратному азоту и обменному калию. Это указывает, что применяемые удобрения способствовали увеличению в почве содержания доступных растениям питательных элементов в течение 2,5 месяца и более.

Так, на этом сроке при внесении ОМУ в норме из расчета 5 т/га в варианте 1 количество аммиачного и нитратного азота в почве в среднем составило соответственно 21,8 мг/кг и 11,0 мг/кг, что выше от исходного содержания в 1,9 раза по аммиачному азоту и в 1,2 раза – по нитратному азоту. По подвижному фосфору и обменному калию в среднем составило 36,7 мг/кг и 194 мг/кг, что выше от исходного содержания в 3,7 раза по фосфору и 1,6 раза – по калию. При внесении ОМУ в норме 10 т/га в варианте 2 количество аммиачного и нитратного азота в почве в среднем – 24,1 мг/кг и 13,4 мг/кг, что выше от исходного содержания в 2,1 раза по аммиачному азоту и 1,4 раза – по нитратному азоту.

По подвижному фосфору и обменному калию эти показатели составили соответственно 41,3 мг/кг и 200 мг/кг, что выше от исходного содержания в 4,1 раза по фосфору и 1,6 раза – по калию. При внесении в норме 15 т/га ОМУ в варианте 3 количество аммиачного и нитратного азота составило в среднем 24,7 мг/кг и 13 мг/кг, что выше от исходного содержания в 1,2 раза по аммиачному азоту и 1,5 раза – по нитратному азоту. По подвижному фосфору и обменному калию эти показатели составили соответственно 43,3 мг/кг и 200 мг/кг, что выше от исходного содержания в 4,3 раза по фосфору и 1,6 раза – по калию.

Уменьшение количества рассматриваемых питательных элементов в почве при внесении ОМУ через 3 месяца, в сравнении с предыдущими сроками, прослеживается еще более ощутимо, хотя и в этом сроке отмечено увеличение их количества в сравнении с исходным их содержанием.

По истечении 3 месяцев проведения лабораторного опыта в этом сроке при внесении ОМУ в норме из расчёта 5 т/га в варианте 1 количество аммонийного и нитратного азота в почве в среднем составило соответственно 22,9 мг/кг и 5,6 мг/кг, что по аммиачному азоту выше в 2 раза, а нитратному – меньше в 1,7 раза по сравнению с исходным содержанием. По подвижному фосфору и обменному калию в среднем составило 28 мг/кг и 169 мг/кг соответственно, что выше от исходного содержания в 2,8 раза по фосфору и 1,4 раза – по калию.

При внесении ОМУ в норме 10 т/га в варианте 2 количество аммиачного и нитратного азота в почве в среднем составило соответственно 26,2 мг/кг и 7,3 мг/кг, что по аммиачному азоту выше в 2,3 раза, а по нитратному азоту меньше в 1,3 раза по сравнению с исходным содержанием.

## Выводы

Рассматриваемые почвы отдельных массивов, взятых из различных ключевых участков Навоийской области, засолены в различной степени, в основном средне засолены, сумма водорастворимых солей по плотному остатку составляет 0,835 – 0,990 %, количество  $\text{Cl}^-$ -иона – 0,007 – 0,021 %, по  $\text{SO}_4$  – 0,42 – 0,580 % и тип засоления – хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный. На данной территории также встречаются сильно засоленные почвы, содержание в них водорастворимых солей по плотному остатку составляет 1,335 % и  $\text{Cl}^-$ -иону – 0,21 %,  $\text{SO}_4$  – 0,570 %, тип засоления – сульфатно-хлоридный.

Результаты показателей подверженности почв засолению, агрохимических свойств дают основание утверждать, что вносимые новые виды фосфорно-гуминовых органоминеральных удобрений способствуют повышению содержания питательных веществ в засоленных почвах средней и, возможно, сильной степени, тем самым позволяют повысить плодородие почвы и обеспечить растения необходимыми питательными элементами.

## Литература

1. Tashkuziev M. M., Berdiev T. T., Ochilov S. K. System of agricultural technologies aimed at improving of soil fertility and productivity of crops // *Proceedings of the Uzbek-Japan Symposium on Ecotechnologies. Innovation for sustainability-harmonizing science, technology and economic development with human and natural environment.* – Tashkent, 2016. – P. 215 – 222.
2. Тошқўзиев М. М., Бобоноров Б., Бердиев Т. Т. Сирдарё вилояти суғориладиган бўз-ўтлоки тупроқларнинг ювилиш натижасида хосса-хусусиятларини ўзгариши // *Хоразм Маъмун академияси ахборотномаси: илмий журнал.* – №4 – 1 (88), Хоразм Маъмун академияси, 2022. – 86 – 91 б.
3. М. М. Tashkuziev, T. T. Berdiev, S. K. Ochilov, O. G. Karabekov Agrotechnology of Soil Enrichment with Organic Substance in the System of Cotton Crop Rotation // *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 36(1): 131 – 137. doi: 10.47059/alinteri/V36I1/AJAS21019.
4. Ташкузиев М. М., Бердиев Т. Т., Очилов С. К. Агротехнология повышения плодородия подверженных засолению почв в условиях опустынивания и урожайности возделываемых культур // *Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник статей: XII Международная научно-практическая конференция.* – Барнаул, 2017. – Кн. 2. – С 294 – 296.
5. Ташкузиев М. М., Бердиев Т. Т., Очилов С. К., Карабеков О. Г., Каримов Х. Х., Атамуратов Ж. Показатели плодородия почвы и урожайности культур хлопкового севооборота при ведении органического земледелия // *Плодородие почв и эффективное применение удобрений. Материалы Международной научно-практической конференции.* – Минск, 2021. – С. 203 – 207.
6. Ташкузиев М. М. Методические указания по использованию содержания в почве общего гумуса и подвижных гумусовых веществ в качестве показателей ее плодородия. – Ташкент, 2006. – 47 с.
7. Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в поливных хлопковых районах // *Союз НИХИ.* – Ташкент, 1963. – С. 270 – 274.
8. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв / М.: Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.

# ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В КАЧЕСТВЕ МЕЛИОРАНТОВ ДЛЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВ

О. В. Броварова<sup>1</sup>, И. А. Перовский<sup>2</sup>, Д. А. Шушков<sup>2</sup>, И. Н. Бурцев<sup>2</sup>,  
Е. А. Веселков<sup>3</sup>, Г. В. Игнатьев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
Российская Федерация, 167023, г. Сыктывкар, ул. Ручейная, 27  
E-mail: olbrov@mail.ru

<sup>2</sup> Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
Российская Федерация, 167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 54  
E-mail: igor-perovskij@yandex.ru

<sup>3</sup>ООО «Вершина»  
Российская Федерация, г. Сыктывкар, ул. Колхозная, д. 3А  
E-mail: greatcity@bk.ru

**Резюме.** В данной исследовательской работе приведены данные по использованию вторичных минеральных ресурсов АО «Сыктывкарского ЛПК», на основе которых, разработаны оригинальные составы раскисляющих агрохимикатов «Эдемит» и «Пушонка плюс». Результаты исследования показали значительное изменение агрохимических характеристик почвы при применении исследуемых препаратов. Значение pH увеличивается в среднем с 4,6 до 6,6, степень насыщенности основаниями возрастает до 44 – 92 %, а гидролитическая кислотность снижается вдвое по сравнению с контрольным вариантом.

**Abstract.** This research paper presents data on the use of secondary mineral resources of JSC “Syktvykar LPC”, on the basis of which the original compositions of deoxidizing agrochemicals Edemit and Pushonka Plus have been developed. The results of the study showed a significant change in the agrochemical characteristics of the soil when using the studied drugs. The pH value increases on average from 4.6 to 6.6, the degree of saturation with bases increases to 44 – 92%, and the hydrolytic acidity is halved compared to the control version.

**Введение.** Почвенный покров Республики Коми представлен подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами, характеризующимися высокой кислотностью. Повышенная кислотность негативно сказывается на урожайности и качестве сельскохозяйственных культур, а также снижает эффективность внесения удобрений. Для оптимизации физико-химических характеристик почв и повышения их плодородия применяется известкование с использованием различных агрохимикатов.

Внесение мелиорантов в почву приводит к нейтрализации ее кислотности и улучшению агрофизических свойств верхнего плодородного слоя. Данный процесс сопровождается обогащением кальцием, снижением обменной и гидролитической кислотности, а также увеличением основания почвы [1]. Известкование почвы оказывает многогранное влияние на её свойства, способствуя созданию оптимальных условий для развития растений и активизации полезной микрофлоры. Использование мелиорантов позволяет уменьшать содержание под-

вижных форм алюминия, железа и марганца, которые переходят в нерастворимое состояние, что снижает их негативное влияние на растения [2, 3]. При внесении полной дозы извести в почву наблюдаются значительные изменения физико-химических параметров, которые сохраняются на протяжении 15 – 20 лет [4 – 6].

Отходы и побочные продукты переработки лесопромышленного комплекса могут рассматриваться как потенциальное сырье для изготовления известковых агрохимикатов. На АО «Сыктывкарский лесопромышленный комплекс» (АО «СЛПК») образуются значительные объемы некондиционного карбонатного минерального сырья, включая некондиционный оксид кальция с содержанием СаО менее 92 %, пыль электрофильтров и крупную фракцию химически осажденного карбоната кальция. Эти материалы возникают в процессе переработки известнякового сырья для получения химически осажденного карбоната кальция, используемого в качестве наполнителя при производстве бумаги. Кроме того, при сжигании кородревесных отходов на теплоэлектростанции образуется значительное количество золы. Указанные отходы представляют собой вторичные минеральные ресурсы, которые могут быть использованы для производства комплексного известкового агрохимиката.

**Объекты и методы исследований.** В качестве объектов исследований использовали агрохимикаты «Эдемит» и «Пушонка плюс». Агрохимикат «Эдемит» получали смешением пыли электрофильтров и кородревесной золы в таких соотношениях, чтобы содержание кальцита составляло не менее 70 %, а портландита – не более 15 %. Агрохимикат «Пушонка плюс» производили путем смешения гашеной извести, полученной из некондиционного оксида кальция, с кородревесной золой в таких соотношениях, чтобы содержание портландита составляло не менее 60 %, а кальцита – не менее 15 %.

Содержание основных элементов в образцах определено с помощью рентгенофлуоресцентного энергодисперсионного анализатора Clever A-17 с учетом потерь при прокаливании. Содержания гидратной воды и CO<sub>2</sub> определены нагреванием образца при температурах 520 и 975 °С соответственно, согласно ГОСТу 22688-2018. Рентгеновские профили для диагностики фазового состава получены на дифрактометре DX-2700BH для излучения CuK $\alpha$ , (40 кВ, 30 мА) с шагом 2 $\theta$ 0,05°. Термический анализ проведен с помощью дериватографов TGA/DSC 3+ и DTG-60A/60AH в атмосфере воздуха в интервале температур от 25 до 1000 °С при скорости нагрева 10 °С/мин.

Результаты и обсуждение. Для повышения эффективности производства агрохимикатов рекомендуется разрабатывать комплексные препараты, содержащие карбонат кальция и/или гашеную известь в сочетании с кородревесной золой. Включение кородревесной золы позволяет получить агрохимикат, содержащий кальций и полезные для почвы микроэлементы, такие как калий, фосфор и сера. Необходимо тщательно контролировать уровень содержания СаО в агрохимикатах, поскольку его избыточное количество может привести к значительному увеличению pH почвы. Это, в свою очередь, снижает доступность питательных веществ и негативно сказывается на росте и развитии растений.

По результатам проведенных исследований рекомендуется внедрение двух агрохимических препаратов, обозначенных как «Эдемит» и «Пушонка плюс». В таблице 1 представлен химический состав агрохимикатов.

*Таблица 1. Химический состав (мас. %) агрохимикатов «Эдемит» и «Пушонка плюс»*

| Образец | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO  | MgO  | CaO          | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SO <sub>3</sub> | п.п.п. | Cl         | Сумма |
|---------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|--------------|-------------------|------------------|-------------------------------|-----------------|--------|------------|-------|
| Эдемит  | 0,80             | 0,08             | 1,35                           | 1,11                           | 0,50 | 2,30 | <b>51,82</b> | 0,20              | <b>1,56</b>      | <b>1,78</b>                   | 1,80            | 36,70  | не<br>обн. | 100,0 |
| Пушонка | 0,60             | 0,03             | 0,80                           | 0,59                           | 0,29 | 0,76 | <b>62,94</b> | 0,20              | <b>0,48</b>      | <b>1,35</b>                   | 1,02            | 30,88  | не<br>обн. | 100,0 |

Содержание оксида кальция (CaO) в агрохимикатах «Эдемит» и «Пушонка плюс» составляет 51,82 % и 62,94 % соответственно. При этом потери при прокаливании для «Эдемита» составляют 36,70 %, а для «Пушонки плюс» – 30,88 %. В обоих продуктах присутствуют также полезные компоненты: оксид калия (K<sub>2</sub>O) в диапазоне от 0,48 до 1,56 %, оксид фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – от 1,35 до 1,78 %, оксид серы (SO<sub>3</sub>) – от 1,02 до 1,80 %, оксид магния (MgO) – от 0,76 до 2,30 %.

В вегетационный период 2024 года на опытном поле Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН были проведены полевые испытания агрохимикатов «Пушонка плюс» и «Эдемит». Почва участка, на котором проводились испытания, представляет собой супесчаную, слабоподзолистую почву с низким уровнем естественного плодородия до начала эксперимента. Для оценки необходимости известкования почвы были проведены комплексные агрохимические исследования, которые показали, что почва имеет следующие характеристики: уровень кислотности (рН) – 5,2, сумма поглощенных оснований – 3,43 ммоль/100 г, гидролитическая кислотность – 2,9 ммоль/100 г. Согласно классификации, по уровню рН почва относится к слабокислым [7]. Степень насыщенности основаниями составляет 54,3 %, что соответствует II группе почв, требующих известкования для улучшения агрохимических свойств и повышения плодородия.

Дозу мелиорантов определяли исходя из расчета 2/3 от полной гидролитической кислотности. Полная гидролитическая кислотность вычислялась путем умножения значения гидролитической кислотности на коэффициент 1,5 для карбонатов [8]. В результате рассчитанная полная доза мелиорантов составила 3 т/га. Если для известкования используются другие мелиоративные вещества, то вычисленную дозу известки корректируют с помощью коэффициентов: для MgCO<sub>3</sub> – 0,84, Ca(OH)<sub>2</sub> – 0,74, CaO – 0,54.

Исследование характеристик агрохимикатов выявило, что препарат «Эдемит» включает не менее 70 % карбоната кальция, а «Пушонка плюс» – не менее 60 % гидроксида кальция. Это позволяет уменьшить расчетную дозу до 2,2 т/га, соответствующую дозе, необходимой для Ca(OH)<sub>2</sub>. Однако финансовые ограничения часто приводят к тому, что сельскохозяйственные предприятия вносят агрохимикаты в меньших количествах. В результате минимальная применяемая доза мелиоранта составила 2 т/га.

В таблице 2 представлены результаты исследования агрохимических показателей почвы в начале вегетационного периода после однократного применения агрохимикатов «Эдемит» и «Пушонка плюс» в концентрациях 2 и 3 т/га.

*Таблица 2. Агрохимические показатели почвы опытных участков после внесения агрохимикатов в начале вегетационного периода*

| Вариант | рН  | Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г | Сумма поглощенных оснований, ммоль/100 г | Степень насыщенности почв основаниями, % |
|---------|-----|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| К–1     | 5,5 | 3,40                                     | 0,80                                     | 19,1                                     |
| К–2     | 4,8 | 3,19                                     | 0,71                                     | 19,5                                     |
| К–3     | 4,6 | 3,05                                     | 0,41                                     | 11,9                                     |
| К–4     | 4,7 | 2,80                                     | 0,46                                     | 14,2                                     |
| Э2–1    | 6,5 | 1,37                                     | 12,13                                    | 89,8                                     |
| Э2–2    | 6,2 | 1,50                                     | 6,50                                     | 81,3                                     |
| Э2–3    | 6,1 | 1,46                                     | 3,22                                     | 68,8                                     |
| Э2–4    | 6,0 | 1,37                                     | 1,11                                     | 44,8                                     |
| Э3–1    | 6,6 | 1,10                                     | 14,06                                    | 92,7                                     |

| Вариант | pH  | Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г | Сумма поглощенных оснований, ммоль/100 г | Степень насыщенности почв основаниями, % |
|---------|-----|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| ЭЗ–2    | 6,6 | 0,97                                     | 7,26                                     | 88,2                                     |
| ЭЗ–3    | 7,2 | 0,58                                     | 5,56                                     | 90,5                                     |
| ЭЗ–4    | 6,3 | 1,03                                     | 2,96                                     | 74,2                                     |
| ПЗ–1    | 6,4 | 1,53                                     | 11,54                                    | 88,3                                     |
| ПЗ–2    | 6,3 | 1,23                                     | 7,21                                     | 85,4                                     |
| ПЗ–3    | 6,2 | 1,08                                     | 2,56                                     | 70,4                                     |
| ПЗ–4    | 5,8 | 1,43                                     | 3,41                                     | 70,5                                     |
| ПЗ–1    | 6,2 | 1,43                                     | 7,53                                     | 84,0                                     |
| ПЗ–2    | 6,3 | 1,10                                     | 8,74                                     | 88,8                                     |
| ПЗ–3    | 7,0 | 0,60                                     | 6,05                                     | 90,9                                     |
| ПЗ–4    | 5,6 | 1,98                                     | 4,81                                     | 70,8                                     |

*Примечание:* К – контрольный участок без внесения агрохимикатов;  
 ЭЗ – агрохимикат «Эдемит» с концентраций 2 т/га;  
 ЭЗ – агрохимикат «Эдемит» с концентраций 3 т/га;  
 ПЗ – агрохимикат «Пушонка плюс» с концентраций 2 т/га;  
 ПЗ – агрохимикат «Пушонка плюс» с концентраций 3 т/га.

Известкование способствовало увеличению значения pH с 4,6 – 5,5 (среднее 4,9) до 5,6 – 7,2 (среднее 6,3). При этом показатели гидролитической кислотности снизились с 2,8 – 3,40 ммоль/100 г (среднее 3,11 ммоль/100 г) до 0,58 – 1,98 ммоль/100 г (среднее 1,24 ммоль/100 г) с контрольным вариантом. Степень насыщенности почв основаниями увеличилась примерно в 4 раза, достигнув значений 44 – 90 %, в то время как в контрольном варианте этот показатель составил 11 – 19 %. Наибольшее улучшение агрохимических показателей наблюдалось при использовании агрохимикатов в концентрации 3 т/га. Наилучшие результаты мелиорации почвы были достигнуты при применении агрохимиката «Эдемит» в концентрации 3 т/га.

## Выводы

Показано, что применение разработанных агрохимикатов «Эдемит» и «Пушонка плюс» для известкования кислых почв оказывает положительное влияние на агрохимические свойства почвы. Внесение агрохимикатов привело к значительному повышению pH в среднем с 4,9 до 6,3. При этом гидролитическая кислотность снизилась в среднем в 2,5 раза – с 3,11 до 1,24 ммоль/100 г. Степень насыщенности почв основаниями увеличилась примерно в 4 раза – с 11 – 19 до 44 – 90 %.

Полученные данные планируется использовать для получения сертификатов на агрохимикаты «Эдемит» и «Пушонка плюс» и их последующего вывода на рынок. Разработанные методы и подходы могут быть адаптированы и применены на других предприятиях лесопромышленного комплекса, где образуются аналогичные вторичные минеральные ресурсы.

*Исследования проведены в рамках тем госзадания ФИЦ Коми НЦ УрО РАН № – 122040600011-5, 1230330000036-5 и Соглашения о совместной научной деятельности между Институтом геологии и Институтом агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН от 24.04.2024, при финансовой поддержке гранта в форме субсидий Министерства науки и образования Республики Коми.*

## Литература

1. Тюрин И. В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. – М.: Наука, 1965. – 320 с.
2. Елькина Г. Я. Оптимизация минерального питания растений на подзолистых почвах. – Екатеринбург.: УрО РАН, 2008. – 276 с.
3. Шильников И. А., Сычев В. Г., Зеленов Н. А., Аканова Н. И. Известкование как фактор урожайности и почвенного плодородия. – М.: ВНИИА, 2008. – 340 с.
4. Витковская С. Е., Яковлев О. Н., Шаврина К. Ф. Влияние возрастающих доз доломитовой муки на кислотно-основные свойства дерново-подзолистой почвы // Агрохимия. – 2016. – №7. – С. 3 – 11.
5. Митрофанова Е. М. Влияние длительного применения минеральных удобрений и последствия известки на фосфатный режим дерново-поверхностно-подзолистой почвы Предуралья // Агрохимия. – 2016. – № 7. – С. 36 – 43.
6. Хомченко А. А., Булатова Н. В., Чеботарев Н. Т. Влияние известки и минеральных удобрений на агрохимические свойства и продуктивность дерново-подзолистой почвы // Земледелие. – 2016. – № 6. – С. 28 – 30.
7. Середина В. П., Спирина В. В. Показатели и методы оценки кислотно-основных и катионообменных свойств почв. – Томск: Томский государственный университет, 2009. – 130 с.
8. Минеев В. Г., Сычев В. Г., Гамзиков Г. П., Агафонов Е. В., Белоус Н. М., Егоров В. С., Подколзин А. И., Романенков В. А., Торшин С. П., Лапа В. В., Цыганов А. Р., Персикова Т. Ф., Сапаров А. С. Агрохимия. – М.: ВНИИА, 2017. – 854 с.

УДК 631.86

## ВЛИЯНИЕ ВИДОВ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

С. А. Замятин<sup>1</sup>, С. Г. Манишкин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Марийский НИИСХ – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока  
ул. Победы, 10, посёлок Руэм, Россия

<sup>2</sup>Марийский государственный университет  
площадь имени В. И. Ленина, 1, Йошкар-Ола, Россия

**Резюме.** В статье представлены экспериментальные данные исследований по изучению влияния разных видов (минеральных, органических, органо-минеральных) удобрений на формирование продуктивности яровой пшеницы, проведенных в Марийском НИИСХ – филиале ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2024 году. Применение удобрения Mari Ferti в дозе 600 кг/га, а также внесение нитроаммофоски и комплексное внесение минеральных и органических удобрений, рассчитанных по азоту удобрения Mari Ferti на дозу 600 кг/га, привело к прибавке урожая 0,61, 0,59 и 0,62 т/га относительно контроля, соответственно.

**Ключевые слова:** яровая пшеница, удобрение Mari Ferti, нитроаммофоска, урожайность.

**Abstract.** The article presents experimental data from studies on the influence of different types of fertilizers (mineral, organic, and organo-mineral) on the productivity of spring wheat conducted at the Mari Scientific Research Institute of Agriculture, a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the North-East Federal Agency for Scientific Centers, in 2024. The application of Mari Ferti fertilizer at a dose of 600 kg/ha, as well as the application of nitroammophoska and a complex application of mineral and organic fertilizers calculated based on the nitrogen content of

*Mari Ferti fertilizer at a dose of 600 kg/ha, led to an increase in yield of 0.61, 0.59, and 0.62 t/ha, respectively, compared to the control.*

**Keywords:** spring wheat, Mari Ferti fertilizer, nitroammophoska, yield.

В связи с высокой интенсивностью технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур проблемы снижения плодородия почв становятся основными для повышения продуктивности аграрного сектора [1, 2].

Проблема снижения плодородия почв в основном объясняется или снижением применения органических удобрений, или полностью их отсутствием. Поэтому в настоящее время очень важно использовать все органические резервы для воспроизводства эффективного плодородия почв [1, 3]. Навозосодержащие отходы птицеводства и животноводства могут относиться к основным источникам восполнения органического вещества почв и восстановления их плодородия, но при обязательной их подготовке для эффективного использования [3, 4, 5, 6]. Многие птицефабрики России в настоящее время оказались в сложной ситуации из-за большого скопления помета в помётохранилищах и отсутствия экологически безопасных приёмов подготовки и использования данных видов отходов [7]. Химический анализ помёта в помётохранилищах показывает, что при правильном способе их хранения он может быть наиболее эффективным органическим удобрением с высоким содержанием питательных веществ [3, 4, 8].

В российских научных изданиях птичий помёт характеризуется высоким содержанием элементов питания, которое может эффективно повышать урожайность сельскохозяйственных культур [4, 5]. Для повышения эффективности помётной массы и активности снижения патогенной микрофлоры необходимым приемом является предварительное ее биокomпостирование [4, 8].

Перспективным и современным методом переработки куриного помета стала их естественная и искусственная ферментация с последующей стадией компостирования. За счет высокой температуры данное удобрение теряет запах. После ферментации и грануляции в удобрении из куриного помета не бывает жизнеспособных семян сорняков, яиц и личинок гельминтов и мух, а при долгом хранении оно способно сохранять все свои полезные свойства [9].

Гранулированный птичий помёт, получаемый после ферментации и гранулирования, представляет собой комплексное органическое удобрение с полным набором макро- и микроэлементов для всех сельскохозяйственных культур. Макро- и микроэлементы в таких удобрениях находятся в доступном виде, хорошо усваиваются растениями, высвобождаются из гранул постепенно, обеспечивая питательную среду на более долгий срок. Гранулированное пометное удобрение удобно хранить и экономически выгоднее транспортировать.

С целью изучения действия гранулированного удобрения Mari Ferti из куриного помета на формирование урожайности яровой пшеницы в 2024 году проводились полевые исследования по следующей схеме:

1. Контроль (без удобрений).
2. Нитроаммофоска ( $N_{16} P_{16} K_{16}$ ) (138 кг/га).
3. Нитроаммофоска (206 кг/га).
4. Mari Ferti ( $N_{5,5} P_3 K_4$ ) (400 кг/га).
5. Mari Ferti (600 кг/га).

Совместное применение половинных доз Mari Ferti и нитроаммофоски:

6. Mari Ferti (200 кг/га) + Нитроаммофоска (69 кг/га).
7. Mari Ferti (300 кг/га) + Нитроаммофоска (103 кг/га).

Нитроаммофоска внесена в расчете по азоту органического удобрения Mari Ferti.

Гранулированный помёт характеризовался следующими показателями: содержание влаги – 10,0 – 11,0 %, содержание азота – 4,5 – 5,5 %, содержание фосфора – 3,0 – 3,5 %, содержание калия – 4,0 – 4,5 %, pH – 7,0 – 7,5, содержание органического вещества – 40,0 – 42,0 %, размер гранул – 6,0 x 10,0 мм.



Исследования проводились на опытном поле Марийского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Повторность однофакторного опыта четырёхкратная. Общая площадь делянки – 200 м<sup>2</sup>. Размещение делянок систематическое. Предшественник яровой пшеницы – озимая рожь. Дозы удобрений вносились вручную в первой декаде мая и сразу заделывались дискатором на глубину 10 – 12 см. Посев яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Баженка проводился в конце первой декады мая с нормой высева 5,5 млн всхожих семян на 1 га. Сорт Баженка характеризуется как среднеранний, среднерослый. Включен в Государственный реестр по Волго-Вятскому (4-й) региону. Колос пирамидальный, рыхлый – средней плотности, окрашен, с короткими остевидными отростками на конце. Плечо прямое, широкое. Зубец слегка изогнут, короткий. Зерновка окрашенная. Масса 1000 зерен 31 – 39 г. Устойчивость к полеганию выше средней. Умеренно восприимчив к септориозу. В полевых условиях мучнистой росой поражался слабо, бурой ржавчиной и пыльной головней – средне. Перед посевом семена яровой пшеницы характеризовались лабораторной всхожестью 97 %.

Погодные условия в вегетационный период 2024 года характеризовались для яровой пшеницы как достаточно засушливые. В мае погода варьировала от тёплой до прохладной. В среднем за месяц температура воздуха была прохладной, на 3,2 °C ниже климатической нормы. Устойчивый переход среднесуточной температуры через 10 °C произошел 15 мая. Осадки в течение месяца выпадали неравномерно. Дожди выпали 7, 8 и 31 мая. За месяц выпало 38,1 мм осадков, что составило 97 % от нормы. Условия для проведения посевных работ были благоприятными. Агрометеоусловия для прорастания зерна яровой пшеницы были удовлетворительными. Июнь характеризовался аномально теплым по температурному режиму, временами с умеренными дождями, о чём свидетельствует уровень ГТК за месяц (1,05 ед.). Количество осадков за месяц составило 64,1 мм (35 % от нормы), температура воздуха была +20,3 °C, что выше климатической нормы на 3,3 °C. Однако недостаток влаги и засушливые условия июня ограничили развитие растений в этот период. В начале месяца наблюдалась фаза трубкования, и в конце отмечалось колошение яровой пшеницы. В июле преобладала тёплая погода, температура воздуха в среднем 20,6 °C, что на 1,3 °C выше климатической нормы. Самая высокая температура (+34 °C) была 4 и 5 июля. Следует отметить, что даже непродолжительное воздействие высокотемпературного стресса сказывается отрицательно на развитии растений. За месяц выпало осадков 52 мм (68 % от нормы), основное количество пришлось на вторую и третью декады. ГТК за месяц составило 0,81 ед. В августе наблюдалась теплая погода. Среднесуточная температура составила +17,5 °C (выше нормы на 0,7 °C). За месяц выпало 54,2 мм осадков (84 % от нормы), основное их количество пришлось на первую и вторую декаду. Третья декада оказалась сухой, что позволило вовремя убрать урожай яровой пшеницы. Положительный момент в таких погодных условиях в том, что не отмечено существенного поражения растений грибными заболеваниями.

Как показали исследования, урожайность яровой пшеницы формировалась в основном за счет растений, сохранившихся к уборке, продуктивной кустистости, количества и массы зерен с колоса. Анализ полученных данных показывает, что на вариантах с использованием удобрения Mari Ferti и совместным применением минеральных и органических удобрений показатель полевой всхожести повысился на 1,8 – 2,5 % по сравнению с вариантом без удобрений. Сохранность растений к уборке на этих вариантах составила от 74,2 до 75,6 %, что было выше контрольного варианта на 0,8 – 2,3 %.

Результаты исследований по определению структуры урожайности яровой пшеницы показывают, что на фоне применения нитроаммофоски, удобрения Mari Ferti и совместно их внесения увеличивается количество зерен в колосе и масса зерна с одного колоса. В процентном отношении количество зерен в колосе и масса зерна с одного колоса увеличилась на 8,1 – 20,9 %, что говорит об эффективности действия изучаемых доз удобрений на показатели количества зерен в колосе и массы с одного колоса.

Результаты по определению массы 100 зерен говорят о незначительном влиянии изучаемых удобрений на данный показатель. Разница по сравнению с контролем составила 0,3 – 1,1 г, что соответствовало 0,9 – 3,8 %.

Показатель продуктивной кустистости в вариантах с разными видами удобрений составил от 1,02 – 1,06, что говорит о незначительном влиянии при их внесении весной.

Согласно данным урожайности, естественный фон почвы сформировал самую низкую урожайность (2,54 т/га) зерна яровой пшеницы (таблица). Применение минеральных удобрений существенно повышает величину урожайности на 0,34 – 0,59 т/га, или 13,4 – 23,2 %. От удобрения Mari Ferti в дозе 400 кг/га урожайность повысилась на 0,35 т/га, или 13,8 %. Повышение дозы удобрения Mari Ferti до 600 кг/га еще больше (на 0,61 т/га) повысило урожайность зерна яровой пшеницы.

Таблица 1. Урожайность яровой пшеницы (т/га)

| Варианты          | Урожайность, т/га | Прибавка |      |
|-------------------|-------------------|----------|------|
|                   |                   | т/га     | %    |
| 1                 | 2,54              |          |      |
| 2                 | 2,88              | 0,34     | 13,4 |
| 3                 | 3,13              | 0,59     | 23,2 |
| 4                 | 2,89              | 0,35     | 13,8 |
| 5                 | 3,15              | 0,61     | 24,0 |
| 6                 | 2,90              | 0,36     | 14,2 |
| 7                 | 3,16              | 0,62     | 24,4 |
| НСР <sub>05</sub> | 0,11              |          |      |

Высокую урожайность яровой пшеницы показало совместное применение минеральных и органических удобрений, рассчитанное по азоту удобрения Mari Ferti на дозу 400 кг/га. Урожайность составила 2,90 т/га, что на 0,36 т/га выше контрольного варианта, или 14,2 %. Наибольшая урожайность (3,16 т/га) сформирована с совместным применением минеральных и органических доз удобрений (в дозе 600 кг/га).

Результаты исследований показали, что повышение урожайности зерна яровой пшеницы в большей степени связано с увеличением количества зерен в колосе и массой зерна с колоса, а в меньшей степени – с повышением сохранности растений к уборке и продуктивной кустистости. Это объясняется тем, что удобрения Mari Ferti вносились весной, и в момент кущения только начали высвобождать питательные вещества, а в момент созревания доступность питательных веществ из внесенных удобрений гранулированного помета снизилась из-за низкой увлажненности почвы.

Таким образом, применение повышенных доз удобрений как минеральных, так и органических и совместных (минеральных и органических) привело к прибавке урожая яровой пшеницы. Применение удобрения Mari Ferti в дозе 600 кг/га, а также внесение нитроаммофоски и комплексное внесение минеральных и органических удобрений, рассчитанных по азоту удобрения Mari Ferti на дозу 600 кг/га, привело к прибавке урожая 0,61, 0,59 и 0,62 т/га относительно контроля, соответственно.

## Литература

1. Кузин Е. Н., Арефьев А. Н., Кузина Е. Е. Изменение плодородия почв: монография. – Пенза: РИО ПГСХА, 2013. – 266 с.
2. Очкина Н. С., Арефьев А. Н., Кузин Е. Н., Кузина Е. Е. Влияние известковых материалов и их сочетаний с птичьим пометом на плодородие чернозема выщелоченного // Нива Поволжья. – 2023. – № 1 (65). – 1011 с.

3. Чекаев Н. П., Кузнецов А. Ю., Власова Т. А. [и др.]. Отходы птицеводства в качестве удобрений: экологически безопасно и эффективно // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2015. – № 5 (27). – С. 130 – 134.
4. Попов Г. Н., Данилов А. Н., Белоголовцев В. П., Летучий А. В. Состав, свойства и специфика воздействия птичьего помета на плодородие темно-каштановой почвы // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 5. – С. 43 – 47.
5. Каменев Р. А. Проблемы использования птичьего помета в земледелии Ростовской области и пути их решения // Зерновое хозяйство России. – 2013. – № 6. – С. 44 – 47.
6. Куликова А. Х., Яшин Е. А., Волкова Е. С. Местные нетрадиционные ресурсы и отходы сельскохозяйственного производства как источники элементов питания растений // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 2 (58). – С. 60 – 66. – DOI 10.18286/1816-4501-2022-2-60-66.
7. Байбенев Р. Ф., Седых В. А., Поветкина Н. Л., Ермаков А. А. Влияние высоких доз птичьего помета на изменение калийного состояния дерново-подзолистых почв // Плодородие. – 2012. – № 3. – С. 24 – 25.
8. Иванов А. А., Матросова Л. Е., Тремасов М. Я. Получение и применение биоудобрения на основе птичьего помета / Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 4. – С. 28 – 30.
9. Апаева Н. Н. Эффективность применения гранулированного удобрения из птичьего помета при выращивании моркови столовой / Н. Н. Апаева, С. Г. Манишкин // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2022. – № 4 (26). – С. 48 – 53. – DOI: 10.24888/2541-7835-2022-26-48-53.

УДК 631.434.1

## СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНЫЙ СОСТАВ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В ЗЕРНОТРАВЯНОМ СЕВООБОРОТЕ ПОД ЯЧМЕНЕМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ

С. И. Зинченко, М. К. Зинченко, Л. Е. Рыжова, И. В. Князева  
ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр»  
Владимирская обл., г. Суздаль  
E-mail: zinchenkosergei@mail.ru

**Резюме.** Представлено исследование по изучению влияния приемов основной обработки под ячмень на структуру серой лесной среднесуглинистой почвы в период посева. Установлено, что наиболее высокие показатели коэффициента структурности были на вариантах с ежегодным рыхлением на 20 – 22 см и периодической ярусной вспашки с чередованием со вспашкой на 20 – 22 см – 0,73 – 1,15. На этих вариантах формируются и наиболее высокие показатели агрономически ценной фракции, превышающие целинные показатели на 16,7 – 27,9 %. На изучаемых вариантах в слое 0 – 20 см преобладали агрегаты размером 3 – 5 мм.

**Abstract.** A study is presented on the effect of basic processing techniques for barley on the structure of gray forest medium loamy soil during the sowing period. It was found that the highest values of the structural coefficient were in variants with annual loosening by 20 – 22 cm and with periodic longline plowing alternating with plowing by 20 – 22 cm – 0.73-1.15. These variants also produce the highest values of the agronomically valuable fraction, exceeding the virgin values by 16.7 – 27.9 %. In the studied variants, aggregates of 3 – 5 mm in size prevailed in the 0 – 20 cm layer.

В связи с необходимостью оценки современных и перспективных систем земледелия, мероприятий по управлению эколого-функциональным состоянием агроэкосистем и созданию новых, важное значение имеет способность экосистемы поддерживать устойчивое динамическое равновесие в изменяющихся условиях среды. Параметрами устойчивости агроэкосистемы являются функции, режимы и свойства почвы: структура, организация и продуктивность агрофитоценоза; структура и организация микробного сообщества; интенсивность и сбалансированность биогеохимического круговорота и др. [1].

Твердая фаза почв является очень сложной системой с различным химическим и минералогическим составом, которые в целом определяют почвенное плодородие. Почвенное плодородие во многом зависит от физических свойств почвы, среди которых особое значение имеет структура, оказывающая существенное влияние на ее строение, плотность, водный, воздушный и тепловой режимы. Являясь важным показателем физического состояния плодородной почвы, структура определяет благоприятное строение ее пахотного слоя, водные, водно-механические и технологические свойства. Почвенная структура является основным фактором, контролирующим процессы микробиологического разложения почвенного органического вещества, так как органическое вещество, связываясь с глинистыми минералами, входит в состав структурных отдельностей почвы [2, 3, 4].

В связи с исследованиями по разработке адаптивно-ландшафтного подхода в земледелии, для стабильного ведения сельскохозяйственного производства повышаются требования к охране и рациональному использованию почвы и земельных ресурсов в целях обеспечения возможности выполнения ими в полной мере важнейших экологических функций в биосфере. Для рационального использования агрогенных почв в зоне Верхневолжья, защиты их от различного рода проявления эрозионных процессов и дальнейшей деградации необходимо сосредоточить внимание на структурном состоянии почвенного покрова. Для оценки изменений структуры пахотных почв Верхневолжского региона в процессе их длительного использования нами проведен сравнительный анализ этого показателя с их природными аналогами – экосистемами целинных почв.

Для успешного усовершенствования теоретических основ и методов прогноза агроклиматических рисков в земледелии Владимирского ополья необходимо изучение агрофизических параметров плодородия серой лесной почвы, используемых в системе адаптивно-ландшафтного земледелия.

В задачу исследований входит: изучить влияние длительного антропогенного воздействия (приемы основной обработки) в стационарных полевых опытах на структуру серой лесной почвы под яровым ячменем.

Цель проводимых исследований – изучить влияние длительного антропогенного воздействия (приемы основной обработки) в стационарных полевых опытах на структуру серой лесной среднесуглинистой почвы Верхневолжья под яровым ячменем.

Объектом исследования в 2017, 2018, 2023 гг. явилась серая лесная среднесуглинистая почва Верхневолжского региона, расположенная на целинном участке и полевом стационарном опыте ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» (заложенном в 1986 г.). Образцы почвы на изучаемом опытном участке отбирались в четырехкратной повторности из слоя 0 – 10 и 10 – 20 см перед посевом ярового ячменя. В этот же период и на целинном участке.

Почва – серая лесная среднесуглинистая. Мощность гумусового горизонта А (Ап + А1) – 28 – 34 см характеризуется комковатой структурой и плотным сложением;  $pH_{kcl}$  – 4,91 – 5,37; содержание гумуса варьирует от 2,2 до 3,4 %; подвижный  $P_2O_5$  (по Кирсанову) – 155,4 – 183,2 мг/кг; обменный  $K_2O$  (по Масловой) – 156,8 – 178,6 мг/кг почвы. Почвообразующая порода – пылеватые покровные суглинки, лессовидные карбонатные суглинки, содержащие большое количество известковых конкреций.

Агрофизические свойства пахотного слоя включали определение:

- структуры почвы – метод И. И. Савинова [5];
- водопрочности почвенных агрегатов – метод И. М. Бакшеева [6];
- коэффициент структурности определялся посредством расчета отношения массы комковато-зернистой фракции почвы (10 – 0,25 мм) к массе агрегатов размером более 10 мм и менее 0,25 мм. Полученные данные подвергались статистической обработке [7].

Учеты и отборы почвенных образцов проводили на двух несмежных или на всех повторениях опытов методом случайных выборок [7].

Для характеристики действия многолетнего применения приемов основной обработки под ячмень на ее структуру мы использовали показатель коэффициента структурности.

Глубина, способ и интенсивность воздействия на почву приемами обработки оказывали существенное влияние на изменение содержания структурных агрегатов различного размера.

Коэффициент структурности на всех вариантах основной обработки был выше показателя на целинном участке в 1,4 – 3,38 раза (табл. 1).

*Таблица 1. Влияние приемов обработки под ячмень на структуру серой лесной почвы, %.  
Слой 0 – 20 см. Среднее за три года*

| Вариант | Размер агрегатов, мм |           |        |       |       |       |       |          |      |        | Коэффициент структурности |
|---------|----------------------|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|----------|------|--------|---------------------------|
|         | > 10                 | 10 – 0,25 | 10 – 7 | 7 – 5 | 5 – 3 | 3 – 2 | 2 – 1 | 1 – 0,25 | 0,25 | < 0,25 |                           |
| Целина  | 74,1                 | 25,6      | 8,5    | 6,8   | 5,3   | 2,4   | 1,5   | 0,7      | 0,4  | 0,3    | 0,34                      |
| 1       | 67,0                 | 32,8      | 7,4    | 7,5   | 10,8  | 4,1   | 2,1   | 0,6      | 0,3  | 0,2    | 0,48                      |
| 2       | 46,3                 | 53,5      | 9,8    | 13,8  | 17,2  | 7,6   | 3,8   | 1,1      | 0,2  | 0,2    | 1,15                      |
| 3       | 56,2                 | 43,6      | 8,2    | 8,4   | 14,1  | 7,6   | 3,9   | 1,1      | 0,3  | 0,2    | 0,77                      |
| 4       | 57,5                 | 42,3      | 10,1   | 9,4   | 12,7  | 5,4   | 3,5   | 0,9      | 0,3  | 0,2    | 0,73                      |
| 5       | 62,1                 | 37,7      | 8,4    | 8,8   | 12,3  | 4,4   | 2,8   | 0,8      | 0,2  | 0,2    | 0,60                      |

Наиболее высокие показатели коэффициента структурности были на вариантах с ежегодным рыхлением на 20 – 22 см и периодической ярусной вспашки с чередованием со вспашкой на 20 – 22 см – 0,73 – 1,15. На этих вариантах формируются и наиболее высокие показатели агрономически ценной фракции, превышающие целинные показатели на 16,7 – 27,9 %.

Если в почве целинного участка содержание агрономически ценных агрегатов постепенно снижалось от агрегатов размером 10 – 7 мм к агрегатам 0,25 мм. То на изучаемых вариантах преобладали агрегаты размером 3 – 5 мм. Хорошо оструктуренная почва после обработки имеет более рыхлое сложение, высокую степень влагоемкости и водопроницаемости, что повышает ее устойчивость к водной эрозии за счет быстрого перевода поверхностного стока во внутриверховный.

Содержание микроагрегатов в результате приемов основной обработки не изменялось в сравнении с целинным участком (0,3 %) и было на уровне 0,2 %, независимо от приемов основной обработки.

Важным показателем качества структурных агрегатов является сопротивление их размывающему воздействию воды (табл. 2).

Освоенный в опыте зернотравяной севооборот с двумя годами многолетних трав и применяемая система удобрений в сочетании с высоким исходным уровнем окультуренности почвы обеспечивали поддержание содержания водопрочных агрегатов на высоком уровне.

Количество почвенных агрегатов размером менее 0,25 мм по вариантам опыта в слое 0 – 20 см составляло 25,4 – 31,9 %.

*Таблица 2. Водопрочность почвенных агрегатов в зависимости от приемов основной обработки под ячмень, %. В слое 0 – 20 см. Среднее за три года*

| № | Вариант опыта                          | Фракции, мм |        | Оценка водопрочности |
|---|----------------------------------------|-------------|--------|----------------------|
|   |                                        | > 0,25      | < 0,25 |                      |
|   | Целина                                 | 86,3        | 23,7   | Избыточно высокая    |
| 1 | Поверхностная на 6 – 8 см              | 74,3        | 25,7   | Отличная             |
| 2 | Плоскорезная на 20 – 22 см             | 74,6        | 25,4   | Отличная             |
| 3 | Отвальная на 20 – 22 см (контроль)     | 69,2        | 30,8   | Отличная             |
| 4 | Сочетание отвальной с двухъярусной     | 68,1        | 31,9   | Отличная             |
| 5 | Сочетание поверхностной с двухъярусной | 70,6        | 29,4   | Отличная             |
|   | НСР <sub>05</sub>                      | 7,5         | 6,0    | —                    |

Так, в период посева ячменя водопрочность структуры в слоях почвы не зависела от приемов и глубины основной обработки (табл. 3) и соответствовала отличной оценке водопрочности. В слое 0 – 20 см она была на уровне 68,1 – 74,6 % (НСР<sub>05</sub> = 7,5 %).

**Таким образом,** наиболее высокие показатели коэффициента структурности были на вариантах с ежегодным рыхлением на 20 – 22 см и периодической ярусной вспашки с чередованием со вспашкой на 20 – 22 см – 0,73 – 1,15. На этих вариантах формируются и наиболее высокие показатели агрономически ценной фракции, превышающие целинные показатели на 16,7 – 27,9 %.

На изучаемых вариантах в слое 0 – 20 см преобладали агрегаты размером 3 – 5 мм.

Длительное применение разных по интенсивности приемов основной обработки серой лесной почвы под ячмень обеспечивало в слое 0 – 20 см содержание водопрочных агрегатов на уровне – 68,1 – 74,6 % (НСР<sub>05</sub> = 7,5%), что соответствовало отличной оценке водопрочности.

## Литература

1. Коротков А. А. О характере почвообразования в пахотных дерново-подзолистых почвах / А. А. Коротков // Почвоведение. – 1972. – № 4. – С. 15 – 23.
2. Савиннов Н. И. Структура почвы и ее прочность на целине, перелог и старопахотных участках. – М.: Сельхозгиз, 1931. – 46 с.
3. Кирюшин В. И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
4. Зинченко С. И. Основы обработки черноземов // Российская акад. с.-х. наук. – М., 2006. – 246 с.
5. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 415 с.
6. Методическое руководство по изучению почвенной структуры. – Л., 1969. – 509 с.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ИХ КОМБИНАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ МАРИЙСКОГО РЕГИОНА

С. А. Замятин<sup>1</sup>, С. Г. Манишкин<sup>2</sup>, В. Р. Габдуллин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Марийский НИИСХ – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока  
п. Руэм, ул. Победы, д. 10, Россия

<sup>2</sup>Марийский государственный университет  
площадь Ленина, 1, Йошкар-Ола, Респ. Марий Эл, Россия

<sup>3</sup>Марийский филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба»  
ул. Тельмана, 56А, Йошкар-Ола, Россия

**Резюме.** Исследования проводили с целью оценки влияния органических (удобрение *Mari Ferti*) и минеральных (нитроаммофоска) удобрений, а также их сочетания на урожайность клубней картофеля. Наименьший показатель урожайности наблюдался в варианте без использования удобрений – 31,2 т/га. Применение минеральных удобрений позволило увеличить этот показатель на 8,3 т/га (или на 26,6 %). Дальнейшее увеличение дозы минеральных удобрений (до 206 кг нитроаммофоски на гектар) привело к дополнительному росту урожайности клубней картофеля до 42,3 т/га, что соответствует прибавке в 11,1 т/га (или 35,6 %). Использование удобрения *Mari Ferti* в дозировках 400 и 600 кг на гектар также положительно сказалось на урожайности картофеля, повысив её до 39,8 и 42,6 т/га соответственно. По сравнению с вариантом без внесения удобрений, прирост составил 8,6 и 11,4 т/га (или 27,6 % и 36,5 %). Наиболее высокие результаты были достигнуты при совместном применении половины доз минеральных и органических удобрений, исходя из содержания азота в гранулированном органическом удобрении *Mari Ferti*. При дозировке 400 и 600 кг на гектар прибавка составила 8,9 и 11,6 т/га (или 28,5 % и 37,2 % соответственно).

**Ключевые слова:** картофель, эффективность, удобрение *Mari Ferti*, нитроаммофоска, урожайность, болезни.

**Abstract.** The study was conducted to assess the effect of organic (*Mari Ferti* fertilizers) and mineral (nitroammophoska) fertilizers, as well as their combination, on potato tuber yield. The lowest yield was observed in the variant without fertilizers – 31.2 t/ha. The use of mineral fertilizers increased this indicator by 8.3 t/ha (or 26.6 %). A further increase in the dose of mineral fertilizers (up to 206 kg of nitroammophoska per hectare) led to an additional increase in potato tuber yield to 42.3 t/ha, which corresponds to an increase of 11.1 t/ha (or 35.6 %). The use of *Mari Ferti* fertilizer at doses of 400 and 600 kg per hectare also had a positive effect on potato yield, increasing it to 39.8 and 42.6 t/ha, respectively. Compared to the variant without fertilizer application, the increase was 8.6 and 11.4 t/ha (or 27.6 % and 36.5 %). The highest results were achieved with the combined application of half doses of mineral and organic fertilizers, based on the nitrogen content in *Mari Ferti* granular organic fertilizer. At a dosage of 400 and 600 kg per hectare, the increase was 8.9 and 11.6 t/ha (or 28.5 % and 37.2 %, respectively).

**Keywords:** potatoes, efficiency, *Mari Ferti* fertilizer, nitroammophoska, yield, diseases.

Сегодня при возделывании картофеля в условиях интенсивного земледелия невозможно получить высокие урожаи без внесения удобрений. Однако надо отметить, что бездумное уве-

личение внесения удобрений не всегда приводит к увеличению урожайности. Здесь прослеживаются негативные стороны, которые связаны, прежде всего, с нарушением экологической системы. Для решения этой проблемы в мире и Российской Федерации, а также в республике Марий Эл активно внедряют приемы биологизации земледелия [1, 2].

Картофель – важнейший продукт питания универсального назначения. В нем содержатся необходимые вещества для организма человека – белок, крахмал, витамины и др. [3, 4]. Эти преимущества наравне с большим валовым сбором с единицы площади повышают значимость этой культуры, и поэтому посадочные площади под ней постоянно растут [5, 6].

Максимального уровня урожайности картофеля можно достичь лишь при обеспечении потребности растений во всех элементах в нужных пропорциях, то есть при сбалансированном минеральном питании [7, 8]. Стабильный рост урожайности клубней картофеля может быть достигнут только на основе сохранения и постепенного улучшения почв, определяющих их потенциальное плодородие [9].

Неблагоприятные экологические последствия одностороннего применения агрохимикатов диктуют необходимость разработки альтернативных приемов выращивания картофеля [10]. Особое значение этот вопрос приобрел в связи с развитием производства органических продуктов питания, в том числе картофеля.

ООО «ГринАгро» занимается производством гранулированного органического удобрения Mari Ferti из куриного помета. После процесса ферментации и компостирования удобрение теряет неприятный запах благодаря воздействию высоких температур. В результате обработки уничтожается патогенная микрофлора, а семена сорняков становятся невсхожими. Это делает продукт экологически безопасным. Удобрение богато макро- и микроэлементами, что способствует улучшению структуры почвы и повышению её плодородия. Птичий помет ценится за способность обогащать почву питательными веществами и увеличивать содержание органических веществ [11].

Цель исследований – оценка действия органических и минеральных удобрений и их сочетания на урожайность клубней картофеля на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве Республики Марий Эл.

Клубни высаживали на 7 фонах питания:

1. Естественный фон (контроль).
2. Нитроаммофоска ( $N_{16} P_{16} K_{16}$ ) (138 кг/га).
3. Нитроаммофоска (206 кг/га).
4. Mari Ferti ( $N_{5,5} P_3 K_4$ ) (400 кг/га).
5. Mari Ferti (600 кг/га).

Совместное применение половинных доз Mari Ferti и нитроаммофоски:

6. Mari Ferti (200 кг/га) + Нитроаммофоска (69 кг/га).
7. Mari Ferti (300 кг/га) + Нитроаммофоска (103 кг/га).

Нитроаммофоска внесена в расчете по азоту органического удобрения Mari Ferti.

Гранулированный помет характеризовался следующими показателями: содержание влаги – 10,0 – 11,0 %, содержание азота – 4,5 – 5,5 %, содержание фосфора – 3,0 – 3,5 %, содержание калия – 4,0 – 4,5 %, pH – 7,0 – 7,5, содержание органического вещества – 40,0 – 42,0 %, размер гранул 6,0 x 10,0 мм.

Исследования были проведены на опытном поле Марийского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Опыт был однофакторным с четырехкратной повторностью. Площадь каждой делянки составляла 200 квадратных метров, размещение делянок было систематическим. Удобрения вносились вручную в первой декаде мая и сразу же заделывались дисковым на глубину 10 – 12 сантиметров. Объектами исследования являлись растения картофеля сорта Гала. Предшествующей культурой для картофеля была белокочанная капуста.



ста. Агротехнические мероприятия при выращивании картофеля соответствовали принятым стандартам для условий Республики Марий Эл.

Применение удобрений как минеральных, так и органических Mari Ferti существенно повысило урожайность картофеля сорта Гала (табл. 1). Наименьшая урожайность была сформирована в варианте «без удобрений» (31,2 т/га). Применение минеральных удобрений способствовало повышению урожайности на 8,3 т/га, или 26,6 %. Увеличение минеральных удобрений (нитроаммофоска до 206 кг/га, в физическом весе) дополнительно увеличило урожайность картофеля до 42,3 т/га. Прибавка урожая составила 11,1 т/га, или 35,6 %.

Применение удобрения Mari Ferti в дозах 400 и 600 кг/га способствовало увеличению урожайности картофеля до 39,8 и 42,6 т/га соответственно. Прибавка урожая по сравнению с естественным фоном плодородия составила 8,6 и 11,4 т/га, или 27,6 и 36,5 % соответственно.

Еще выше показана урожайность картофеля от совместного применения половинных доз минеральных и органических удобрений, рассчитанных по азоту гранулированных органических удобрений Mari Ferti в дозах 400 и 600 кг/га. Прибавка составила 8,9 и 11,6 т/га (или 28,5 и 37,2 %) соответственно.

Погодные условия этого года повлияли на распространение болезней картофеля (табл. 2).

Таблица 1. Урожайность картофеля (т/га), 2024 г.

| Варианты          | Урожайность, т/га | Прибавка |      |
|-------------------|-------------------|----------|------|
|                   |                   | т/га     | %    |
| 1                 | 31,2              |          |      |
| 2                 | 39,5              | 8,3      | 26,6 |
| 3                 | 42,3              | 11,1     | 35,6 |
| 4                 | 39,8              | 8,60     | 27,6 |
| 5                 | 42,6              | 11,40    | 36,5 |
| 6                 | 40,1              | 8,90     | 28,5 |
| 7                 | 42,8              | 11,60    | 37,2 |
| НСР <sub>05</sub> | 4,1               |          |      |

Таблица 2. Поражённость картофеля болезнями, балл, 2024 г.

| Варианты                      |              | 1(к) | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------------------------|--------------|------|---|---|---|---|---|---|
| Всходы, высота растений 10 см | ризоктониоз  | 9    | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
|                               | альтернариоз | –    | – | – | – | – | – | – |
|                               | фитофотроз   | –    | – | – | – | – | – | – |
| Бутонизация                   | Ризоктониоз  | 7    | 7 | 7 | 9 | 9 | 9 | 9 |
|                               | альтернариоз | 8    | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
|                               | фитофотроз   | 9    | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Перед уборкой                 | Ризоктониоз  | 5    | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 |
|                               | альтернариоз | 6    | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |
|                               | фитофотроз   | 7    | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 |

Примечание: 1 – 3 – поражение максимально; 5 – средний; 7 – 9 – поражение минимально.

В фазе всходов распространенность ризоктониоза на всех вариантах опыта была минимальной (9 баллов). Альтернариоз и фитофтороз вообще не обнаружены.

К фазе бутонизации в варианте без применения удобрений и при применении только минеральных удобрений распространение ризоктониоза проявилось по 7 баллу. А в остальных вариантах (при применении удобрения Mari Ferti и при совместном применении минеральных и органических удобрений) ризоктониоза проявилось в меньшей степени (9 баллов). В эту же фазу проявился и альтернариоз по 8 баллу и фитофтороз по 9 баллу. Перед уборкой картина распространения болезней выглядела следующей. Наибольшее распространение ризоктониоза (5 баллов) и фитофтороза (7 баллов) было в контрольном варианте. Применение минеральных удобрений снизило распространенность ризоктониоза и фитофтороза на 1 балл и составило 6 и 8 баллов соответственно. Альтернариоз на этих вариантах распространился одинаково и составил 6 баллов. Применение удобрения Mari Ferti или совместное применение минеральных и органических удобрений понизило распространенность болезней картофеля ризоктониозом до 8 баллов, альтернариозом – до 7 баллов, фитофторозом – до 9 баллов.

Таким образом, на стадии всходов распространенность ризоктониоза во всех вариантах составляла минимальные 9 баллов; альтернариоз и фитофтороз отсутствовали. К фазе бутонизации ризоктониоз проявлялся сильнее в вариантах без удобрений и с одними минеральными удобрениями (по 7 баллов), тогда как на вариантах с Mari Ferti и смешанными удобрениями болезнь оставалась менее выраженной (9 баллов). Также появились альтернариоз (8 баллов) и фитофтороз (9 баллов). Перед уборкой наибольшая распространенность ризоктониоза (5 баллов) и фитофтороза (7 баллов) отмечалась в контроле. Минеральные удобрения снижали эти показатели на 1 балл, а альтернариоз составлял 6 баллов. Использование Mari Ferti или сочетание минеральных и органических удобрений уменьшало распространенность ризоктониоза до 8 баллов, альтернариоза – до 7 баллов и фитофтороза – до 9 баллов.

Пищевая ценность растительных образцов определяется их химическим составом. Результаты химического анализа образцов картофеля показывают, что увеличение количества внесенных питательных веществ (с помощью минеральных удобрений, удобрений Mari Ferti или их совместное применение) приводит к повышению уровня содержания этих элементов в растениях (табл. 3). Эта зависимость сохраняется независимо от того, анализируется ботва или клубни.

*Таблица 3. Химический состав растительных образцов картофеля*

| Вариант      | Показатели содержания ботва/клубни |      |           |      |          |      |          |     |
|--------------|------------------------------------|------|-----------|------|----------|------|----------|-----|
|              | Азот, %                            |      | Фосфор, % |      | Калий, % |      | Влага, % |     |
| 1 (контроль) | 0,95                               | 1,78 | 0,41      | 1,01 | 0,81     | 1,64 | 7,5      | 8,7 |
| 2            | 1,07                               | 1,83 | 0,47      | 1,08 | 0,96     | 1,66 | 8,7      | 9,7 |
| 3            | 1,11                               | 1,90 | 0,54      | 1,10 | 1,09     | 1,93 | 8,0      | 9,1 |
| 4            | 0,98                               | 1,88 | 0,55      | 1,11 | 0,82     | 1,93 | 8,5      | 9,5 |
| 5            | 1,25                               | 1,99 | 0,62      | 1,19 | 1,09     | 2,35 | 8,3      | 9,6 |
| 6            | 1,19                               | 1,85 | 0,43      | 1,08 | 1,21     | 2,07 | 7,3      | 9,5 |
| 7            | 1,23                               | 1,93 | 0,55      | 1,16 | 1,37     | 2,34 | 8,7      | 9,3 |

Таким образом, наименьший показатель урожайности картофеля наблюдался в варианте без использования удобрений – 31,2 т/га. Применение минеральных удобрений позволило увеличить этот показатель на 8,3 т/га (или на 26,6 %). Дальнейшее увеличение дозы

минеральных удобрений (до 206 кг нитроаммофоски на гектар) привело к дополнительному росту урожайности клубней картофеля до 42,3 т/га, что соответствует прибавке в 11,1 т/га (или 35,6 %). Использование удобрения Mari Ferti в дозировках 400 и 600 кг на гектар также положительно сказалось на урожайности картофеля, повысив её до 39,8 и 42,6 т/га соответственно. По сравнению с вариантом без внесения удобрений, прирост составил 8,6 и 11,4 т/га (или 27,6 % и 36,5 %). Наиболее высокие результаты были достигнуты при совместном применении половины доз минеральных и органических удобрений, исходя из содержания азота в гранулированном органическом удобрении Mari Ferti. При дозировке 400 и 600 кг на гектар прибавка составила 8,9 и 11,6 т/га (или 28,5 % и 37,2 % соответственно).

## Литература

1. Чуян Н. А., Брескина Г. М., Окунева А. А. Влияние биологизации земледелия на продуктивность зернотравянопропашного севооборота // *Земледелие*. – 2023. – № 3. – С. 12 – 16.
2. Апаева Н. Н., Манишкин С. Г. Влияние органического гранулированного удобрения из птичьего помета на урожайность и качество капусты белокочанной // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2023. – № 11 (137). – С. 1 – 5. – DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.137.87>
3. Сердеров В. К., Караев М. К., Сердерова Д. В. Перспективные сорта картофеля для промышленной переработки в Дагестане // *Российская сельскохозяйственная наука*. – 2020. – № 3. – С. 18 – 20.
4. Оленин О. А. Звено севооборота с сидеральным паром, органическая система удобрений и поверхностная основная обработка почвы // *Аграрный вестник Урала*. – 2017. – № 2 (156). – С. 42 – 50.
5. Тульчеев В. В., Жевора С. В., Гордиенко Н. Н. [и др.]. Рынок картофеля и картофелепродуктов в России // *Достижения науки и техники АПК*. – 2022. – Т. 36. – № 7. – С. 97 – 100.
6. Артамонов С. Г., Владимиров В. П., Мостякова А. А. Формирование урожая и качество клубней среднераннего картофеля сорта Гала в зависимости от вносимых доз калийных удобрений на серой лесной почве лесостепи Среднего Поволжья // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. – 2019. – Т. 14. – № 2 (53). – С. 10 – 14.
7. Замятин С. А., Максимова Р. Б., Максуткин С. А. Эффективность применения биологических препаратов ПроРостим на картофеле // *Вестник Российской сельскохозяйственной науки*. – 2024. – № 6. – С. 23 – 26. – DOI: 10.31857/S2500208224060062, EDN: WUWWZM.
8. Черемисин А. И., Кумпан В. Н. Применение биопрепаратов комплексного действия и биоудобрений в оригинальном семеноводстве картофеля // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. – 2017. – № 1 (25). – С. 28 – 34.
9. Байбеков Р. Ф., Коваленко А. А., Забугина Т. М. Эффективность систем удобрений картофеля на дерново-подзолистой почве разной степени окультуренности // *Земледелие*. – 2021. – № 8. – С. 23 – 27.
10. Агиева Г. Н., Нижегородцева Л. С., Диабанкана Р. Ж. К. [и др.]. Приемы повышения эффективности применения биологических препаратов в растениеводстве // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. – 2020. – Т. 15. – № 4 (60). – С. 5 – 9. – DOI: 10.12737/2073-0462-21-5-9.
11. Манишкин С. Г., Апаева Н. Н. Инновационный подход к применению птичьего помета на посевах яровой пшеницы // *ДПО АПК: Научное обеспечение: материалы II Международной научно-практической конференции «Андреевские чтения»*. – Москва, 2021. – С. 453 – 459.

# ОЦЕНКА ПРОФИЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ЛОКАЛЬНО НАРУШЕННЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА РГАУ-МСХА ИМЕНИ К. А. ТИМИРЯЗЕВА

М. С. Мокина, Д. В. Морев

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: dmorev@rgau-msha.ru

**Резюме.** Работа посвящена изучению распределения редких и редкоземельных элементов (скандия, иттрия, празеодима, самария и ванадия) в профиле локально нарушенных дерново-подзолистых почв агроэкологического стационара РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева и его влияния на продуктивность горчицы белой (*Sinapis Alba*). В результате исследований было выявлено поверхностное накопление для большинства элементов (кроме иттрия и ванадия). Отмечается наличие обратных корреляционных связей отдельных редкоземельных элементов с продуктивностью растений горчицы в горизонтах 20 – 40 см и ниже ( $r = -0,62$  и более низкие значения).

**Abstract.** The work is devoted to the study of the distribution of rare and rare earth elements (scandium, yttrium, praseodymium, samarium and vanadium) in the profile of locally disturbed sod-podzolic soils of the agroecological stationary of the RSAU-MTAA and its effect on the productivity of white mustard (*Sinapis Alba*). As a result of the research, surface accumulation was revealed for most elements (except yttrium and vanadium). The presence of inverse correlations of individual rare earth elements with the productivity of mustard plants in the horizons of 20 – 40 cm and below is noted ( $r = -0.62$  and lower values).

Использование редкоземельных элементов имеет растущие тренды не только в промышленности, микроэлектронике и оборонных целях, но и в сельском хозяйстве. В интенсивных системах земледелия начинают применять удобрения с добавлением таких редких элементов, как празеодим в ряде стран мира и демонстрируют рост урожайности. Однако вопросы, связанные с поведением редких и редкоземельных элементов в различных компонентах окружающей среды, в том числе почвах и растениях, остаются малоизученными [1, 2].

Цель работы состояла в проведении оценки распределения редких элементов в профиле нарушенных дерново-подзолистых почв, их влияния на продуктивность горчицы белой и потенциальных возможностей использования в составе удобрений как компонента интенсивных систем земледелия.

В качестве объекта исследований был выбран полевой участок агроэкологического стационара РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева с горчицей белой (*Sinapsis alba*), площадью 2 га (55°50'24.7»N 37°33'05.7»E). Территория характеризуется слабым (менее 1°) уклоном и выраженным микрорельефом, который представлен в виде понижений в центральной части участка и бороздами. Почвенный покров участка нарушен в отдельных частях с поверхности вследствие насыпного грунта, полученного при закладке мелиоративных каналов, проложенных в непосредственной близости к территории. Отмечаются также локальные очаги загряз-

нений тяжелыми металлами вследствие длительного использования прилегающей территории в форме гаражного кооператива с автосервисом [3].

Пробы почвы и растений отбирали на случайно расположенных ключевых точках, распределенных по всей площади (рис. 1), с точной привязкой (с помощью системы GNSS Stonex S9 III).

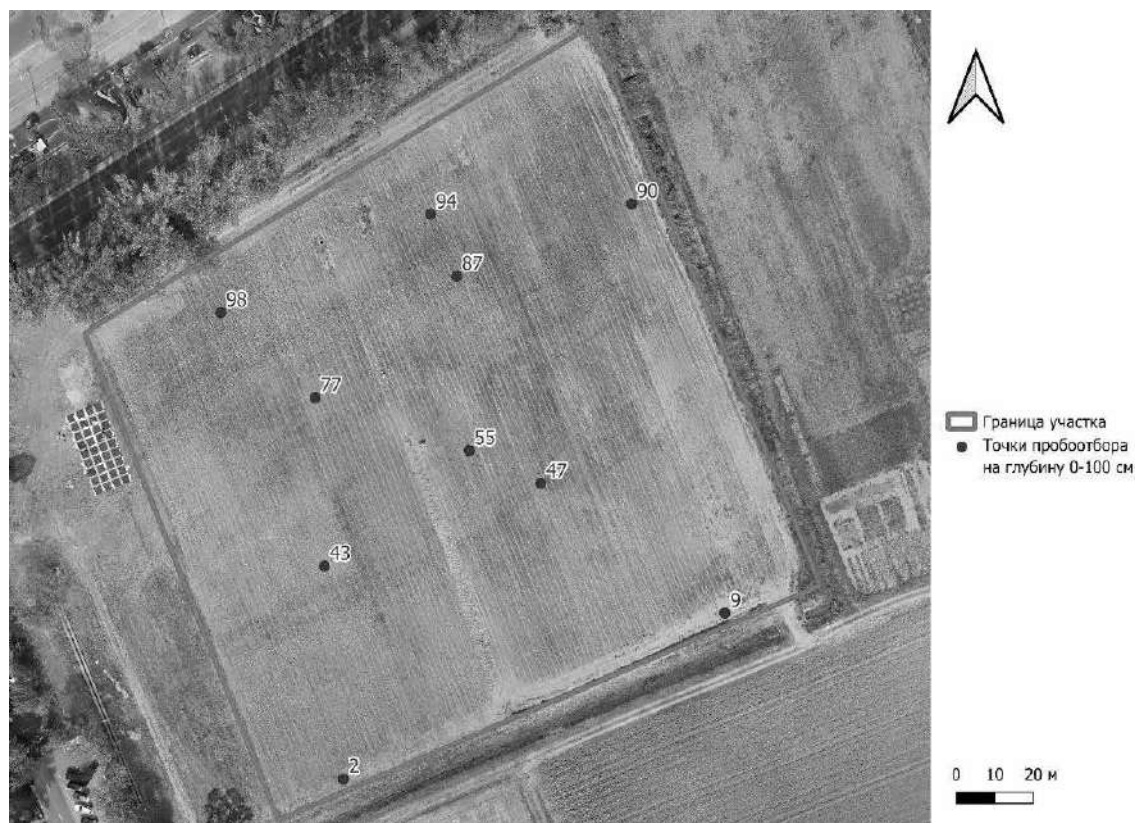


*Рисунок 1. Расположение точек пробоотбора на участке агроэкологического стационара РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева*

Пробы почвы в каждой точке отбирали послойно с использованием буров Эйдельмана с глубин 0 – 10, 10 – 20, 20 – 40, 40 – 60, 60 – 80, 80 – 100 см. С проведением в тех же точках укосов растений горчицы с площадок 0,25 м<sup>2</sup>. Также проводили отбор подземной биомассы горчицы с той же площади с последующей промывкой и сушкой. Количественный элементный анализ проводили с использованием стандартных методик на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой SUPEC 7000 (KHP).

Для выявления факторов, влияющих на распределение изучаемых элементов, в профиле почвы также были проведены исследования кислотности почвы (обменной) и содержания подвижных форм элементов (серы, обменного аммония, нитратов, фосфора и калия по методу Кирсанова) общепринятыми методиками (по ЦИНАО).

Обработку полученных данных, в т. ч. корреляционный анализ Пирсона (с доверительной вероятностью 95 %), и визуализацию с помощью графиков профильного распределения проводили с использованием языка программирования R и среды разработки RStudio. Предварительно была проведена проверка на нормальность распределения данных [4].

Исследования показывают высокую пространственную неоднородность в поверхностном распределении всех исследуемых элементов. Большая часть элементов сосредоточена в южной и юго-восточной частях участка стационара. Следует отметить и неравномерное распределение элементов в профиле почв участка (рис. 2).

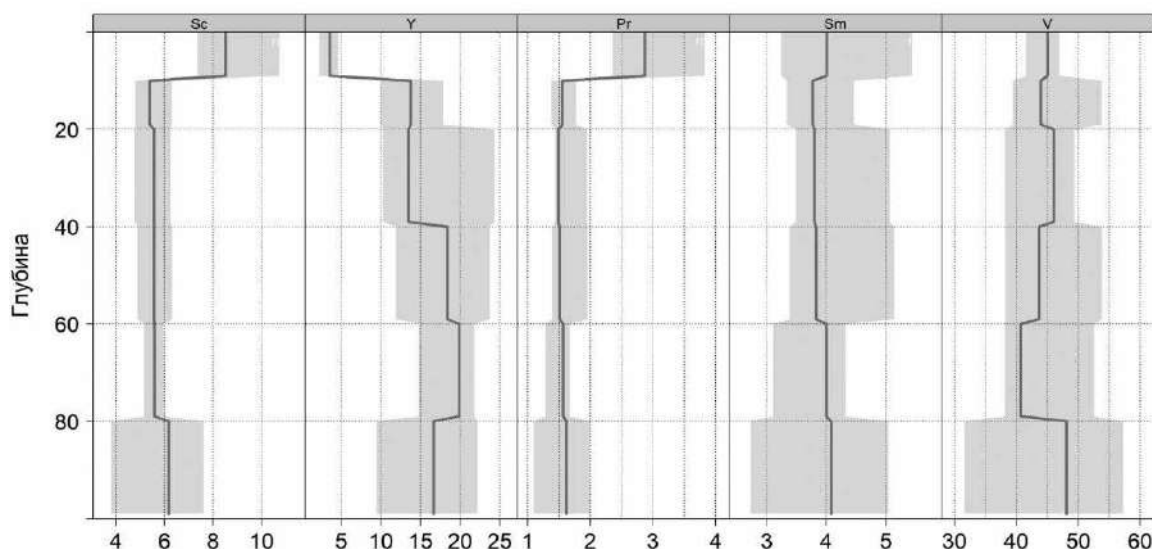


Рисунок 2. Медианные значения концентрации элементов (мг/кг) с границами в виде нижнего и верхнего квантиля

Скандий и празеодим демонстрируют четкую картину поверхностного накопления. Их максимальные концентрации зафиксированы в верхнем слое 0 – 10 см ( $Sc = 13,75$  мг/кг,  $Pr = 13,5$  мг/кг). Самарий показывает схожую, но менее выраженную тенденцию ( $6,69$  мг/кг). Иттрий и ванадий, напротив, показывают обратную картину: их концентрации минимальны в верхних слоях и закономерно увеличиваются с глубиной ( $Y = 1,61 - 25,4$ ;  $V = 41,3 - 73,1$  мг/кг).

Оценки факторов, влияющих на распределение редких элементов в профиле почв, выявили ряд условно регулируемых и нерегулируемых параметров. Среди первых следует отметить кислотность почвы (для слоя 0 – 10 см  $r = 0,72 - 0,78$  для всех элементов, кроме ванадия; далее значимые связи отмечаются с глубины 20 см для ванадия и иттрия), содержание подвижных форм фосфора (положительные связи отмечаются также для всех элементов, за исключением ванадия в горизонте 0 – 10 см,  $r = 0,62 - 0,68$ ; тенденция сохраняется до горизонта 40 – 60 см) и условно нерегулируемым фактором служит микрорельеф (табл. 1).

Таблица 1. Корреляционные зависимости между профильным распределением элементов и рельефом (относительные высоты) участка  
(Значимые коэффициенты корреляции Пирсона для  $n = 10$ ,  $r \geq 0,58$ )

| Слой, см | Элемент |      |       |       |      |
|----------|---------|------|-------|-------|------|
|          | Sc      | Y    | Pr    | Sm    | V    |
| 0 – 10   | 0,84    | 0,78 | 0,83  | 0,84  | 0,83 |
| 10 – 20  | 0,27    | 0,44 | 0,20  | 0,25  | 0,39 |
| 20 – 40  | 0,51    | 0,45 | 0,37  | 0,41  | 0,68 |
| 40 – 60  | 0,47    | 0,55 | 0,44  | 0,48  | 0,58 |
| 60 – 80  | 0,33    | 0,49 | 0,43  | 0,45  | 0,70 |
| 80 – 100 | 0,01    | 0,00 | -0,27 | -0,23 | 0,06 |

Важнейшим фактором, влияющим на распределение редкоземельных элементов (иттрия, празеодима, самария, а также скандия и ванадия) в исследуемых почвах, является их литогенное происхождение из материнской породы, антропогенное поступление в меньшей степени определяет концентрации элементов в профиле.

Отмечается наличие обратных корреляционных зависимостей для отдельных элементов и продуктивности горчицы белой (*Sinapis alba*) (табл. 2).

Таблица 2. Оценка влияния редких элементов на продуктивность растений горчицы белой (*Sinapis alba*) в условиях исследуемого участка (Значимые коэффициенты корреляции Пирсона для  $n = 10$ ,  $r \geq 0,58$ )

| Элемент | Слой, см |         |         |         |         |          |
|---------|----------|---------|---------|---------|---------|----------|
|         | 0 – 10   | 10 – 20 | 20 – 40 | 40 – 60 | 60 – 80 | 80 – 100 |
| Sc      | –0,15    | 0,35    | –0,55   | –0,77   | –0,86   | 0,42     |
| Y       | –0,27    | 0,21    | –0,23   | –0,53   | –0,72   | 0,29     |
| Pr      | –0,15    | 0,35    | –0,41   | –0,52   | –0,53   | 0,49     |
| Sm      | –0,16    | 0,34    | –0,37   | –0,51   | –0,54   | 0,48     |
| V       | –0,58    | 0,31    | –0,66   | –0,62   | –0,55   | 0,47     |

Отмечается негативное влияние (обратная корреляция) для показателей биомассы и редких элементов – ванадия ( $r = -0,66$ ), скандия ( $r = -0,86$ ) и иттрия ( $r = -0,72$ ), причем угнетение начинается со слоя 20 – 40 см, что, вероятно, обусловлено особенностями развития корневой системы растений [5].

### Выводы

Таким образом, исследования показывают, что использование в интенсивных системах земледелия удобрений с редкими и редкоземельными элементами в перспективе могут вызвать загрязнение почв этими элементами и приводить к снижению продуктивности. В связи с чем необходимо разрабатывать нормативы на их использование.

### Литература

1. Geochemical behavior and source analysis of rare earth elements in intensive agriculture soils through high-resolution sampling / Ya. Zhang, B. Su, Sh. Shao [et al.] // Science of the Total Environment. – 2023. – Vol. 905. – P. 167777. – DOI 10.1016/j.scitotenv.2023.167777. – EDN SYBEAC.
2. Kastori, R. Rare earth elements application in agriculture / R. Kastori, M. Putnik-Delić, I. Maksimović // Acta agriculturae Serbica. – 2023. – Vol. 28, No. 56. – P. 87-95. – DOI 10.5937/aas-er2356087k. – EDN TMGVFC.
3. Динамика изменения агрохимических показателей почвы и растительного покрова на нарушенных территориях в условиях экологического стационара / М. Т. Спыну, М. В. Тихонова, Е. М. Илюшкова [и др.] // Агрохимический вестник. – 2024. – № 6. – С. 42 – 46. – DOI 10.24412/1029-2551-2024-6-007. – EDN EZQORR.
4. Матюк Н. С. К вопросу о статистической оценке средних значений вариантов на примере данных длительного полевого опыта РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева / Н. С. Матюк, Р. Р. Усманов // Развитие аграрной науки и ее роль в обеспечении продовольственной безопасности страны : Материалы национальной научно-практической конференции (с международным участием), посвященной 115-летию со дня рождения А. С. Фатьянова, 95-летию со дня рождения Ю. П. Сиротина, 55-летию со дня образования факультета агрохимии и почвоведения (в н. в. биоэкологического факультета), Нижний Новгород, 5 – 6 декабря 2023 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный агротехнологический университет, 2023. – С. 192 – 198. – EDN ETEQYI.
5. Шентеров А. А. Роль химических элементов в почве / А. А. Шентеров, М. А. Мазиров // Фундаментальные и прикладные научные исследования в области естественных наук : Материалы международной научно-практической конференции, Владимир, 24 – 26 ноября 2024 года. – Владимир: Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2025. – С. 257 – 259. – EDN JVRAYF.

## ТЕПЛОМЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ И УРОЖАЙНОСТЬ ТАБАКА

Ш. Т. Халикулов<sup>1</sup>, М. А. Мазиров<sup>2</sup>, А. О. Рагимов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Самаркандский государственный университет имени Шарофа Рашидова 140104, Республика Узбекистан, г. Самарканд, Университетский бульвар, 15

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева 127434, Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 49

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» 600000, Российская Федерация, г. Владимир, ул. Горького, д. 87

**Резюме.** В статье изложены сведения о влиянии мульчирования почвы прозрачной полиэтиленовой плёнкой на температуру почвы и урожайность табака. Мульчирование почвы полиэтиленовой плёнкой повышает температуру орошаемого типичного серозема в течение вегетационного периода растений табака, в зависимости от времени года, времени суток и глубины почвы, от 0,2 °С до 5,8 °С. Это способствует большему накоплению эффективной температуры, столь необходимой для жизнедеятельности микроорганизмов в почве. При этом мульчирование почвы улучшает рост и развитие растений, увеличивает урожай табака на 6,2 ц/га, или 19,18 %, и улучшает качество продукции.

**Ключевые слова:** мульчирование, почва, полиэтиленовая пленка, температура почвы, урожай табака.

**Abstract.** The article presents information on the effect of soil mulching with transparent polyethylene film on soil temperatures and tobacco yield. Soil mulching with polyethylene film increases the temperature of irrigated typical serozem soil during the vegetation period of tobacco plants, depending on the season, time of day and soil depth from 0.2 °C to 5.8 °C. This contributes to greater accumulation of effective temperature, so necessary for the life of microorganisms in the soil. At the same time, soil mulching improves plant growth and development, increases tobacco yield by 6.2 c/ha or 19.18% and improves product quality.

**Keywords:** Mulching, soil, polyethylene film, soil temperature, tobacco yield.

**Введение.** В Республике Узбекистан табаководство является одним из самых доходных отраслей земледелия. В настоящее время в республике наметилась тенденция существенного снижения площадей под выращивание табака, что отрицательно сказывается на уровне валовых сборов при отсутствии устойчивого роста урожайности. Также снижение площадей связано с ограничением подходящих под выращивание табака определенных почвенно-климатических условий. Поэтому для увеличения выхода сырья табака и повышения его урожайности в настоящее время весьма актуальным направлением аграрного сектора Узбекистана является разработка и применение высокоинтенсивных технологий.

Табак (лат. *Nicotiana*) относится к теплолюбивым культурам. Посевные площади табака находятся выше 1000 м н. у. м., посадка рассады табака начинается в основном после 10 мая (в зависимости от условий погоды).

В предгорном поясе Узбекистана («Адыр»), где в большей степени развито табаководство, температурный режим характеризуется более низкими показателями в сравнении с равнинными территориями. Ранний посев табака не дает возможности для накопления большого



количества эффективных температур и получения высокого урожая. На данный период приходится низкий уровень температур и нехватка почвенной влаги, которые являются важнейшими лимитирующими факторами вегетационного периода табака. Это приводит к торможению раннего созревания и накопления большого количества конечной продукции.

В весенний период на территории Зарафшанской долины вследствие дождей происходит выпадение и накопление значительного количества влаги, что приводит к снижению почвенной температуры на территории холмисто-увалистых предгорий. В то же время в засушливые периоды на данной территории при высоком уровне атмосферных температур возникает острый дефицит почвенной влаги на фоне увеличенного испарения. Поэтому регулирование и оптимизация почвенной температуры, влажности и других почвенных свойств имеет большое научно-практическое значение.

Для решения этой проблемы в настоящее время на равнинных территориях применяется мульчирование почвы полиэтиленовой плёнкой [10, 17]. Однако данные агротехнические приемы почти не изучены в предгорных поясах Зарафшанской долины, представляющей собой крупную межгорную впадину Центральной Азии, при возделывании сельскохозяйственных культур, в т. ч. табака.

Почвенные свойства играют большую роль в формировании плодородия почвы, которое обуславливает ресурсный потенциал, необходимый для устойчивого развития растений за вегетационный период. Отсюда следует, что оптимизация почвенных свойств и улучшение почвенных режимов (питательного, водного, воздушного, температурного) имеют важное значение при возделывании сельскохозяйственных культур в условиях предгорного пояса Зарафшанской долины.

Влияние мульчирования почвы с применением полиэтиленовой плёнки при возделывании табака в предгорном поясе на почвенные свойства на сегодняшний день почти не изучено, что делает данную задачу актуальной с практической точки зрения. Изучение мульчирования почвы с применением полиэтиленовой плёнки дает возможность оценки применения полученных результатов для решения задач табаководства на предгорных территориях Узбекистана.

Рост, развитие, транспирация, фотосинтез и другие процессы зависят от температуры воздуха и почвы. Каждая культура в отдельных периодах развития жизни требует определенного режима температуры и режима влажности. Вегетационный период по условиям термического режима имеет свои определенные тенденции. Температура почвы в начале периода вегетации имеет низкий показатель, она достигает своего максимума в середине вегетации, а в конце вегетации снижается. Для развития, созревания и завершения стадии развития каждая культура требует определенных сумм эффективных температур. Так, сумма средних суточных температур, отсчитанных от биологического минимума для культуры табака, составляет 2400 – 3000 °С.

В почвенно-климатических условиях предгорного пояса Зарафшанской долины Узбекистана термический режим орошаемой почвы резко меняется в течение вегетации. Весной низкая температура почвы и в течение короткого времени из-за частых (ливневых) дождей её высокая влажность, часто повторяющиеся сильные ветры, иссушающие почвы, заставляют закончить посевную кампанию в сжатые сроки. Кроме того, посевы, произведенные с опозданием, приводят к недобору суммы эффективных температур, требуемой для культуры.

Из вышесказанного видно, что для получения высокого урожая табака в почвенно-климатических условиях предгорного пояса Зарафшанской долины необходимо применять такие агротехнические приемы, которые создают условия для набора необходимого количества тепла и влажности почвы. Одним из таких приёмов является мульчирование почвы. В результате мульчирования изменяется тепло- и влагообмен между почвой и воздухом. Исходя из поставленной задачи можно регулировать тепловой и водный режим, физическое испарение, подби-

рая необходимые мульчирующие материалы [1, 4, 14, 15, 17]. Исследования многих авторов [8, 10, 18, 19] показали, что прозрачная полиэтиленовая пленка лучше пропускает видимую часть лучистой энергии и аккумулирует больше тепла в почве. Воздушная прослойка, образованная между почвой и пленкой, препятствует потере тепла из почвы.

В годы с температурным режимом, близким к оптимальным значениям, мульчирование почвы темной пленкой на посадках земляники ускоряет начало созревания ягод на 2 – 11 дней, в зависимости от сорта, и способствует увеличению числа сборов на 1 – 4 по сравнению с контролем. Дружной отдачей урожая отличаются сорта: Надежда, Спасская, Слоненок, Holiday, Korona, Polka, Bounty, Redgauntlet [11].

Мульчирование повышает температуру и содержание влаги в почве, предохраняет от физического испарения. В результате улучшается мобильность питательных элементов и усиливается процесс нитрификации в почве [13, 14].

Многочисленные исследователи, проводившие опыты по мульчированию [7] полиэтиленовой плёнкой, отмечают, что при ее использовании как мульчирующего материала в посадках сельскохозяйственных культур повышается влажность почвы на 3 – 4 % в абсолютной величине.

В Узбекистане первые опыты по мульчированию почвы черной, дымчатой и прозрачной полиэтиленовой плёнкой были проведены в Янгиюльском районе Ташкентской области при мульчировании хлопчатника (лат. *Gossypium*). Черная плёнка как мульчирующий материал оказала положительное влияние на содержание влаги и показатели температуры почвы. К сожалению, на рост, развитие и урожайность хлопчатника, в ходе обобщения полученных данных, применение черной пленки существенного влияния не оказывало.

Сравнительное изучение дымчатой и прозрачной полиэтиленовой плёнок в качестве мульчирующего материала показало, что прозрачная полиэтиленовая пленка на глубине 30 см повышает температуру почвы на 5,5 °C по сравнению с контролем в начальном периоде вегетации. На глубине 100 см этот показатель был равен 1 °C [3, 7].

На орошаемой луговой почве (Anthrosols) мульчирование оказывало влияние на температуру почвы по сравнению с орошаемым типичным сероземом. На орошаемой луговой почве разность в температурных показателях почвы в весенний период (май) между контрольным вариантом и вариантом с применением мульчированной полиэтиленовой плёнки на глубине 10 см была соответственно 5,8 и 5,1 °C, а на глубине 20 см – 5,6 и 3,7 °C, на глубине 30 см – 4,3 и 2,9 °C и на глубине 50 см – 3,1 и 0,2 °C. Разница между мульчированными и контрольными вариантами сохраняется до глубины 100 см и она составляет 1 °C. В результате аккумуляции тепла сумма активных температур почвы на глубине 0,2 м под мульчей составила в орошаемой луговой почве 4251 °C, а в орошаемом типичном сероземе – 4555 °C.

Мульчирование почвы прозрачной полиэтиленовой пленкой в условиях оазисных почв Самаркандской области Узбекистана способствовало повышению её температуры до глубины 1 м, при этом на глубине 5 см температура повышалась на 5 °C, а на глубине 10 и 30 см – на 3,2 – 2,0 °C соответственно. По мере углубления разница в температуре между мульчированным и контрольным вариантами заметно уменьшается. Изменение суточной температуры происходит до глубины 50 см [7, 9].

**Цель исследования:** изучить влияние на температурный режим и урожайность табака сорта Дюбек-2898 применения в качестве мульчирующего материала прозрачной полиэтиленовой пленки толщиной 0,1 мм.

**Объекты и методы исследования.** В качестве мульчирующего материала в опыте применяли прозрачную полиэтиленовую пленку толщиной 0,1 мм. Покрывали два ряда посева табака. Следующий ряд оставался без покрытия. Температуру почвы измеряли с помощью 10 точечных электротермометров марки ПТЭТ-62. Датчики электротермометра были установле-

ны на глубине 5, 10, 20, 30, 40, 50 см. Величина температуры почвы определялась с точностью до 0,1 °С. Температура почвы измерялась со дня постановки опыта и через каждые 10 дней, в течение суток через каждые 3 часа, т. е. за 24 часа – 8 раз: в 6; 9; 12; 15; 18; 21; 24; 03 час.

Опыт проводился в 4 повторениях, расположенных в двух ярусах. Ширина делянки – 4,8 м, длина – 30 м, площадь – 144 м<sup>2</sup>, из них учетная – 72 м<sup>2</sup>. Одна делянка состоит из рядов, из них 4, по 2 с двух краев, – защитные, 4 ряда, которые расположены в середине делянки, – учетные. В опыте была проведена высадка рассады сорта табака «Дюбек-2898» по схеме 60 x 15 x 1 см. Рост, развитие и урожайность табака определялись по методу ВИТИМ (1978). Дисперсионный анализ осуществлялся по методу Доспехова [9].

**Результаты и их обсуждение.** Из ранее приведенного обзора литературы по мульчированию почв видно, что наибольшее повышение температуры почвы имеет место при мульчировании прозрачной, светопроницаемой полиэтиленовой плёнкой. Почва под плёнкой (мульчей) нагревается быстрее, аккумулирует больше тепла, чем почва без мульчи. По данным многих авторов, после покрытия почвы прозрачной полиэтиленовой плёнкой на следующий день температура повышается до глубины 50 см [6, 12, 16]. Прозрачная полиэтиленовая плёнка пропускает до 80 % инфракрасных лучей солнца, гигроскопичность равна нулю. Поэтому через час после покрытия плёнкой на внутренней части мульчи (между почвой и плёнкой) образуется мелкокапельный конденсат влаги, который тоже препятствует потере тепла из почвы.

Существенная разница в температуре между мульчированными и открытыми участками наблюдается весной, когда влажность почвы достаточная и растение больше нуждается в оптимальной температуре. На глубине 5 см суточный минимум отмечается около 7 часов утра и составляет на контроле около 13 °С, под плёнкой – 19 °С. При этом необходимо отметить, что суточный минимум на обоих вариантах наступает в одно и то же время.

По мере углубления время наступления минимума меняется. На глубине 10 см суточная минимальная температура наступает в 6 часов, а максимальная – в 18 часов. Необходимо отметить, что на глубине 5 – 10 см интенсивность нагревания больше, чем в глубинных горизонтах. Поэтому по мере углубления разница в температуре почвы между мульчированными и открытыми участками уменьшается. В течение суток после суточного максимума разница температуры между вариантами сохраняется почти одинаково.

Наибольшая разница между мульчированными и немulьчированными участками достигает в 15° в суточном максимуме. Суточная амплитуда температуры под мульчей на глубине 5 см составляет 13,3 °С, а на глубине 10 см – 9,7 °С. На контроле эти показатели равны 11,2 °С и 9,5 °С соответственно.

Суточные колебания температуры почвы почти исчезают на глубине 50 см. Значит, на обоих вариантах изменение температуры почвы в течение суток происходит до глубины 0,5 м, что также подтверждают полученные нами данные в условиях на типичных сероземах и луговых почвах при возделывании хлопчатника [7]. Разница в температуре мульчированных и немulьчированных участков в течение суток на глубине 20 см составила 3,0 – 3,8 °С, на глубине 50 см – 1,8 – 2,2 °С.

Мульчирование прозрачной полиэтиленовой пленкой повышает температуру почвы и создает благоприятный температурный режим, тем самым увеличивает высоту растений и темп их роста, что создает оптимальный размер куста растения, с большим количеством листьев. Увеличение высоты растений при мульчировании почвы прозрачной полиэтиленовой пленкой наблюдалось в течение всего вегетационного периода.

При увеличении высоты на одном растении повышалось и количество листьев. Так, если на контрольном варианте без мульчирования количество листьев на одном растении к 10 июня было 7,2 шт., то на варианте, где почва мульчировалась прозрачной полиэтиленовой пленкой, – 10,0 шт. Этот показатель к 10 июля составил по вариантам 22,7 и 33,2 шт. соответственно.

При мульчировании почвы прозрачной полиэтиленовой пленкой увеличивалось не только количество листьев на культуре табака, но и их размеры. В результате на опытном варианте сформировались крупные листья, что отражалось на площади листьев на одном растении. Так, если на контрольном варианте площадь листьев табака на одном растении после 30 дней посадки рассады табака была 117,8 см<sup>2</sup>, то на варианте мульчирования полиэтиленовой пленкой этот показатель составил 126,3 см<sup>2</sup>. На 60-й день после посадки площадь листьев составила 306,7 и 353,6 см<sup>2</sup> соответственно.

Следовательно, мульчирование почвы прозрачной полиэтиленовой пленкой существенно повышает рост растений и количество листьев на одном растении табака. Это благоприятно действует на накоплении урожая растением табака.

*Таблица 1. Влияние мульчирования почвы полиэтиленовой плёнкой на урожайность табака*

| Т/р | Варианты                                   | Прибавка к контролю |         |         |         |      |        |
|-----|--------------------------------------------|---------------------|---------|---------|---------|------|--------|
|     |                                            | 1-й год             | 2-й год | 3-й год | среднее | ц/га | %      |
| 1   | Контроль                                   | 30,6                | 34,2    | 32,2    | 32,33   | —    | 100    |
| 2   | Мульчирование почвы полиэтиленовой плёнкой | 36,8                | 40,7    | 38,1    | 38,53   |      |        |
|     | Разница                                    | 6,2                 | 6,5     | 5,9     | 6,2     | 6,2  | 119,18 |
|     | НСР <sub>05</sub>                          | 3,15                | 4,07    | 3,21    |         |      |        |
|     | Sx- %                                      | 2,08                | 2,40    | 2,05    |         |      |        |

Результаты учета урожая показывают, что урожай табака в среднем за три года составляет 32,33 ц/га, а в мульчированном варианте – 38,53 ц/га. При этом за счет мульчирования почвы прозрачной полиэтиленовой пленкой было получено 6,2 ц/га дополнительного урожая, что на 19,18 % больше, чем на контрольном варианте.

## Выводы

Таким образом, мульчирование почвы прозрачной полиэтиленовой пленкой при возделывании табака повышает температуру почвы от 0,2 °С до 5,8 °С в зависимости от глубины почвы и времени суток, что в полной мере способствует высадке рассады табака в ранние сроки. Прозрачная полиэтиленовая пленка как мульчирующий материал аккумулирует значительное количество тепла в течение вегетации табака, тем самым сокращая разницу между дневными и ночными температурами почвы. Это приводит к лучшему росту и развитию, раннему созреванию, увеличению урожая табака по сравнению с контролем, получению качественной продукции.

## Литература

1. Ахмурзаев Ш. Влияние способов и сроков мульчирования почвы на рост, развитие и продуктивность хлопчатника // Диссертация доктора философских наук по сельскохозяйственным наукам. – Ташкент, 2018. – С. 45.
2. Безух Е. П., Зыков А. В. Применение мульчирующего материала при выращивании яблони и груши в малогабаритных пластиковых теплицах // Аграрная наука. – № 7–8. – 2021. – С. 109 – 114.
3. Беховых Ю. В. Влияние мульчирования на изменение гидротермического режима в пахотном слое чернозема выщелоченного // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – № 2 (184). – 2020. – С.12 – 19.
4. Фатма С. Мурси, Фатма А. Мостафа, Найера Ю. Солиман. Полиэтилен и рисовая солома в качестве мульчирования почвы: влияние типа почвенной мульчи на температуру почвы,

болезни, передающиеся через почву, рост растений и урожайность томатов // Глобальный журнал передовых исследований. – 2015. – Т. 2, вып. 10. – 30 октября 2015 г. – С. 1497 – 1519.

5. Haihe Gao., Changrong Yan., Qin Liu., Zhen Li., Xiao Yang., Ruimin Qi - Exploring optimal soil mulching to enhance yield and water use efficiency in maize cropping in China: A meta-analysis // *Agricultural Water Management*. Volume 225, 20 November 2019, 105741.

6. Хайдаров А., Бахромов Л. Л., Жанибеков Д. А. Влияние нормы удобрений и режима орошения на схемы посевов и густоту стояния растений сортов хлопчатника // *International journal of discourse on innovation, integration and education*, vol. 2 no. 1 (2021): vol. 2 issue 1, 2021.

7. Холикулов Ш. Т. Оптимизация свойств и режимов орошаемых почв сероземного пояса путем мульчирования и внесения компостов при возделывании хлопчатника : Автореф. дисс. док. с.-х. наук. – Ташкент, 1996. – 24 с.

8. Kholikulov Sh., Goziev T. Change of Temperature and Humidity of soil at its Regulation // 20th World Congress of Soil Science. Jeju, Southth Korea. 2014.

9. Холикулов Ш. Т., Разикова З. Э. Изучение почвенного климата: прошлое и будущее // *Вестник Географического общества Узбекистана*, 45 томов. – 2015. – С. 198 – 201.

10. Холикулов Ш. Т., Гозиев Т. Ч. Влияние мульчирования на режим питания почвы и урожайность табака // *Агро-Илм*. – № 4 (54). – 2018. – С. 91 – 93.

11. Логинова С. Ф. Влияние мульчирования почвы темной пленкой на урожайность и качество ягод сортов земляники : Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. – Санкт-Петербург, 2003. – С. 197.

12. Латыпова А. Л., Соромотина Т. В. Влияние мульчирующих материалов на суточные изменения температуры почвы // *Агрономия и лесное хозяйство. Пермский аграрный вестник*. – № 2 (14). – 2016. – С. 54 – 60.

13. Li Feng Zhou a b Wenzhi Zhao a b Jianjiang Hye with Gerald N. Fleringerd Hao Fengs. Simulation of soil surface temperature during mulching of a plastic film during the emergence of spring com seedlings using the RZ – SHAW and DNDC models. *Soil research and tillage* Volume 197, March 2020, 104517.

14. Meng Li., Yingji Du., Fucang Zhang., Yungang Bai., Junliang Fan., Jianghui Zhang., Shaoming Chen. Simulation of cotton growth and soil water content under film-mulched drip irrigation using modified CSM-CROPGRO – cotton model // *Agricultural Water Management* Volume 218, 1 June 2019, Pages 124 – 138.

15. Mohammad Asadul Haque, Muhammad Jahiruddin, Derek Clarke. Effect of plastic mulch on crop yield and land degradation in south coastal saline soils of Bangladesh // *International Soil and Water Conservation Research*. Volume 6, Issue 4, December 2018, Pages 317 – 324.

16. Соромотина Т. В., Федурин О. Н. Влияние мульчирующих материалов на агрофизические свойства почвы // *Аграрный вестник Урала*. – № 12 (104). – 2012. – С. 4 – 6.

17. Шамсиев А. Ресурсосберегающие технологии в орошении хлопка // *Сельское хозяйство Узбекистана*. – 2015. – № 9. – С. 42.

18. Tadeusz K<sup>^</sup>sik., Teresa Maskalaniec. Effect of soil mulching on air and soil temperature in strawberry field. *Acta Agrophsica*.

19. Wadas W., Kostema E. Влияние покрытий из перфорированной фольги и полипропиленового волокна на развитие ранних сортов картофеля // *Plant Soil Environ.*, 53, 2007 (3). P. 136 – 141.

20. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

## СТРУКТУРА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В ЗЕРНОТРАВЯНОМ СЕВООБОРОТЕ ПОД ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМА ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ

С. И. Зинченко, Л. Е. Рыжова, И. В. Князева

ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр»

601261, Владимирская обл., Суздальский р-он, п. Новый, ул. Центральная, д. 3

E-mail: zinchenkosergei@mail.ru

**Резюме.** Исследования проводили в полевом стационарном опыте, заложенном в 1986 году по изучению влияния основных обработок на серую лесную среднесуглинистую почву. Ежегодные основные обработки под яровую пшеницу приводят к снижению макроструктуры и увеличению мегаструктуры, в сравнении с ее природными аналогами. Формирование мегаструктуры наиболее выражено в агроэкосистеме с ежегодной безотвальной обработкой и вспашкой на 20 – 22 см, где в слое 0 – 20 см он соответствовал 62,5 – 66,4 %, а на участке целины – 51,1 %.

**Abstract.** The research was carried out in a stationary field experiment established in 1986 to study the effect of basic treatments on gray forest medium loamy soil. Annual basic treatments for spring wheat lead to a decrease in the macrostructure and an increase in the megastructure, in comparison with its natural counterparts. The formation of a megastructure is most pronounced in the agroecosystem with annual tillage and plowing at 20 – 22 cm, where in the 0 – 20 cm layer it corresponded to 62.5 – 66.4 %, and in the virgin land area – 51.1 %.

**Введение.** Твердая фаза почв является очень сложной системой с различным химическим и минералогическим составом, которые в целом определяют почвенное плодородие. Почвенное плодородие во многом зависит от физических свойств почвы, среди которых особое значение имеет структура, оказывающая существенное влияние на ее строение, плотность, водный, воздушный и тепловой режимы. Являясь важным показателем физического состояния плодородной почвы, структура определяет благоприятное строение ее пахотного слоя, водные, водно-механические и технологические свойства. Почвенная структура является основным фактором, контролирующим процессы микробиологического разложения почвенного органического вещества, так как органическое вещество, связываясь с глинистыми минералами, входит в состав структурных отдельностей почвы [1, 2, 3].

Физические свойства почвы во многом определяет водопрочность почвенных агрегатов – способность сопротивляться разрушающему действию воды. При низкой водопрочности структурные отдельности легко разрушаются, а почва после увлажнения превращается в неагрегированную массу и становится бесструктурной. Незначительное содержание водопрочных агрегатов приводит к созданию неблагоприятных условий для поступления питательных соединений, кислорода и влаги к корням растений. Водопрочность структурных отдельностей напрямую зависит от содержания в почве гумусовых веществ, поскольку они являются основными агрегирующими соединениями для почвенных частиц, склеивают почвенные частицы в структурные агрегаты и придают им водопрочность [4, 5].

В связи с исследованиями по разработке адаптивно-ландшафтного подхода в земледелии, для стабильного ведения сельскохозяйственного производства повышаются требования

к охране и рациональному использованию почвы и земельных ресурсов в целях обеспечения возможности выполнения ими в полной мере важнейших экологических функций в биосфере. Для рационального использования агрогенных почв в зоне Верхневолжья, защиты их от различного рода проявления эрозионных процессов и дальнейшей деградации необходимо сосредоточить внимание на структурном состоянии почвенного покрова. Для оценки изменений структуры пахотных почв Верхневолжского региона в процессе их длительного использования нами проведен сравнительный анализ этого показателя с показателями их природных аналогов – экосистем целинных почв.

Для успешного усовершенствования теоретических основ и методов прогноза агроклиматических рисков в земледелии Владимирского ополья необходимо изучение агрофизических параметров плодородия серой лесной почвы, используемых в системе адаптивно-ландшафтного земледелия.

В задачу исследований входит: изучить влияние приемов основной обработки в стационарном полевом опыте на структуру серой лесной почвы под яровую пшеницу.

Цель проводимых исследований – изучить влияние длительного антропогенного воздействия (приемы основной обработки) в стационарных полевых опытах на структуру серой лесной среднесуглинистой почвы Верхневолжья.

**Методы исследования.** Объектом исследования в 2013, 2014, 2019, 2020 гг. явилась серая лесная среднесуглинистая почва Верхневолжского региона, расположенная на целинном участке и полевом стационарном опыте ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» (заложенном в 1986 г.). Изучали следующие варианты основной обработки: ежегодная плоскорезная на глубину 6...8 см, ежегодная плоскорезная на 20...22 см, ежегодная вспашка на 20...22 см, ярусная вспашка на 28...30 см под озимую рожь, под остальные культуры вспашка на 20...22 см, ярусная вспашка на 28...30 см под озимую рожь, под остальные культуры плоскорезная на 6...8 см.

Образцы почвы на изучаемом опытном участке отбирались в четырехкратной повторности из слоя 0 – 10 и 10 – 20 см перед посевом озимой ржи. В этот же период и на целинном участке.

На серой лесной среднесуглинистой почве в ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» во Владимирской области исследования проводились на стационарном полевом опыте и рядом расположенном целинном участке.

Почва – серая лесная среднесуглинистая. Мощность гумусового горизонта А (An+ A1) – 28 – 34 см, характеризуется комковатой структурой и плотным сложением;  $pH_{kel}$  – 4,91 – 5,37; содержание гумуса варьирует от 2,2 до 3,4 %; подвижный  $P_2O_5$  (по Кирсанову) – 155,4 – 183,2 мг/кг; обменный  $K_2O$  (по Масловой) – 156,8 – 178,6 мг/кг почвы. Почвообразующая порода – пылеватые покровные суглинки, лессовидные карбонатные суглинки, содержащие большое количество известковых конкреций.

Агрофизические свойства пахотного слоя включали определение:

- структуры почвы – метод И. И. Савинова [6];
- водопрочности почвенных агрегатов – метод И. М. Бакшеева [7];
- коэффициент структурности определялся посредством расчета отношения массы комковато-зернистой фракции почвы (10 – 0,25 мм) к массе агрегатов размером более 10 мм и менее 0,25 мм. Полученные данные подвергались статистической обработке [8].

Применяли общепринятый для зоны нормальный уровень технологии выращивания культур [9]. Минеральные удобрения под пшеницу яровую –  $N_{45}P_{45}K_{45}$  кг д.в. Фосфорные и калийные удобрения вносили под основную обработку. Азотные удобрения под яровую пшеницу вносили весной в период ее отрастания под боронование, под остальные культуры – весной под боронование.

Учеты и отборы почвенных образцов проводили на двух несмежных или на всех повторениях опытов методом случайных выборок. Результаты исследований анализировали математическими методами статистического и дисперсионного анализа, с применением программы Statistic [8].

*Анализ и результаты.* Для характеристики многолетнего применения приемов основной обработки на структуру серой лесной почвы приведем ее коэффициенты структурности в период посева яровой пшеницы (табл. 1).

Применения изучаемых приемов основной обработки в зернотравяном севообороте в течение 34 лет вероятно достаточно, чтобы выявить достоверное влияние обработки почвы на ее структуру.

Важным показателем, характеризующим влияние приемов основной обработки на структуру серой лесной почвы, является коэффициент структурности в период посева яровой пшеницы, высеваемой после озимой ржи (табл. 1).

Из данных таблицы 1 видно, что на участке целины коэффициент структурности в слое 0 – 20 см составил 0,94 и был выше, чем на изучаемых вариантах с различными приемами основной обработки. Здесь он колебался от 0,49 до 0,86.

Наиболее высокие показатели структурности в изучаемом слое отмечались в агроэко-системе с периодической ярусной вспашкой на 28 – 30 см, чередующейся со вспашкой на 20 – 22 см, где он соответствовал – 0,86.

*Таблица 1. Структура серой лесной среднесуглинистой почвы на целинных участках, %.  
Слой 0 – 20 см. Среднее за четыре года*

| Вариант | Размер агрегатов, мм |           |        |       |       |       |       |          |      |        | Коэффициент структурности |
|---------|----------------------|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|----------|------|--------|---------------------------|
|         | > 10                 | 10 – 0,25 | 10 – 7 | 7 – 5 | 5 – 3 | 3 – 2 | 2 – 1 | 1 – 0,25 | 0,25 | < 0,25 |                           |
| Целина  | 51,1                 | 48,5      | 11,7   | 16,5  | 11,3  | 6,0   | 1,3   | 0,9      | 0,8  | 0,4    | 0,94                      |
| 1       | 56,7                 | 42,6      | 9,9    | 13,1  | 9,7   | 6,3   | 1,6   | 0,9      | 1,1  | 0,7    | 0,74                      |
| 2       | 62,5                 | 37,2      | 8,6    | 11,7  | 8,5   | 5,2   | 1,3   | 0,9      | 1,0  | 0,3    | 0,59                      |
| 3       | 66,4                 | 33,3      | 8,1    | 11,4  | 7,1   | 4,4   | 1,1   | 0,6      | 0,6  | 0,3    | 0,49                      |
| 4       | 53,5                 | 46,5      | 8,9    | 14,3  | 12,5  | 7,1   | 1,7   | 0,9      | 0,8  | 0,3    | 0,86                      |
| 5       | 58,1                 | 41,6      | 8,6    | 12,2  | 10,4  | 6,5   | 1,5   | 1,2      | 1,2  | 0,3    | 0,71                      |

Из данных таблицы 1 видно, что на варианте с периодической ярусной вспашкой на 28 – 30 см к посеву яровой пшеницы коэффициент структурности в изучаемом (0 – 20 см) слое серой лесной почвы был наиболее высоким. Это свидетельствует о том, что данная обработка здесь обеспечивает более благоприятные условия для структурообразования ценных мезоагрегатов.

В результате этого в слое 0 – 20 на этом варианте формируется большее количество агрономически ценных агрегатов – 46,5 %. Но их содержание было ниже, чем на целинном участке, – 48,5 %.

На остальных вариантах наблюдается снижение агрономически ценных агрегатов до 33,3 – 42,6 % за счет увеличения глыбистой фракции, на ежегодной безотвальной обработке на 20 – 22 см – до 62,5 %, на варианте с ежегодной вспашкой на 20 – 22 см – от 66,4 %.

Содержание макроагрегатов на целинном участке составляло 51,1 %. На изучаемых вариантах их содержание было выше и колебалось от 53,5 до 66,4 %.

В агрономически ценных агрегатах преобладали агрегаты как на целинном участке, так и в изучаемых вариантах агрегаты размером 5 – 7 мм. Содержание микроагрегатов в результате



приемов основной обработки не изменялось в сравнении с целинным участком (0,4 %) и было на уровне 0,3 – 0,7 %.

Водопрочность структуры в слое почвы 0 – 20 см в период посева яровой пшеницы, согласно шкале по оценке водопрочности почвенных агрегатов, была на уровне избыточно высокой (табл. 2).

*Таблица 2. Водопрочность почвенных агрегатов в зависимости от приемов основной обработки перед посевом яровой пшеницы (среднее за четыре года), в слое 0 – 20 см, %*

| Вариант опыта                                                                                        | Фракции, мм |        | Оценка водопрочности |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------|----------------------|
|                                                                                                      | > 0,25      | < 0,25 |                      |
| Целина                                                                                               | 85,1        | 14,9   | Избыточно высокая    |
| Ежегодная безотвальная обработка на 6 – 8 см                                                         | 81,8        | 18,2   | Избыточно высокая    |
| Ежегодная безотвальная обработка на 20 – 22 см                                                       | 82,0        | 18,0   | Избыточно высокая    |
| Ежегодная вспашка на 20 – 22 см (контроль)                                                           | 76,7        | 23,3   | Избыточно высокая    |
| Ярусная вспашка под озимую рожь на 28 – 30 см, под яровую пшеницу вспашка на 20 – 22 см              | 77,1        | 22,9   | Избыточно высокая    |
| Ярусная вспашка под озимую рожь на 28 – 30 см, под яровую пшеницу безотвальная обработка на 6 – 8 см | 80,1        | 19,9   | Избыточно высокая    |
| НСР <sub>05</sub>                                                                                    | 4,10        | –      | –                    |

Снижение содержания водопрочных агрегатов фракции более 0,25 мм (НСР<sub>05</sub> = 4,1) в изучаемом слое отмечалось на варианте с ежегодной вспашкой на 20 – 22 см и с периодической ярусной вспашкой на 28 – 30 см в чередовании со вспашкой на 20 – 22 см.

**Таким образом,** приемы основной обработки оказывают заметное влияние на формирование структуры почвы.

Наиболее благоприятные условия для структурообразования агрономически ценных агрегатов складывались в слое 0 – 20 см серой лесной почвы при ежегодной плоскорезной обработке на глубину 6 – 8 см и с периодической ярусной вспашкой на 28 – 30 см с чередованием со вспашкой на 20 – 22 см. На остальных вариантах количество этих агрегатов уменьшилось за счет увеличения мегаструктуры.

Безотвальная обработка на глубину 6 – 8 см и периодическая ярусная вспашка на 28 – 30 см с чередованием с безотвальной обработкой на 6 – 8 см обеспечивают формирование наибольшего количества водопрочных агрегатов в слое 0 – 20 см (НСР<sub>05</sub> = 4,1 %). Согласно шкале по оценке водопрочности следует отметить, что водопрочность почвенных агрегатов не зависела от приема основной обработки серой лесной почвы.

## Литература

1. Савиннов Н. И. Структура почвы и ее прочность на целине, перелог и старопахотных участках. – М.: Сельхозгиз, 1931. – 46 с.
2. Кирюшин В. И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
3. Зинченко С. И. Основы обработки черноземов // Российская акад. с.-х. наук. – М., 2006. – 246 с.
4. Семенов В. М., Когут Б. М. Почвенное органическое вещество. – М.: ГЕОС, 2015. – 233 с.

5. Виттер А. Ф. Обработка почвы как фактор регулирования почвенного плодородия / А. Ф. Виттер, В. И. Турусов, В. М. Гармашов, С. А. Гаврилова. – М.: Инфра-М, 2014. – 174 с.
6. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 415 с.
7. Методическое руководство по изучению почвенной структуры. – Л., 1969. – 509 с.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
9. Научные основы систем земледелия Владимирской области / под общей ред. Бирюкова И. В., Зинченко С. И. – Владимир: ВООО ВОИ ПУ «Рост», 2009. – 308 с.

УДК 631.4

## ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР АГРОФИТОЦЕНОЗА ПРИ РАЗЛИЧНОМ УРОВНЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ

А. О. Рагимов<sup>1</sup>, М. А. Мазиров<sup>2</sup>

Владимирский государственный университет имени А. Г. и Н. Г. Столетовых  
(Россия, Владимирская область)

E-mail: pifo@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева  
(Россия, Московская область)

E-mail: mazirov@mail.ru

**Резюме.** В предлагаемой статье приведены результаты исследования многолетних трав – клевер луговой красный одноукосный и его возделывания на территории Владимирской области. Исследования и сбор данных проводились на опытных полях Верхневолжского федерального аграрного научного центра, являющегося одним из ведущих разработчиков, оригинатором и правообладателем множества сортов культур, рекомендованных к выращиванию в регионе, с целью создания на территории Владимирского Ополья, располагающегося на территории Владимирского региона, высококонкурентного качественного и современного семенного материала. Одним из главнейших этапов возделывания сельскохозяйственных культур является обработка почвы, так как на неё уходит большая часть всех энергетических затрат и так же является универсальным способом изменения почвенных условий, делающая их благоприятными для культур. Проведены исследования зависимости урожайности клевера лугового красного (*Trifolium pratense*) одноукосного от систем обработки почв и вида севооборота.

**Ключевые слова:** почва, клевер, технологии, обработка почвы, Ополье

**Abstract.** This article presents the results of a study of perennial grasses—red clover and its cultivation in the Vladimir region. Research and data collection were carried out in the experimental fields of the Upper Volga Federal Agricultural Research Center, which is one of the leading developers, originator, and copyright holder of many crop varieties recommended for cultivation in the region, with the aim of creating highly competitive, high-quality, and modern seed material in the Vladimir Opolye region, located in the Vladimir region. One of the most important stages in the cultivation of agricultural crops is soil cultivation, as it accounts for a large part of all energy costs and is also a universal way of changing soil conditions, making them favorable for crops. Studies have been conducted on the dependence of the yield of red meadow clover (*Trifolium pratense*) on soil cultivation systems and crop rotation.

**Keywords:** soil, clover, technology, soil cultivation, Opole.

**Введение.** Сельское хозяйство является неотъемлемой частью жизни людей т. к. оно круглогодично обеспечивает население продуктами питания, удобрениями, сырьем для множества производств и т. д., и чтобы возделывание сельскохозяйственных культур было на высоком уровне, нужно знать не только биологические особенности растений, но и их требования ко многим другим условиям, например, к почвенно-климатическим и агротехническим. В соответствии с требованиями культур создаются определённые правила их возделывания, а при их несоблюдении количество и качество урожая будут низкими.

Обработка почв – механическое воздействие на почву органами почвообрабатывающих сельскохозяйственных машин и орудий для создания оптимальных условий для возделывания растений, в связи с определёнными требованиями к почвенным условиям, профилактики прорастания карантинных сорных растений и борьбы с ними. Она применяется для защиты почв от водной эрозии и дефляции, является основным агротехническим средством в поддержании оптимального почвенного режима, биологических процессов и фитосанитарного состояния почв и растений.

В России клевер луговой возделывается уже около 200 лет. Рассматривая стандарты возделывания, такие как биологические особенности культуры, природные (почвенно-климатические) и агротехнические условия (построение севооборота, особенностей обработки почвы, влияние сорной растительности, болезней и вредителей и правильного подбора покровной культуры), можно выявить различные уровни условий при возделывании, влияющих на рост, развитие и урожайность клевера лугового.

Возделывание многолетних трав на территории Владимирской области в достаточной мере целесообразно, так как клевер луговой не только является основной частью производства кормов, он помогает в поддержании оптимальных почвенных условий, привнося в почву биологический азот, помогает в его фиксации в почве, предотвращая его дефицит.

Также нельзя не сказать о важности систем обработки, так как различные культуры предъявляют различные требования к технологиям возделывания, поэтому разработка систем обработки почв при возделывании многолетних трав актуальна.

В Европейской части России значимость возделывания многолетних трав в пашне высока. С увеличением посевов многолетних трав часто связывают регулирование гумусового баланса почв. Подход к травосеянию с этих аспектов безоснователен к его целесообразности и эффективности, абсолютно не корректен.

Клевер луговой (*Trifolium pratense*) является самой популярной многолетней бобовой культурой, которая возделывается в Европейской части России. На пашне клеверу луговому отводится около 50 % площадей, предназначенных для возделывания многолетних трав. В сложившихся условиях для большого количества высококачественного урожая клевера необходимо соблюдение правил агротехники, подобранных в соответствии с потребностями и биологическими особенностями сельскохозяйственной культуры: система обработки почвы, система удобрения, а также севооборот. Клевер легко включается в севооборот. Можно выращивать до и после всех культурных растений, за исключением повторения в севообороте ежегодной повторности. Во всех основных районах клеверосеяния Европейской части России клевер красный высевают под покров. Наилучшим покровом являются яровые зерновые и пропашные, а также однолетние травы. Посев многолетних трав под покров имеет большое хозяйственное преимущество, так как гарантирует получение нормального урожая покровной культуры.

**Методы исследования.** Исследования проводились на опытных полях Верхневолжского федерального аграрного научного центра. Объектом исследований является непосредственно клевер луговой красный одноукосный. Для изучения была предоставлена закладка полевого опыта, предназначенная для возделывания клевера лугового.

Опыт расположен на плакорной части равнинного рельефа с небольшим уклоном северо-западной экспозиции (около 1°) на зональных автоморфных почвах. Для разработки пространственно дифференцированных технологий возделывания сельскохозяйственных культур при различных уровнях интенсификации, системах обработки почвы был заложен комплексный стационарный опыт на серых лесных почвах Владимирского Ополя Владимирской области.

Согласно исследованиям, почвы территории Владимирского Ополя неоднородны, на площади каждого опытного участка было выделено от восьми до шестнадцати типов, подтипов и родов серых лесных почв: серые лесные неоподзоленные и разной степени оподзоленности, темно-серые лесные, серые лесные остаточного карбонатные, серые лесные со вторым гумусовым горизонтом разной степени оподзоленности, встречаются также почвы с различными признаками оглеения профиля – слабо-грунтово-глееватые.

Больше чем на 40 % исследуемой площади располагаются серые лесные почвы без каких-либо признаков оподзоленности в профиле; оставшиеся 60 % почв содержат в своем профиле элементы оподзоленности: от фрагментарной кремнеземистой присыпки до самостоятельного элювиального горизонта. Также часто встречаются типичные для Владимирского Ополя серые лесные почвы со вторым гумусовым горизонтом. Периодичность встречаемости подобного типа почв составляет от 20 до 70 – 80 м, а площадь, занятая этими почвами, в среднем по полю – 26,3 %.

На западной части поля (первый участок) наблюдается слабый склон западной экспозиции – менее 1°; площадь этих почв составляет 20,8 %, на центральной части поля (второй участок) небольшая очень пологая возвышенность – 33,2 %, на третьем на восточной (третий участок), очень слабый склон восточной экспозиции – 24,8 %.

Наиболее распространенная мощность второго гумусового горизонта серых лесных почв – 10 см (обладают 57 % почв). Второй гумусовый горизонт мощностью 10 – 20 см встречается в профиле 22 % почв; 7 % почв имеют второй гумусовый горизонт мощностью более 20 см, у 14 % почв этот горизонт фрагментарный.

Элементарные почвенные ареалы почв со вторым гумусовым горизонтом имеют максимальную протяженность 50 – 60 м. Часто эти пятна вытянуты с северо-запада на юго-восток.

Размер опытной делянки практически всегда меньше, чем элементарный почвенный ареал серой лесной почвы, так что на один ЭПА попадает несколько соседних делянок. При этом по схеме опыта они могут подвергаться контрастным обработкам. Гораздо реже такая картина наблюдается на ЭПА почвы со ВГГ, т. к. размеры этих ЭПА сравнимы по размеру с опытной делянкой. Однако и здесь встречаются большие ЭПА, позволяющие провести сравнение разных обработок почвы и доз внесения удобрения. ЭПА серых лесных сильнооподзоленных, остаточного-карбонатных и грунтово-слабоглееватых почв встречаются фрагментарно и, как правило, занимают только часть опытных делянок, что делает их непригодными для сравнения.

В программу опыта включено изучение пяти звеньев шестипольных севооборотов.

Изучали четыре уровня интенсификации:

1. Нулевой (экстенсивный) – на продуктивность 18 – 20 ц з. е./га.
2. Поддерживающий (нормальный) – на продуктивность 20 – 23 ц з. е./га.
3. Интенсивный – на продуктивность 27 – 35 ц з. е./га.
4. Высокоинтенсивный – на продуктивность 37 – 45 ц з. е./га.

Названные уровни создаются за счет расчетных доз удобрений:

1. Нулевой (экстенсивный) – без удобрений.
2. Поддерживающий (нормальный) –  $N_{30} P_{30} K_{30}$ .
3. Интенсивный –  $N_{60} P_{60} K_{60}$ .
4. Высокоинтенсивный –  $N_{90} P_{90} K_{90}$ .

Расположение вариантов по блокам и ярусам систематическое. Площадь делянки – 140 м<sup>2</sup>. В качестве удобрения использовалась нитроаммофоска – NPK 16:16:16, вносили вручную поделяночно. Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений проводили по Доспехову.

**Анализ и результаты.** Практически все сельскохозяйственные культуры реагируют на неправильное построение севооборота. В условиях, когда сельскохозяйственную культуру высевает в течение нескольких лет подряд на одном и том же месте, приводит к сильному снижению урожайности и качества продукции. При размещении культур в севообороте нужно учитывать биологические особенности высеваемых культур, чтобы сделать данный севооборот экологически и экономически эффективным. Одним из главных моментов в построении севооборота – обработка почвы, которая подбирается на год в зависимости от требований возделываемых культур.

Для выявления зависимости продуктивности сельскохозяйственных культур от погодных условий в период исследования было проведено сравнение продуктивности клевера лугового первого года пользования третьей и четвертой ротации.

Сумма положительных температур в период проведения исследования выше 10 °С составляет 1900 – 2000 °С, при оптимальных значениях для клевера лугового 1400 – 1500 °С, продолжительность этого периода 128 – 132 дня. Длительность безморозного периода 119 – 126 дней. Вегетационный период характеризовался более высокой (на 2 °С) температурой воздуха в сравнении со средними многолетними данными. Среднемноголетняя сумма осадков в Ополье составляет 604 мм с колебаниями по годам от 414,6 до 741 мм (оптимальное от 400 – 500 мм). Количество осадков составило 126 % к норме. В фазу активного отрастания и стеблевания наблюдалось недостаточное количество осадков (первая и вторая декады мая по 0,8 и 8,7 мм) при более высоких среднесуточных температурах (13,5 и 12,9 °С).

По данным Верхневолжского федерального аграрного научного центра, экстремальные погодные условия негативно сказались на большинстве сельскохозяйственных культур. В этот период наблюдалось повышение среднесуточной температуры воздуха на 2 – 3 °С в сравнении со средними многолетними данными, избыточное увлажнение в апреле и мае, засуха на протяжении двух месяцев с конца июня и в начале августа. Дневные температуры повышались до 37 – 38 °С, а ночные температуры не опускались ниже +15 °С, при том, что количество осадков составляло 5 % от среднемноголетних. Все это привело к резкому снижению урожайности трав первого года пользования, особенно второго укоса.

В целом погодные условия весны-лета были сильно колеблющимися, при повышенных среднесуточных температурах наблюдалось то избыточное, то недостаточное увлажнение почвы, связанное с атмосферными осадками.

Продуктивность сельскохозяйственных культур зависит от погодных условий. Так, урожайность клевера лугового в сравнении с урожайностью предыдущих лет показала, что лучшим предшественником в обоих случаях является овес, а недополучено урожая из-за плохих погодных условий от 20 до 50 % от урожая в нормальные по увлажненности годы.

Система обработки почвы – совокупность различных приёмов обработки почв, выполняющихся последовательно. Разрабатываются соответственно с почвенными (тип, механический состав почвы, плодородие), климатическими (влажность, температура воздуха и др.), хозяйственными условиями и требованиями культур к технологии возделывания, а также напрямую связаны с севооборотами.

На исследуемой площади комплексного стационарного полевого опыта, занятого под клевер луговой, используются 4 вида обработки почв: отвальная (вспашка на 20 – 22 см), комбинированно-энергосберегающая (мелкая обработка КПП-250 на 10 – 12 см), комбинированная ярусная (мелкая обработка КПП-250 на 10 – 12 см) и противоэрозионная (глубокое рыхление КПП-250 на 25 – 27 см). В таблице 1 показана схема систем обработки почвы под первую культуру севооборота.

Таблица 1. Схема систем обработки почвы под первую культуру севооборота

| Система обработки                   | Культуры по годам | Севообороты                                                                    |   |   |   |   |
|-------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|
|                                     |                   | 1                                                                              | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. Общепринятая отвальная           | Под все культуры  | Лущение стерни + подъем зяби (обычная отвальная вспашка на глубину 20 – 22 см) |   |   |   |   |
| 2. Комбинированно-энергосберегающая | Под 1-ю культуру  | Плоскорезная обработка на 10 – 12 см                                           |   |   |   |   |
| 3. Комбинированная ярусная          | Под 1-ю культуру  | Плоскорезная обработка на 10 – 12 см                                           |   |   |   |   |
| 4. Противозероэрозийная             | Под 1-ю культуру  | Глубокое рыхление на 25 – 27 см                                                |   |   |   |   |

Самый высокий уровень урожайности был зафиксирован на опытном участке с комбинированно-энергосберегающей обработкой – 33,8 ц/га; 30,4 ц/га – при противозероэрозийной; 29,8 ц/га – при отвальной обработке почвы, и самый низкий показатель был зафиксирован на делянках, где использовалась комбинированная ярусная обработка почвы – 22,1 ц/га.

При возделывании многолетних трав первого года пользования под разными предшественниками выявилась следующая тенденция: самая высокая продуктивность была на противозероэрозийной обработке почвы – 87,4 ц/га (под покровной культурой овес) и 48,1 ц/га (под ячменем) сена на комбинированно-ярусной обработке почвы, а самая низкая по отвальной обработке составила 71,64 ц/га и 22,5 ц/га сена и при комбинированно-энергосберегающей – 79,5 (под овсом) и 88,9 (под ячменем) ц/га.

Статистическая обработка данных показала достоверную прибавку продуктивности многолетних трав при комбинированно-ярусной обработке по сравнению с отвальной.

В варианте с покровной культурой овёс максимальная прибавка продуктивности многолетних трав первого года пользования составила 15,3 ц/га сена, с покровной культурой ячмень 25,0 ц/га сена на комбинированно-ярусной системе обработки почвы.

Таблица 2. Урожайность сена многолетних трав 1 г. п. в зависимости от систем обработки, ц/га

| Система обработки                | Покровная культура |       |        |       |
|----------------------------------|--------------------|-------|--------|-------|
|                                  | Овес               |       | Ячмень |       |
|                                  | ц/га               | (+/-) | ц/га   | (+/-) |
| Противозероэрозийная             | 86,9               | 15,3  | 41,5   | 19,0  |
| Комбинированно-ярусная           | 86,6               | 15,0  | 47,5   | 25,0  |
| Комбинированно-энергосберегающая | 79,5               | 7,9   | 38,9   | 16,4  |
| Отвальная                        | 71,6               | –     | 22,5   | –     |
| НСР <sub>05</sub>                | 15,9               |       | 24,6   |       |

В варианте с покровной культурой овёс минимальная прибавка урожайности сена многолетних трав первого года пользования составила 7,9 ц/га, с покровной культурой ячмень – 16,4 ц/га на комбинированно-энергосберегающей системе обработки почвы.

Внесение более высоких доз минеральных удобрений приводит к более интенсивному развитию покровных культур, а они, в свою очередь, угнетают рост клевера. Кроме того, применение интенсивного и высокоинтенсивного фонов удобрений на ячмене привело к его интенсивному полеганию, что также отрицательно сказалось на урожайности клевера.

Анализ ботанического состава многолетних трав показал, что на безотвальных (комбинированно-энергосберегающая, комбинированно-ярусная и противоэрозионная) отмечается более высокое содержание сорных растений (пастушья сумка, одуванчик лекарственный, хвощ полевой, бодяк полевой, подорожник большой и др.) – от 7,2 до 8,3 % от общего ботанического состава на делянке.

Поскольку важнейшим элементом возделывания многолетних трав является покровная культура, то при определении влияния вида севооборота на продуктивность многолетних трав необходимо учитывать и продуктивность покровной культуры.

Севооборот – научно-обоснованное чередование культур во времени и пространстве.

Клевер луговой лучше всего подсеять под покров яровых зерновых культур, однолетние травы, также наилучшими предшественниками являются пропашные культуры и зерновые – в случае беспокровного посева.

Исследуемый участок разделялся на 5 севооборотов:

1. Зернопаротравяной;
2. Зернотравяной;
3. Зернотравяной;
4. Зернотравянопропашной;
5. Зернотравяной.

*Таблица 3. Схема севооборотов*

| 1 севооборот    | 2 севооборот    | 3 севооборот    | 4 севооборот    | 5 севооборот    |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Овес + тр.      | Овес + тр.      | Ячмень + тр.    | Ячмень + тр.    | Ячмень + тр.    |
| Мн. тр. 1 г. п. | Мн. тр. 1 г. п. | Мн. тр. 1 г. п. | Мн. тр. 1 г. п. | Мн. тр. 1 г. п. |
| Мн. тр. 2 г. п. | Мн. тр. 2 г. п. | Мн. тр. 2 г. п. | Мн. тр. 2 г. п. | Яр. пшеница     |
| Ячмень          | Яр. пшеница     | Оз. рожь        | Оз. пшеница     | Одн. травы      |
| Черный пар      | Одн. травы      | Яр. пшеница     | Картофель       | Оз. пшеница     |
| Оз. пшеница     | Оз. пшеница     | Овес            | Яр. пшеница     | Яр. пшеница     |

На рисунке 1 представлена продуктивность звеньев севооборотов: покровная культура, многолетние травы первого года пользования, а также сумма компонентов. В первом и втором севообороте покровной культурой был овес, в 3 – 5 – ячмень.

При возделывании многолетних трав в первом зернопаротравяном севообороте при покровной культуре овёс без минеральных удобрений была получена продуктивность 37,6 ц з. е./га. Продуктивность покровных культур и многолетних трав 1 г. п. составила 60,5 ц з. е./га (рис. 4).

Во втором зернотравяном севообороте продуктивность покровных культур и многолетних трав 1 г. п. составила 72 ц з. е./га. Получена максимальная продуктивность многолетних трав 43,7 ц з. е./га.

При покровной культуре ячмень в третьем зернотравяном севообороте наблюдается резкое снижение продуктивности многолетних трав и звена севооборота – 15,3 и 46,4 ц з. е./га.

Четвертый зернотравянопропашной также не был эффективен, продуктивность звена составила 52,7 ц з. е./га.

В пятом зернотравяном севообороте при покровной культуре ячмень, получена продуктивность звена 61,5 ц з. е./га.

Предпочтение отдается второму зернотравяному севообороту, потому что в нем оптимальное сочетание уровня интенсивности, покровной культуры привело к оптимальному росту и развитию клевера, и, как следствие, продуктивность покровных культур и многолетних трав 1 г. п. в учетном году составила 72 ц з. е./га, максимальная продуктивность многолетних трав – 43,7 ц з. е./га.

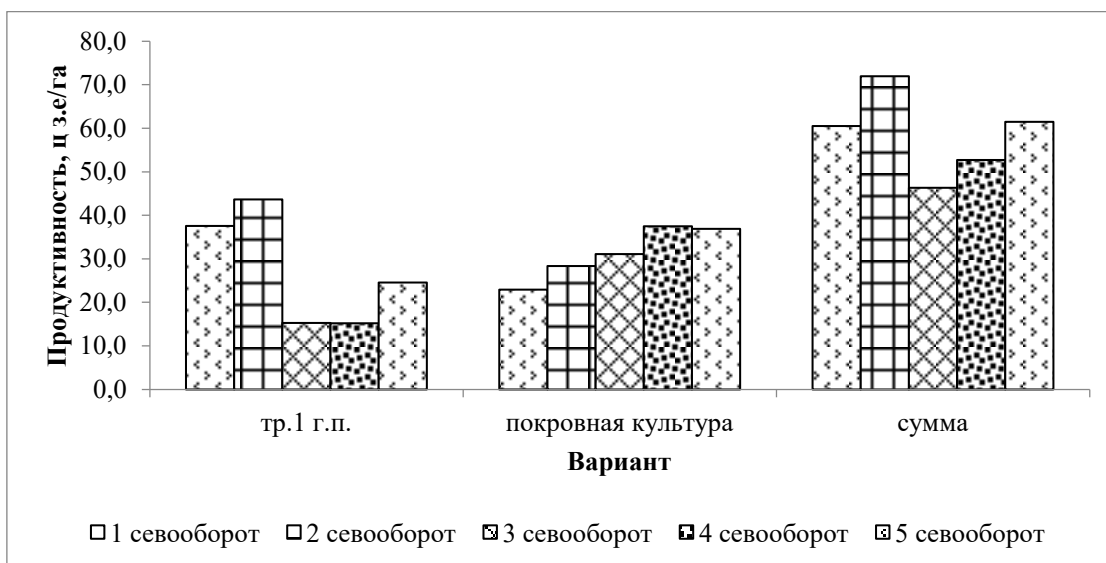


*Рисунок 1. Влияние вида севооборота на продуктивность сельскохозяйственных культур, ц з.е./га*

После сравнения данных была выявлена тенденция к повышению количества урожая. Например, урожайность клевера при покровной культуре овёс и энергосберегающей обработке почв выше на 42,28 %. Также высокие показатели урожайности были зарегистрированы при использовании отвальной обработки почв. Увеличение урожая составило 45,51 %. Но при покровной культуре ячмень было замечено уменьшение количества урожая как и при энергосберегающем (16,7 %), так и при отвальном (39,31 %) типе обработок.

Овес как предшественник показал лучшие результаты по сну многолетних трав (47,1 – 52,7 ц/га) по отвальной обработке и 53,2 – 57,2 ц/га – по энергосберегающей обработке. Наименьший показатель урожайности сена по предшественнику ячменю – 46,3 ц/га по отвальной обработке и 49,7 ц/га – по энергосберегающей. Лучшим предшественником оказался овес, урожайность сена многолетних трав составила от 65,0 до 91,3 ц/га по энергосберегающей обработке. При отвальном типе обработки почв ситуация аналогичная – 65 – 73,6 ц/га. По ячменю урожайность составила от 28,1 ц/га по отвальной обработке до 41,4 ц/га по энергосберегающей.

## **Выводы и предложения**

На основании проведенного анализа результатов исследований можно сделать следующие выводы:

Клевер луговой красный одноукосный не только является основной высокобелковой кормовой составляющей, также помогает в поддержании оптимальных почвенных условий, привнося в почву биологический азот, помогает в его фиксации в почве, предотвращая его дефицит, накапливает в урожае, корнях и стерне большое количество азота с помощью клубеньковых бактерий, поселяющихся в корнях и потребляющих азот из атмосферы, и является отличным предшественником, поэтому его возделывание очень важно для Владимирского региона.

Обработка почв – механическое воздействие на почву органами почвообрабатывающих сельскохозяйственных машин и орудий для создания оптимальных условий для возделывания растений, в связи с определёнными требованиями к почвенным условиям, профилактики прорастания карантинных сорных растений и борьбы с ними, применяется для защиты почв от водной эрозии и дефляции, является основным агротехническим средством в поддержании



оптимального почвенного режима, биологических процессов и фитосанитарного состояния почв и растений.

Обработки почвы под покровную культуру оказали влияние на продуктивность многолетних трав первого года пользования. При покровной культуре овёс достоверная прибавка наблюдалась при комбинированно-ярусной обработке по сравнению с традиционной отвальной и составила 15,3 ц/га. При покровной культуре ячмень также прибавка получена при комбинированно-ярусной обработке и составила 25 ц/га. Во втором зернотравяном севообороте получена максимальная продуктивность многолетних трав – 87,3 ц/га сена в севообороте.

Продуктивность сельскохозяйственных культур зависит от погодных условий. Так, урожайность многолетних трав в сравнении с урожайностью предыдущего экстремального по погодным условиям года показала, что лучшим предшественником в обоих случаях является овес, а недополучено урожая из-за плохих погодных условий от 20 до 50 % от урожая в нормальные по увлажнённости годы.

## Литература

1. Biological indicators in the environmental monitoring of gray forest soil of agrosystems Zinchenko, M. K., Zinchenko, S. I., Mazirov, M. A., Ragimov, A. O., Shitikova, A. V. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 2021, 19(5).
2. Experimental bases of crop productivity depending on agrotechnical conditions Mazirov, M. A., Ragimov, A. O., Shchukin, I. M., Malakhova, S. D., Shitikova, A. V. *BIO Web of Conferences*, 2023, 66, 04002.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – Изд. 5-е. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
4. Зинченко М. К., Стоянова Л. Г. Бактерии азотного обмена как индикаторы процессов трансформации органического вещества в агроландшафтах серой лесной почвы // *Владимирский земледелец*. – 2015. – № 2. – С. 8 – 11.
5. Иванов Д. А., Кузнецова С. Н., Лотц П. С. Влияние агромикрорландшафтов на структуру урожая многолетних трав и овса посевного // *Проблемы и перспективы развития науки и образования. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции*. – Тверь, 2023. – С. 118 – 120.
6. Кирюшин В. И. Проблема минимизации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследований // *Земледелие*. – 2013. – № 7. – С. 3 – 6.
7. Кирюшин В. И. Экологические основы земледелия / В. И. Кирюшин. – М. : Колос, 1996. – 367 с.
8. Корчагин В. А. Разноглубинная обработка почвы в севообороте // *Системы обработки почвы в условиях интенсивного земледелия: Сборник научных трудов*, 1984. – С. 24 – 32.
9. Оптимизация систем применения удобрений в кроткоротационных севооборотах степного Заволжья // Джангабаев Б. Ж., Чичкин А. П. // *Достижения науки и техники АПК*. – 2010. – № 1. – С. 36 – 38.
10. Перегудов В. И. Агротехнологии Центрального региона России / В. И. Перегудов, А. С. Ступин. – Рязань, 2009. – 463 с.
11. Привалов Ф. И. Рекомендации по применению минимальной (ресурсосберегающей) обработки почвы в Республике Беларусь / Ф. И. Привалов [и др.] / *Ин-т почвоведения и агрохимии*. – Минск, 2011. – 20 с.
12. Тютюнов С. И., Соловиченко В. Д. Биологизация земледелия как фактор роста плодородия почв, продуктивности культур и сохранения окружающей среды // *Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса: монография* / под ред. В. В. Окоркова. – Иваново: ПресСто, 2019. – С. 13 – 17.

## **ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА ПРИ РАЗНЫХ СИСТЕМАХ ПИТАНИЯ**

**С. Л. Белопухов, М. В. Абрамов, Н. С. Головань**

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –

МСХА имени К. А. Тимирязева»

127434, Россия, Москва, Тимирязевская ул., 49

E-mail: sbelopuhov@rgau-msha.ru

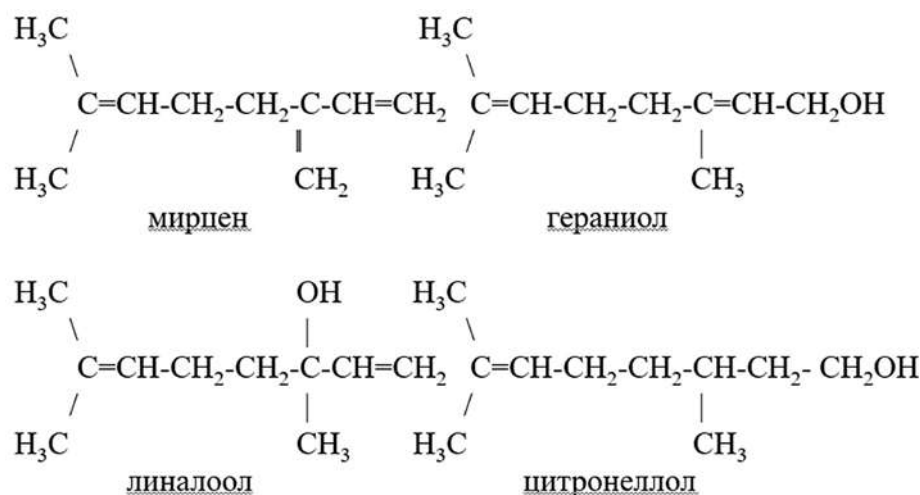
В настоящее время имеется большой объем информации о возможности повышения урожайности сельскохозяйственных культур при использовании различных систем минерального питания. Очевидно, что повышенные дозы азота, фосфора и калия увеличивают объем произведенной продукции, однако контроль качества этой продукции остается до конца не изученным, особенно если мы рассматриваем систему органического земледелия. Современные химические и физико-химические методы анализа используют стандартные методики определения химических элементов, включая тяжелые металлы, остаточные количества пестицидов, макро- и микрокомпонентов в виде органических веществ. В большинстве своем эти методики содержат длительные этапы выделения веществ, пробоподготовки, непосредственно аналитические исследования и т. д. При этом необходимо иметь в испытательном центре стандартные образцы препаратов в виде ГСО (государственный стандартный образец) или СОП (стандартный образец предприятия), а это в настоящее время является проблемой из-за отсутствия таких стандартов.

Химические кафедры Тимирязевской академии на всем протяжении своей 160-летней истории, но особенно в годы, когда Анатолий Иванович Пупонин был проректором по науке и ректором академии, развивали экспресс-методы анализа, методы неразрушающего контроля, методы, основанные на сравнении спектральных, физико-химических, кинетических и термодинамических характеристик известных и анализируемых биологических образцов, включая почвы, растения, конечную растениеводческую продукцию. Большое внимание уделялось методикам ускоренной подготовки образцов для анализа, ускорению процессов выделения из образца физиологически активных веществ, таких как витамины, полисахариды, целлюлоза, лигнин, пектин, жирные кислоты, эфирные масла, алкалоиды, фенолгликозиды, лигнаны, флавоноиды, кумарины, хромоны, антрагликозиды, дубильные вещества, сердечные гликозиды, сапонины, антоцианы, хлорофиллы, каротиноиды и другие органические вещества, а также макро- и микроэлементы, в т. ч. и комплексные соединения. Многие из разработанных на кафедре химии методик запатентованы, прошли апробацию в различных аналитических лабораториях российских и зарубежных предприятий и организаций.

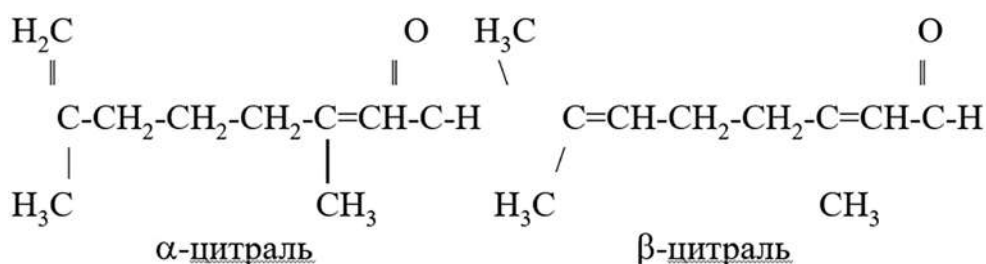
С 2009 года на кафедре химии в рамках направления «Агрохимия и агропочвоведение» проводится обучение по магистерской программе «Химико-токсикологический и микробиологический анализ объектов агросферы», где студенты получают навыки работы на всех имеющихся в университете и на кафедре химии приборах аналитического контроля. При этом наибольший интерес вызывают тест-методы анализа, которые могут быть сразу использоваться на практике, когда, например, необходимо было в полевых условиях провести количественный и даже качественный анализ и установить содержание фосфора, кальция,

серы, калия, азота, некоторых органических компонентов в виде белков, жиров, клетчатки, крахмала, получить такие технологические показатели, как стекловидность, число падения и т. д. Другими словами, у агронома, агрохимика, почвоведов появляется реальная возможность быстро оценить качество выращиваемой продукции, а, следовательно, понимать ее цену.

Самыми распространенными методами анализа органических соединений являются хроматографические методы: газовая и жидкостная хроматография, ионообменная хроматография, гель-фильтрация, бумажная, распределительная и разделительная хроматография. Для оценки межмолекулярных связей и идентификации соединений применяют спектральные методы как дополнение к основным. Так, в лабораториях кафедры разработаны количественные методы определения таких соединений, как алифатические монотерпены:



Кроме того, для подтверждения высокого качества сельскохозяйственной продукции необходимо проводить анализ на изомеры, что можно проиллюстрировать определением в продукции альдегидных производных монотерпенов  $\alpha$ - и  $\beta$ -цитраля.



Как было отмечено, в последние годы в РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева активно развивается и используется метод ближней инфракрасной спектроскопии, который вошел уже во многие международные и российские стандарты. Например, параметры качества биологических (растительных) образцов анализируют методом ближней инфракрасной спектроскопии (ГОСТ ISO 12099-2017, ГОСТ Р 71208-2024). Оцениваются следующие характеристики: влажность, содержание золы, содержание белка, содержание жира, содержание клетчатки, содержание кальция, содержание фосфора и содержание клейковины, содержание аминокислот. Для анализа можно использовать как неразмолотые, так и жидкие, порошкообразные (размолотые) или пастообразные образцы.

Так, при анализе образцов пшеницы, выращиваемой по традиционной и органической технологии, нами были получены такие данные. При выращивании пшеницы с использо-

ванием органической системы земледелия снижается показатель числа падения, что свидетельствует об уменьшении количества крахмала и снижении активности фермента гликозид-гидролазы. При этом содержание массовой доли влаги в зерне пшеницы имеет тенденцию к снижению с 11,5 % до 10,8 %, а также значительно увеличивается содержание сырого протеина с 10,71 % до 15,95 % и особых клейковинных белков с 10,9 % при традиционном земледелии и до 25,7 % при органическом земледелии. Это обуславливает улучшение хлебопекарных характеристик получаемой продукции и качества хлеба, выпекаемого из пшеничной муки.

Необходимо отметить увеличение показателя стекловидности зерна в условиях применения органического земледелия до 47,8 % по сравнению с вариантом выращивания пшеницы при традиционном земледелии (37,5 %). Возрастание величины стекловидности свидетельствует о лучшей упаковке белковых гранул в эндосперме и определяет лучший выход муки и улучшение показателей качества хлебопекарной и кондитерской продукции.

Снижение массы 1000 зерен с 37,5 до 32,1 граммов определяет изменение структуры урожая и количество оболочек, переходящих в муку при размоле зерна пшеницы. Одновременное уменьшение содержания сырой золы говорит об увеличении качества данного сорта пшеницы при выращивании в условиях ведения органического земледелия.

Содержание сырого жира и углеводов, в том числе в виде клетчатки, определяет пищевую ценность зерна зерновых культур и обуславливается генетическими характеристиками данного сорта пшеницы. Однако условия выращивания также вносят большой вклад в формирование пищевой ценности зерна пшеницы. Результаты исследований свидетельствуют о достоверном увеличении содержания сырой клетчатки в зерне при применении органического земледелия ( $3,03 \pm 0,06$  %, в традиционном –  $2,21 \pm 0,04$  %), что обуславливает пищевую ценность и эффективность размола полученного зерна пшеницы.

Оценивая показатели содержания белка, сырой клейковины, индекса деформации клейковины (ИДК), стекловидности, качество зерна, полученного при традиционном земледелии, можно оценить по 4 классу технических требований (ГОСТ 9353-2016). По показателям качества зерно, полученное в результате органического земледелия, оценивается по 3 классу технических требований (ГОСТ 9353-2016). Таким образом, оперативный контроль позволяет даже в полевых условиях проводить анализ качества продукции.

Для получения количественных характеристик сельскохозяйственной продукции используют при калибровке внутренние и внешние стандарты. Наличие стандартов в виде государственных стандартных образцов (ГСО) сегодня является проблемой и главной задачей производителей стандартных образцов. В государственном каталоге стандартных образцов имеется ограниченный набор ГСО. Долгое время их практически не производили в нашей стране. Так, с 2000 по 2015 год было зарегистрировано и выпущено только 19 шт. ГСО состава, с 2015 по 2019 гг. – 30 шт., с 2020 по 2024 год – 41 шт.

В нашей стране производство стандартных образцов осуществляется в аккредитованной лаборатории по производству стандартных образцов в Автономной некоммерческой организации «Агрохимический инновационный центр развития сельскохозяйственной науки и производства» (АНО «АИЦ»). Центр производит стандартные образцы состава пестицидов, других химических соединений, которые применяются как средство метрологического обеспечения единства измерений и контроля точности результатов измерений и аттестации методик измерений массовой доли пестицидов в веществах и материалах методом газовой и высокоэффективной жидкостной хроматографии. ГСО предназначены для градуировки хроматографов при соответствии метрологических и технических характеристик стандартного образца требованиям методики измерений.

Таким образом, задача сертификации продукции, идентификации состава образцов по химическому составу сегодня решается достаточно быстро и с высокой точностью.

## ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И УРОЖАЙНОСТЬ БИОМАССЫ КАПУСТЫ В ОВОЩНЫХ СЕВООБОРОТАХ

Ю. Н. Плескачѳв<sup>1</sup>, Н. В. Тютюма<sup>2</sup>, С. В. Старцев<sup>2</sup>, П. Н. Шеремет<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: pleskachiov@yandex.ru,

<sup>2</sup>ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН

Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черныйрский район,

с. Солѳное займище

E-mail: tutumanv@list.ru, starcev SB@mail.ru, scheremet PN@mail.ru

**Резюме.** В статье приводятся данные многолетнего опыта по изучению влияния стимуляторов роста на продуктивность различных сортов капусты белокочанной. Наибольший фотосинтетический потенциал и урожайность биомассы формировались у сорта Конгама на варианте применения Циркона.

**Abstract.** The article presents data from many years of research on the effect of growth stimulants on the productivity of various varieties of white cabbage. The Kongama variety showed the highest photosynthetic potential and biomass yield when using Zircon.

Капуста белокочанная является самой распространенной овощной культурой и ценится за разнообразие видов, пригодность для длительного хранения и лечебные свойства, многостороннее использование в свежем, квашеном, маринованном и сушеном виде [1, 2].

Капуста отличается богатым минеральным составом, содержит соли калия, фосфора, кальция, железа и др., причем содержание минеральных веществ зависит от условий произрастания сортов [3, 4].

Наиболее распространена белокочанная капуста, на долю которой приходится 98 %, и только 2 % посевной площади занято остальными видами капусты. По валовому сбору белокочанная капуста среди овощных культур занимает первое место [5, 6].

Опыт по изучению влияния стимуляторов роста на развитие и продуктивность капусты белокочанной проводился с 2020 по 2024 годы в Прикаспийском аграрном федеральном научном центре РАН на светло-каштановых почвах.

Фактором А являлись сорта капусты белокочанной: 1. Чамп (контроль); 2. Гаага; 3. Конгама. Фактором В являлись стимуляторы роста: 1. Контроль – без биопрепаратов; 2. Гумат; 3. Циркон.

Площадь делянок первого порядка составляла 40 м<sup>2</sup>. Площадь делянок второго порядка составляла 10 м<sup>2</sup>. Размещение рендомизированное. Повторность четырёхкратная. Плотность посадки – 35 тыс. растений на гектаре, или 35 растений на 10 м<sup>2</sup>.

В среднем за 2020 – 2024 годы наименьшая площадь листовой поверхности капусты белокочанной формировалась у сорта Чамп на контрольном варианте без применения биопрепаратов и равнялась 23 261 тыс. м<sup>2</sup>/га. Применение Гумата увеличивало площадь листовой поверхности белокочанной капусты на 924 тыс. м<sup>2</sup>/га. Применение Циркона увеличивало площадь листовой поверхности капусты брокколи на 1726 тыс. м<sup>2</sup>/га.

У сорта Гаага на контрольном варианте площадь листовой поверхности формировалась на 4145 тыс. м<sup>2</sup> больше, у сорта Конгама – на 3166 тыс. м<sup>2</sup>/га больше, чем у сорта Гаага, и на 7311 тыс. м<sup>2</sup>/га больше, чем у сорта Чамп. Наибольшая площадь листовой поверхности формировалась у сорта Конгама на варианте применения Циркона и равнялась 32 803 тыс. м<sup>2</sup>/га.

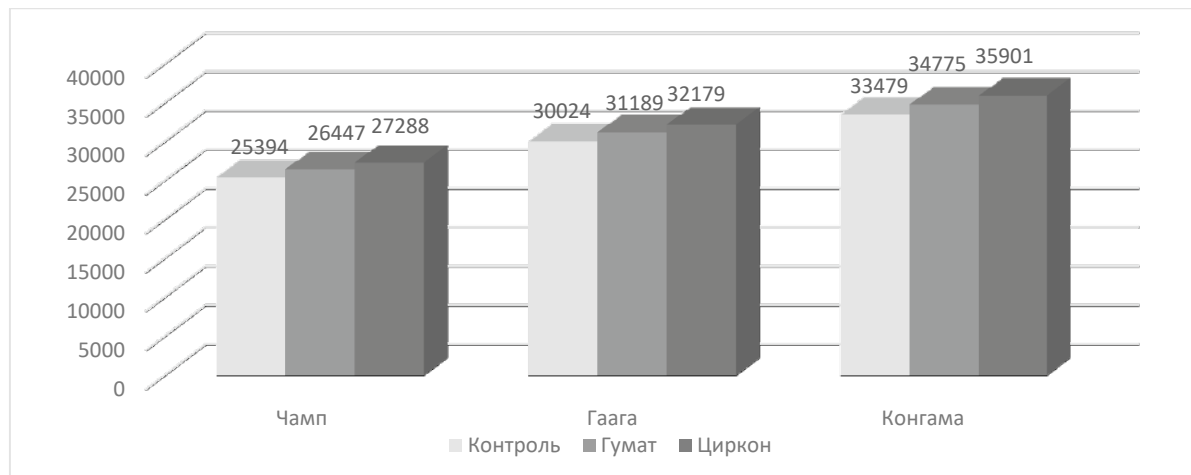


Рисунок 1. Площадь листовой поверхности капусты белокочанной в опыте с биопрепаратами в среднем за 2020 – 2024 годы, тыс. м<sup>2</sup>/га

Наименьший фотосинтетический потенциал капусты белокочанной в опыте с биопрепаратами формировался у сорта Чамп на варианте с применением Гумата и равнялся 1640 тыс. м<sup>2</sup> × дней/га. На варианте с применением Циркона фотосинтетический потенциал накапливался на 25 тыс. м<sup>2</sup> × дней/га больше и равнялся 1665 тыс. м<sup>2</sup> × дней/га. На контрольном варианте у сорта Чамп фотосинтетический потенциал был на 11 тыс. м<sup>2</sup> × дней/га больше, чем на варианте с применением Циркона, и на 26 тыс. м<sup>2</sup> × дней/га больше, чем на варианте с применением Гумата, и равнялся 1676 тыс. м<sup>2</sup> × дней/га. У сорта Гаага фотосинтетический потенциал был на 1086 – 1135 тыс. м<sup>2</sup> × дней/га больше, чем у сорта Чамп. У сорта Конгама – на 733 – 856 тыс. м<sup>2</sup> × дней/га больше, чем у сорта Гаага, и на 1806 – 1889 тыс. м<sup>2</sup> × дней/га больше, чем у сорта Чамп. Наибольший фотосинтетический потенциал формировался у сорта Конгама на варианте применения Циркона и равнялся 3554 тыс. м<sup>2</sup> × дней/га.

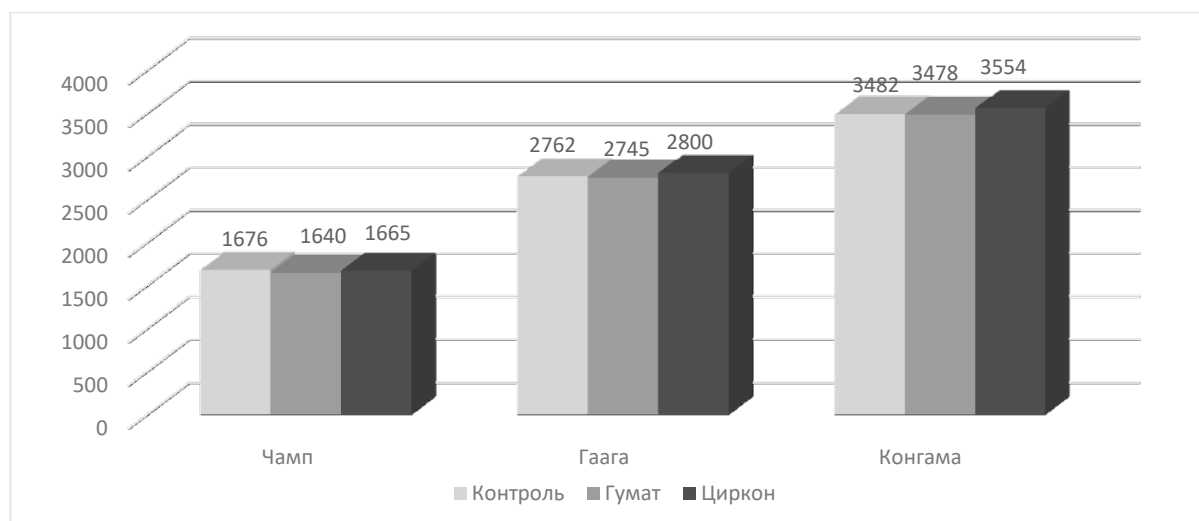


Рисунок 2. Фотосинтетический потенциал капусты белокочанной в опыте с биопрепаратами в среднем за 2020 – 2024 годы, тыс. м<sup>2</sup> × дней /га

Урожайность биомассы была наименьшей у сорта Чамп на контрольном варианте без применения стимуляторов роста и равнялась 55,3 т/га. На варианте с применением Гумата урожайность биомассы формировалась на 6,3 т/га больше. На варианте с применением Циркона урожайность биомассы формировалась на 2,2 т/га больше, чем на варианте с применением Гумата, и на 8,5 т/га больше, чем на варианте без применения стимуляторов роста. У сорта Конгама урожайность биомассы формировалась на 5,4 – 6,8 т/га больше, чем у сорта Гаага, и на 18,4 – 19,3 т/га больше, чем у сорта Чамп.

Наибольшая урожайность биомассы капусты белокочанной в среднем за 2020 – 2024 годы формировалась у сорта Конгама на варианте с применением Циркона и равнялась 83,1 т/га, что оказалось на 27,8 т/га, или на 50,3 %, больше минимального значения.

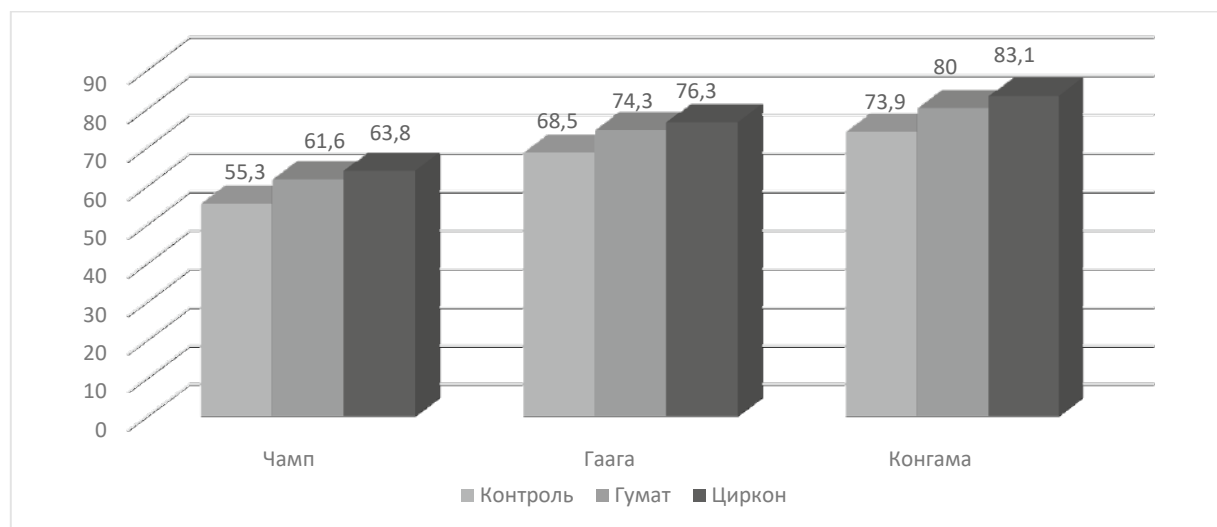


*Рисунок 3. Урожайность биомассы капусты белокочанной в опыте с биопрепаратами в среднем за 2020 – 2024 годы, т/га*

Таким образом, было установлено, что наибольший фотосинтетический потенциал и урожайность биомассы формировались у сорта Конгама на варианте применения Циркона.

## Литература

1. Бондарева Л. Л. Научное обоснование и разработка системы методов селекции и семеноводства капустных культур / Л. Л. Бондарева : автореф. дис. докт. с.-х. наук. – М., 2009. – 24 с.
2. Бородычев В. В. Обработка почвы, минеральное питание и капельное орошение капусты белокочанной в Нижнем Поволжье / В. В. Бородычев, Н. А. Щепотько // Плодородие. – № 3. – 2017. – С. 36 – 40.
3. Вознесенская Т. Ю. Влияние инновационных форм удобрений на нарастание листового аппарата и его фотосинтетическую деятельность / Т. Ю. Вознесенская, Т. М. Веревкина // Плодородие. – 2018. – № 6. – С. 3 – 7.
4. Давлетбаева О. Р. Новые гибриды среднеспелой капусты для Нечерноземной зоны / О. Р. Давлетбаева, Г. А. Костенко // Картофель и овощи. – 2015. – № 7. – С. 39 – 40.
5. Овчинников А. С. Агротехника возделывания овощных культур в условиях орошения / А. С. Овчинников, В. С. Бочарников, М. П. Мещеряков, О. В. Бочарникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. – 2017. – № 4 (48). – С. 10 – 16.
6. Прокопов В. А. Результаты селекции капусты на устойчивость к табачному трипсу / В. А. Прокопов, Г. Ф. Монахос, Г. А. Костенко // Картофель и овощи. – 2016. – № 1. – С. 36 – 38.

# БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВОЙ КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ

А. А. Новиков, И. И. Лысенко

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия –  
филиал ФГБНУ ФНЦ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова  
Российская Федерация, 400002, Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9  
E-mail: aa\_novikov@vniioz.ru

**Резюме.** После подсчёта основных элементов структуры урожая зерновой кукурузы была установлена наибольшая агротехническая эффективность при выращивании гибрида ГС-370 ФАО 350 и при использовании предпосевной обработки семян и двух листовых подкормок стимулятором роста Энергия М.

**Abstract.** After calculating the main elements of the grain corn yield structure, the highest agro-technical efficiency was achieved when growing the GS-370 FAI 350 hybrid and using pre-sowing seed treatment and two foliar applications of the growth stimulant Energy M.

Кукуруза – теплолюбивая культура, посев которой рекомендуется проводить в хорошо прогретую почву. При выборе оптимального срока посева кукурузы необходимо учитывать три основных фактора: первый фактор – достижение среднесуточных температур на глубине посевного слоя 10 °С, второй фактор – количество продуктивной влаги (в верхнем почвенном десятисантиметровом слое свыше пятнадцати миллиметров, в пахотном тридцатисантиметровом слое – свыше тридцати пяти миллиметров) и третий фактор – прекращение опасных заморозков [1, 2, 3].

Подкормка кукурузы – обязательное условие хорошего плодоношения этой культуры, которая без должного ухода демонстрирует низкие показатели урожайности. При этом важно определиться не только с составом питательных смесей, но и правильно организовать график внесения подкормок [4, 5].

Одним из действенных приёмов, проверенных неоднократно на практике, являются листовые подкормки различными органическими препаратами, содержащими набор полезных микроэлементов, благотворно влияющих на развитие и формирование биомассы и зерновой части кукурузы [6, 7].

Биометрическими показателями у зерновой кукурузы являются высота растений и длина початков, которые находятся в прямой корреляции не только от особенностей гибрида и погодно-климатических условий, но и от технологических элементов выращивания и в том числе от влияния используемых в опыте стимуляторов роста.

В нашем опыте возделывались три гибрида: П 8834, КСС 5291 и ГС-370 со своими биометрическими данными. В период проведения опытов отмечалось, что высота растений и длина початков были различными как по годам исследований, так и между вариантами в течение одного года, то есть зависели не только от погодных условий, но также от индивидуальных характеристик гибрида и от того или иного влияния стимуляторов роста.

В среднем за 2023 – 2024 годы минимальная высота была отмечена у гибрида КСС 5291 на делянках контрольного варианта и составляла 2,41 м. Использование стимулятора роста



Терразот приводило к увеличению высоты растений гибрида КСС 5291 на 3 см. Использование стимулятора роста Энергия М приводило к увеличению высоты растений гибрида КСС 5291 на 4 см. Высота растений у гибрида П 8834 оказалась на 4 см больше, чем у гибрида КСС 5291. На контроле высота растений гибрида П 8834 составляла 2,34 м, на делянках с использованием стимуляторов роста Энергия М равнялась 2,36 м. Высота растений гибрида ГС-370 была на 1 – 2 см больше, чем у гибрида П 8834, и на 6 – 8 см больше, чем у гибрида КСС 5291.

В среднем за 2023 – 2024 годы максимальная высота растений кукурузы была отмечена у гибрида ГС-370 на варианте с применением стимулятора роста Энергия М и составила 2,38 м, то есть на 9 см больше минимального значения.

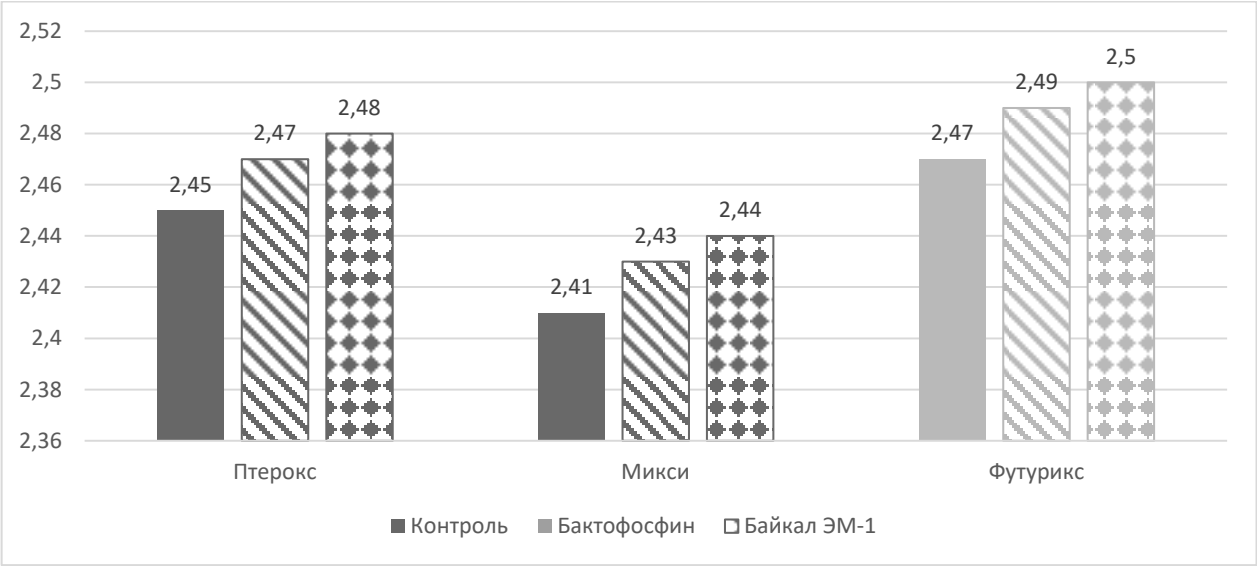


Рисунок 1. Высота растений кукурузы в зависимости от применения стимуляторов роста, среднее за 2023 – 2024 гг., м

Минимальная длина початков кукурузы была отмечена у гибрида П 8834 на контрольном варианте и составила 0,24 м. Использование стимуляторов роста Терразот или Энергия М увеличило длину початков у гибрида П 8834 на 1 см. В среднем по повторностям длина початков у гибрида КСС 5291 оказалась на 2 – 4 см больше по сравнению с гибридом П 8834. На контрольном варианте длина початков у гибрида КСС 5291 равнялась 0,26 м, а на варианте с применением стимулятора роста Энергия М равнялась 0,29 м. Длина початков гибрида ГС-370 оказалась на 2 см больше по сравнению с гибридом КСС 5291 и на 4 – 6 см больше по сравнению с гибридом П 8834. Максимальная длина початков кукурузы в среднем за 2023 – 2025 годы была отмечена у гибрида ГС-370 на варианте с использованием стимулятора роста Энергия М и составляла 0,30 м, то есть на 7 см больше минимального значения.

Биологическая урожайность у гибрида П 8834 в среднем за 2023 – 2025 годы была установлена от 0,697 кг/м<sup>2</sup> на делянках без использования стимуляторов до 0,772 кг/м<sup>2</sup> на делянках с использованием стимулятора Энергия М. У гибрида КСС 5291 биологическая урожайность была установлена от 0,719 кг/м<sup>2</sup> на делянках без использования стимуляторов до 0,794 кг/м<sup>2</sup> на делянках с использованием стимулятора Энергия М.

У гибрида ГС-370 биологическая урожайность была установлена от 0,758 кг/м<sup>2</sup> на делянках без использования стимуляторов до 0,869 кг/м<sup>2</sup> на делянках с использованием стимулятора Энергия М.

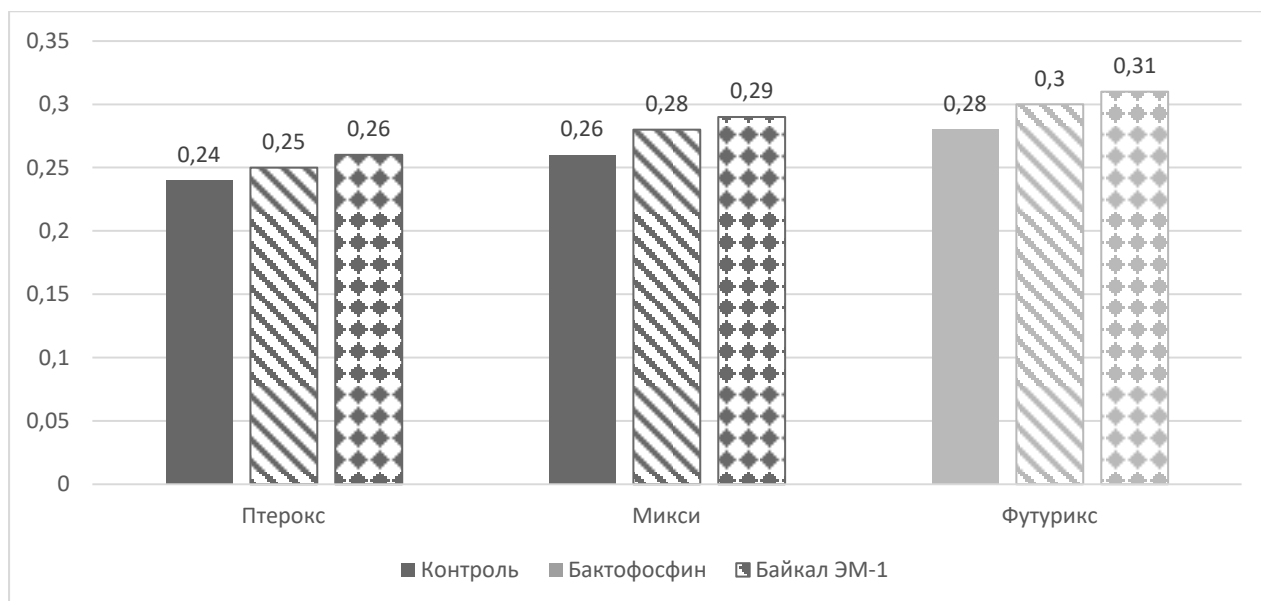


*Рисунок 2. Длина початков кукурузы в зависимости от применения стимуляторов роста в среднем за 2023 – 2025 гг., м*

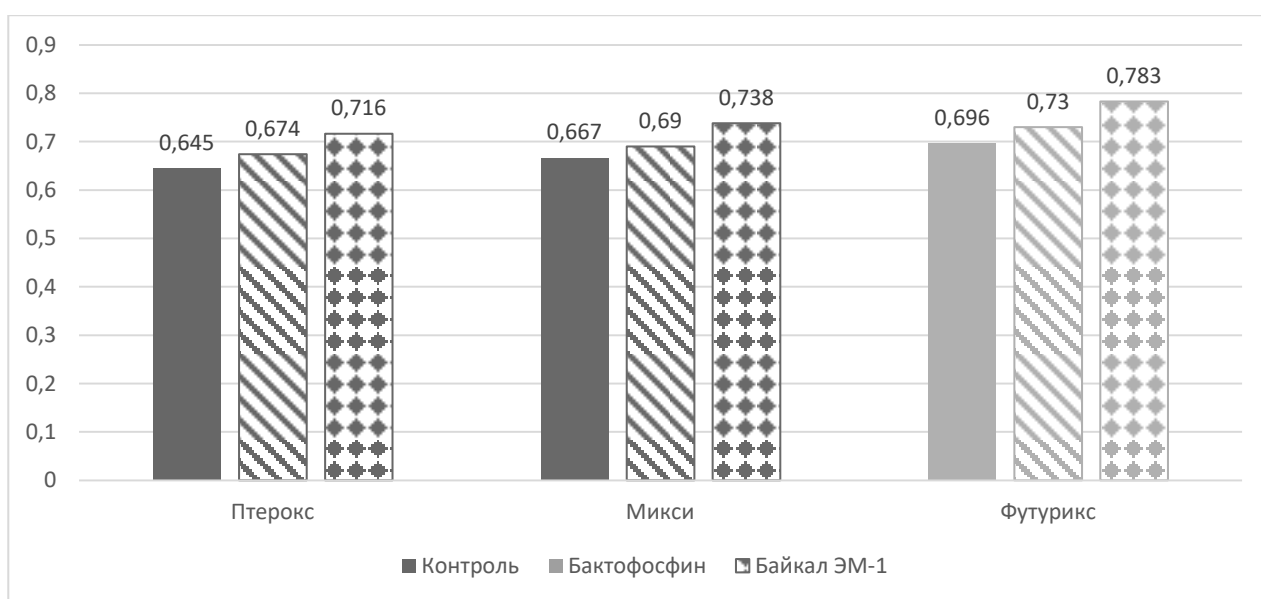


*Рисунок 3. Биологическая урожайность, кг/м², среднее за 2023 – 2024 гг.*

Таким образом, после подсчёта основных элементов структуры урожая зерновой кукурузы была установлена наибольшая агротехническая эффективность при выращивании гибрида ГС-370 ФАО 350 и при использовании предпосевной обработки семян и двух листовых подкормок стимулятором роста Энергия М. Минимальные показатели элементов структуры урожая зерновой кукурузы и её биологическая урожайность были установлены при выращивании среднераннего гибрида П 8834 ФАО 300 без использования стимуляторов роста в качестве обработки семян и листовых подкормок.

## Литература

1. Аристархов А. Н. Эколого-агрохимическая оценка эффективности применения цинковых удобрений под кукурузу на основных типах почв / А. Н. Аристархов, Т. А. Яковлева // Агрохимия. – 2016. – № 10. – С. 20 – 37.
2. Багринцева В. Н. Эффективность некорневой подкормки кукурузы агрохимикатами / В. Н. Багринцева, В. В. Букарев, С. В. Никитин, М. А. Черкасова // Кукуруза и сорго. – 2019. – № 2. – С. 3 – 8.
3. Бредихина О. М. Применение препаратов гуминовой природы при возделывании кукурузы / О. М. Бредихина, М. В. Никонов, Г. Н. Никонова // Вестник Мичуринского ГАУ. – 2018. – № 4. – С. 64 – 69.
4. Гудова Л. А. Влияние микробиологического удобрения и густоты стояния растений на урожайность зерна гибридов кукурузы в Нижнем Поволжье / Л. А. Гудова, В. И. Жужукин, А. А. Гераскина // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 7. – С. 4 – 7.
5. Иванов В. М. Продуктивность и экономическая эффективность кукурузы на зерно, возделываемой по системе Стрип-Тилл, на черноземных почвах Волгоградской области / В. М. Иванов, А. В. Кубарева // Известия АУК. – 2019. – № 3. (54) – С. 73 – 79.
6. Моисеев А. Н. Влияние удобрений на вынос урожаем зерна кукурузы и хозяйственный баланс основных элементов питания в лесостепи Среднего Поволжья / А. Н. Моисеев, А. В. Ивойлов, А. В. Сидоров // Научная жизнь. – Т. 14. – Вып. 4. – 2019. – С. 438 – 449.
7. Турусов В. И. Приемы повышения продуктивности кукурузы в условиях юго-востока Центрально-Черноземной зоны / В. И. Турусов, В. М. Гармашов // Научно-агрономический журнал. – 2019. – № 3. – С. 13 – 16.

УДК 631.95

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ПОЧВ НА МЕСТЕ ГАРИ ЛЕСОВ КОВРОВСКОГО РАЙОНА ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. М. Шентерова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

<sup>2</sup>ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»

E-mail: k.vlgu@yandex.ru

**Резюме.** Основным потрясением почвенных фракций в лесных экосистемах выступают пожары, преобразующие как среду жизни леса, так и структуру растительного покрова, так или иначе влияя на ее состав. Вместе с пожаром изменяется и режим существования верхнего слоя земли: солнце беспрепятственно иссушивает ее. При этом все, что находится глубже, напротив, переувлажняется. Корни деревьев, которые при жизни были естественными «насосами», выкачивающими большие объемы воды, прекращают работать. Появившаяся зола увеличивает щелочной уровень почвы, что так же крайне отрицательно действует на возможность роста леса. Пожар приводит к сильнейшему недостатку азота, которого и так всегда не хватает в лесной почве. В первые годы жизни в почве практически отсутствует корневая конкуренция. Если какое-либо растение найдет имеющуюся среду более или менее подходящей для роста, то у него практически не будет конкуренции за питательные вещества.

**Ключевые слова:** Мезопедобионты, таксонометрическая структура сообществ, естественные гари, перфугиумы, почвенная фауна, послепожарное состояние экосистем.

**Abstract.** Fires are the main factor disrupting soil fractions in forest ecosystems, transforming both the forest environment and the structure of the vegetation cover; thereby affecting its composition in one way or another. Along with the fire, the regime of the upper soil layer also changes: the sun dries it out unhindered. At the same time, everything deeper below becomes overmoistened. The roots of trees, which during their lifetime were natural “pumps” pumping out large volumes of water, cease to function. The ash that appears increases the alkaline level of the soil, which also has an extremely negative effect on the possibility of forest growth. Fire leads to a severe shortage of nitrogen, which is already in short supply in forest soil.

In the first years of life, there is virtually no root competition in the soil. If a plant finds an environment that is more or less suitable for growth, it will have virtually no competition for nutrients.

**Keywords:** Mesopedobionts, taxonomic structure of communities, natural fires, perflugiums, soil fauna, post-fire state of ecosystems.

Актуальность работы заключается в низком качестве исследования механизмов восстановления почвенных беспозвоночных (мезопедобионтов) после пожара в зоне подтайги в условиях Ковровского района Владимирской области.

Целью работы является выявление механизмов восстановления сообществ почвенных животных после пожаров на месте гари лесов Ковровского района Владимирской области.

Оценивая последствия пирогенных изменений в лесных экосистемах, разработана концепция локально ненарушенных участков экосистем в пределах крупных нарушений, которые служат источниками формирования сообществ почвенной фауны после нарушений. Кроме того, количественно оценена роль источников формирования почвенных животных после пожара.

В изучении вопросов механизмов восстановления выделены стадии восстановления почвенной фауны в пределах зоны подтайги на территории Ковровского района Владимирской области, что позволяет использовать ее в качестве биоиндикатора послепожарного состояния экосистем.

Владимирская область относится к регионам с высочайшим риском возникновения пожаров. Это обосновано существенной площадью торфяных месторождений и лесов.

Согласно статистическим данным, леса нашей области занимают около 40 % площади, в недалеком прошлом площадь их была значительно больше. Более обильны леса Гусь-Хрустального района, Петушинского, Ковровского и Вязниковского, менее – Муромского, Суздальского, Юрьев-Польского районов, что связано с ландшафтным строением территории, а доминирующий вид в древостое принадлежит – сосне, образующей сосновые боры.

Лесные пожары (размер пройденной огнем площади и численность возникающих пожаров за пожароопасный сезон) на той или другой местности определяются тремя причинами: лесорастительными критериями и погодными условиями, а также наличием источников огня (плотностью народонаселения). Пожары встречаются с разной частотой в зависимости от биома как естественный фактор изменения наземных сообществ.

В результате пожара физиологические свойства почвы изменяются.

Изменившиеся после пожара условия, в частности, обугливание поверхности почвы и, как следствие, наиболее мощное нагревание днем, приводят к увеличению амплитуды температур земли: к примеру, на гари во Владимире было зафиксировано повышение на 6 °C на глубине 5 см. Пожары – это кратковременная доступность большинства заменителей питательных веществ.

Азот и фосфор и большинство катионов: из-за пожаров раствор рН почвы увеличивается за счет увеличения подвижности некоторых соединений.

Пожары оказывают глубокое и комплексное воздействие на лесные экосистемы: изменения, которые происходят в лесном ландшафте, коренные изменения в структуре и составе лесов и различные установившиеся отношения и связи между разными частями. В это время биогеохимические циклы нарушаются и создаются новые сообщества. Вот почему огонь играет важную роль как фактор замены пород, то есть вторичных экологических сукцессий.

Материалы исследовательской работы представляют собой результат собственных исследований, проводившихся с 2020 г. по 2022 г. в подтаежной зоне Владимирской области, в Ковровском районе.

Район исследования расположен к востоку от города Владимир на высоте 117 м над уровнем моря.

В апреле 2020 года на участке 3 га был выжжен участок леса, который включал в себя три основных типа: вырубку, выборочную рубку и нетронутый рубкой лес.

Контрольный участок с негорелым лесом располагался на расстоянии 100 м от экспериментального.

До момента возгорания территория полностью была покрыта елово-сосновым лесом на дерново-подзолистых почвах. Повсеместно росли кустарники.

В качестве эксперимента нами был выбран лес, который располагался в 7 км южнее от горелого участка. Почвы – дерново-подзолистые, растительность – сосново-еловые леса с брусничкой и мхами. Выбранный участок не подвергался пожарам.

Для выявления различий в восстановлении сообществ почвенных животных после пожара был обозначен участок в катене длиной около 15 метров, который располагался на возвышенности и был представлен сосняком, промежуточный участок – сосняк с мхами, а слабодренированный участок – сфагновые сообщества. Заложено две трансекты на расстоянии 100 метров друг от друга.

Случайным образом было отобрано 10 проб с помощью рамки 10 × 10 см. Отбор проб проводили осенью 2022 года. Пробы отбирали до глубины 12 – 15 см, упаковывали в пластиковые контейнеры и доставляли в лабораторию, где выдерживали их в течение суток при комнатной температуре для испарения влаги.

Эксперимент заключался в искусственном сжигании почвенной пробы.

Целью эксперимента являлась оценка процессов, которые происходят на начальном этапе формирования сообществ любой гари за счет выживания почвенных животных во время пожара на разных стадиях жизненного цикла в разных ландшафтных условиях.

## Литература

1. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 487 с.
2. Безкоровайная И. Н., Краснощекоев Ю. Н., 2004. Трансформация педокомплексов микроартропод шелкопрядников южной тайги Средней Сибири после воздействия огня // Вестн. КрасГУ. Сер. Естеств. науки. – № 7. – С. 53 – 58.
3. Валендик Э. Н., Матвеев П. М., Софронов М. А. Крупные лесные пожары. – М.: Наука, 1979. – 198 с.
4. Гиляров М. С. Определитель обитающих в почве личинок насекомых. – М.: Наука, 1964. – 921 с.
5. Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв. – М.: Наука, 1965. – 278 с.
6. Потапова Н. А. Почвенные беспозвоночные (мезофауна) – 20 лет наблюдений в Окском заповеднике / Мониторинг сообществ на гарях и управление пожарами в заповедниках. – М.: ВНИИПрирода, 2002. – С. 57 – 65.

7. Романов В. В. Ландшафты Владимирской области : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1. Ландшафты Смоленско-Московской провинции / В. В. Романов; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. – 56 с.

8. Рыбалов Л. Б., Камаев И. О. Разнообразие почвенной мезофауны в северотаежных биогеоценозах бассейна реки Каменная (Карелия) // Изв. РАН. Сер. биол. – 2011. – № 4. – С. 403 – 412.

УДК 631.863

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УДОБРЕНИЙ НА СТРУКТУРУ ПОЧВЕННОЙ МИКРОБИОТЫ

С. А. Замятин<sup>1</sup>, С. Г. Манишкин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Марийский НИИСХ – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока  
ул. Победы, 10, посёлок Руэм, Россия

<sup>2</sup>Марийский государственный университет  
площадь имени В. И. Ленина, 1, Йошкар-Ола, Россия

**Резюме.** На опытном поле Марийского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока изучено применение удобрений и их влияние на микробиологическую активность почвы. Установлено, что применение удобрений на дерново-подзолистой почве способствует повышению эффективности микрофлоры пахотного слоя и росту уровня микробиологической активности. Общая численность бактерий при применении минеральных удобрений уменьшалась, а грибов и актиномицетов – увеличивалась. Применение удобрения Mari Ferti или совместное применение минеральных и органических удобрений привело к росту целлюлозо-разлагающих микроорганизмов в почве (актиномицетов и бактерий) и грибов

**Ключевые слова:** почва, микрофлора, органические удобрения, минеральные удобрения, бактерии, актиномицеты, грибы.

**Abstract.** The use of fertilizers and their impact on soil microbiological activity were studied at the experimental field of the Mari Scientific Research Institute of Agriculture, a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «North-East Federal Agricultural Research Center». It was found that the application of fertilizers on sod-podzolic soil contributes to an increase in the efficiency of the microflora of the arable layer and an increase in the level of microbiological activity. The total number of bacteria decreased with the application of mineral fertilizers, while the number of fungi and actinomycetes increased. The application of Mari Ferti fertilizer or the combined application of mineral and organic fertilizers led to an increase in cellulose-degrading microorganisms in the soil (actinomycetes and bacteria) and fungi.

**Keywords:** soil, microflora, organic fertilizers, mineral fertilizers, bacteria, actinomycetes, fungi.

Урожайность сельскохозяйственных культур во многом зависит от количества и активности почвенных микроорганизмов. Стимулировать их развитие помогает использование органических удобрений, различных видов компостов и микробиологических препаратов. Этим вопросам посвящено множество научных исследований, где подчеркивается, что активизация почвенной микрофлоры является результатом внесения удобрений, включая минеральные и органические [1]. Использование органических удобрений играет большую роль при подавлении почвенных фитопатогенов, повышении численности антагонистов и супрессивности почвы. Органические удобрения служат основным источником пополнения и воспроизводства гумуса в почвах, обуславливая их потенциальное и актуальное плодородие. Применение

органических удобрений значительно снижает количество почвенных патогенов, увеличивает численность полезных микроорганизмов и повышает устойчивость почвы к болезням. Эти удобрения также являются важным источником для восстановления и накопления гумуса в почве, что определяет её потенциальное и актуальное плодородие [2]. Реакция почвенной микрофлоры на удобрения в значительной степени обусловлена внешними факторами, среди которых ключевую роль играют свойства почвы, её влажность и температура, а также выделения корней растений. При отклонении этих условий от оптимальных значений происходит уменьшение численности микроорганизмов в почве. Такие изменения оказывают влияние не только на процессы разложения, но и на доступность питательных и энергетических ресурсов для сельскохозяйственных культур. Внесение удобрений в почву заметно увеличивает количество микроорганизмов (например, грибов, актиномицетов, бактерий) и стимулирует их активность [3].

Несбалансированное питание сельскохозяйственных растений ослабляет их иммунитет, делая их более уязвимыми перед неблагоприятными условиями окружающей среды и вредными организмами. Для получения высококачественного урожая и поддержания здорового состояния почвы и растений необходимо строго соблюдать научно обоснованные нормы, сроки и методы применения агрохимикатов и средств защиты растений [4]. Долгосрочное выращивание сельскохозяйственных культур без использования удобрений (как органических, так и минеральных или органоминеральных) приводит к постепенному уменьшению численности почвенных микроорганизмов и снижению уровня плодородия почвы. Это сопровождается значительным снижением урожайности: у зерновых культур она может снизиться на 30 – 40 %, у технических и овощных – на 60 – 70 % [5].

Почвенные микроорганизмы играют ключевую роль в разложении органических веществ в системе «почва-растение», что существенно меняет процесс превращения питательных элементов удобрений и влияет на восстановление плодородия почвы и её экологического состояния. При использовании удобрений важно проводить комплексную оценку их воздействия на почву (включая биологическую активность и экологическое состояние), а также учитывать эффективность минерального питания и минимизировать возможное негативное воздействие химических средств на почвенную среду [6].

В условиях Республики Марий Эл изучено действие минерального, гранулированного органического и совместного применения половинных доз удобрений на почвенную микрофлору.

Исследования проводили на опытном поле Марийского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока на яровой пшенице сорта «Баженка» по следующей схеме:

1. Контроль (без удобрений).
2. Нитроаммофоска ( $N_{16} P_{16} K_{16}$ ) (138 кг/га).
3. Нитроаммофоска (206 кг/га).
4. Mari Ferti ( $N_{5,5} P_3 K_4$ ) (400 кг/га).
5. Mari Ferti (600 кг/га).

Совместное применение половинных доз Mari Ferti и нитроаммофоски.

6. Mari Ferti (200 кг/га) + Нитроаммофоска (69 кг/га).
7. Mari Ferti (300 кг/га) + Нитроаммофоска (103 кг/га).

Нитроаммофоска внесена в расчете по азоту органического удобрения Mari Ferti.

Повторность однофакторного опыта четырёхкратная. Общая площадь делянки – 200 м<sup>2</sup>. Размещение делянок систематическое. Предшественник яровой пшеницы – озимая рожь.

Для оценки влияния удобрений на почвенные процессы в конце вегетации отбирали образцы, в которых определяли численность почвенной микрофлоры. Влияние удобрений оценивали с использованием классических и биохимических методов. Микроорганизмы определяли методом посева почвы на твердую питательную среду.

Таблица. Численность почвенной микрофлоры при внесении удобрений, тыс. КОЕ/г почвы, 2024 г.

| № варианта   | Бактерии | Актиномицеты | Грибы | Всего |
|--------------|----------|--------------|-------|-------|
| 1 (контроль) | 558      | 126          | 48    | 732   |
| 2            | 426      | 148          | 52    | 626   |
| 3            | 413      | 136          | 58    | 607   |
| 4            | 937      | 255          | 67    | 1259  |
| 5            | 975      | 265          | 72    | 1312  |
| 6            | 897      | 260          | 65    | 1222  |
| 7            | 805      | 268          | 70    | 1143  |

Выявлено, что применение минеральных удобрений снизило количество бактерий в 1,31. Повышенные дозы минеральных удобрений ещё больше – в 1,35 раза снизили количество бактерий по сравнению с вариантом контроль. Применение удобрения Mari Ferti или совместное применение минеральных и органических удобрений увеличило численность бактерий. Причем, внесение удобрения Mari Ferti в дозе 400 кг/га повысило заселенность бактерий в 1,68 раза по сравнению с естественным фоном плодородия. Доза 600 кг/га увеличила численность бактерий до 975 тыс. КОЕ в 1 гр. почвы, что в 1,75 раза выше контрольного варианта. Несколько ниже, но все равно на высоком уровне, оказалось количество бактерий от совместного применения минеральных и органических удобрений.

Применение удобрений увеличило рост актиномицетов в ризосфере яровой пшеницы. Так, применение нитроаммофоски, внесенной по азоту удобрения Mari Ferti в дозе 400 кг/га, повысило количество актиномицетов в 1,7 раза, а в дозе 600 кг/га – только 1,08 раза. А применение только органического удобрения Mari Ferti в дозе 400 кг/га значительно повысило численность актиномицетов (в 2,02 раза), 600 кг/га – в 2,10 раза. Совместное применение органических минеральных удобрений в 2,06 – 2,13 раза повысило количество актиномицетов в почве.

Численность грибов в исследованиях варьировала от 48 до 70 тыс. КОЕ/г почвы. Наименьшее их количество было выявлено в варианте без удобрений – 48 тыс. КОЕ/г почвы. Наибольшее количество как бактерий и актиномицетов, так и грибов было в варианте с внесением удобрения Mari Ferti – 67 и 72 тыс. КОЕ/г почвы в дозах 400 и 600 кг/га соответственно. Применение только минеральных удобрений незначительно повысило численность микромицетов (в 1,08 – 1,21 раза) в почве.

Таким образом, наряду с положительным действием удобрений на численность и активность жизнедеятельности почвенных микроорганизмов выявлено уменьшение некоторых групп микроорганизмов, в частности, бактерий, которых становится даже ниже, чем в варианте без удобрений. Для повышения эффективности минеральных удобрений необходимо сочетание их с гранулируемым органическим удобрением Mari Ferti. Наибольшее воздействие на рост численности микроорганизмов оказывает внесение удобрения Mari Ferti в дозе 600 кг/га. Общее количество почвенных микроорганизмов увеличивается в 1,79 раза по сравнению с вариантом без удобрений.

## Литература

1. Марьина-Чермных О. Г. Длительное воздействие удобрений на почвенную микрофлору почвы / О. Г. Марьина-Чермных // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: Мосоловские чтения. Материалы международной научно-практической конференции. Выпуск XXIV. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2022. – С. 37 – 40.



2. Соколов М. С., Спиридонов Ю. Я., Глинушкин А. П., Торопова Е. Ю. Органическое удобрение – эффективный фактор оздоровления почвы и индуктор её супрессивности // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – № 1. – С. 4 – 12.
3. Андреев М. И., Марьина-Чермных О. Г. Влияние органического удобрения на целлюлозо-литическую активность почвы в ризосфере озимой пшеницы // 10-я Международная научно-практическая конференция «Защита растений от вредных организмов». – Краснодар, Кубанский ГАУ, 2021. – С. 15 – 16.
4. Осипов А. И., Шкрабак Е. С. Роль удобрений в получении качественных урожаев возделываемых культур // Здоровье – основа человеческого потенциала и пути их решения. – 2016. – № 2. – С. 803 – 808.
5. Осипов А. И. Перспективы развития органического земледелия // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2019. – № 2. – С. 948 – 958.
6. Манишкин С. Г., Апаева Н. Н. Микромицетный состав почвы в зависимости от способов внесения гранулированных органических удобрений // Воспроизводство плодородия почв и создание устойчивых агробиоценозов. Материалы Международной научно-практической конференции «110 лет Длительному полевому стационарному опыту РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева». – 2022. – С. 129 – 133.

УДК 631.51

## ВЛИЯНИЕ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Н. И. Сёмина, П. А. Галаганов

ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет  
Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26  
E-mail: n.syomina@itehnika.ru, pavel-galaganov@yandex.ru

**Резюме.** Представлены данные по влиянию приёмов основной обработки почвы на влажность почвы, комковатость верхнего слоя и биометрические показатели подсолнечника при возделывании его в подзоне тёмно-каштановых почв Волгоградской области.

**Abstract.** The article presents data on the effect of basic tillage methods on soil moisture, top-soil clumping, and biometric indicators of sunflower cultivation in the dark chestnut soil subzone of the Volgograd Region.

Обработка почвы – одна из основных технологических операций в земледелии. Главная ее задача состоит в создании оптимальных условий для возделывания сельскохозяйственных культур [1, 2, 3].

Оптимальное строение и агрегатный состав обрабатываемого слоя обеспечивают благоприятные водный и питательный режимы, а также улучшение аэрации почвы и ее тепловых свойств. Задачей обработки почвы является также уничтожение сорной растительности и улучшение фитосанитарного состояния поля [4, 5, 6].

Основная цель исследований заключалась в определении оптимальных способов основной обработки, а также комплексной оценке продуктивности гибридов подсолнечника для подзоны тёмно-каштановых почв Волгоградской области.

Более правильно оценить влияние основных обработок почвы не только на накопление, но и на сохранение влаги позволяет динамика наблюдений за этим процессом. К тому же, продуктивность подсолнечника во многом определяется влагозапасами второго метрового слоя почвы.

Схема опыта включала 4 варианта основной обработки почвы:

1. Вспашка отвальная ПН-4-35 на 0,25 – 0,27 м (контроль).
2. Обработка рабочим органом «Ранчо» с рыхлением на 0,33 – 0,35 м и оборотом пласта на 0,14 – 0,15 м.
3. Безотвальная обработка рабочим органом «Ранчо» с рыхлением на 0,33 – 0,35 м.
4. Безотвальная обработка рабочим органом «Ранчо» с рыхлением на 0,33 – 0,35 м с подрезающими лапами на 0,12 – 0,15 м.

Изучение динамики влажности почвы по основным фазам развития растений показало, что в зависимости от вида и глубины основной обработки почвы она значительно изменяется.

Наиболее высокая влажность – 20,4 % от абсолютно сухой почвы в пахотном слое 0 – 0,4 м в среднем за 2021 – 2024 годы была установлена на варианте чизельного рыхления на глубину 0,33 – 0,35 м с подрезающими лапами на глубине 0,12 – 0,15 м. На варианте чизельного рыхления на глубину 0,33 – 0,35 м с оборотом пласта на глубине 0,14 – 0,15 м влажность пахотного слоя 0 – 0,4 м в среднем за четыре года исследований оказалась на 1,2 % меньше и составляла 19,2 %. На контрольном варианте отвальной обработки на глубину 0,25 – 0,27 м влажность пахотного слоя 0 – 0,4 м была на 1,8 % меньше наибольшего значения и равнялась 18,6 %. На варианте безотвальной обработки почвы на глубину 0,33 – 0,35 м влажность пахотного слоя 0 – 0,4 м в среднем за три года исследований оказалась на 2,7 % меньше наибольшего значения и равнялась 17,7 %.

*Таблица 1. Влажность почвы в посевах подсолнечника, % от абсолютно сухой почвы (среднее за 2021 – 2024 гг.)*

| Основная обработка почвы                                                           | Слой почвы, м |             |             |             | Среднее |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|-------------|-------------|---------|
|                                                                                    | 0 – 0,10      | 0,10 – 0,20 | 0,20 – 0,30 | 0,30 – 0,40 |         |
| Вспашка на 0,25 – 0,27 м (контроль)                                                | 19,4          | 19,7        | 18,1        | 17,4        | 18,6    |
| Чизельное рыхление «Ранчо» на 0,33 – 0,35 м с подрезающими лапами на 0,12 – 0,15 м | 20,3          | 21,8        | 20,0        | 19,6        | 20,4    |
| Чизельное рыхление «Ранчо» на 0,33 – 0,35 м и с оборотом пласта на 0,14 – 0,15 м   | 20,1          | 20,6        | 18,3        | 18,0        | 19,2    |
| Безотвальная обработка «Ранчо» на 0,33 – 0,35 м                                    | 18,5          | 18,0        | 17,4        | 16,8        | 17,7    |

Замеры комковатости почвы весной перед посевом подсолнечника показали, что на контрольном варианте с отвальной обработкой почвы плугом на глубину 0,25 – 0,27 м комковатость под подсолнечник в среднем за 2021 – 2024 годы составляла 60,4 %, то есть уменьшилась по сравнению с осенними замерами на 7,5 %. На варианте обработки почвы чизельными органами «Ранчо» на глубину 0,33 – 0,35 м и с оборотом пласта на 0,14 – 0,15 м комковатость верхнего слоя в среднем за 2021 – 2024 годы была ниже на 4,2 % и равнялась 56,2 %, то есть уменьшилась по сравнению с осенними замерами на 4,6 %. Безотвальная обработка почвы

чизельными органами «Ранчо» на глубину 0,33 – 0,35 м с подрезающими лапами на глубину 0,12 – 0,15 м уменьшала комковатость верхнего слоя почвы на 15,5 % по сравнению с контрольным вариантом с отвальной обработкой почвы плугом на глубину 0,25 – 0,27 м и на 11,3 % по сравнению с обработкой почвы чизельными органами «Ранчо» на глубину 0,33 – 0,35 м и оборотом пласта на 0,14 – 0,15 м. В среднем за 2021 – 2024 годы она равнялась на варианте безотвальной обработки почвы чизельными органами «Ранчо» на глубину 0,33 – 0,35 м с подрезающими лапами на глубину 0,12 – 0,15 м 44,9 %, то есть уменьшилась по сравнению с осенними замерами на 5,0 %. На варианте безотвальной обработки «Ранчо» на 0,33 – 0,35 м после проведения основной обработки почвы комковатость верхнего слоя была ещё на 13,7 % меньше и равнялась 29,9 %, то есть уменьшилась по сравнению с осенними замерами на 6,3 %.

Таким образом, перед посевом подсолнечника при отвальных обработках агрегатов крупнее 1 мм было на 15 – 25 % больше, чем на вариантах с безотвальной обработкой.

*Таблица 2. Комковатость слоя почвы 0 – 5 см, % (среднее за 2021 – 2024 гг.)*

| Способ основной обработки                                                 | Сроки определения        |        |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------|
|                                                                           | После основной обработки | Весной |
| Отвальная обработка на 0,25 – 0,27 м (контроль)                           | 67,9                     | 60,4   |
| Обработка «Ранчо» на 0,33 – 0,35 м и с оборотом пласта на 0,14 – 0,15 м   | 60,8                     | 56,2   |
| Обработка «Ранчо» на 0,33 – 0,35 м с подрезающими лапами на 0,12 – 0,15 м | 49,9                     | 44,9   |
| Безотвальная обработка «Ранчо» на 0,33 – 0,35 м                           | 36,2                     | 29,9   |

Наблюдениями установлено, что густота растений подсолнечника по вариантам с обработкой почвы в среднем за 2021 – 2024 годы составляла от 38,9 тыс. растений/га на варианте безотвальной обработки «Ранчо» на 0,33 – 0,35 м до 42,3 тыс. растений/га на варианте безотвальной обработки «Ранчо» на 0,33 – 0,35 м с оборотом пласта на 0,14 – 0,15 м.

Наблюдения за высотой растений в фазу цветения показали, что наиболее высокорослыми они были на варианте обработки «Ранчо» на 0,33 – 0,35 м с оборотом пласта на 0,14 – 0,15 м – 1,73 м, на рыхлении «Ранчо» с подрезающими лапами высота растений в среднем была на 3 см меньше и равнялась 1,70 м и на варианте безотвальной обработки «Ранчо» на глубину 0,33 – 0,35 м высота растений подсолнечника была на 5 см меньше и равнялась 1,68 м.

Наиболее высокий показатель диаметра стебля отмечен на варианте обработки «Ранчо» на 0,33 – 0,35 м и оборотом пласта на 0,14 – 0,15 м и равнялся 24 мм. На варианте отвальной обработки почвы плугом на глубину 0,25 – 0,27 м и на варианте обработки почвы «Ранчо» на 0,33 – 0,35 м с подрезающими лапами на 0,12 – 0,15 м диаметр стебля в среднем равнялся 23 мм, на варианте безотвальной обработки «Ранчо» на глубину 0,33 – 0,35 м он равнялся 21 мм.

Наибольший диаметр корзинки отмечен на варианте обработки «Ранчо» на 0,33 – 0,35 м с оборотом пласта на 0,14 – 0,15 м и на варианте обработки «Ранчо» на 0,33 – 0,35 м с подрезающими лапами – 0,18 м. На варианте безотвальной обработки «Ранчо» на глубину 0,33 – 0,35 м диаметр корзинки оказался на 0,02 мм меньше и равнялся 0,16 м.

Таким образом, лучшие условия для роста растений создаются на вариантах глубокой обработки «Ранчо» на 0,33 – 0,35 м с оборотом пласта на 0,14 – 0,15 м и с подрезающими лапами на 0,12 – 0,15 м.

Таблица 3. Биометрические показатели подсолнечника, среднее за 2021 – 2024 гг.

| Основная обработка почвы                                                  | Густота растений, тыс./га | Высота растения в фазу цветения, м | Диаметр стебля, мм | Диаметр корзинки, м |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------|---------------------|
| Отвальная обработка на 0,25 – 0,27 м (контроль)                           | 40,2                      | 172                                | 23                 | 0,17                |
| Обработка «Ранчо» на 0,33 – 0,35 м и с оборотом пласта на 0,14 – 0,15 м   | 42,3                      | 173                                | 24                 | 0,18                |
| Обработка «Ранчо» на 0,33 – 0,35 м с подрезающими лапами на 0,12 – 0,15 м | 39,9                      | 170                                | 23                 | 0,18                |
| Безотвальная обработка «Ранчо» на 0,33 – 0,35 м                           | 38,9                      | 168                                | 21                 | 0,16                |

### Литература

1. Пупонин А. И. Депрессия почвы при уплотнении и методы её устранения / А. И. Пупонин, Н. С. Матюк // Земледелие. – 1986. – № 6. – С. 11 – 14.
2. Беленков А. И. Полевые севообороты, основная обработка почвы и приемы регулирования плодородия почв в черноземно-степной, сухостепной и полупустынной зонах Нижнего Поволжья: монография / А. И. Беленков, А. Н. Сухов, К. А. Имангалиев; ФГОУ ВПО Волгоградская ГСХА. – Волгоград, 2007. – 268 с.
3. Борисенко И. Б., Плескачев Ю. Н., Сидоров А. Н. Ресурсосберегающие способы обработки почвы при возделывании подсолнечника // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – № 2. – С. 4 – 6.
4. Сухов А. Н. Агроэкономические основы полевых севооборотов и обработки почв в адаптивно-ландшафтном земледелии сухостепной и полупустынной зон Нижнего Поволжья: монография / А. Н. Сухов, К. А. Имангалиев, А. К. Имангалиева. – Волгоград: ФГОУ ВПО Волгоградская ГСХА, 2011. – 192 с.
5. Плескачев Ю. Н. Продуктивность подсолнечника в зависимости от приёмов основной обработки почвы / Ю. Н. Плескачев, И. Б. Борисенко, Н. И. Сёмина, М. Н. Сытилин // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2024. – № 1 (59). – С. 3 – 8.
6. Плескачев Ю. Н. Влияние приёмов основной обработки почвы на продуктивность козлятника восточного / Ю. Н. Плескачев, В. Ю. Мисюряев, И. В. Киричкова, Е. Ю. Гузенко, В. В. Джафаров // Аграрная Россия. – 2024. – № 9. – С. 3 – 7.

## ПРОДУКТИВНОСТЬ ТОМАТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОЛИАРНЫХ ПОДКОРМОК В СЕВЕРНОМ ПРИКАСПИИ

М. Ю. Анишко<sup>1</sup>, М. В. Рогачёв<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт люпина –  
филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»

Российская Федерация, 241524, Брянская обл., Брянский р-н,  
пос. Мичуринский, ул. Березовая, д. 2

E-mail: mihaianisko640@gmail.com

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Астраханский государственный университет

Российская Федерация, 414056, Астраханская обл.,

г. Астрахань, ул. В. Н. Татищева, 20а

**Резюме.** В статье представлены данные структуры биологической урожайности томатов, их хозяйственная урожайность, экономическая эффективность. Установлено, что максимальные показатели были получены у сорта Катенька при применении двух фолиарных подкормок NPK с микроэлементами.

**Abstract.** The article presents data on the structure of biological yield of tomatoes, their economic yield, and economic efficiency. It was found that the maximum results were obtained from the Katenka variety when using two foliar fertilizers of NPK with microelements.

Томат по праву считается самой востребованной и любимой овощной культурой в России. Между тем производство томата в открытом грунте в Российской Федерации по сравнению с восьмидесятыми годами прошлого столетия снизилось на 15 %, в то же время импорт увеличился примерно во столько же раз. В связи с этим разработку эффективной технологии возделывания томатов для получения планируемых урожаев следует считать одной из актуальных задач овощеводства в Северном Прикаспии.

В 2024 году наибольшее количество плодов на кусте формировалось также у гибрида Катенька на четвёртом варианте (Одна листовая подкормка NPK 20-20-20 + микроэлементы в фазу активного роста (0,3% раствор, 300 л/га) + одна листовая подкормка NPK 12-6-36 + Mg + S + микроэлементы в фазу цветения-плодообразования (0,3 % раствор, 300 л/га)) и составляло в среднем 42 штуки, то есть на 1 штуку больше, чем в 2023 году, наименьшее количество плодов томата – 39 штук формировалось у гибрида Сенатор на всех вариантах, то есть также на 2 штуки больше, чем в 2023 году.

Максимальная масса плода в среднем – 107 грамм формировалась у гибрида Катенька и у гибрида Сенатор на четвёртом варианте (Одна листовая подкормка NPK 20-20-20 + микроэлементы в фазу активного роста (0,3 % раствор, 300 л/га) + одна листовая подкормка NPK 12-6-36 + Mg + S + микроэлементы в фазу цветения-плодообразования (0,3 % раствор, 300 л/га)), что оказалось на 1 грамм меньше, чем в 2023 году. Минимальная масса плода (в среднем 104 грамма) наблюдалась у гибрида Лариса на контрольном варианте без применения фолиарных подкормок, то есть на 1 грамм меньше, чем в 2023 году.

В результате максимальная масса плодов на одном растении в 2024 году формировалась у гибрида Катенька на четвёртом варианте и составила 4494 грамма, что оказалось на 66 грамм больше, чем в 2023 году. Минимальная масса плодов на одном растении – 4095 грамм формировалась у гибрида Сенатор на контрольном варианте без применения фолиарных подкормок.

Таблица 1. Структура биологической урожайности в 2024 году

| Гибриды              | Варианты<br>фолиарных<br>подкормок | Среднее<br>количество плодов<br>на кусте, шт. | Средняя<br>масса плода, г | Масса плодов<br>с 1 растения, г |
|----------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Катенька             | 1                                  | 41                                            | 105                       | 4305                            |
|                      | 2                                  | 42                                            | 106                       | 4452                            |
|                      | 3                                  | 41                                            | 106                       | 4346                            |
|                      | 4                                  | 42                                            | 107                       | 4494                            |
| Сенатор              | 1                                  | 39                                            | 105                       | 4095                            |
|                      | 2                                  | 39                                            | 106                       | 4134                            |
|                      | 3                                  | 39                                            | 106                       | 4134                            |
|                      | 4                                  | 39                                            | 107                       | 4173                            |
| Лариса               | 1                                  | 40                                            | 104                       | 4160                            |
|                      | 2                                  | 40                                            | 105                       | 4200                            |
|                      | 3                                  | 40                                            | 105                       | 4200                            |
|                      | 4                                  | 40                                            | 106                       | 4240                            |
| НСР <sub>05</sub> А  |                                    | 0,36                                          | 0,21                      | 40,8                            |
| НСР <sub>05</sub> В  |                                    | 0,18                                          | 0,10                      | 20,4                            |
| НСР <sub>05</sub> АВ |                                    | 0,21                                          | 0,12                      | 23,5                            |

*Примечание:* 1. Контроль (без фолиарных подкормок); 2. Одна листовая подкормка NPK 20-20-20 + микроэлементы в фазу активного роста (0,3 % раствор, 300 л/га); 3. Одна листовая подкормка NPK 12-6-36 + Mg + S + микроэлементы в фазу цветения-плодообразования (0,3 % раствор, 300 л/га); 4. Одна листовая подкормка NPK 20-20-20 + микроэлементы в фазу активного роста (0,3 % раствор, 300 л/га) + одна листовая подкормка NPK 12-6-36 + Mg + S + микроэлементы в фазу цветения-плодообразования (0,3 % раствор, 300 л/га).

Биологическая урожайность среднеплодных гибридов томата Катенька, Сенатор и Лариса в наших опытах определялась путём перемножения массы плодов с одного куста на количество кустов на одном гектаре, то есть 30 тысяч растений. Хозяйственная урожайность определялась взвешиванием плодов гибридов после каждого сбора за вычетом томата, поражённого вершинной гнилью, а также другими болезнями и вредителями.

В 2024 году биологическая урожайность варьировала от 115,440 т/га у гибрида Сенатор на контрольном варианте без фолиарных подкормок до 132,840 т/га у гибрида Катенька на четвёртом варианте фертигаций. Урожайность нестандартных плодов составляла от 8,090 до 9,290 т/га.

Экономическая эффективность фолиарных подкормок рассчитывалась по общепринятым методикам. В ней рассматривались традиционные показатели – стоимость произведённой продукции, денежные затраты на 1 га, себестоимость одной тонны плодов, прибыль с одного гектара и рентабельность.

Следует отметить, что экономическая эффективность производства томата очень неустойчива, поскольку томат является скоропортящимся продуктом и его цена сильно зависит от конъюнктуры рынка. Поэтому она может плавать от 20 – 25 рублей за кг и опускаться до 5 рублей.

Максимальная прибыль 567 070 руб./га в среднем за пять лет исследований получена у гибрида Катенька на четвёртом варианте фолиарных подкормок (Две фолиарных подкормки (Одна листовая подкормка NPK 20-20-20 + микроэлементы в фазу активного роста (0,3 % раствор, 300 л/га) + одна листовая подкормка NPK 12-6-36 + Mg + S + микроэлементы в фазу цветения-плодообразования (0,3 % раствор, 300 л/га)).

Таблица 2. Биологическая и хозяйственная урожайность гибридов томата в 2024 году, т/га

| Гибриды              | Варианты<br>фолиарных<br>подкормок | Биологическая<br>урожайность,<br>т/га | Хозяйственная<br>урожайность<br>плодов, т/га | Урожайность<br>нестандартных<br>плодов, т/га |
|----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Катенька             | 1                                  | 121,680                               | 113,190                                      | 8,490                                        |
|                      | 2                                  | 128,400                               | 119,430                                      | 8,970                                        |
|                      | 3                                  | 126,000                               | 117,180                                      | 8,820                                        |
|                      | 4                                  | 132,840                               | 123,550                                      | 9,290                                        |
| Сенатор              | 1                                  | 115,440                               | 107,350                                      | 8,090                                        |
|                      | 2                                  | 124,020                               | 115,350                                      | 8,670                                        |
|                      | 3                                  | 119,700                               | 111,340                                      | 8,360                                        |
|                      | 4                                  | 125,190                               | 116,450                                      | 8,740                                        |
| Лариса               | 1                                  | 117,420                               | 109,210                                      | 8,210                                        |
|                      | 2                                  | 122,850                               | 114,260                                      | 8,590                                        |
|                      | 3                                  | 119,700                               | 111,340                                      | 8,360                                        |
|                      | 4                                  | 124,020                               | 115,350                                      | 8,670                                        |
| НСП <sub>05</sub> А  |                                    | 0,472                                 | 0,372                                        | 0,056                                        |
| НСП <sub>05</sub> В  |                                    | 0,264                                 | 0,218                                        | 0,032                                        |
| НСП <sub>05</sub> АВ |                                    | 0,532                                 | 0,496                                        | 0,064                                        |

Примечание: 1. Контроль (без фолиарных подкормок); 2. Одна листовая подкормка NPK 20-20-20 + микроэлементы в фазу активного роста (0,3 % раствор, 300 л/га); 3. Одна листовая подкормка NPK 12-6-36 + Mg + S + микроэлементы в фазу цветения-плодообразования (0,3 % раствор, 300 л/га); 4. Одна листовая подкормка NPK 20-20-20 + микроэлементы в фазу активного роста (0,3 % раствор, 300 л/га) + одна листовая подкормка NPK 12-6-36 + Mg + S + микроэлементы в фазу цветения-плодообразования (0,3 % раствор, 300 л/га).

Максимальная рентабельность 80,9 % в среднем за пять лет исследований получена у гибрида Катенька на четвёртом варианте фолиарных подкормок (Две фолиарных подкормки (Одна листовая подкормка NPK 20-20-20 + микроэлементы в фазу активного роста (0,3 % раствор, 300 л/га) + одна листовая подкормка NPK 12-6-36 + Mg + S + микроэлементы в фазу цветения-плодообразования (0,3 % раствор, 300 л/га)).

Таблица 3. Экономическая эффективность возделывания гибридов томата

| Гибриды  | Вар. | Стоимость<br>продукции,<br>руб./га | Затраты<br>на 1 га,<br>руб. | Себесто-<br>имость<br>1 т, руб. | Прибыль<br>с 1 га, руб. | Рентабель-<br>ность,<br>% |
|----------|------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Катенька | 1    | 1190780                            | 687000                      | 5769                            | 503780                  | 73,3                      |
|          | 2    | 1226610                            | 693400                      | 5653                            | 533210                  | 76,9                      |
|          | 3    | 1215150                            | 694800                      | 5718                            | 520350                  | 74,9                      |
|          | 4    | 1268270                            | 701200                      | 5529                            | 567070                  | 80,9                      |

| Гибриды | Вар. | Стоимость<br>продукции,<br>руб./га | Затраты<br>на 1 га,<br>руб. | Себесто-<br>имость<br>1 т, руб. | Прибыль<br>с 1 га, руб. | Рентабель-<br>ность,<br>% |
|---------|------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Сенатор | 1    | 1147000                            | 687000                      | 5990                            | 460000                  | 67,0                      |
|         | 2    | 1185500                            | 693400                      | 5849                            | 492100                  | 71,0                      |
|         | 3    | 1185500                            | 694800                      | 5861                            | 490700                  | 70,6                      |
|         | 4    | 1196690                            | 701200                      | 5859                            | 495490                  | 70,7                      |
| Лариса  | 1    | 1167120                            | 687000                      | 5886                            | 480120                  | 69,9                      |
|         | 2    | 1185500                            | 693400                      | 5849                            | 492100                  | 71,0                      |
|         | 3    | 1185500                            | 694800                      | 5861                            | 490700                  | 70,6                      |
|         | 4    | 1226610                            | 701200                      | 5716                            | 525410                  | 74,9                      |

*Примечание:* 1. Контроль (без фолиарных подкормок); 2. Одна листовая подкормка NPK 20-20-20 + микроэлементы в фазу активного роста (0,3 % раствор, 300 л/га); 3. Одна листовая подкормка NPK 12-6-36 + Mg + S + микроэлементы в фазу цветения-плодообразования (0,3 % раствор, 300 л/га); 4. Одна листовая подкормка NPK 20-20-20 + микроэлементы в фазу активного роста (0,3 % раствор, 300 л/га) + одна листовая подкормка NPK 12-6-36 + Mg + S + микроэлементы в фазу цветения-плодообразования (0,3 % раствор, 300 л/га).

УДК 635.655

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛИСТОВЫХ ПОДКОРМОК ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

**И. М. Баматов<sup>1</sup>, П. А. Андросов<sup>2</sup>, Е. Н. Подолян<sup>1</sup>, И. Л. Даудов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ФГБНУ ВНИИ мелиорированных земель –

филиал ФГБНУ Почвенный институт имени В. В. Докучаева

Российская Федерация, 170530, Тверская область,

Калининский район, п. Эммаусс, д. 27

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Астраханский государственный университет

Российская Федерация, 414056, Астраханская обл., г. Астрахань,

ул. В. Н. Татищева, 20а

E-mail: ibragim1991@mail.ru

**Резюме.** В статье приводятся данные по применению листовых подкормок различными водорастворимыми удобрениями при возделывании сортов картофеля Аризона, Ред Скарлет, Ривьера. Максимальная урожайность картофеля установлена у сорта Аризона на варианте с применением Фертигрейн Фолиар Плюс.

**Abstract.** The article provides data on the use of foliar fertilization with various water-soluble fertilizers in the cultivation of potato varieties Arizona, Red Scarlet, and Riviera. The maximum potato yield was observed in the Arizona variety when using Fertigrain Foliar Plus.

В последнее время большое внимание стало уделяться вопросам биологизации и получения экологически чистой продукции [1, 2, 3].



Одним из реальных путей экологического производства картофеля является использование биологических препаратов на базе высокоэффективных бактериальных штаммов, которые способствуют переходу трудноусвояемых форм питательных элементов в легкодоступные питательные вещества [4, 5, 6].

В опыте изучались сорта картофеля – Аризона, Ред Скарлет, Ривьера и пять вариантов листовых подкормок: 1. Контроль; 2. Технокель Амино N Плюс; 3. Фертигрейн Фолиар Плюс; 4. Текамин Макс Плюс; 5. Контролфит РК. Использовалась четырёхкратная повторность и систематическое двухрядное ступенчатое размещение делянок, что обусловлено практическим удобством при выполнении агротехнических работ. Размеры опытных делянок были следующими: длина 30 м, ширина 1,8 м, площадь 54 м<sup>2</sup>. Размеры учётных делянок были соответственно: длина 26 м, ширина 1,8 м, площадь 46,8 м<sup>2</sup>.

Наибольшее количество всех клубней установлено у сорта Аризона на варианте с применением Фертигрейн Фолиар Плюс и равнялось 18,7 шт. на одно растение.

У сорта Ред Скарлет количество всех клубней было на 0,2 – 0,4 шт. на одно растение меньше. У сорта Ривьера количество всех клубней было на 0,2 шт. на одно растение меньше, чем у сорта Ред Скарлет, и на 0,4 – 0,6 шт. на одно растение меньше, чем у сорта Аризона. Минимальное количество клубней – 13,7 шт. в среднем на одном растении фиксировалось на контроле без листовых подкормок.

Количество товарных клубней было наибольшим у сорта Аризона и варьировало от 8,1 шт. на одно растение на контроле до 10,4 шт. на варианте с применением Фертигрейн Фолиар Плюс. У сорта Ред Скарлет количество товарных клубней было на 0,2 – 0,4 штуки на одно растение меньше. У сорта Ривьера количество товарных клубней было на 0,2 шт. на одно растение меньше, чем у сорта Ред Скарлет, и на 0,4 – 0,6 шт. на одно растение меньше, чем у сорта Аризона.

*Таблица 1. Структура урожая картофеля на одно растение в зависимости от сортов и применяемых водорастворимых удобрений*

| Сорта       | Листовые подкормки | Количество клубней, шт. |            |           |            |
|-------------|--------------------|-------------------------|------------|-----------|------------|
|             |                    | Всего                   | Более 80 г | 40 – 80 г | Менее 40 г |
| Аризона     | Контроль           | 14,1                    | 1,7        | 6,4       | 6,0        |
|             | Технокель          | 17,9                    | 2,1        | 7,7       | 8,0        |
|             | Фертигрейн         | 18,7                    | 2,4        | 8,0       | 8,2        |
|             | Текамин            | 16,5                    | 2,0        | 6,9       | 7,6        |
|             | Контрофит          | 17,2                    | 2,1        | 7,2       | 7,9        |
| Ред Скарлет | Контроль           | 13,9                    | 1,6        | 6,2       | 6,1        |
|             | Технокель          | 17,6                    | 2,0        | 7,4       | 8,2        |
|             | Фертигрейн         | 18,3                    | 2,2        | 7,9       | 8,2        |
|             | Текамин            | 16,4                    | 1,8        | 7,0       | 7,6        |
|             | Контрофит          | 17,0                    | 1,8        | 7,1       | 8,0        |
| Ривьера     | Контроль           | 13,7                    | 1,5        | 5,9       | 6,3        |
|             | Технокель          | 17,8                    | 1,9        | 7,6       | 8,2        |
|             | Фертигрейн         | 18,1                    | 2,0        | 7,8       | 8,3        |
|             | Текамин            | 16,3                    | 1,7        | 6,9       | 7,7        |
|             | Контрофит          | 17,1                    | 1,8        | 7,2       | 8,1        |

Минимальное количество товарных клубней – 7,4 шт. в среднем на одном растении фиксировалось у сорта Ривьера на контроле без листовых подкормок, из них 1,5 шт. было массой свыше 80 грамм и 5,9 шт. массой от 40 до 80 грамм. Максимальное количество товарных клубней – 9,8 шт. на одном растении у сорта Ривьера фиксировалось на варианте с применением Фертигрейн Фолиар Плюс, из них 2,0 шт. было массой свыше 80 грамм и 7,8 шт. массой от 40 до 80 грамм.

Наибольшая биологическая урожайность картофеля была установлена у сорта Аризона и находилась в пределах от 49,4 т/га на контроле до 55,9 т/га на делянках с применением Фертигрейн Фолиар Плюс. У сорта Ред Скарлет биологическая урожайность оказалась на 23 – 28 % меньше, чем у сорта Аризона. Наименьшей оказалась на контроле и составляла 41,9 т/га. Максимальной – на делянках с применением Фертигрейн Фолиар Плюс и равнялась 45,6 т/га. У сорта Ривьера биологическая урожайность была на 9 – 10 % меньше, чем у сорта Ред Скарлет, и на 33 – 36 % меньше, чем у сорта Аризона. Наименьшей она была также на контрольном варианте и равнялась 37,9 т/га. Наибольшей – на варианте с применением Фертигрейн Фолиар Плюс и равнялась 40,5 т/га.

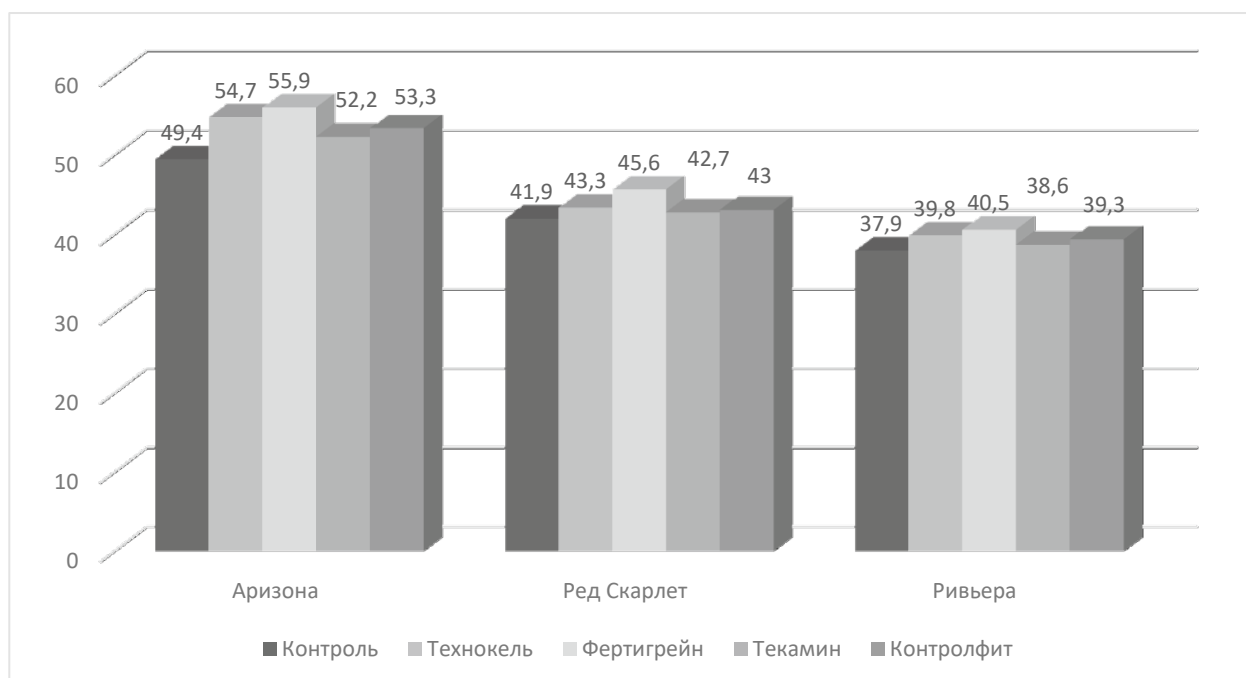


Рисунок 1. Биологическая урожайность, т/га

По накоплению сухого вещества в опыте просматривалась следующая закономерность. Листовые подкормки различными видами комплексных водорастворимых удобрений приводили к определённому существенному влиянию. Однако большие различия в накоплении сухого вещества в опыте были по фактору В, то есть по сортам. Наибольшее процентное содержание сухого вещества наблюдалось на сорте Ривьера, у которого урожайность была ниже. Содержание сухого вещества у этого сорта находилось в пределах от 18,3 % на варианте с применением комплексного водорастворимого удобрения Фертигрейн Фолиар Плюс в виде листовой подкормки до 18,6 % на варианте без применения фолиарных подкормок и на варианте с применением Текамин Макс Плюс. У сорта Ред Скарлет содержание сухого вещества было на 0,2 – 0,3 % ниже, а у сорта Аризона на 0,3 – 0,4 % ниже, чем у сорта Ред Скарлет. Таким образом, наименьшее количество сухого вещества создавалось у сорта Аризона на варианте с применением Фертигрейн Фолиар Плюс и составляло 18,1 %.

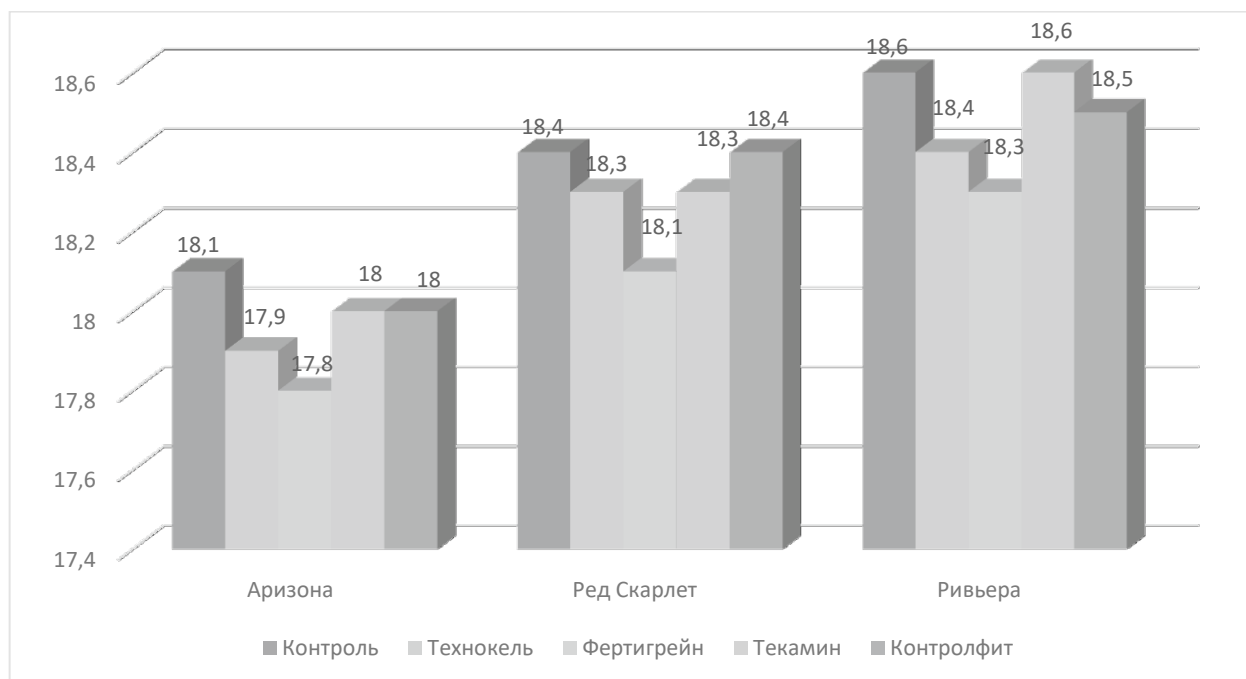


Рисунок 2. Сухое вещество, %

## Литература

1. Алиева Ш. Т. Продуктивность раннего картофеля в южной подпровинции Республики Дагестан / Ш. Т. Алиева, Б. А. Бачиев, А. А. Магомедова, З. М. Мусаева // Проблемы развития АПК региона. – 2017. – № 4 (32). – С. 15 – 19.
2. Байрамбеков Ш. Б. Действие Агробацифита при выращивании картофеля весеннего срока посадки на разных почвах Астраханской области / Ш. Б. Байрамбеков, Е. В. Полякова, Н. К. Дубровин // Проблемы развития АПК региона. – 2016. – № 1 (25). – С. 17 – 21.
3. Дубенок Н. Н. Потенциал продуктивности раннего картофеля и эффективность его реализации при сплинклерном орошении / Н. Н. Дубенок, Р. А. Чечко // Проблемы развития АПК региона. – 2016. – № 1 (25). – С. 28 – 31.
4. Жевора С. В. Экологическая адаптивность перспективных сортов картофеля отечественной селекции и экономическая оценка их возделывания / С. В. Жевора // Земледелие. – 2019. – № 5. – С. 30 – 35.
5. Магомедов Р. М. Влияние биогумуса и регуляторов роста на урожайность раннего картофеля в условиях Терско-Сулакской подпровинции Республики Дагестан / Р. М. Магомедов, М. Р. Мусаев, А. А. Магомедова, З. М. Мусаева // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2021. – № 2 (48). – С. 7 – 11.
6. Плескачев Ю. Н., Зимина Ж. А., Андросов П. А. Возделывание раннего картофеля в регионе Северного Прикаспия / Проблемы развития АПК региона. – № 3 (50). – 2022. – С. 89 – 94.

## МИКРОБИОМ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ СО ВТОРЫМ ГУМУСОВЫМ ГОРИЗОНТОМ В АГРОЛАНДШАФТАХ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЯ

М. К. Зинченко, И. Н. Автономова

ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»

Владимирская обл., Суздальский р-н, п. Новый, ул. Центральная, д. 3

E-mail: popel62@yandex.ru

**Резюме.** Представлены новые экспериментальные данные, характеризующие особенности микробного пула серой лесной почвы и серой лесной почвы со вторым гумусовым горизонтом в агрофонах, расположенных по плоскорезной обработке и длительное время (4 ротации 6-польных севооборотов) подвергавшихся различному уровню агротехнической нагрузки.

**Abstract.** New experimental data are presented that characterize the features of the microbial pool of soil varieties of gray forest soil and gray forest soil with a second humus horizon in agrophones located in flat cutting and for a long time (4 rotations of 6 full crop rotations) subjected to different levels of agrotechnical load.

Одним из важнейших условий почвообразования и звеном, которое во многом объединяет экологическое равновесие любой почвенной экосистемы, является деятельность микроорганизмов. Почвенный микробиом в значительной степени определяет почвообразовательный процесс, который характерен для определенного типа почвы. Изучение экологического состояния агрогенных почв при высокой комплексности почвенного покрова невозможно без детального исследования микробных популяций почвенных разностей, что позволит минимизировать отрицательное воздействие агрогенной нагрузки на агроландшафты и устранить негативные последствия антропогенных факторов [1, 2, 3].

В работе приведен анализ численности основных физиологических групп микроорганизмов на опытном участке Верхневолжского ФАНЦ в серой лесной почве (СЛ) и серой лесной со вторым гумусовым горизонтом (СЛ ВГГ), расположенных в зоне Владимирского ополя. Более 40 % площади участка занимают типичные серые лесные почвы без видимых признаков оподзоленности в профиле. Широко представлены на опытном участке (21 %) и типичные для Владимирской области СЛ ВГГ, обладающие высоким уровнем плодородия. Второй гумусовый горизонт у них в основном выделяется с глубины 18 – 20 см и имеет различную мощность (20 – 60 см).

Основной комплекс полевых и лабораторных исследований проводился в 2021 – 2023 гг. в сезонной динамике (май, июль, сентябрь). Почвенные образцы отбирали из слоя 0 – 20 и 20 – 40 см на фонах с различными системами удобрения, расположенных по плоскорезной обработке на 10 – 12 см. Количественный учет почвенных микроорганизмов, относящихся к разным трофическим и таксономическим группам, проводили методом высева почвенной суспензии на элективные питательные среды.

Выявлен устойчивый тренд увеличения плотности заселения микроорганизмами СЛ ВГГ во все годы исследования. Суммарное количество микроорганизмов исследованных групп выше в СЛ ВГГ (рис. 1). Наиболее заселен микроорганизмами в почвенных разностях агрогенный слой 0 – 20 см.

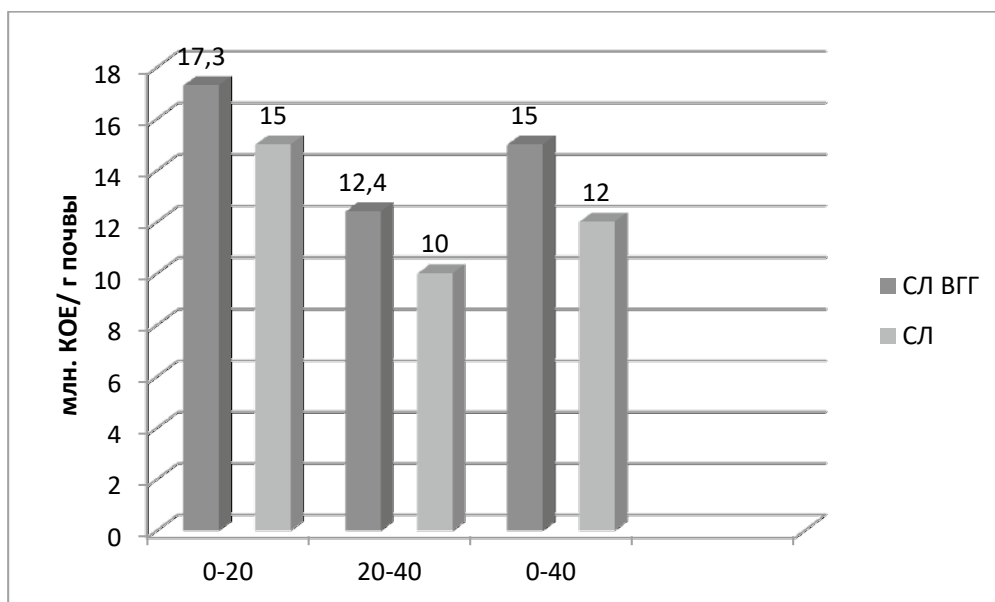


Рисунок 1. Общая численность микроорганизмов в СЛ ВГГ и СЛ почве

На 24 % выше численность микробного пула второго гумусового горизонта (слой 20 – 40 см) относительно аналогичной глубины профиля серой лесной почвы. Увеличение плотности заселения СЛ ВГГ особенно проявилось на интенсивных фонах применения органоминеральных удобрений. Так, более чем в 2 раза эти значения превышают количественные показатели серой лесной почвы высокоинтенсивного органоминерального фона (СЛ – 6,7 млн КОЕ/г, СЛ ВГГ – 13 млн КОЕ/г почвы). Это характеризует в первую очередь увеличение объема органического субстрата, поддерживающего активность микробиоты второго гумусового горизонта.

Из рисунка видно, что численность микробиома в корнеобитаемом слое 0 – 40 см СЛ ВГГ составляет 15 млн КОЕ/г почвы, что на 12 % выше, чем в СЛ. Это в целом характеризует повышенную трофность СЛ ВГГ для развития микробного пула и благоприятные агрофизические свойства, особенно при органоминеральной системе удобрения.

Численность основных эколого-трофических групп микроорганизмов представлена в таблице 1. Наиболее высокая плотность микроорганизмов, развивающихся на МПА, отмечена в слое 0 – 20 см. Она обусловлена высокой концентрацией органического материала и органических азотсодержащих соединений в верхнем слое почвы, который разлагают сапротрофные бактерии. Средняя численность аммонификаторов (слой 0 – 20 см) в СЛ ВГГ за 3 года исследований составила 5,23 млн КОЕ/г, в СЛ – 4,68 млн КОЕ/г почвы. В слое 20 – 40 см средний пул этой эколого-трофической группы микроорганизмов в СЛ ВГГ составлял 4,37 млн КОЕ/г, СЛ – 3,21 млн КОЕ/г почвы. Второй гумусовый горизонт на 27 % больше заселен аммонифицирующей микрофлорой по сравнению с СЛ почвой на глубине 20 – 40 см.

Преимущество в распространении сапротрофов отмечено в СЛ ВГГ на всех фонах применения минеральных и органоминеральных удобрений. Особенно оно проявилось на органоминеральных фонах по последствию 40, 60 и 80 т/га навоза (рис. 2).

Амилолитические микроорганизмы являются активными иммобилизаторами легкодоступного углерода, которые для построения собственных клеток в качестве азота используют его минеральные формы непосредственно из почвы. Аналогично численности аммонификаторов наблюдается тренд возрастания их количества в СЛ ВГГ (табл.1).

Таблица 1. Численность эколого-трофических групп микроорганизмов в почвенных разностях серой лесной почвы агроландшафтов

| Численность,<br>10 <sup>6</sup> КОЕ/г по-<br>чвы | 2021 г.                       |                               | 2022 г.                       |                               | 2023 г.                     |                              | Среднее           |                   |
|--------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|
|                                                  | слой почвы, см                |                               |                               |                               |                             |                              |                   |                   |
|                                                  | 0 – 20                        | 20 – 40                       | 0 – 20                        | 20 – 40                       | 0 – 20                      | 20 – 40                      | 0 – 20            | 20 – 40           |
| Протеолити-<br>ческие,<br>среда МПА              | <u>*6,0±2,1</u><br>4,9±1,8    | <u>4,2±1,4</u><br>3,8±1,8     | <u>4,6±2,3</u><br>4,2±2,5     | <u>3,1±2,3</u><br>2,9±1,5     | <u>5,1±1,3</u><br>4,6±1,3   | <u>4,4±1,6</u><br>2,9±1,6    | <u>5,2</u><br>4,7 | <u>4,4</u><br>3,2 |
| Амилолити-<br>ческие,<br>среда КАА               | <u>4,5±1,7</u><br>3,3±1,4     | <u>3,2±1,6</u><br>2,6±1,6     | <u>3,5±1,0</u><br>3,0±1,0     | <u>1,6±0,8</u><br>1,4±0,9     | <u>4,3±1,5</u><br>3,8±1,3   | <u>3,2±1,3</u><br>2,3±1,1    | <u>4,1</u><br>3,7 | <u>2,7</u><br>2,1 |
| Олигонитро-<br>филы, среда<br>Эшби               | <u>4,0±1,1</u><br>3,9±1,3     | <u>2,2±0,9</u><br>2,0±0,6     | <u>3,4±1,6</u><br>3,3±1,3     | <u>1,9±0,9</u><br>1,3±0,7     | <u>3,8±1,3</u><br>3,2±1,8   | <u>2,5±0,9</u><br>2,0±1,0    | <u>3,7</u><br>3,5 | <u>2,2</u><br>1,8 |
| Актиномице-<br>ты, среда Кра-<br>сильникова      | <u>4,5±1,4</u><br>3,9±1,5     | <u>3,5±1,4</u><br>2,2±1,3     | <u>3,9±1,9</u><br>3,4±2,0     | <u>2,9±1,8</u><br>2,5±1,9     | <u>3,8±1,0</u><br>3,3±1,4   | <u>2,8±1,6</u><br>2,4±1,3    | <u>4,1</u><br>3,5 | <u>3,1</u><br>2,4 |
| Микроми-<br>цеты, среда<br>Чапека, тыс./г        | <u>54,1±13,4</u><br>54,0±13,0 | <u>41,8±12,7</u><br>41,0±13,6 | <u>63,5±17,5</u><br>59,6±18,4 | <u>50,6±11,5</u><br>38,9±11,5 | <u>51,6±3,9</u><br>54,1±8,9 | <u>42,9±8,8</u><br>37,7±10,1 | <u>56</u><br>56   | <u>45</u><br>39   |
| Сумма<br>микроорга-<br>низмов                    | <u>19,1±5,5</u><br>16,0±4,5   | <u>13,1±3,9</u><br>10,7±3,0   | <u>15,4±5,7</u><br>13,9±5,6   | <u>9,6±4,6</u><br>9,0±5,1     | <u>17,1±3,3</u><br>15,0±3,4 | <u>12,9±3,7</u><br>9,7±3,4   | <u>17,3</u><br>15 | <u>12</u><br>9,8  |

Примечание. В числителе – СЛ ВГГ; знаменателе – СЛ.

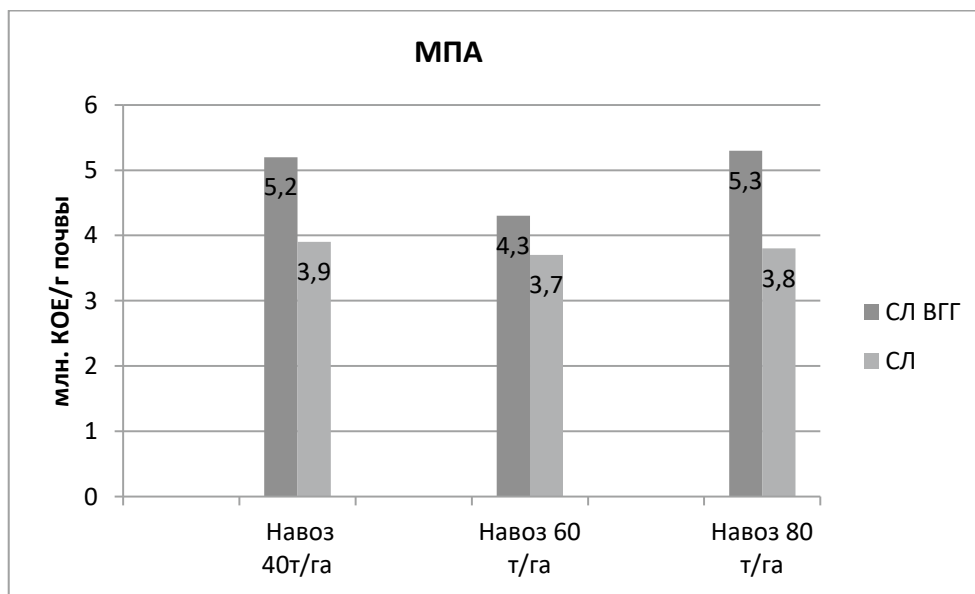


Рисунок 2. Численность аммонифицирующей микрофлоры на органоминеральных фонах по последствию навоза

Особенностей распространения олигонитрофильной группировки в почвенных разностях не выявлено. Численность их в слое 0 – 40 см была статистически идентична и в среднем составляла 2,6 – 3 млн КОЕ/г почвы. Эта эколого-трофическая группа микроорганизмов

способна развиваться за счет малых количеств связанного азота. Определены и близкие показатели по численности микромицетов, которые в слое 0 – 40 см находились в диапазоне 40 – 50 тыс. грибных зачатков на г почвы. Это характеризует одинаковую активность микромицетного комплекса в процессах трансформации органического материала в СЛ и СЛ ВГГ.

Отмечен устойчивый тренд большего распространения актиномицетов в СЛ ВГГ по сравнению с СЛ почвой. В результате исследований выявлено, что средняя численность актиномицетов в СЛ почве (слой 0 – 20 см) составила 3,5 млн КОЕ/г почвы, а в слое 20 – 40 см – 2,4 млн. В СЛ ВГГ эти значения соответственно составили 4,1 и 3,1 млн КОЕ/г почвы. Численность актиномицетов увеличивается в тех зонах, где минерализация растительного материала подходит к завершению, и они развиваются на последних стадиях минерализации. Поэтому можно заключить, что в СЛ ВГГ ряд сукцессионных процессов происходит более активно. Большее присутствие актиномицетов в микробных комплексах СЛ ВГГ указывает на высокую степень трансформированности органического вещества.

Содержание гумуса и запасы органического вещества – наиболее важный показатель плодородия и экологической устойчивости почв. Преимущество в накоплении гумуса имеют серые лесные почвы с ВГГ (рис. 3).

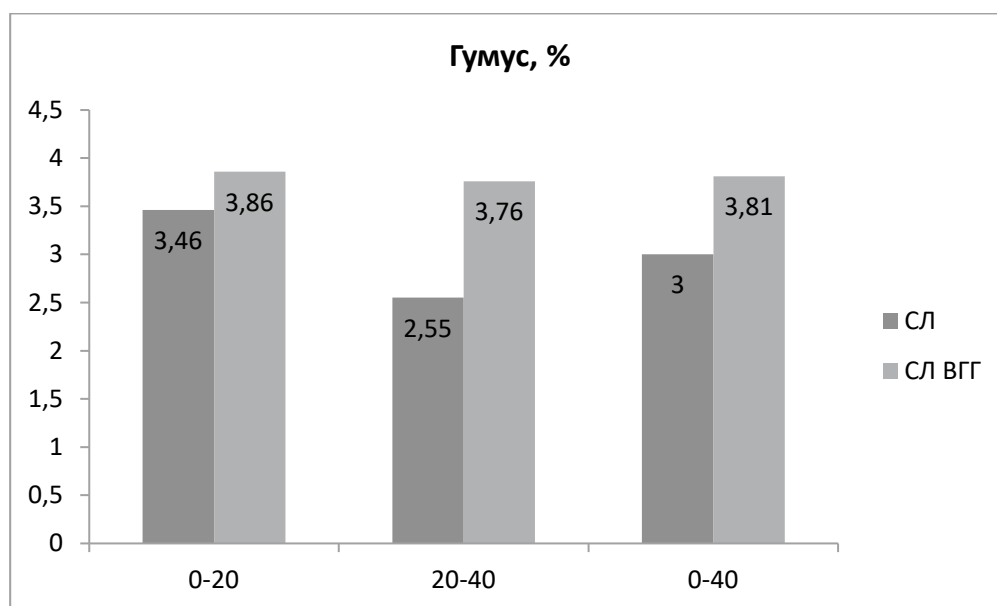


Рисунок 3. Содержание гумуса в профиле ареалов серой лесной почвы

Особенно в этом отношении выделяется ВГГ. Пул органического вещества второго гумусового горизонта (20 – 40 см) находится на уровне пахотного слоя (0 – 20 см). Среднее содержание гумуса в СЛ почве в слое 20 – 40 см на 33 % ниже, чем во ВГГ, и на 27 % ниже пахотного горизонта СЛ почвы. Наиболее обеспечен органическим веществом интенсивный фон (СЛ – 4,20 %, СЛ ВГГ – 4,80 %), где раз за ротацию 6-польного севооборота применялся навоз 40 т/га и ежегодно средние дозы удобрений (NPK45-60), что обусловило почвенно-биологические процессы на депонирование органического вещества.

Таким образом, анализ (относительно) общей численности микроорганизмов почвенных ареалов, расположенных на фонах интенсификации по безотвальной обработке на 10 – 12 см, характеризует повышенную трофность и благоприятные агрофизические свойства СЛ ВГГ для развития почвенного микробиома, особенно на органоминеральных фонах интенсификации. Наблюдается устойчивый тренд возрастания численности эколого-трофических групп сапротрофов, амилитиков, актиномицетов в СЛ ВГГ.

## Литература

1. Роль микроорганизмов в экологических функциях почв / Т. Г. Добровольская, Д. Г. Звягинцев, И. Ю. Чернов и др. // Почвоведение. – 2015. – № 9. – С. 1087 – 1096.
2. Казакова Н. А., Ильина Н. А. Микробный ценоз почвы как индикатор трансформации почвенного покрова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2013. – № 3. – С. 303 – 313.
3. Зинченко М. К. Влияние культур севооборота на микробиоценоз серой лесной почвы Верхневолжья // Владимирский земледелец. – 2023. – № 1. – С. 13 – 17. – Doi: 10.24412/2225-2584-2023-1103-13-17.

УДК: 631.8/63:54+528.92

## ГИС-МОНИТОРИНГ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛУГОВО-АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЕМ

Г. Т. Джалилова<sup>1</sup>, Х. Н. Рахматов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека  
Ташкент, Узбекистан

<sup>2</sup>Государственное учреждение «Хорезмская научно-опытная станция  
Научно-исследовательского института хлопчатника и бобовых культур»  
Хорезм, Узбекистан

**Аннотация.** Целью исследования является оценка агрохимического состояния орошаемых лугово-аллювиальных почв Шовватского района Хорезмской области с применением геоинформационных технологий. В рамках работы проведены агрохимические обследования, отбор и лабораторный анализ более 200 почвенных образцов, цифровизация почвенных контуров, построение электронных карт обеспеченности гумусом, подвижными формами калия и фосфора. Методика создания цифровых карт реализована в среде ArcGIS 10.8.1 с использованием формата shapefile. Установлено, что значительная часть исследуемой территории характеризуется низким и очень низким содержанием основных элементов питания, что требует оптимизации систем внесения удобрений. Полученные результаты могут служить основой для агрохимического мониторинга, дифференцированного земледелия и устойчивого управления почвенными ресурсами.

**Ключевые слова:** ГИС, агрохимия, лугово-аллювиальные почвы, гумус, калий, фосфор, цифровая карта, ArcGIS, агрохимическое картографирование.

**Abstract.** The aim of the study is to assess the agrochemical status of irrigated meadow-alluvial soils in the Shovvat district of the Khorezm region using geoinformation technologies. The research included agrochemical surveys, sampling and laboratory analysis of more than 200 soil samples, digitization of soil contours, and the development of digital maps reflecting the content of humus, available potassium, and phosphorus. The methodology for digital map creation was implemented in ArcGIS 10.8.1 using the shapefile format. The results revealed that a significant portion of the study area is characterized by low and very low levels of essential nutrients, highlighting the need for optimized fertilization systems. The developed digital maps can serve as a basis for agrochemical monitoring, site-specific agriculture, and sustainable soil resource management.

**Keywords:** GIS, agrochemistry, meadow-alluvial soils, humus, potassium, phosphorus, digital mapping, ArcGIS, agrochemical cartography.



Плодородие почв – важнейший фактор устойчивого сельского хозяйства, определяющий продуктивность земель и их экономическую ценность [1]. Оно обеспечивает растения необходимыми питательными веществами, влагой, воздухом и теплом. Для достижения стабильной урожайности необходимо учитывать агрохимические, экологические и биофизические условия, предотвращающие деградацию земель [2]. В условиях нарастающего дефицита питательных веществ возрастает угроза снижения урожайности и доходов сельского населения. Развитие цифрового земледелия требует внедрения автоматизированных инструментов для мониторинга почвенного плодородия и построения тематических агрохимических карт [3]. Особенно актуально проведение агрохимических и экологических исследований с применением ГИС-технологий и переходом к цифровому земледелию [4]. Внедрение цифровых карт по содержанию питательных веществ и агрохимических свойств почв повышает точность агрономических решений, включая дифференцированное внесение удобрений, что является ключевым элементом устойчивого земледелия [5].

С 1980-х годов начали активно внедряться геоинформационные системы (ГИС) в сельское хозяйство, особенно в странах с развитым агросектором – США, Японии, Китае, Германии и др. [6]. ГИС позволяют проводить агрохимический мониторинг, создавать пространственно-привязанные базы данных, интерполировать результаты почвенных анализов, автоматизировать расчёты и визуализировать данные. Программное обеспечение ArcGIS является наиболее популярным среди исследователей благодаря встроенному модулю Geostatistical Analyst, позволяющему анализировать анизотропию, строить вариограммы и выполнять интерполяцию свойств почвы методами кригинга [7].

ГИС-платформы позволяют создавать тематические агрохимические карты, учитывать пространственную и временную неоднородность показателей, систематизировать данные в единой базе, визуализировать информацию и использовать её в реальном времени [7]. Цифровые карты формируются на основе локальных данных с применением методов интерполяции, позволяя повысить точность диагностики состояния почв. Исследования показывают, что точная привязка данных (с помощью GPS/dGPS) и моделирование параметров почв позволяют получать достоверные результаты, адаптированные под конкретные поля [8].

Ряд исследователей успешно использовали ГИС для оценки изменений содержания питательных веществ в почвах за десятилетия интенсивного сельхозиспользования [9]. Были разработаны методы векторизации почвенных контуров (например, с помощью Soil Contour), редактирования растровых изображений в GIMP, географической привязки через Google Earth, визуализации и анализа в ArcGIS. Важной задачей считается автоматизация процессов ввода, обработки и анализа данных в агрохимии. При создании ГИС необходимо учитывать поддержку ввода данных в разное время, автоматическую идентификацию объектов, обновление данных и возможность выполнения аналитических запросов [10]. Система ГИС может также использоваться для планирования ландшафтных систем земледелия, отображения слоёв с данными о кадастровой стоимости, инфраструктуре, потенциальной урожайности и неиспользуемых землях [11].

Для определения потребности растений в отдельных видах удобрений необходимо знать содержание в пахотном верхнем горизонте почвы гумуса и основных питательных веществ – азота, фосфора и калия – в формах, доступных для усвоения растениями. Объектом настоящего исследования служат орошаемые лугово-аллювиальные почвы Шовватского района Хорезмской области, используемые в интенсивном сельскохозяйственном производстве.

Агрохимические картограммы, созданные по обеспеченности почв гумусом и элементами питания, необходимы для определения потребности хозяйственных земель, активно используемых в сельском хозяйстве, в минеральных удобрениях и химических средствах.

Создание цифровых электронных карт обеспеченности почв гумусом и другими элементами питания осуществляется с применением средств ГИС и включает следующие этапы:



Часто архивные почвенные карты представлены в мелких масштабах, что требует их деагрегации – автоматизированного разделения на части [7]. Одной из ключевых задач является размещение пространственных объектов в подготовленной системе координат. Для этого необходимо иметь базовую карту с привязкой к географическим данным. В данном исследовании в качестве основы использовались высокоточные спутниковые изображения, загруженные через специализированную программу SAS.Planet (см. рис. 2) [7].

Процесс цифровизации был выполнен с использованием программы ArcGIS 10.8.1. В качестве формата представления ГИС-данных выбран формат shapefile – один из самых распространенных форматов векторных данных с поддержкой геопривязки, широко применяемый в соответствующем программном обеспечении. Для создания базы цифровых агрохимических карт было отобрано более 200 образцов почвы. Определение содержания гумуса и других питательных веществ проводилось традиционными методами.

Для группировки по уровню обеспеченности использовалась классификация содержания гумуса и обменных форм элементов питания в почвах. По данным цифровых электронных карт обеспеченности почв гумусом и элементами питания, созданных с использованием ГИС, установлено: на площади 137 га обеспеченность гумусом очень низкая, на 538,68 га – низкая, на 769,24 га – средняя, на 13,66 га – высокая и на 22,7 га – очень высокая (см. рис. 3).

По содержанию подвижных форм калия: на 850,12 га содержание низкое, на 440,33 га – среднее, на 146,02 га – высокое и на 99,87 га – очень высокое (см. рис. 4). Согласно содержанию подвижных форм фосфора, на площади 819,02 га обеспеченность очень низкая, на 522,94 га – низкая, на 139,80 га – средняя, на 36,04 га – высокая и на 18,55 га – очень высокая (см. рис. 5).

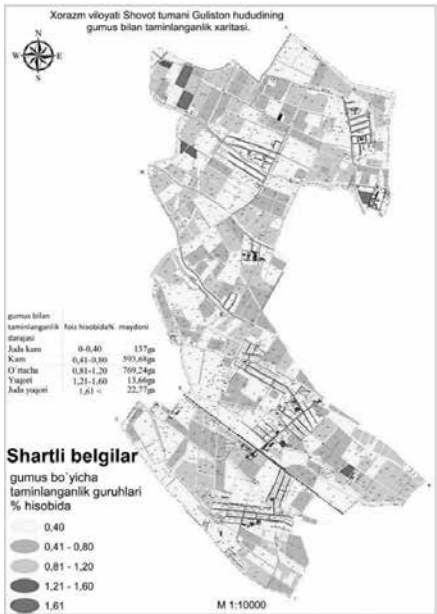


Рис.3. Цифровая картограмма, отражающая содержание гумуса в почвах



Рис.4. Цифровая картограмма, отражающая содержание калия в почвах



Рис.5. Цифровая картограмма, отражающая содержание фосфора в почвах

Созданные цифровые электронные картограммы обеспеченности почв гумусом и элементами питания позволяют визуально определить уровень обеспеченности почв соответствующими веществами. В соответствии с этим уровнем можно обоснованно применять удобрения в рекомендованных дозировках.

Цифровые картограммы распределения гумуса и других элементов питания в верхнем горизонте почв, построенные с использованием ГИС, позволяют охарактеризовать каждый

элементарный участок по уровню содержания гумуса и основных элементов. Эти карты могут быть использованы для сравнительного анализа результатов предыдущих и последующих агрохимических обследований, то есть служить основой для проведения агрохимического мониторинга.

## Выводы

Плодородие почв – ключевой фактор устойчивого сельского хозяйства, определяющий агропроизводственную ценность земель. Для рационального использования почвенных ресурсов необходимо учитывать обеспеченность основными питательными веществами и проводить регулярный агрохимический мониторинг.

Цифровое картографирование с применением ГИС позволяет объективно оценить пространственное распределение содержания гумуса, фосфора и калия в верхнем горизонте почв, что служит основой для принятия агрономических решений, направленных на оптимизацию доз удобрений и повышение урожайности.

Полученные цифровые карты позволяют дифференцированно управлять агрохимическим состоянием почв, обосновывать нормы внесения минеральных удобрений и проводить мониторинг изменений плодородия. Это способствует ресурсосбережению, повышению рентабельности сельского хозяйства и снижению рисков деградации почв.

## Литература

1. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: Минсельхоз России, 2003. – 304 с.
2. Копишев Э. Е., Байгарин Д. Д., Иманбаева М. Т., Солтангулова А. Н. Применение ГИС-технологий при мониторинге и оценке состояния сельскохозяйственных угодий // Матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Астана, 30 июня – 1 июля 2016 г.). – Астана, 2016. – С. 155 – 159.
3. Лукин С. В., Костин И. Г., Малышева Е. С. Применение геоинформационных систем для агроэкологического мониторинга сельскохозяйственных земель // Агрохимический вестник. – 2019. – № 4. – С. 8 – 13.
4. Смирнова Е. В., Гиниятуллин К. Г., Сахабиев И. А. Оценка перспектив использования технологий точного цифрового земледелия в черноземных районах Республики Татарстан // Инновационные разработки и цифровизация в АПК РФ: сб. тр. межд. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию Татарского НИИХП – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН и 75-летию Казанского научного центра Российской Академии наук. – Казань, 2020. – С. 17 – 22.
5. Федоренко В. Ф., Буклагин Д. С., Аронов Э. Л. Тенденции мирового сельского хозяйства в начале XXI века: Аналитический обзор. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 104 с.
6. Киндеев А. Л., Мейлук Е. А., Данилович Ф. Ю. Применение модуля ArcGis geostatistical analyst для пространственного анализа кислотности и влажности почвенного покрова // Применение ГИС-технологий в научных и прикладных исследованиях. Беларусь. – С. 6 – 13.
7. Рахимов Х. Н., Джалилова Г. Т. Информатизация результатов агрохимических исследований почв // Актуальные проблемы современной науки. – № 2 (131). – 2023. – С. 44 – 49.
8. Букин М. Глобальная навигация // PC WEEK/RE. – 2008. – № 25 (631). – С. 34 – 41.
9. Крыщенко В. С., Голозубов О. М., Сахабиев И. А., Литвинов Ю. А. Применение ГИС-технологий для мониторинга земель Заинского государственного сортоиспытательного участка Республики Татарстан // Вестник Томского государственного университета. – 2013. – № 366. – С. 180 – 183.
10. Понькина Е. В., Жданов С. А. Разработка ГИС-модуля анализа состояния и динамики почвенного покрова земель сельскохозяйственного назначения // Известия АлтГУ. – 2007. – № 1. – С. 113 – 118.
11. Чекмарев П. А., Лукин С. В. Использование геоинформационных систем при проведении мониторинга плодородия почв // Достижения науки и техники АПК. – № 1. – 2013. – С. 3 – 5.

# РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ – ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ СБАЛАНСИРОВАННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

УДК 63.8:631.51

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЛАГИ ЗЕРНОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ В АГРОЭКОСИСТЕМАХ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЯ

**О. С. Чернов**

Верхневолжский федеральный аграрный научный центр  
ул. Центральная, д. 3, п. Новый, Суздальский р-н,  
Владимирская обл., 601261, Российская Федерация  
E-mail: ivan.shchukin(@mail ru

**Резюме.** На основе длительного стационарного эксперимента установлена взаимосвязь и взаимозависимость величины запаса и продуктивности использования влаги в почве от уровня питания, основной обработки почвы в полевых севооборотах.

**Abstract.** On the basis of a long stationary experiment, the relationship and interdependence of the value of the reserve and productivity of the use of moisture in the soil on the level of nutrition, the main tillage in field crop rotations are established.

Плодородие почвы зависит не только от наличия в ней необходимых для растения питательных веществ. Снабжение растений водой не менее важно для образования урожая, чем снабжение элементами питания. В этой связи водный (а также и воздушный) режим почвы, который зависит не только от количества выпадающих осадков, но и от физических свойств почвы, имеет определяющее значение для плодородия почвы и урожайности полевых культур. Замечено, что на плодородной почве растения вырабатывают больше сухого вещества на грамм воды, чем на менее плодородных почвах. Внесение необходимых удобрений обычно повышает продуктивность её использования даже при относительном дефиците влаги в почве [1]. Рассматривая палеогеографическую историю европейской части России, А. Л. Иванов рассматривает вероятность образования на Русской равнине сухих ландшафтов [2]. Показано, что водный режим почв Владимирского ополья уже с середины прошлого века регулируется атмосферными осадками. В связи с этим при возделывании культур в севооборотах важное значение следует отводить природоохранным способам воздействия на почву, способствующим сохранению и рациональному использованию влаги полевыми культурами.

Рассматривая погодные условия последних лет, нужно отметить, что с 2014 года наблюдалось восемь вегетационных периодов с нормальным увлажнением из одиннадцати: 2014 – 2017 гг., 2019 – 2020 гг., 2023 – 2024 гг. Однако встречаются годы с относительной засушливостью по причине высоких температур воздуха в течение вегетации (2021 год – ГТК 1,00), есть условия вегетации с резким недостатком влаги (2018 год – ГТК 0,85; 2022 год – ГТК 0,48). Поэтому вопрос сохранения и рационального использования почвенной влаги сельскохозяйственными культурами имеет важное значение.

**Методика.** Исследования по изучению запасов влаги, влияния обработки почвы, уровня питания и предшественников проводили в полевом стационарном опыте в 2020 – 2023 годах

в Верхневолжье (Владимирская обл.), на серой лесной среднесуглинистой почве с агрохимической характеристикой:  $pH_{\text{кел}} - 5,2 - 5,6$ ;  $Hg - 2,27 - 5,95$ ; сумма поглощенных оснований  $- 17,85 - 23,96$  мг-экв./100 г почвы; содержание подвижных форм фосфора (по Кирсанову)  $86 - 176$  мг/кг; калия (по Масловой)  $- 163 - 375$  мг/кг почвы, что соответствует повышенному и высокому классам обеспеченности.

В качестве основной обработки применяли отвальную вспашку плугом ПЛН-4-35 на 20 – 22 см, мелкую обработку культиватором-плоскорезом КПП-250 на 10 – 12 см и глубокую обработку КПП-250 на глубину 25 – 27 см, вспашку двухъярусным плугом ПЯ-3-35 на глубину 27 – 30 см.

Количество осадков за вегетационный период 2019 г. было близким со среднемноголетними показателями, средняя температура воздуха за вегетационный период была выше среднемноголетней, соответственно 15,6 и 14,8 °С. В течение вегетационного периода распределение осадков было неравномерным и скачкообразным. В начале мая – недостаточное, в конце июня и в июле – излишними, а в августе – близкими к среднемноголетним, ГТК периода май – август составил 1,41.

В 2020 году за период май – август выпало 274,1 мм осадков при средней температуре 16,8 °С, ГТК периода по Селянинову составил 1,32. Только погодные условия мая месяца характеризовались как нормальные, июнь – август характеризовались повышенным режимом температуры при обильных осадках в июле и недостатке их в августе месяце.

Период активной вегетации в 2021 году устойчиво начался с мая месяца и был теплее на 3 °С в сравнении со среднемноголетними показателями. Осадки в течение мая – августа выпадали неравномерно. В мае и августе выпало больше осадков, а третья декада июня месяца и весь июль характеризовались резким дефицитом выпадения осадков. Гидротермический коэффициент составил за период 1,0 (по Селянинову), что оценивается как засушливые условия.

Период активной вегетации в 2022 году устойчиво начался со второй декады мая месяца и был теплее на 1 °С в сравнении со среднемноголетними показателями, хотя май месяц был прохладнее обычного на 2,4 °С. Осадки в течение второй и третьей декады мая выпадали равномерно. Июнь и июль месяцы характеризовались резким дефицитом выпадения осадков. Август месяц отмечен самым сухим в течение вегетации изучаемых культур. Гидротермический коэффициент составил за период 0,48 (по Селянинову), что оценивается как острозасушливые условия.

Температура периода активной вегетации 2023 года была близкой к среднемноголетним показателям: выпало 236,8 мм осадков, при сумме активных температур 2031,8 °С, ГТК периода составил 1,16. Май и август месяцы были теплее обычного, июнь – прохладнее. Осадки выпадали неравномерно. В мае, июле выпало больше осадков, в июне и августе несколько меньше среднемноголетних показателей.

Исследования проводились в пяти шестипольных севооборотах: зернопаротравяном, зернотравянопропашном, плодосменном и двух зернотравяных, на двух фонах питания. Под ячмень вносили минеральные удобрения в дозе  $N_{45}P_{45}K_{45}$ , под яровую пшеницу на двух фонах –  $N_{90}P_{90}K_{90}$ ,  $N_{90}P_{60}K_{60}$  и  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , под озимую рожь  $N_{60}$  + подстилочный навоз в дозе 40 т/га и  $N_{90}P_{90}K_{90}$ , под озимую пшеницу – навоз 40 т/га +  $N_{30}$ .

Исследованиями установлено влияние предшественников, систем удобрения и обработки почвы на величину запаса продуктивной влаги в почве и ее расхода под озимыми культурами (табл. 1, 2).

Установлено, что запас продуктивной влаги в слое почвы 0 – 100 см при возобновлении вегетации озимой ржи отмечен близкими значениями и составил при посеве культуры по пласту многолетних трав 221,2 мм, после занятого пара – 216,6 мм; в слое 0 – 40 см более высокие показатели – 103,6 мм, установлены для первого названного предшественника.

В фазу колошения культуры различия в запасе продуктивной влаги в слое почвы 0 – 40 см были значительными и составили 60,4 мм при посеве по многолетним травам и 27,4 мм – при посеве по занятому пару. Ко времени уборки озимой ржи различия по запасам влаги в почве отмечаются более значительными и составили соответственно предшественникам: в слое почвы 0 – 40 см – 91,0 и 32,0 мм, в слое 0 – 100 см – 172,0 и 63,5 мм продуктивной влаги.

Итак, возделывание озимой ржи в нормальных погодных условиях при посеве по пласту многолетних трав и минеральной системе удобрения обеспечило более продуктивный расход влаги – 5,0 мм на 1 зерновую единицу. Посев культуры после занятого пара в сочетании с применением органоминеральной системы удобрения в условиях повышенной температуры воздуха способствовал снижению показателя эффективности использования влаги почвы, показатель расхода продуктивной влаги составил 6,2 мм на 1 ц зерновых единиц.

*Таблица 1. Влияние предшественников и систем удобрения на запасы продуктивной влаги в посевах озимой ржи, мм, отвальная обработка почвы*

| Предшественник,<br>норма удобрения                                          | Слой<br>почвы, см | Возобновление<br>вегетации | Колошение | Перед<br>уборкой | Расход<br>пр. влаги,<br>мм/1 ц зерн. ед. |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|-----------|------------------|------------------------------------------|
| <b>2019 год, ГТК 1,41</b>                                                   |                   |                            |           |                  |                                          |
| Многолетние травы<br>2 г.п. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> | 0 – 40            | 103,6                      | 60,4      | 91,0             | –                                        |
|                                                                             | 0 – 100           | 221,2                      | –         | 172,0            | 5,0                                      |
| <b>2021 год, ГТК 1,00</b>                                                   |                   |                            |           |                  |                                          |
| Однолетние травы,<br>Навоз 40 т/га + N <sub>60</sub>                        | 0 – 40            | 85,6                       | 27,4      | 32,0             | –                                        |
|                                                                             | 0 – 100           | 216,6                      | –         | 63,5             | 6,2                                      |

Исследованиями установлено влияние предшественников и систем удобрения на величину запаса продуктивной влаги в почве и ее расхода под озимой пшеницей (табл. 2).

*Таблица 2. Изменение запаса продуктивной влаги в посевах озимой пшеницы*

| Севооборот, год,<br>ГТК, фон удобрения<br>под культуру                                                     | Слой<br>почвы, см | Возобновление<br>вегетации | Колошение | Перед<br>уборкой | Расход<br>пр. влаги,<br>мм/1 ц зерн. ед. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|-----------|------------------|------------------------------------------|
| Черный пар,<br>2021 год, ГТК 1,00;<br>без удобрений                                                        | 0 – 40            | 94,0                       | 33,8      | 19,4             | –                                        |
|                                                                                                            | 0 – 100           | 234,2                      | –         | 49,0             | 6,5                                      |
| Многолетние тра-<br>вы 2 г.п., 2019 год,<br>ГТК 1,41; N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>      | 0 – 40            | 80,2                       | 36,4      | 84,4             | –                                        |
|                                                                                                            | 0 – 100           | 219,4                      | –         | 200,2            | 8,3                                      |
| Клеверный пар,<br>2019 год, ГТК 1,41;<br>80 т навоза<br>+ N <sub>110</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> | 0 – 40            | 89,2                       | 43,2      | 89,0             | –                                        |
|                                                                                                            | 0 – 100           | 224,6                      | –         | 202,8            | 6,8                                      |

Величина запаса продуктивной влаги в слое почвы 0 – 40 см под озимой пшеницей при возобновлении вегетации и посеве её после чёрного пара составила 94,0 мм, в слое 0 – 100 см – 234,2 мм, при посеве по пласту многолетних трав соответственно 80,2 и 219,4 мм,

при посеве после однолетних трав – 89,2 и 224,6 мм продуктивной влаги. Наиболее низкие показатели запаса влаги отмечены в зернотравянопропашном севообороте, в котором применяется минеральная система удобрения. К фазе колошения культуры запас влаги в слое 0 – 40 см значительно снизился – до 33,8 – 43,2 мм продуктивной влаги. В условиях 2021 года это можно связать со значительным водопотреблением в условиях достаточного увлажнения и при формировании большого объёма вегетативной массы культурой, в условиях 2019 года – с недостатком выпадения осадков в первой половине вегетации озимой пшеницы. Выпавшие осадки во второй половине вегетации в 2019 году в сочетании со снижением водопотребления культурой после фазы колошения обеспечили увеличение запаса продуктивной влаги в слое почвы 0 – 40 см до 84,4 – 89,0 мм, в слое 0 – 100 см – до 200,2 – 202,8 мм, однако этот фактор недостаточно повлиял на уровень урожайности в зернотравянопропашном и плодосменном севооборотах. Следует отметить, что при недостатке увлажнения во второй половине вегетации 2021 года запас влаги в слое почвы 0 – 40 см составил всего 19,4 мм, в слое 0 – 100 см – 49,0 мм продуктивной влаги, что в конечном счёте отрицательно повлияло на выполненность зерна и уровень урожайности озимой пшеницы, высеваемой в зернопаротравяном севообороте.

Исследования показали, что на продуктивность использования влаги под озимой пшеницей значительное влияние оказали применяемые системы удобрения в севооборотах. Так, при применении органоминеральных систем удобрения расход влаги на 1 ц зерновых единиц в плодосменном севообороте составил 6,8 мм/ц, в зернопаротравяном севообороте – 6,5 мм продуктивной влаги на 1 ц. Расход влаги в зернотравянопропашном севообороте с применением в нём минеральной системы удобрения отмечен более высоким показателем – 8,3 мм продуктивной влаги на 1 ц зерновых единиц.

Исследованиями установлено влияние предшественников и систем удобрения на величину запаса продуктивной влаги в почве и ее расхода под яровой пшеницей (табл. 3).

*Таблица 3. Влияние систем севооборотов и удобрения на запасы продуктивной влаги в посевах яровой пшеницы, мм, отвальная вспашка*

| Предшественник<br>и норма удобрения                                          | Слой<br>почвы, см | Перед<br>посевом | Колошение | Перед<br>уборкой | Расход<br>пр. влаги,<br>мм/1 ц зерн. ед. |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|-----------|------------------|------------------------------------------|
| <b>2019 год, ГТК 1,41</b>                                                    |                   |                  |           |                  |                                          |
| Многолетние травы<br>2 г.п., N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 0 – 40            | 77,8             | 22,4      | 87,2             | –                                        |
|                                                                              | 0-100             | 179,8            | –         | 210,4            | 12,30                                    |
| <b>2020 год, ГТК 1,32</b>                                                    |                   |                  |           |                  |                                          |
| Озимая рожь,<br>N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>              | 0 – 40            | 85,6             | 27,8      | 73,4             | –                                        |
|                                                                              | 0 – 100           | 188,4            | –         | 116,4            | 7,6                                      |
| <b>2021 год, ГТК 1,00</b>                                                    |                   |                  |           |                  |                                          |
| Картофель, N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>                   | 0 – 40            | 91,2             | 32,0      | 13,6             | –                                        |
|                                                                              | 0 – 100           | 218,4            | –         | 44,2             | 11,69                                    |
| Горох, N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>                       | 0 – 40            | 103,6            | 21,8      | 17,4             | –                                        |
|                                                                              | 0 – 100           | 246,0            | –         | 46,8             | 11,16                                    |

Запас продуктивной влаги в слое почвы 0 – 100 см перед посевом культуры отмечен высокими значениями в вариантах при посеве её после картофеля и гороха и составил соответственно 218,4 и 246,0 мм, при показателях в слое 0 – 40 см 91,2 и 103,6 мм. В вариантах при



посеве яровой пшеницы по пласту многолетних трав выявлены наиболее низкие показатели запаса влаги в почве ко времени посева культуры, которые составили в слое почвы 0 – 40 см 77,8 мм, в слое 0 – 100 см – 179,8 мм продуктивной влаги; при посеве по предшественнику озимая рожь показатели имели промежуточное значение, соответственно 85,6 мм и 188,4 мм. То есть степень иссушения почвы предшественником, глубина проникновения его корневой системы оказывают значительное влияние на запас влаги в почве ко времени посева яровой пшеницы, что особенно влияет на рост и развитие культуры, особенно в условиях засухи.

В фазу колошения яровой пшеницы запас продуктивной влаги в слое почвы 0 – 40 см в различных климатических условиях и при посеве по различным предшественникам отмечен низкими значениями – 21,8 – 32,0 мм, что указывает на значительное водопотребление культурой в эту фазу развития.

Ко времени уборки яровой пшеницы различия по запасам влаги в почве отмечаются более значительными и составили в засушливых условиях года: в слое почвы 0 – 40 см – 13,6 – 17,4 мм, в 0 – 100 см – 44,2 – 46,8 мм продуктивной влаги.

Исследования показали, что в благоприятных для возделывания яровой пшеницы погодных условиях на уровень потребления влаги культурой значительное влияние оказали изучаемые факторы, влиявшие на уровень урожайности яровой пшеницы. Так, при посеве после многолетних трав и норме удобрения  $N_{60}P_{60}K_{60}$  запас продуктивной влаги к уборке в слое почвы 0 – 40 см составил 87,2 мм, в слое 0 – 100 см – 210,4 мм. Посев яровой пшеницы после озимой при норме применения удобрения  $N_{90}P_{90}K_{90}$  обеспечил наиболее высокий уровень урожайности культуры в опыте, что увеличило потребление влаги; показатели запаса продуктивной влаги в почве соответственно составили 73,4 и 116,4 мм. Показано, что весь период вегетации потребление влаги культурой происходит из всего слоя почвы 0 – 100 см. При указанном сочетании применения под яровую пшеницу нормы удобрения и предшественника отмечен наиболее производительный расход продуктивной влаги из метрового слоя почвы – 7,6 мм на 1 зерновую единицу; в других вариантах этот показатель был значительно выше и составил 11,16 – 12,30 мм.

Запас продуктивной влаги перед посевом ячменя в вариантах опыта отмечен близкими показателями и составил в вариантах опыта: в слое почвы 0 – 40 см – 83,2 – 94,8 мм и в слое 0 – 100 см – 201,8 – 205,4 мм (табл. 4).

*Таблица 4. Влияние предшественников и систем удобрения на запасы продуктивной влаги в посевах ячменя, для отвальной вспашки, мм*

| Предшественник,<br>норма удобрения     | Слой<br>почвы, см | Перед<br>посевом | Колошение | Перед<br>уборкой | Расход влаги,<br>мм/1 ц з.е. |
|----------------------------------------|-------------------|------------------|-----------|------------------|------------------------------|
| <b>2022 год, ГТК 0,48</b>              |                   |                  |           |                  |                              |
| Овес<br>$N_{45}P_{45}K_{45}$           | 0 – 40            | 94,8             | 19,0      | 24,2             | –                            |
|                                        | 0 – 100           | 205,4            | –         | 74,6             | 8,5                          |
| Яровая пшеница<br>$N_{45}P_{45}K_{45}$ | 0 – 40            | 86,4             | 34,4      | 14,6             | –                            |
|                                        | 0 – 100           | 201,8            | –         | 60,8             | 10,8                         |
| <b>2023 год, ГТК 1,16</b>              |                   |                  |           |                  |                              |
| Картофель<br>$N_{45}P_{45}K_{45}$      | 0 – 40            | 83,2             | 36,4      | 26,1             | –                            |
|                                        | 0 – 100           | 205,4            | –         | 63,7             | 5,8                          |

К фазе колошения ячменя запас продуктивной влаги в слое почвы 0 – 40 см значительно снизился – до 19,0 – 36,4 мм, низкий показатель можно объяснить расходом влаги, пошедшей

на формирование более значительного урожая ячменя в вариантах третьего, зернотравяного, севооборота.

Показатель запаса влаги в почве к уборке культуры отмечен низкими значениями: в слое почвы 0 – 40 см – 14,6 – 26,1 мм и в слое 0 – 100 см – 60,8 – 74,6 мм влаги. Более низкие значения отмечены под ячменём в зернотравянопропашном севообороте, вероятно, по причине более редкого стеблестоя культуры, вследствие чего почва сильнее нагревается, и расход влаги может увеличиваться.

В посевах ячменя расход влаги в условиях 2022 года отмечен высокими значениями – 8,5 – 10,8 мм продуктивной влаги на 1 зерновую единицу. Посев ячменя после овса в зернотравяном севообороте обеспечил более экономный расход влаги – 8,5 мм, чем при посеве после яровой пшеницы в зернотравянопропашном севообороте – 10,8 мм. Самый экономный расход влаги в посевах культуры – 5,8 мм продуктивной влаги на 1 зерновую единицу отмечен в варианте при посеве культуры после картофеля в плодосменном севообороте в условиях 2023 года, норме удобрения  $N_{45}P_{45}K_{45}$  в условиях нормального увлажнения.

Запас продуктивной влаги перед посевом овса после яровой пшеницы отмечен более высокими показателями и составил 111,2 мм в слое почвы 0 – 40 см и 263,4 мм – в слое 0 – 100 см, чему отчасти способствовали осадки третьей декады апреля и своевременные мероприятия по закрытию влаги в почве. Запас влаги при посеве овса в севообороте после озимой ржи отмечен более низкими значениями, соответственно слоям почвы 88,4 мм и 203,1 мм продуктивной влаги.

К фазе вымётывания величина запаса в слое почвы 0 – 40 см значительно снизилась – до 19,6 – 32,0 мм, что определилось значительным водопотреблением при формировании вегетативной массы культурой и погодными условиями.

*Таблица 5. Влияние предшественников и систем удобрения на запас продуктивной влаги в посевах овса, мм*

| Предшественник,<br>норма удобрения      | Слой<br>почвы, см | Перед<br>посевом | Вымётыва-<br>ние | Перед<br>уборкой | Расход влаги,<br>мм/1 ц з.е. |
|-----------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------|
| <b>2021 год, ГТК 1,00</b>               |                   |                  |                  |                  |                              |
| Яровая пшеница,<br>$N_{80}P_{80}K_{80}$ | 0 – 40            | 111,2            | 19,6             | 15,6             | –                            |
|                                         | 0 – 100           | 263,4            | –                | 45,1             | 18,6                         |
| <b>2022 год, ГТК 0,48</b>               |                   |                  |                  |                  |                              |
| Озимая рожь<br>$N_{45}P_{45}K_{45}$     | 0 – 40            | 88,4             | 32,0             | 25,2             | –                            |
|                                         | 0 – 100           | 203,1            | –                | 76,2             | 7,0                          |

Изучением запаса влаги в почве перед уборкой овса установлено, что этот показатель в слое почвы 0 – 40 см остался на низком уровне и составил 15,6 – 25,2 мм, в слое почвы 0 – 100 см – 45,1 – 76,2 мм продуктивной влаги, более высокие значения отмечены в остро-засушливый вегетационный период.

Показатель расхода влаги по годам исследований значительно различался и составил при ГТК 1,0 18,6 мм на 1 ц зерновых единиц, при ГТК 0,48, этот показатель отмечен меньшими значениями и составил 7,0 мм продуктивной влаги на 1 ц зерновых единиц.

В эксперименте выявлено влияние систем обработки почвы на эффективность использования влаги почвой овсом и озимой пшеницей (табл. 6, 7)

Запас продуктивной влаги в посевах овса зернопаротравяного севооборота составил в вариантах опыта в слое почвы 0 – 40 см 82,6 – 89,6 мм и 207,0 – 219,0 мм – в слое 0 – 100 см.

*Таблица 6. Влияние систем обработки почвы на запасы продуктивной влаги  
в посевах овса, мм, 2022 год*

| <b>Система<br/>обработки почвы</b>   | <b>Слой<br/>почвы, см</b> | <b>Возобновление<br/>вегетации</b> | <b>Вымё-<br/>тывание</b> | <b>Перед<br/>уборкой</b> | <b>Расход<br/>пр. влаги,<br/>мм/1 ц з.е.</b> |
|--------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------------------|
| Отвальная                            | 0 – 40                    | 82,6                               | 31,2                     | 35,6                     | –                                            |
|                                      | 0 – 100                   | 207,0                              | –                        | 90,2                     | 8,5                                          |
| Комбинированно-<br>энергосберегающая | 0 – 40                    | 87,5                               | 30,4                     | 29,2                     | –                                            |
|                                      | 0 – 100                   | 217,3                              | –                        | 79,8                     | 10,1                                         |
| Комбинированно-<br>ярусная           | 0 – 40                    | 89,6                               | 31,6                     | 27,0                     | –                                            |
|                                      | 0 – 100                   | 219,0                              | –                        | 81,2                     | 11,0                                         |
| Противоэрозионная                    | 0 – 40                    | 84,4                               | 23,6                     | 21,0                     | –                                            |
|                                      | 0 – 100                   | 218,8                              | –                        | 63,8                     | 15,3                                         |

*Примечание:* Предшественник – озимая пшеница, без удобрений, ГТК 0,48.

В фазу выметывания метелки показатель запаса влаги снизился в слое почвы 0 – 40 см до 23,6 – 31,6 мм, более низкий показатель отмечен при применении противоэрозионной обработки почвы. Запас влаги перед уборкой овса отмечен более высокими значениями при применении ежегодной вспашки и составил в слое 0 – 40 см 35,6 мм, в слое 0 – 100 см – 90,2 мм, самый низкий показатель установлен при применении противоэрозионной обработки почвы, соответственно 31,0 мм и 63,8 мм продуктивной влаги.

Отмечено влияние применения систем обработки почвы на использование влаги почвы культурой овса. Более продуктивно влага использовалась овсом при применении системы обработки почвы с ежегодной вспашкой – 8,5 мм продуктивной влаги на 1 ц зерновых единиц, менее продуктивно – при показателе 15,3 мм на 1 ц, в варианте с применением противоэрозионной системы обработки почвы в севообороте.

Запас продуктивной влаги в поле озимой пшеницы первого севооборота составил в вариантах опыта 91,6 – 103,6 мм в слое почвы 0 – 40 см и 227,2 – 242,4 мм – в слое 0 – 100 см (табл. 7). К фазе колошения в условиях недостатка увлажнения и повышенных температур воздуха запас влаги в слое почвы 0 – 40 см существенно снизился и составил в вариантах опыта 31,4 – 49,0 мм продуктивной влаги. Показатели запаса продуктивной влаги к уборке культуры в слое почвы 0 – 40 см снизились в вариантах опыта в слое 0 – 40 см до 17,2 – 35,0 мм, в слое 0 – 100 см – до 49,0 – 64,1 мм. Более высокие из указанных показателей наблюдались при применении мелкой безотвальной обработки в системе комбинированно-энергосберегающей обработки почвы.

*Таблица 7. Влияние систем обработки почвы на запасы продуктивной влаги  
в посевах озимой пшеницы, мм, 2021 год*

| <b>Система<br/>обработки почвы</b>   | <b>Слой<br/>почвы, см</b> | <b>Возобновление<br/>вегетации</b> | <b>Колоше-<br/>ние</b> | <b>Перед<br/>уборкой</b> | <b>Расход<br/>пр. влаги,<br/>мм/1 ц з.е.</b> |
|--------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------------------------------|
| Отвальная                            | 0 – 40                    | 94,0                               | 33,8                   | 19,4                     | –                                            |
|                                      | 0 – 100                   | 234,2                              | –                      | 49,0                     | 6,5                                          |
| Комбинированно-<br>энергосберегающая | 0 – 40                    | 103,6                              | 49,0                   | 35,0                     | –                                            |
|                                      | 0 – 100                   | 242,4                              | –                      | 64,1                     | 6,6                                          |
| Комбинированно-<br>ярусная           | 0 – 40                    | 98,1                               | 34,0                   | 24,4                     | –                                            |
|                                      | 0 – 100                   | 232,8                              | –                      | 55,2                     | 6,3                                          |
| Противоэрозионная                    | 0 – 40                    | 91,6                               | 31,4                   | 17,2                     | –                                            |
|                                      | 0 – 100                   | 227,2                              | –                      | 50,6                     | 7,2                                          |

*Примечание:* предшественник – черный пар, без удобрений, ГТК 1,00.

Отмечено влияние применения систем обработки почвы на использование влаги почвы озимой пшеницей. Более продуктивно влага использовалась культурой при применении комбинированно-ярусной системы обработки почвы – 6,3 мм продуктивной влаги на 1 ц зерновых единиц, менее продуктивно – при показателе 7,2 мм, в варианте с применением противоэрозионной обработки почвы в севообороте.

### Выводы

Озимая рожь продуктивно использует влагу при посеве по пласту многолетних трав двух лет пользования; для озимой пшеницы лучшие предшественники – черный и клеверный пары. По продуктивности использования влаги пласт многолетних трав нежелателен для яровой пшеницы.

Озимая рожь – хороший предшественник для яровой пшеницы, озимые – для овса. Ячмень продуктивно использует влагу при посеве после картофеля, в острозасушливые годы – по овсу.

Система обработки почвы в севообороте с оборотом пласта обеспечивает более продуктивный расход влаги зерновыми культурами, чем применение системы противоэрозионной обработки почвы, особенно в условиях недостатка влаги и острой засухи в зернопаротравяном севообороте.

### Литература

1. Томпсон Л. М., Троу Ф. Р. Почвы и их плодородие. – М.: Колос, 1982. – С. 103 – 104.
2. Иванов А. Л. Жемчужина ополья. Исторический опыт адаптации земледелия // Владимирский земледелец. – № 1. – 2001. – С. 38 – 54.

УДК 574.4:539.163

## МИГРАЦИЯ ТЕХНОГЕННОГО РАДИОНУКЛИДА В ЗВЕНЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕПИ «ПОЧВА – ДРЕВЕСНОЕ РАСТЕНИЕ»

А. И. Мельченко, В. А. Погорелова

ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ имени И. Т. Трубилина

Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13

E-mail: alexkuban59@mail.ru, vikkim88@mail.ru

**Резюме.** В статье излагается экспериментальный материал о накоплении в коре, древесине и листьях дуба красного техногенного радионуклида ( $^{90}\text{Sr}$ ), в зависимости от расположения его в почве. Экспериментальный участок расположен на почве – чернозем выщелоченный.

**Abstract.** The article presents experimental material on the accumulation of red technogenic radionuclide ( $^{90}\text{Sr}$ ) in the bark, wood and leaves of oak, depending on its location in the soil. The experimental site is located on soil – leached chernozem.

**Введение.** «В настоящее время в мире продолжается интенсивное строительство атомных электростанций. Однако даже при выполненных и продолжающихся работах по модернизации атомных реакторов нет гарантий их безаварийной работы» [1]. По этой причине ис-

следования, направленные на изучение миграции радионуклидов в почвенных горизонтах, накопление их в растениях, способов по возможному снижению загрязнителей в сельскохозяйственных растениях, не утратили своей актуальности.

«Актуальность работ по изучению миграции радиоактивных веществ в различных звеньях пищевой цепи с течением времени будет увеличиваться» [3, 4].

При радиоактивном загрязнении территории дальнейшее ведение сельскохозяйственного производства во многом будет зависеть от спектра выращиваемых растений, почвенных разностей и климата.

Однако при возможном выбросе радиоактивных веществ в результате аварии загрязнение может произойти не только сельскохозяйственных растений, но и древесных растений, расположенных по границам полей, которые находятся в защитных лесных полосах.

В задачу исследований входило – определить содержание в коре, древесине и листьях дуба красного техногенного радионуклида при различных вариантах его расположения в почве. Первый вариант – радионуклид расположен на поверхности почвы, второй – на глубине 50 см.

Это древесное растение может быть предложено для создания защитных лесных полос в Краснодарском крае [2]. При выполнении экспериментальной работы были использованы известные общепринятые методики. Полученные результаты обрабатывали методами математической статистики.

Дуб красный, располагаясь в лесной полосе, может участвовать в пищевых цепях «почва–растение–насекомые–птицы», «почва–растение–животные» и т. д., поэтому крайне важно знать содержание радионуклида в этих его органах и частях. Результаты выполненных исследований позволят не только определить дальнейшую работу в лесных полосах по их уходу, но и проследить миграцию техногенного радионуклида в следующих звеньях пищевой цепи. А также, что немаловажно, определиться с участием древесины, которая образуется при работе в лесных полосах.

**Результаты исследований.** На территории Краснодарского края в течение многих десятков лет возделывают большой спектр сельскохозяйственных растений с высоким урожаем. В результате исследований [2, 5] было установлено, что во многом этот урожай зависит от состояния защитных лесных полос. Благодаря этим насаждениям поддерживается оптимальный микроклимат на сельскохозяйственных полях, улучшается обеспечение выращиваемых растений влагой, поддерживается плодородие почв. Кроме того, благотворное влияние заключается еще и в том, что происходит прибавка урожая сельскохозяйственных растений, улучшается их качество. Лесные полосы защищают сельскохозяйственные поля от суховея, которые на Кубани случаются довольно часто.

Известна и другая важная роль лесных насаждений – благодаря им, как показали исследования после аварии на Чернобыльской АЭС, происходит сдерживание распространения загрязняющих веществ. Лес, лесные насаждения способствуют закреплению загрязняющих веществ, уменьшают их вертикальную и горизонтальную миграцию в почве. Накопленный лиственный опад препятствует быстрой вертикальной миграции радионуклидов в почве. Однако при этом он способствует накоплению радиоактивных загрязнителей в грибах и растениях с расположением корневой системы в верхнем слое почвы. Это в свою очередь может привести к проникновению радиоактивных веществ дальше по цепи питания в животных и человека.

Исследования по определению накопления различных радионуклидов в растениях, их миграции по звеньям цепи питания приобретают наиважнейшее значение. В лесных полосах с течением времени складываются определенные экологические системы, исследования компонентов которой позволят сделать объективные выводы по ее дальнейшему существованию.

Накопления в коре и древесине дуба красного техногенного радионуклида при расположении его на поверхности почвы (чернозем выщелоченный) приведены на рисунке 1.

При расположении радионуклида на поверхности почвы больше его содержалось в коре. Однако различие в накоплении  $^{90}\text{Sr}$  между корой и древесиной дуба красного в 2003 году составило всего 1,1 раза, то есть существенной разницы не обнаружено. После выполненной математической обработки существенной разницы в накоплении изучаемого радионуклида в коре и древесине дуба красного не обнаружено и в 2021 году.

Тем не менее длительный эксперимент позволил определить тенденцию к снижению техногенного радионуклида как в коре, так и в древесине дуба красного. За 18 лет содержание изучаемого радионуклида в коре дуба красного снизилось в 1,3 раза, в древесине снижение составило так же в 1,3 раза.

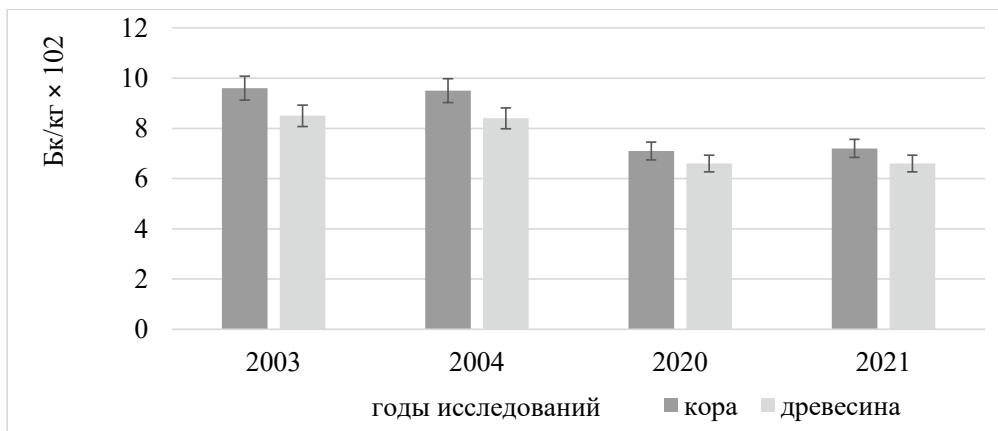


*Рисунок 1. Удельная активность радионуклида при расположении его на поверхности почвы*

Существует несколько приемов обработки почвы – культивация, лущение, вспашка и т. д. Все они применяются на Кубани при выращивании сельскохозяйственных растений. Но только вспашка даст возможность при обороте пласта перевести его с поверхности на глубину. Это в свою очередь позволит не только продолжать борьбу с сорной растительностью, но и снизить распространение радиоактивных веществ.

Установлено, что черноземные почвы довольно хорошо связывают радионуклиды и, миграционная их способность с течением времени быстро снижается. Кроме того, слой почвы может играть роль «экрана» от загрязненного слоя, который при вспашке будет перемещен на глубину.

После выполненной вспашки и перемещения верхнего слоя почвы на глубину 50 см были выполнены исследования, результаты которых приведены на рисунке 2.

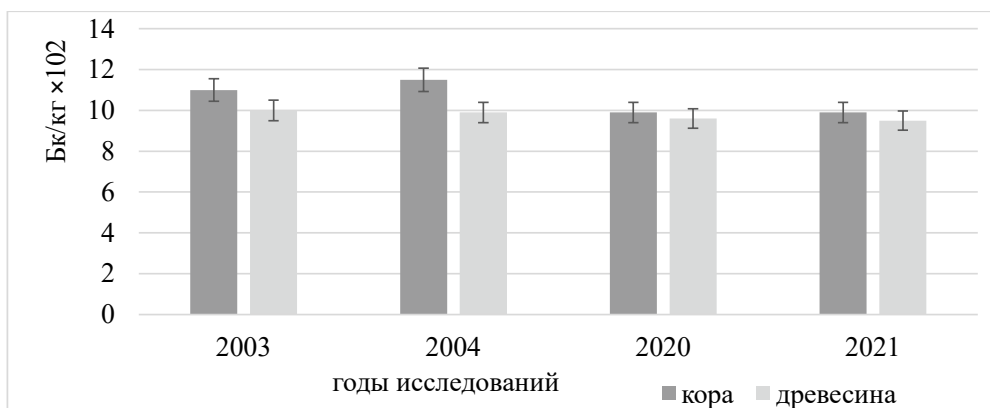


*Рисунок 2. Удельная активность радионуклида при расположении его в почве на глубине 50 см*

Наибольшее содержание изучаемого радионуклида обнаружено в коре дуба красного. В древесине его содержалось меньше, но разница в накоплении радионуклида оказалась несущественной как в 2003 году, так и в 2021 году.

С течением времени содержание радионуклида в коре и древесине снижается.

После выполненных исследований было установлено, что скорость снижения содержания изучаемого радионуклида в коре и древесине дуба красного выше в варианте с поверхностным его расположением на почве.

«Характерной чертой поглощения древесной растительностью  $^{90}\text{Sr}$  является активное перемещение его от корневой системы в надземные части» [6].

Очень важно определить содержание изучаемого радионуклида в листьях дуба красного. Во-первых, после его опада на поверхности почвы образуется слой листовой подстилки. В его толще продолжается жизнь различных организмов, которые могут участвовать в определенных пищевых цепях. Во-вторых, лист при помощи ветра может быть перенесен на различные расстояния. В-третьих, листовой опад может влиять на дополнительную радиационную нагрузку на рабочих, которые находятся в лесной полосе.

Содержание в листьях дуба красного радионуклида в зависимости от его расположения в почве приведено на рисунке 3.

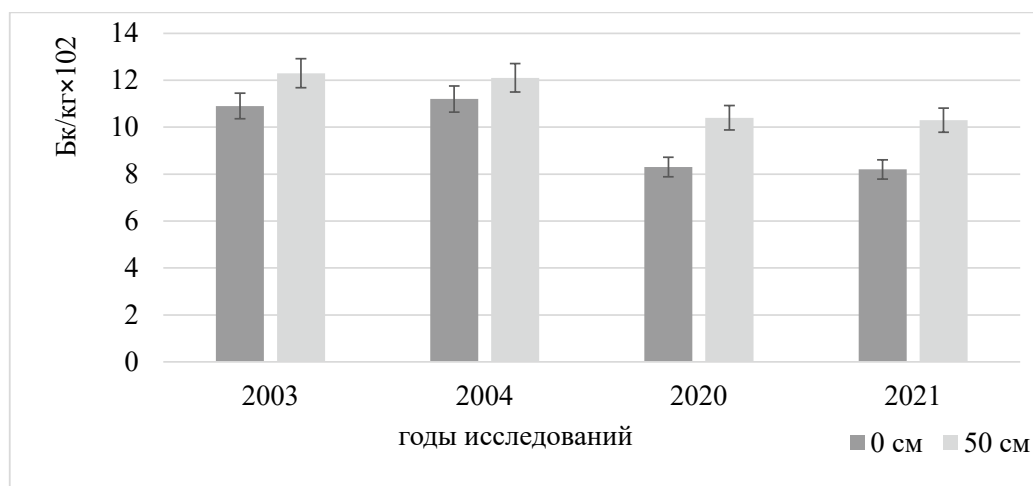


Рисунок 3. Удельная активность радионуклида в листьях дуба красного

В листьях дуба красного удельная активность радионуклида выше при расположении его в почве на глубине 50 см. Согласно экспериментальным данным, в коре и древесине  $^{90}\text{Sr}$  также больше содержится в варианте с его заглублением в почву.

Различие в накоплении  $^{90}\text{Sr}$  в коре и древесине дуба красного между изучаемыми вариантами составило в 2021 году в 1,4 раза, в листьях – в 1,3 раза.

## Выводы

1. При расположении радионуклида на поверхности почвы чернозем выщелоченный больше его содержалось в коре дуба красного, чем в древесине.

2. Установлено, что с течением времени содержание радионуклида в коре и древесине дуба красного снижается. За 18 лет содержание изучаемого радионуклида в коре и древесине дуба красного снизилось в 1,3 раза.

3. В листьях дуба красного больше содержится  $^{90}\text{Sr}$  в варианте с заглублением его в почву на 50 см.

## Литература

1. Радиоэкология орошаемого земледелия / под ред. Р. М. Алексахина. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 224 с.
2. Барышман Ф. С. Основы защитного лесоразведения на Кубани / Ф. С. Барышман. – Краснодарское книжное изд-во, 1968. – 188 с.
3. Маликов В. Г. Поведение радионуклидов в почвах Северного Кавказа / В. Г. Маликов // Агрохимия. – 1988. – № 3. – С.76 – 79.
4. Мельченко А. И. Накопление радионуклидов в сельскохозяйственных растениях в зависимости от их биологических особенностей / А. И. Мельченко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар, 2011. – 6 (33). – С. 83 – 89.
5. Колесникова И. П. Влияние защитных агролесополос на фитосанитарное состояние посевов, урожайность и качество зерна озимой пшеницы / И. П. Колесникова, А. И. Мельченко, Н. В. Чернышева, А. С. Бондаренко, М. А. Шемис // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 116. – С. 75 – 85.
6. Алексахин Р. М. Миграция радионуклидов в лесных биогеоценозах / Р. М. Алексахин, М. А. Нарышкин. – М.: Наука, 1977. – 144 с.

УДК 631.561.2

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СЕПАРИРОВАНИЯ ЗЕРНА

**И. Р. Баракаев<sup>1</sup>, Н. Р. Баракаев<sup>2</sup>, А. Р. Ражабов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Бухарский государственный университет  
ул. Мухаммада Икбала, 11, Бухара, Узбекистан  
E-mail: ihtierbarakaev11@gmail.com

<sup>2</sup>Образовательный университет Ренессанс  
улица Мустакилик, Ташкент, Узбекистан

Одним из основных признаков качества зерна является его засоренность сорными, зерновыми и металлическими, а также минеральными примесями.

Примеси всех видов затрудняют получение продукции высокого качества, снижают выход и качество муки и крупы и уменьшают срок службы рабочих органов машин и аппаратов.

Для очистки зерна применяются много различных машин, выделяющих примеси.

С целью полной очистки местных сортов зерна от примесей и разделения их на фракции по массе с учетом физико-химических, аэродинамических и механических свойств зерна нами предлагается новый двухэтапный комбинированный сепаратор для очистки и фракционирования зерна. Первоначальная очистка осуществляется в аэродинамической камере, где удаляются примеси, не превышающие массу зерна [1 – 7; 10; 13; 15; 17; 21].

Питающее устройство предлагаемого сепаратора зерна [1 – 17] (рис. 1) содержит приемную камеру 1 с боковыми стенками 2 и 3, установленные с воздуховодами аспирации (зазорами) 4, наклонные перфорированные встряхивающие полки 5, 6, загрузочное устройство 7, канал 8 для предварительной аспирации и питающий валик 9. Наклонные перфорированные встряхивающие полки 5 имеют отверстия перфораций меньше, чем размеры зерна; нижняя наклонная встряхивающая полка 6 (сита) имеет отверстия перфораций больше, нежели размеры зерна и установлена выступающей из приемной камеры 1 через выходное окно 10. Наклонные перфорированные встряхивающие полки 5 установлены к боковым стенкам 2, 3



приемной камеры 1 с возможностью регулирования угла наклона  $\alpha$  в пределах  $0 - 45^\circ$ . Наклонные перфорированные встряхивающие полки 6 (сита) могут быть выполнены из сетки или перфорированного листа с изогнутым верхом. Нижняя загрузочная полка 11 приемной камеры 1 может быть направлена по касательной к питающему валу 9. Питающее устройство сепаратора зерна снабжено емкостью 12 для сбора крупных тяжелых примесей.

В процессе работы исходная смесь через загрузочное устройство 7 питающего устройства сепаратора зерна поступает на наклонные перфорированные встряхивающие полки 5, 6 приемной камеры 1. Далее исходная смесь движется самотеком в шахматном порядке от полки 5 к следующей полке 6, ударяясь, к их изогнутым стенкам. При ударе от зерна отделяются прилипшие примеси. Запыленный воздух и примеси, не превышающие массу зерна, всасываются воздухом (при скорости воздуха  $v \leq 7 \text{ м/с}$ ) через канал 8 и зазоры-воздуховоды аспирации 4. Воздуховоды аспирации 4 обеспечивают беспрепятственное и качественное удаление запыленного воздуха и примесей, не превышающих массу зерна, через аспирационный канал 8. При этом наклонные встряхивающие полки 5 выполняются перфорированными; их отверстия меньше, чем размеры зерна, что повышает эффект очистки зерна, поскольку зерновая смесь катится по поверхностям наклонных перфорированных встряхивающихся полок 5, а воздушный поток, проходящий по отверстиям перфораций, увлекает с собой пыль, легкие и солоmistые примеси. Зерновая смесь, попадая на поверхность нижней наклонной встряхивающейся полки (решет) 6, просеивается. Из-за того, что размеры отверстия перфораций больше, нежели размеры зерна, то последние проходят через отверстия и попадают на нижнюю загрузочную полку 11 и подаются к питающему валу 9. При этом другие крупные

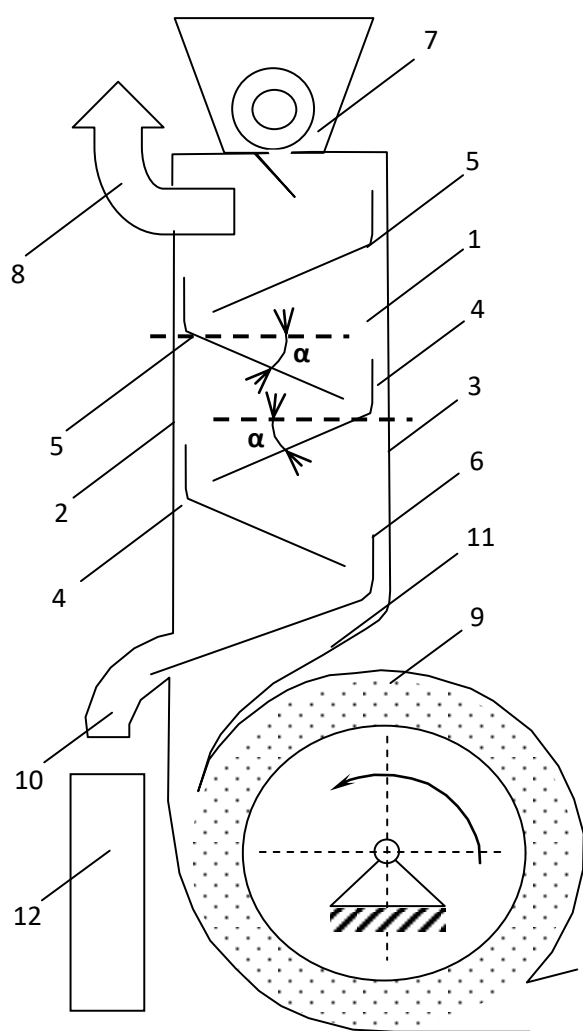


Рис. 1. Питающее устройство сепаратора зерна

примеси (солома, камни, семена других растений и др.), перемещаясь по поверхности нижней наклонной встряхивающейся полки 6, через выходное окно 10 поступают в емкость 12 для сбора крупных тяжелых примесей.

Установка наклонных перфорированных встряхивающихся полок 5, 6 к боковым стенкам 2, 3 приемной камеры 1 с возможностью регулирования угла наклона  $\alpha = 5^\circ - 45^\circ$  позволяет выбрать рациональные углы наклона перфорированных встряхивающихся полок 5, 6 в зависимости от обрабатываемой зерновой смеси.

Выполнение наклонных перфорированных встряхивающихся полок 5, 6 из сетки увеличивает соотношение площади отверстий к общей площади перфорированных встряхивающихся полок 5, 6. Это улучшает эффект аспирации, т. е. обеспечивает полное высасывание запыленного воздуха и примесей, не превышающих массу зерна, по всему объему приемной камеры. 1. Выполнение верхней части перфорированных полок изогнутой предотвращает отскок или вылет зерен от поверхности полок 5, 6, т. е. препятствует переходу зерен в зазоры 4 и позволяет исходной смеси последовательно перемещаться от полки к полке.

Вибрация наклонных перфорированных встряхивающихся полок 5, 6 обеспечивает равномерное распределение и рассеивание зерновой смеси по поверхностям наклонных перфорированных встряхивающихся полок 5, 6 и отделение прилипших примесей от зерен, следовательно, способствует повышению качества перемещения зерен по ним и аспирации. Направление нижней загрузочной полки 11 приемной камеры 1 по касательной к питающему валу 9 обеспечивает плавную загрузку и захват зерен щетками или лопастями питающего вала 9, предотвращая отскок зерен от поверхности питающего вала 9. С целью сбора крупных тяжелых примесей питающее устройство сепаратора зерна снабжено емкостью 12 (рис.1) [1 – 9; 16 – 22].

Таким образом обеспечивается качественная очистка зерна путем аспирации пыли и примесей, не превышающая массу зерна, а также выделение тяжелых крупных примесей.

### **Математическая модель движения зерна по наклонной полке**

Теория подобия позволяет с достаточной для практики точностью изучать сложные процессы на моделях.

Математическое моделирование – это по существу определение свойств и характеристик рассматриваемого явления (процесса) путем решения (как правило, с помощью ЭВМ) систем уравнений, описывающих этот процесс и представляющих собой собственно математическую модель. При этом очень важно составить такое описание рассматриваемого процесса, чтобы оно было доступно для исследования. Тогда она является одним из методов физического моделирования и составляет с ним единую систему исследования объектов познания [8 – 14; 16 – 22].

Одним из основных объектов исследования является зерно и его засоренность разными примесями. В зерновой массе встречаются сорные, зерновые и металлические, а также минеральные примеси, попадающие при уборке и транспортировании зерновой смеси.

От общей массы поступающие на мукомольные заводы местные сорта зерновой смеси составляют 80 % зерна, а 20 % – органические и минеральные примеси. Зерновая смесь от бункера комбинированного сепаратора через загрузочное устройство (рис. 2) равномерно подается по ширине наклонной полки. Зерно при движении по наклонной полке за счет аэродинамики очищается от легких примесей. Силовая схема движения зерна по наклонной полке приведена на рис. 2.

Рассмотрим условия абсолютного перемещения зерновой частицы по неподвижной перфорированной полке (рис. 2), а также условия относительного перемещения её по подвижной перфорированной полке.

Приведем условие предельного равновесия зерновой частицы на неподвижной перфорированной полке, которая установлена наклонно под углом  $\alpha$  к горизонту. На зерновую частицу действуют следующие силы (рис. 1):  $G$  – сила тяжести зерновой частицы,  $N$  – нормальная реакция поверхности полки,  $F_{\text{тр}}$  – сила трения и  $F_{\text{вт}}$  – сила втягивания. Для движения частицы угол наклона полки  $\alpha$  должен быть больше, чем угол трения  $\gamma$ , то есть  $\alpha > \gamma$ .

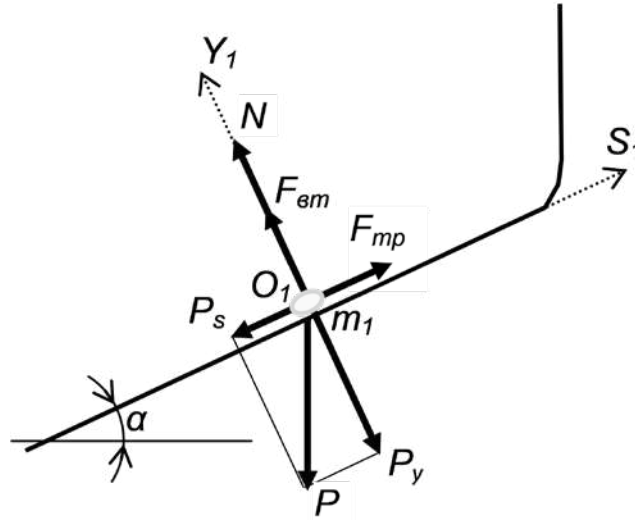


Рис. 2. Схема сил, действующих на частицу, находящуюся на наклонной полке

Обозначим силу втягивания, приходящуюся на единицу длины верхней полки, через  $\vec{F}_{\text{вт}}^{(I)}$ , массу зерна вместе с примесью на этом участке через  $m_1$ . Проекция нормальной реакции на ось  $O_1 Y_1$  имеет вид:

$$N_1 = m_1 g \cos \alpha - F_{\text{вт}}^{(I)}.$$

Проекция сил по направлению наклонной плоскости  $\vec{S}_1$  будет равна:

$$m_1 g \sin \alpha = -f(F_{\text{вт}}^{(I)} - m_1 g \cos \alpha) = f(m_1 g \cos \alpha - F_{\text{вт}}^{(I)}),$$

где:  $f$  – коэффициент трения.

Уравнение движения центра масс выделенного единичного элемента в направлении полки будет иметь вид (рис. 2):

$$m_1(s_1)\ddot{s}_1 = m_1(s_1)g \sin \alpha - fF_{\text{вт}}^{(I)} + fm_1(s_1)g \cos \alpha. \quad (2.1)$$

После деления уравнения (1) на  $m_1(s_1)$  получим:

$$\ddot{S}_1 = g \sin \alpha + fg \cos \alpha - \frac{f \cdot F_{\text{вт}}^{(I)}}{m_1(S_1)}. \quad (2.2)$$

При движении частицы массой  $m_1$  за счет силы  $\vec{F}_{\text{вт}}^{(I)}$  будут убывать, и в первом приближении можно предположить, что эта масса определяется функцией:

$$m_1(s_1) = m_1(t) = \frac{1}{a_1 t + b_1}, \quad (2.3)$$

где постоянные коэффициенты  $a_1$  и  $b_1$  находятся из экспериментов.

Например, в начальный момент времени ( $t = 0$ ) масса  $m_1(0) = m_{10}$ , а при сходе её с первой полки при  $t = t_{k1}$  она составит  $m_1(t_{k1}) = m_{1k}$ .

Тогда значения  $a_1$  и  $b_1$  определим из уравнений:

$$\frac{1}{b_1} = m_{10}, \quad \frac{1}{a_1 t_{k1} + b_1} = m_{1k}.$$

Откуда следует, что

$$b_1 = \frac{1}{m_{10}}, \quad a_1 = \frac{m_{10} - m_{1K}}{m_{10}m_{1K}t_{K1}}. \quad (2.4)$$

В данном случае дифференциальное уравнение (2.2) запишется в виде:

$$\frac{d^2 s_1}{dt^2} = \Gamma_1 - (a_1 t + b_1) f F_{em}^{(I)}, \quad (2.5)$$

где  $\Gamma_1 = g \sin \alpha + fg \cos \alpha$ .

Интегрируя уравнение (2.5) первый раз, получим

$$\frac{ds_1}{dt} = \Gamma_1 t - \left( \frac{a_1 t^2}{2} + b_1 t \right) f F_{em}^{(I)} + c_1. \quad (2.6)$$

После второго интегрирования найдем

$$s_1(t) = \frac{\Gamma_1}{2} t^2 - \left( \frac{a_1 t^3}{6} + \frac{b_1 t^2}{2} \right) f F_{em}^{(I)} + c_1 t + c_2. \quad (2.7)$$

Будем считать, что при  $t = 0$  начнется отсчет  $s_1$ , т. е.  $s_1(0) = 0$ . В результате получим  $c_2 = 0$ . При  $t = t_{e1}$  произойдет сход массы с первой полки, когда  $S_1(t_{K1}) = L_1$ . При указанных условиях константа  $c_1$  определяется из уравнения:

$$L_1 = \frac{\Gamma_1}{2} t_{K1}^2 - \left( \frac{a_1 t_{K1}^3}{6} + \frac{b_1 t_{K1}^2}{2} \right) f F_{em}^{(I)} + c_1 t_{K1},$$

т. е.

$$C_1 = \frac{L_1}{t_{K1}} + \frac{t_{K1}}{2} \left( \frac{a_1}{3} t_{K1} + b_1 \right) f F_{em}^{(I)} + \frac{\Gamma_1}{2} t_{K1}. \quad (2.8)$$

Подставим (2.8) в (2.7) и получим закон движения переменной массы  $m_1(t)$  в виде:

$$s_1(t) = \frac{L_1 t}{t_{K1}} + t(t_{K1} - t) \left\{ \frac{f F_{em}^{(I)}}{2} \left[ \frac{a_1}{3} (t_{K1} - t) + b_1 \right] - \frac{\Gamma_1}{2} \right\}. \quad (2.9)$$

Рассмотрим теперь движение массы на второй полке (считая сверху).

За счет силы  $\vec{F}_{\dot{a}\dot{a}}^{(2)}$  (рис. 3) масса элемента  $m_2(t)$  так же, как и в первом случае, будет вычисляться по формуле

$$m_2(t) = \frac{1}{a_2 t + b_2}, \quad (2.10)$$

где  $a_2$  и  $b_2$  определяются из следующих условий:

при  $t = 0$ ,  $m_2(0) = m_{1K}$ , при  $t = t_{K2}$ ,  $m_2(t_{K2}) = m_{2K}$ .

В результате находим

$$b_2 = \frac{1}{m_{1K}}; \quad a_2 = \frac{m_{1K} - m_{2K}}{m_{1K} m_{2K} t_{K2}}. \quad (2.11)$$

Уравнение движения центра масс выделенного элемента зерна с примесью запишется следующим образом (аналогично (2.5)):

$$\frac{d^2 S_2}{dt^2} = \Gamma_1 - (a_2 t + b_2) f F_{em}^{(2)}. \quad (2.12)$$

Последовательно интегрируя уравнение (2.12), получим:

$$\frac{ds_2}{dt} = \Gamma_1 t - \left( \frac{a_2 t^2}{2} + b_2 t \right) f F_{em}^{(2)} + c_3, \quad (2.13)$$

$$s_2(t) = \frac{\Gamma_1}{2} t^2 - \left( \frac{a_2 t^3}{6} + \frac{b_2 t^2}{2} \right) fF_{\text{em}}^{(2)} + c_3 t + c_4. \quad (2.14)$$

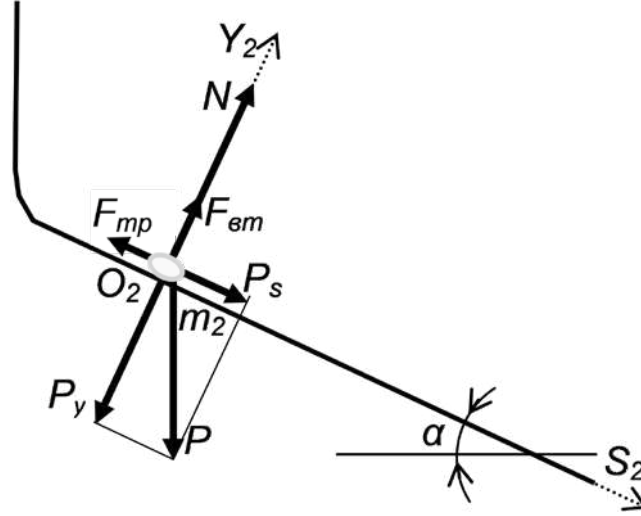


Рис. 3. Схема сил, действующих на частицу, находящуюся на наклонной полке

Произвольные постоянные  $c_3$  и  $c_4$  найдем из условий:

при  $t = 0$ ,  $s_2 = 0$ ,  $t = t_{\kappa 2}$ ,  $s_2 = L_2$ .

Используя эти условия, получим:

$$c_4 = 0; \quad C_3 = \frac{L_2}{t_{\kappa 2}} + \frac{t_{\kappa 2}}{2} \left( \frac{a_2 t_{\kappa 2}}{2} + b_2 \right) fF_{\text{em}}^{(2)} + \frac{\Gamma_1}{2} t_{\kappa 2}. \quad (2.15)$$

После подстановки (2.15) в (2.13) и (2.14) найдем

$$\begin{aligned} \frac{ds_2}{dt} &= \Gamma_1 t - t \left( \frac{a_2 t}{2} + b_2 \right) fF_{\text{em}}^{(2)} + \frac{L_2}{t_{\kappa 2}} + \frac{t_{\kappa 2}}{2} \left( \frac{a_2 t_{\kappa 2}}{3} + b_2 \right) fF_{\text{em}}^{(2)} - \frac{\Gamma_1}{2} t_{\kappa 2}, \\ s_2(t) &= \frac{L_2}{t_{\kappa 2}} t + t(t_{\kappa 2} - t) \left\{ \frac{fF_{\text{em}}^{(2)}}{2} \left[ \frac{a_2}{3} (t_{\kappa 2} - t) + b_2 \right] - \frac{\Gamma_1}{2} \right\}. \end{aligned} \quad (2.16)$$

Теперь уравнения движения вдоль третьей и четвертой полок будут аналогичны уравнениям, записанным для первой и второй полок, но с различной массой  $m_3(t)$  и  $m_4(t)$ , а также с другими силами втягивания. С учетом этих поправок можно использовать рис. 3 и рис. 4.

Приведем окончательные результаты относительно скоростей и законов движения по третьей и четвертой полкам:

$$\frac{ds_3}{dt} = \Gamma_1 t - t \left( \frac{a_3 t}{2} + b_3 \right) fF_{\text{em}}^{(3)} + \frac{L_3}{t_{\kappa 3}} + \frac{t_{\kappa 3}}{2} \left( \frac{a_3 t_{\kappa 3}}{2} + b_3 \right) fF_{\text{em}}^{(3)} - \frac{\Gamma_1}{2} t_{\kappa 3}, \quad (2.17)$$

$$s_3(t) = \frac{L_3}{t_{\kappa 3}} t + t(t_{\kappa 3} - t) \left\{ \frac{fF_{\text{em}}^{(3)}}{2} \left[ \frac{a_3}{3} (t_{\kappa 3} - t) + b_3 \right] - \frac{\Gamma_1}{2} \right\}, \quad (2.18)$$

$$\frac{ds_4}{dt} = \Gamma_1 t - t \left( \frac{a_4 t}{2} + b_4 \right) fF_{\text{em}}^{(4)} + \frac{L_4}{t_{\kappa 4}} + \frac{t_{\kappa 4}}{2} \left( \frac{a_4 t_{\kappa 4}}{2} + b_4 \right) fF_{\text{em}}^{(4)} - \frac{\Gamma_1}{2} t_{\kappa 4}, \quad (2.19)$$

$$s_4(t) = \frac{L_4}{t_{\kappa 4}} t + t(t_{\kappa 4} - t) \left\{ \frac{fF_{\text{em}}^{(4)}}{2} \left[ \frac{a_4}{3} (t_{\kappa 4} - t) + b_4 \right] - \frac{\Gamma_1}{2} \right\}. \quad (2.20)$$

В формулы (2.17) – (2.20) введены обозначения

$$m_3(t) = \frac{1}{a_3 t + b_3}; m_3(0) = m_{2\kappa}; m_3(t_{\kappa 3}) = m_{3\kappa}; b_3 = \frac{1}{m_{2\kappa}}; a_3 = \frac{m_{2\kappa} - m_{3\kappa}}{m_{2\kappa} m_{2\kappa} t_{\kappa 3}};$$

$$m_4(t) = \frac{1}{a_4 t + b_4}; m_4(0) = m_{3\kappa}; m_4(t_{\kappa 4}) = m_{4\kappa}; b_4 = \frac{1}{m_{3\kappa}}; a_4 = \frac{m_{3\kappa} - m_{4\kappa}}{m_{3\kappa} m_{4\kappa} t_{\kappa 4}}.$$

Установлено, что время нахождения зерна на полке прямо пропорционально длине и обратно пропорционально углу наклона. На рис. 4 приведен график изменения времени нахождения зерновой смеси на полке в зависимости от угла наклона полки при начальной длине  $L = 50$  мм и угла наклона  $\alpha = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ$ .

Из графиков (рис. 4) видно, что с увеличением угла наклона полки скорость падения частиц зерновой смеси растет, а время нахождения зерна на полке уменьшается. Соответственно, при больших углах наклона полки частицы, имеющие наибольшую массу, набирают наибольшую скорость падения; тогда зерновая смесь катится или скользит по поверхности полки. При таком движении зерно очищается от прилипшей пыли и от оболочки.

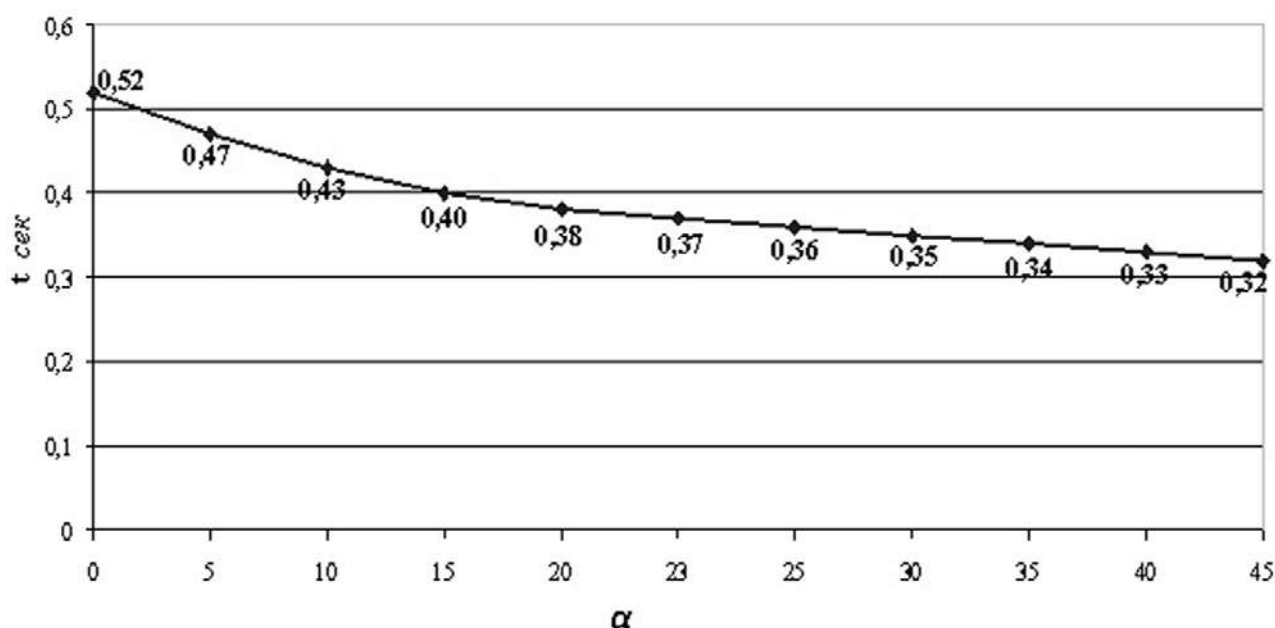


Рис. 4. График зависимости времени нахождения зерновой смеси на полке от угла наклона полки

Из выражения (2.20) определяются параметры, которые будут использованы при выборе режимов работы сепаратора [13; 29 – 33 с.].

1. Разработанные математические модели движения зерновой смеси в камерах комбинированного сепаратора позволяют определить значения кинематических и геометрических параметров питающего валика и перфорированных полок, а также длины и высоты полета зерна.

Установлено, что с увеличением угла наклона полок скорость падения частиц зерновой смеси растет, а время нахождения зерна на полке уменьшается. Соответственно, при больших углах наклона полок частицы, имеющие наибольшие массы, набирают наибольшую скорость падения, при этом зерновая смесь катится или скользит по поверхностям полок. При таком движении зерна очищаются от прилипшей пыли и от оболочек.

## Литература

1. Bahadirov G. A., Barakaev N. R., Abdukarimov A., Umarov A. A., Qayumov A. A. (2017) Processes, occurred during dewatering of moisture saturated material. *Isj theoretical & applied science*, 06 (50): 53 – 58.
2. Butenko A. F. Substantiation of the parameters and modes of the technological process of operation of a rotary grain thrower according to the criterion of reducing grain injury: dissertation.... cand. tech. Sciences. - Zernograd, 2005. – 186 p.
3. Drincha V. M. Investigation of vibration-pneumatic separators with flat cylindrical decks / V. M. Drincha // *Mechanization and electrification of agriculture*. – 2001. – No. 5. – P. 6 – 10.
4. N. R. Barakaev, M. Z. Sharipov, A. S. Abrorov and Kh. K. Rakhmonov. Overview of the IV International Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering – APITECH-IV 2022 *Journal of Physics: Conference Series* 2388 (2022) 011001 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/2388/1/011001
5. N. R. Barakaev and R. S. Jalilov Basic calculations of the movement of gas-liquid flows in dust collectors. *APITECH-IV-2022 Journal of Physics: Conference Series* 2388 (2022) 012172 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/2388/1/012172
6. Barakaev N. R., Kuzibekov S. K. Investigation of flow hydrodynamics in the process of aspiration cleaning of soybean seeds (grain) on a computer model. *International Agency for Development of Culture, Education and Science United Kingdom USA Soldiers Field Boston. Vol.2. Issue 2 Pages* 10–14. 10.5281/zenodo.7057555
7. A. N. Razhabov, N. R. Barakaev, M. T. Kurbanov, E. V. Alekssenko. Study of the degree of wheat grain deformation under static and dynamic compression. // *Proceedings of the IV International Conference «Quality of Grain, Flour and Bread»*. Moscow, November 25–27, 2019 *International Industrial Academy*. P. 177–180.
8. Barakaev, N. R. Dynamics of grain movement during cleaning / N. R. Barakaev, A. N. Shernaev, G. A. Bahadirov // *Collection of articles of participants of the VIII International Scientific Conference «Innovations in Technology and Education»*. Branch of KuzGTU. – Belovo, 2015. – P.136–139.
9. Kirkasyan, D. V. Purification of wheat grain from impurities on corrugated surfaces: Cand. ... Ph.D. Sciences. – M., 2014. – 168 p.
10. Vasiliev, N. F. Improving the technology of fractional processing of grain material in the conditions of Transbaikalia: dis. ... cand. tech. Sciences. – Ulan-Ude, 2006. – 180 p.
11. N. R. Barakaev, A. A. Rizaev, G. A. Bahadirov, et al. Separator. Patent UZ, no. AP 00631, Agency on intellectual property of the Republic of Uzbekistan, Official Bulletin, no. 7, 123, 2011.
12. N. R. Barakaev, G. A. Bahadirov Study of Grain Motion Parameters on a Sloping Shelf. *Applied Mechanics and Materials* Vols. 809-810 (2015) pp 51-56 Submitted: 2015-02-16 © (2015) Trans Tech Publications, Switzerland Revised: 2015-04-19 doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.809-810.51 Accepted: 2015-05-01
13. N. R. Barakaev, R. S. Jalilov and U X Muxammadova. Mathematical bases of calculation of gas-dispersed flows in vortex dust collectors. *ICMSIT-III-2022 Journal of Physics: Conference Series* 2373 (2022) 042002 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/2373/4/042002
14. Barakaev Nusratilla Rajabovich, Avliyakov Khayot Nodirovich/ A GENERAL-PURPOSE COMPUTING PLATFORM AND ITS USE AS A HARDWARE BASE. *Academicia globe: Indercience Research* ISSN: 2776-1010 Volume 3, Issue 2, Feb, 2022.
15. Azim Oltiev. The role of catalysts in fat transesterification technology // *Matluba Kamalova, Kakhramon Rakhmonov, Orifjon Mamatqulov // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 848(2021) 012220.
16. Djurayeva N., Plant-fat mixtures as a potential raw material for bakery production // *Rakhmonov K., Barakayev N., Atamuratova T., Mukhamedova M., Muzaffarova Kh. // Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology* 2020 21(45-46), pp. 29–42

17. Djurayeva N., Mixtures of Vegetable Fat as a Potential Raw Material for Bakery // Barakayev N., Rakhmonov K., Atamuratova T., Mukhamedova M., Muzaffarova Kh. // International Journal of Current Research and Review // october 2020, Vol.12, Issue 19, pp. 140 – 148.
18. Ravshanov S. S., The impact of ultrasonic activated water on hydrothermal processing of wheat grains grown in dry climate conditions // Rakhmonov K. S., Amanov B. N. // Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology 2020 21(45-46), pp. 29–42
19. K. S. Rakhmonov. Influence of leavens of spontaneous fermentation and phytoadditives on the provision of microbiological safety of bread // T. I. Atamuratova, N. R. Djuraeva, I. B. Isabaev, L. N. Haydar-Zade // Journal of Critical Reviews // 2020, Vol.7, Issue 5, pp. 850 – 860.
20. S. K. Jabborova. Application of products of processing mulberries and roots of sugar beet in the production of cupcakes // I. B. Isabaev., N. R. Djuraeva., M. T. Kurbanov., I. N. Khaydar-Zade., K. S. Rakhmonov //Journal of Critical Reviews //2020, Vol.5, Issue 5, pp. 277 – 286.
21. K. S. Rakhmonov. Application of phito supplements from medicinal vegetable raw materials in the production of drugs // T. I. Atamuratova., M. E. Mukhamedova., N. K.Madjidova., I. Sh. Sadikov // Journal of Critical Reviews // 2020, Vol.7, Issue 12, pp. 934 – 941.
22. Kamalova M., Amonova Z., Rakhmonov K. Study of bentonites during processing of high color raw cotton oils // E3S Web of Conferences, 2023, 390, 05013.
23. Khudaykulov A., Isabaev I., Rakhmonov K., Djuraeva N., Ibragimov U., Features of flax seeds and their use in the production of Tahini // E3S Web of Conferences,2023, 381, 01094.

УДК 004.413.4, 712.2.025, 338.43

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ И РИСКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЛАГОЛЮБИВЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА УРБОЭКОСИСТЕМ

В. К. Гвоздь, Д. И. Шаламов, Н. А. Андрущук  
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева  
Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49  
E-mail: gvozd.v@rgau-msha.ru

**Резюме.** Антропогенные нагрузки становятся причиной экологического кризиса водоёмов: страдает качество водной среды, нарушается природный баланс, падает их хозяйственная и рекреационная ценность [1].

Возникновение рисков выращивания влаголюбивых растений в наибольшей степени определяется следующими факторами: климатическими условиями и изменениями, антропогенным воздействием вблизи водных объектов, кислотно-основными показателями почвы под растениями. Перспективы использования влаголюбивых растений в основном обнаруживаются в следующих векторах – фиторемедиация почв, контроль эвтрофикации водоёмов и очистки сточных вод.

**Abstract.** Anthropogenic loads cause an ecological crisis in reservoirs: the quality of the aquatic environment suffers, the natural balance is disrupted, and their economic and recreational value decreases[1].

The occurrence of risks of growing moisture-loving plants is mainly determined by the following factors: climatic conditions and changes, anthropogenic impact near water bodies, acid-base parameters of the soil under plants. The prospects for the use of moisture-loving plants are mainly found in the following vectors: phytoremediation of soils, control of eutrophication of reservoirs and wastewater treatment.



Водные ресурсы служат основными приёмниками токсичных веществ. Промышленные и бытовые отходы, удобрения, тяжёлые металлы и радионуклиды постоянно загрязняют водоёмы. Перспективным решением проблемы становится использование влаголюбивой растительности и природных сорбентов [2].

Таким образом, цель нашего исследования – оценить перспективы и риски функционирования влаголюбивых растений для улучшения качества урбоэкосистем.

**Методы и объекты исследования.** Объект исследования – влаголюбивые растения.

**Метод исследования.** В исследовании использовался информационно-аналитический метод изучения литературы с последующим её синтезом и сравнительным анализом.

**Результаты исследования.**

Оценка рисков функционирования влаголюбивых растений. На эффективность фиторемедиационной способности и управление рисками роста влаголюбивых культур влияют следующие факторы:

1. Микроклимат. Климатические изменения, сопровождающиеся глобальным потеплением, изменением режима осадков, учащением засух и экстремальными погодными явлениями, существенно влияют на развитие влаголюбивых культур, которым критически важны оптимальные условия влажности. Такие изменения нарушают фотосинтез и снижают способность растений накапливать углерод, что приводит к уменьшению поглощения углекислого газа как из воды, так и из атмосферы [3].

2. Придорожное антропогенное воздействие. Создание искусственного водосборного коллектора приводит к необратимым локальным изменениям в экосистемах. Это вызывает ускоренное разрушение исходной флоры вдоль дорог и в их окрестностях. На месте зональной растительности постепенно формируется сорная растительность, которая становится постоянным источником семян вредоносных и карантинных растений. Эти сорняки быстро распространяются по всей сети грунтовых дорог. В результате изменяется состав экосистемы, что ведёт к деградации и замене естественной растительности агрессивными сорными видами, представляющими угрозу для сельского хозяйства и способными распространяться через грунтовую дорожную сеть [4].

3. Кислотно-основной показатель почвы. От pH почвы зависит способность растений поглощать органические и минеральные вещества, в том числе и калий. При отклонениях погоды от нормы (сухая, жаркая или пасмурная, прохладная) растения для нейтрализации возникающей повышенной кислотности поглощают повышенное количество калия [5].

Перспективы использования влаголюбивых растений для улучшения качества урбоэкосистем. Проведенные ранее оценки исследователей доказывают перспективные способы управления фиторемедиационным потенциалом влаголюбивых растений:

1. В статье Д. И. Шаламова и В. К. Гвоздь «Экологическая оценка влияния тяжёлых металлов и аллелотоксичности в почвах влаголюбивых культур в условиях экологического стационара РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева» было доказано, что влаголюбивые культуры на торфогрунтах в смеси с щепой способны наиболее эффективно снижать содержание тяжёлых металлов по сравнению с естественным грунтом [6].

2. В статье Е. Е. Сивковой и Е. В. Прибытковой «Влияние Рогоза широколистного (*Typha latifolia* L) и компонентов фильтрующей загрузки на эффективность удаления соединений азота в системах почвенно-болотной очистки сточных вод». Исследования показали, что использование высшей водной растительности в системах очистки с горизонтальным поверхностным потоком значительно увеличивает скорость и результативность удаления аммонийного азота. Кроме того, наличие такой растительности способствует снижению содержания полезных микроорганизмов из системы [7].

3. Водные растения подавляют «цветение воды». Это объясняется следующими факторами: конкуренцией в поглощении биогенных элементов между ВВР и фитопланктоном; умень-

шением освещенности в зоне зарослей ВВР и снижением температуры воды; альгицидными свойствами некоторых видов водных растений по отношению к основным видам сине-зеленых водорослей [8].

## Выводы

Возникновение рисков выращивания влаголюбивых растений в наибольшей степени определяется следующими факторами: климатическими условиями и изменениями, антропогенным воздействием вблизи водных объектов, кислотно-основными показателями почвы под растениями.

Перспективы использования влаголюбивых растений в основном обнаруживаются в следующих векторах – фиторемедиация почв, контроль эвтрофикации водоёмов и очистки сточных вод.

## Литература

1. Бобренко И. А., Баженова О. П., Бобренко Е. Г. Биоиндикация и биотестирование в исследованиях экосистем: учеб. пособие / Омск: Изд-во ОмГАСУ, 2004. – 116 с.
2. Ханбабаева О. Е., Сорокопудов В. Н., Сорокопудова О. А. Использование многолетних декоративных растений для озеленения и очищения водоёмов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 9. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-mnogoletnih-dekorativnyh-rasteniy-dlya-ozeleneniya-i-ochischniya-vodoyomov> (дата обращения: 22.06.2025).
3. Аразов А., Мандарова О., Аллаяров М., Оразгелдиев В. Влияние климатических изменений на рост и развитие сельскохозяйственных растений // Символ науки. – 2024. – № 10-1-2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-klimaticheskikh-izmeneniy-na-rost-i-razvitiye-selskohozyaystvennyh-rasteniy> (дата обращения: 22.06.2025).
4. Францева Н. Н., Дергунова Е. В., Романенко Е. С. Влияние полевой дорожной сети на флору и растительность агроландшафта в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Научный журнал КубГАУ. – 2011. – № 71. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-polevoy-dorozhnoy-seti-na-floru-i-rastitelnost-agrolandshafta-v-zone-neustoychivogo-uvlazhneniya-stavropolskogo-kрая> (дата обращения: 22.06.2025).
5. Костиков И. М., Несговорова Н. П., Савельев В. Г. Баланс и дисбаланс калия в системе «почва-растения» // Молодежь в поисках разрешения современных экологических вызовов : Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Курган, 10 – 14 апреля 2023 года / Отв. редактор Н. П. Несговорова. – Курган: Курганский государственный университет, 2023. – С. 98 – 107. – EDN KZBUWK.
6. Шаламов Д. И., Гвоздь В. К. Экологическая оценка влияния тяжёлых металлов и аллелотоксичности в почвах влаголюбивых культур в условиях экологического стационара РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К. А. Тимирязева : Сборник статей, Москва, 05 – 07 июня 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2023. – С. 179 – 184. – EDN TKVWJB.
7. Сивкова Е. Е., Прибыткова Е. В. Влияние Рогоза широколистного (*Typha latifolia* L.) и компонентов фильтрующей загрузки на эффективность удаления соединений азота в системах почвенно-болотной очистки сточных вод // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. – 2011. – № 2 (14). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-rogoza-shirokolistnogo-typha-latifolia-l-i-komponentov-filtruyushey-zagruzki-na-effektivnost-udaleniya-soedineniy-azota-v> (дата обращения: 22.06.2025).
8. Ресурсосберегающие и природоохранные технологии и системы: материалы Международной заочной научно-практической конференции / ФГБОУ ВО «Рос. гос. аграр. заоч. ун-т». – Балашиха: Изд-во ФГБОУ ВО РГАУ, 2017.

## ХАРАКТЕРИСТИКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ИНТЕНСИВНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ОРОШАЕМЫХ ПОЧВАХ БУХАРСКОГО ОАЗИСА

М. И. Ахмедов<sup>1</sup>, О. Б. Шарипов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Бухарская научно-опытная станция научно-исследовательского института  
зерновых и зернобобовых культур  
Узбекистан, 200407, г. Бухара, ул. Дехожи, 50  
E-mail: 202807499@mail.ru

<sup>2</sup>Бухарский государственный университет  
Узбекистан, 200407, г. Бухара, ул. Мухаммада Икбола, 11  
E-mail: Sharipov3003@mail.ru

**Аннотация.** Проведены фенологические наблюдения за сортами озимой пшеницы Краснодарской селекции, отобранными в соответствии с почвенно-климатическими условиями Бухарской области, и полевые опыты по устойчивости сортов к полеганию, осыпанию, морозам, засухе, показателям урожайности и на ценные экономические признаки.

**Abstract.** Soil and climatic conditions of the Bukhara region phenological observations were carried out on winter wheat varieties of Krasnodar selection, selected in accordance with the soil and climatic conditions of the Bukhara region, and field experiments were carried out on the resistance of varieties to lodging, shattering, frost, drought, yield indicators and valuable economic traits.

В разных регионах мира средняя урожайность зерновых и зернобобовых культур резко различается. В умеренном климате Северной и Центральной Европы можно получить высокий урожай пшеницы, в засушливых или холодных регионах урожайность пшеницы резко снижается. Комитет по всемирной продовольственной безопасности считает, что повышение урожайности сельскохозяйственных культур является главной проблемой сегодняшнего дня во многих странах мира. Поскольку население мира продолжает расти, продовольственная безопасность становится все более сложной.

Продовольственная безопасность является одной из главных целей аграрной и экономической политики каждой страны. В общем виде обеспечение национальной продовольственной безопасности представляет собой непрерывный процесс. При этом для достижения этой цели зачастую важны приоритетные направления развития и механизмы реализации аграрной политики. Реализация задач, предусмотренных постановлением Президента Республики Узбекистан от 7 июля 2023 года «О дополнительных мерах по повышению качества и эффективности путем интеграции науки, образования и производства в агропромышленном комплексе» № УК-216.

Известно, что около 90 % почв Бухарской области в той или иной степени засолены, целесообразно установить относительно устойчивые к засолению и засухе, где возможен посев популярных сортов озимой пшеницы, эффективное использование орошаемых земель, получение качественного урожая и повышение урожайности семян.

**Цель исследований.** Изучить и провести фенологические наблюдения за сортами озимой пшеницы по устойчивости к засухе, полеганию, осыпанию, зимостойкости, анализ показателей урожайности и других хозяйственно-ценных признаков в почвенно-климатических условиях Бухарской области.

**Объект исследования.** Бухарские научно-опытные станции научно-исследовательского института зерновых и зернобобовых культур, сорта озимой пшеницы Собербаш, Гурт, Таня, Васса, Еланчик, Алексеевич и Гром, относящиеся к Краснодарской селекции.

**Метод исследования.** Размещение полевых опытов, расчёты и наблюдения проводились на основе методических указаний «Методика проведения полевых опытов» (УзНИИХ, 2007) и на основе рекомендаций ученых НИИ растениеводства Республики Узбекистан.

**Климатические условия.** Климат района засушливый, летом жарко, характерны дуновения жарких ветров (гармселей). Среднегодовая температура воздуха  $+14,2...+18^{\circ}\text{C}$ , самая жаркая летом  $+28,3...+29,6^{\circ}\text{C}$  в июле, самый холодный месяц – январь ( $1,5 - 0,4^{\circ}\text{C}$ ). Среднегодовая температура воздуха в вегетационный период составляет около  $+22,8...+24,4^{\circ}\text{C}$ . Период без значительных холодов в регионе составляет в среднем 212 – 214 дней, а начало этого периода длится с 26 – 31 марта по 22 – 25 октября.

Атмосферные осадки в регионе составляют в среднем 114 – 205 мм, в основном выпадают в зимне-весенние сезоны, среднемесячная влажность воздуха в Бухарском оазисе составляет около 51 – 53 % в течение всего года, в летний сезон в среднем составляет 17 – 25 %.

**Почвы опытного участка.** Природные условия Бухарского оазиса отличаются от остальной территории Узбекистана своеобразными свойствами: засушливым климатом, малым содержанием растительных остатков, минерализацией и близкой расположенностью к поверхности грунтовых вод, особыми геоморфологическими, литологическими условиями формирования почв и ее свойств (морфогенетические, агрохимические, физико-химические, химические и биологическая активность) в почвообразовании под влиянием человеческой деятельности.

Морфологические показатели оазисных лугово-аллювиальных почв отличаются своеобразием, цветом, механическим составом, плотностью и мощностью агроирригационного горизонта, гумусовым слоем, не выраженным явно относительно орошаемых лугово-аллювиальных почв, но характеризующимся большей мощностью. По мощности агроирригационного горизонта оазисные лугово-аллювиальные почвы относятся к «мощной» группе, а орошаемые лугово-аллювиальные почвы – к группе «средней мощности».

В оазисных лугово-аллювиальных почвах содержание гумуса постепенно снижается вниз по профилю и отмечено, что в пахотном горизонте данных почв содержание гумуса составляет от 1,079 до 1,489 %, в подпахотном горизонте – от 0,808 до 1,026 %, в нижних горизонтах (71 – 80 см) – в пределах 0,557 – 0,777 %. В нижней части почвенного профиля (100 – 110 см) содержание гумуса составляет 0,304 – 0,380 %. В оазисных лугово-аллювиальных почвах наблюдается коррелятивная связь между гумусным профилем и агроирригационным слоем.

В пахотном горизонте орошаемых лугово-аллювиальных почв содержание гумуса несколько выше, по сравнению с оазисными лугово-аллювиальными почвами (1,215 – 1,560 %), а в нижних горизонтах, в отличие от оазисных лугово-аллювиальных почв, его показатель резко уменьшается (0,155 – 0,216 %).

Состав поглощенных оснований оазисных лугово-аллювиальных почв изученных территорий отличается относительно высокими значениями поглощенного магния, местами поглощенного натрия и характеризуется наличием слабого солонцевания. По степени засоления оазисные лугово-аллювиальные почвы, в результате длительного орошения и процессов промывки почв, относятся к незасоленным и слабозасоленным почвам, орошаемые лугово-аллювиальные почвы – к слабо- и средnezасоленным, орошаемые пустынно-песчаные почвы – к незасоленным, слабо- и средnezасоленным почвам.

На опытном поле сорта озимой пшеницы были посеяны в одни и те же сроки и стандарты, все агротехнические мероприятия проводились аналогично (табл. 1).

Таблица 1. Даты наступления основных фаз вегетации озимой пшеницы

| Сорта      | Срок посева | Норма высева, штук/га | Фенологические наблюдения, даты |                |                  |                    |
|------------|-------------|-----------------------|---------------------------------|----------------|------------------|--------------------|
|            |             |                       | полные всходы                   | начало кущения | полное колошение | уборочная спелость |
| Собербаш   | 24.10.2022  | 5,0                   | 07.11.2022                      | 11.11.2022     | 05.04.2023       | 07.06.2023         |
| Гурт       | 24.10.2022  | 5,0                   | 07.11.2022                      | 11.11.2022     | 08.04.2023       | 09.06.2023         |
| Таня       | 24.10.2022  | 5,0                   | 06.11.2022                      | 11.11.2022     | 04.04.2023       | 04.06.2023         |
| Васса      | 24.10.2022  | 5,0                   | 07.11.2022                      | 11.11.2022     | 08.04.2023       | 05.06.2023         |
| Еланчик    | 24.10.2022  | 5,0                   | 05.11.2022                      | 11.11.2022     | 01.04.2023       | 03.06.2023         |
| Алексеевич | 24.10.2022  | 5,0                   | 05.11.2022                      | 11.11.2022     | 02.04.2023       | 04.06.2023         |
| Гром       | 24.10.2022  | 5,0                   | 07.11.2022                      | 11.11.2022     | 04.04.2023       | 07.06.2023         |

Известно, что урожайность озимой пшеницы в определенной степени зависит от физиологических процессов, уровня питания. В связи с засушливым климатом Бухарского оазиса перед посевом осенью и в течение вегетационного периода орошают почву для влагообеспеченности семян и растений. Перед посевом в почву вносили 200 кг фосфорных и 60 кг калийных удобрений [4, 5].

Резких изменений в фазе развития сортов озимой пшеницы не наблюдалось, в частности, раннеспелыми признаками отличались сорта Еланчик, Алексеевич и Таня.

Таблица 2. Показатели высоты растений озимой пшеницы и устойчивости к факторам среды

| Сорта      | Высота растений, см | Устойчивость, балл |            |          | Зимостойкость, балл |
|------------|---------------------|--------------------|------------|----------|---------------------|
|            |                     | к полеганию        | к осыпанию | к засухе |                     |
| Собербаш   | 92                  | 4                  | 4          | 4        | 5                   |
| Гурт       | 87                  | 5                  | 5          | 5        | 5                   |
| Таня       | 86                  | 5                  | 5          | 5        | 5                   |
| Васса      | 94                  | 4                  | 4          | 4        | 5                   |
| Еланчик    | 91                  | 5                  | 5          | 5        | 5                   |
| Алексеевич | 88                  | 5                  | 5          | 5        | 5                   |
| Гром       | 86                  | 5                  | 4          | 5        | 5                   |

Важным показателем растений является высота растений, под влиянием внешних факторов и особенностей сортов наблюдался высокий рост у сортов Васса, Собербаш и Еланчик. В среднем высота сортов составила 89,1 см (табл. 2).

В наших исследованиях по устойчивости к полеганию сорта Собербаш и Васса показали 4 балла, а остальные сорта высокую оценку – 5 баллов.

Устойчивость к осыпанию наблюдается с начала фазы созревания озимой пшеницы. При этом устойчивость сортов особенно проявляется в жаркую погоду и при сильном ветре, в полевых опытах она составила от 4 до 5 баллов.

В Бухарском оазисе в период полного созревания озимой пшеницы многолетняя температура воздуха в конце мая – начале июня повышается в среднем до +31 – +38 °С. Поэтому желательно сеять сорта озимой пшеницы с высокой устойчивостью к осыпанию.

Засухоустойчивость растений – сложный признак, зависящий от целого комплекса защитных и приспособительных механизмов. Поэтому метод определения комплексного показателя толерантности всхожести семян используется для достоверной и объективной оценки образцов. Засухоустойчивость у сортов Собербаш и Васса составила 4 балла, у остальных сортов – 5 баллов. В опыте зимостойкость всех сортов показала высокий результат – 5 баллов.

В последнее время большое значение придается определению так называемой структуры урожая. Наиболее важными показателями ее для хлебных злаков являются число растений на единицу площади, число побегов колосоносных и пустых, число колосьев на растении, число колосков в колосе, число зерен в колосе и вес 1000 зерен (табл. 3).

Структура урожая, устанавливаемая обычно уже для зрелых растений, так же как фенологические наблюдения за ходом развития растений в течение вегетационного периода, имеет целью выяснить, за счет каких именно изменений в развитии растений происходит то или иное изменение конечного урожая.

*Таблица 3. Показатели элементов урожайности сортов озимой пшеницы*

| Т/р | Сорт       | Число продуктивных стеблей, шт. | Длина колоса, см | Количество колосков в колосе, шт. | Число зёрен в колосе, шт. | Масса зёрен с колоса, г |
|-----|------------|---------------------------------|------------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1   | Собербаш   | 501                             | 13               | 13                                | 49,7                      | 1,9                     |
| 2   | Гурт       | 484                             | 11               | 12                                | 47,6                      | 2,1                     |
| 3   | Таня       | 487                             | 14               | 11                                | 45,8                      | 2,0                     |
| 4   | Васса      | 502                             | 16               | 13                                | 50,1                      | 1,9                     |
| 5   | Еланчик    | 476                             | 11               | 14                                | 48,1                      | 2,3                     |
| 6   | Алексеевич | 491                             | 13               | 14                                | 45,8                      | 2,2                     |
| 7   | Гром       | 487                             | 14               | 12                                | 47,8                      | 2,3                     |

В нашем исследовании число продуктивных стеблей в среднем составляло от 476 до 502, длина колоса – 11 – 14 см.

Структура урожая является заключительным этапом морфобиометрической диагностики и показывает элементы, входящие в состав урожая и непосредственно участвующие в его формировании (В. Зерлинг, 1990) (табл. 4).

*Таблица 4. Показатели урожайности сортов озимой пшеницы*

| Т/р | Сорт       | Влажность зерна, % | Натура зерна, г/л | Масса 1000 зерен, г | Урожайность, ц/га |
|-----|------------|--------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1   | Собербаш   | 10,8               | 760               | 43,0                | 75,9              |
| 2   | Гурт       | 9,4                | 780               | 41,8                | 76,8              |
| 3   | Таня       | 10,9               | 805               | 44,1                | 79,8              |
| 4   | Васса      | 9,7                | 770               | 43,8                | 78,4              |
| 5   | Еланчик    | 9,4                | 780               | 42,0                | 80,4              |
| 6   | Алексеевич | 9,6                | 790               | 41,8                | 79,9              |
| 7   | Гром       | 10,1               | 760               | 40,1                | 75,4              |

В наших исследованиях высокая урожайность озимой пшеницы получена от сорта Еланчик – 80,4 ц/га, Таня – 79,8 ц/га и сорта Алексеевич – 79,9 ц/га. Среднее натура зерна сортов составила 778 г/л, урожайность – 78,1 ц.

## Выводы

Учитывая засоление почв Бухарского оазиса, важное значение имеет размещение сельскохозяйственных культур. При посеве озимой пшеницы на незасоленных, слабозасоленных почвах урожайность увеличивается до 20 – 25 %. При посеве на средне- и сильнозасоленных почвах озимую пшеницу в зимний период орошают, в результате чего водорастворимые соли

из почвы вымываются и уровень засоления снижается. Таким образом, в условиях орошаемых почв Бухарской области при возделывании сортов озимой пшеницы необходимо учитывать степени засоления и водообеспеченность почвы.

В настоящее время во всем мире актуально использование технологий экономии водных ресурсов. В последующие годы в нашей республике реализуются крупные проекты в этой сфере. Чтобы получить высокий и качественный урожай озимой пшеницы из-за засушливых условий Бухарского оазиса, его орошают 4 – 5 раз. Поэтому важно создавать и сеять сорта озимой пшеницы, менее требовательные к воде.

В настоящее время существует потребность в остистых высокоурожайных сортах озимой пшеницы, устойчивых к осыпанию и биодegradации в условиях почвенного климата Бухарского оазиса.

По результатам исследования установили: высокая урожайность озимой пшеницы получена от сорта Еланчик – 80,4 ц/га, Таня – 79,8 ц/га и сорта Алексеевич – 79,9 ц/га, и мы рекомендуем возделывать эти сорта кластерам, фермерам и частным землевладельцам.

Интенсивные сорта озимой пшеницы, относящиеся к Краснодарской селекции, уже много лет возделываются в нашей республике, эти сорта имеют свои особенности. Выражаем благодарность ученым-селекционерам Российской Федерации, создавшим эти сорта.

## Литература

1. Sharipov O. B., Gafurova L. A., Makhkamova M. Y., Nabieva G. M. BIODIAGNOSTIC INDICATORS OF IRRIGATED SOILS OF BUKHARA OASIS Solid State Technology Blind Peer Review Referred Journal Volume: 63 Issue: 6 Publication Year: 2020, 105 – 117.
2. Sharipov O. B., Gafurova L. A., Kadirova D. A. Biological activity of oasis soils of the desert zone and the way of their optimization ISSN2411-6467 DOI:10.31618/ESU.2413-9335.2019.2.69. – Евразийский союз ученых (ЕСУ) // Ежемесячный научный журнал. – М. – № 12 (69). – 2019. 2 часть. – С. 27 – 32.
3. Шарипов О. Б. Биологическая активность орошаемых почв Бухарского оазиса и пути их оптимизации (на примере Бухарского тумана): Автореферат диссертации доктора философии (PhD) по биологическим наукам. – Бухара, 2019. – 28 с.
4. Нурматов Ш. Н., Мирзаджонов К. М. и др. Методика проведения полевых опытов: Методическое руководство. – Ташкент, 2007.
5. Чепец Е. С., Чепец С. А. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от норм высева // Сельское, лесное и водное хозяйство. – Июль 2014. – № 7 [Электронный ресурс].
6. Ахмедов М. И., Шарипов О. Б., Адолатова Ш. Ж. Характеристика и продуктивность интенсивных сортов озимой пшеницы в условиях орошаемых почв Бухарского оазиса / Каршинский инженерно-экономический институт // Инновационные технологии. Научно-технический журнал. – 2022. – № 4 (48). – №-Б-99-102.
7. Сулейманов Б. А., Болтаев Б. С., Тиллаев Р. Ш., Абдуалимов Ш. Х. Основы возделывания озимой пшеницы и хлопка: Учебное пособие. – Ташкент, 2017. – С. 12 – 18.
8. [Электронный ресурс]. – URL: [https:// agroexpert. Md /rus / rastenievodstvo / fazy-rosta-i-etapy-organogeneza-ozimoy-pshenitsy](https://agroexpert.Md/rus/rastenievodstvo/fazy-rosta-i-etapy-organogeneza-ozimoy-pshenitsy).
9. Sharipov O. B., Gafurova L. A. Biological activity of irrigated grassland alluvial soils of the Bukhara oasis. // European science review (Avstria). – 2018. – V. 3 – 4. – P. 76 – 79 (03.00.00; №6).
10. Гафурова Л. А., Шарипов О. Б. Микробиологические аспекты трансформации органического вещества в орошаемых лугово-аллювиальных почвах Бухарского оазиса // Известия аграрной науки Узбекистана. – Ташкент, 2018. – № 4 (73). – С. 103 – 106 (03.00.00. № 8).

## НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОРТА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ, АДАПТИРОВАННЫЕ К УСЛОВИЯМ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ РФ И РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

О. А. Фенова, Е. В. Викулина, С. А. Булатова

ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр»

пос. Новый Суздальского района Владимирской обл., Россия

E-mail: mail@vnish.org

**Резюме.** Представлены результаты исследований по селекции яровой мягкой пшеницы отдела селекции и семеноводства в сотрудничестве ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» с РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». Дана характеристика новых совместных сортов яровой мягкой пшеницы: Юбилейная Суздаля и Княгиня в сравнении со стандартным сортом Сударыня.

**Ключевые слова:** яровая мягкая пшеница, погодные условия, селекция, сорт, урожайность, болезни, устойчивость к полеганию, период вегетации.

**Abstract.** The results of research on the selection of spring soft wheat by the Department of Selection and Seed Production in cooperation with the FGBNU Verkhnevolzhsky Federal Research Center and the Research and Production Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agriculture are presented. The characteristics of new joint varieties of spring soft wheat, Yubileynaya Suzdali and Knyaginya, are given in comparison with the standard variety Sudarynya.

В современных условиях индустриализации производства возросли требования к создаваемым сортам. Сорт является не только важным, но и наиболее экономически выгодным средством увеличения производства сельскохозяйственной продукции [1].

На данный момент ведётся целенаправленная селекция на создание сортов, способных в различные по климатическим условиям годы формировать зерно для производства хлебобулочных изделий и других продуктов питания [2].

Для получения стабильно высоких урожаев в центральном Нечерноземье РФ и Республики Беларусь важен набор сортов экологически пластичных, адаптированных к изменяющимся по годам погодным условиям, с различным уровнем интенсивности и отзывчивости на агротехнологические приемы возделывания [3].

Повышение потенциала продуктивности сортов яровой пшеницы невозможно без повышения устойчивости сортов к полеганию за счет увеличения прочности, эластичности соломины, снижения ее высоты до 80 – 90 см, усиления вторичной корневой системы. Для центральных районов России повышение урожайности яровой пшеницы не должно сопровождаться удлинением вегетационного периода, поэтому важно создавать ранне- и среднеспелые сорта [4].

Выращивание сортов, устойчивых к болезням, в частности к грибковым болезням: мучнистой росе, разным видам ржавчины и септориозу – значительно увеличивает урожайность, особенно в годы с переизбытком влаги, снижает себестоимость продукции и улучшает экологическую ситуацию местности [5].

Цель селекционной работы по яровой пшенице – изучение, оценка и отбор селекционных линий по заданным параметрам в условиях Владимирского ополья и Республики Бе-



ларусь, рекомендация лучших из них для государственного сортоиспытания. Новые сорта яровой мягкой пшеницы для центрального Нечерноземья РФ и Республики Беларусь должны быть пластичными, стабильными, с высоким потенциалом продуктивности, хорошими технологическими показателями качества зерна.

Условия, материалы и методика исследования

Почвенно-климатические условия Владимирской области в целом считаются благоприятными для ведения зернового хозяйства. Однако распределение осадков в течение вегетационного периода неравномерное, характеризующееся, чаще всего, недостатком или избытком влаги в почве в различные периоды роста и развития растений. Метеорологические условия вегетационного периода яровой мягкой пшеницы за последние 5 лет характеризовались колебанием температурного режима и влагообеспеченности согласно рисункам 1 и 2.

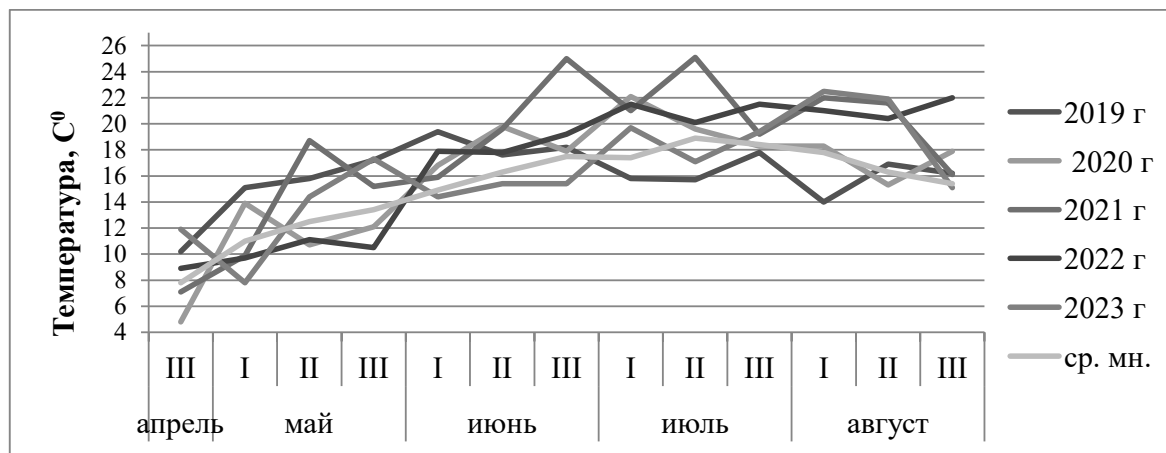


Рис. 1. Температурный режим вегетационного периода 2019 – 2023 гг.

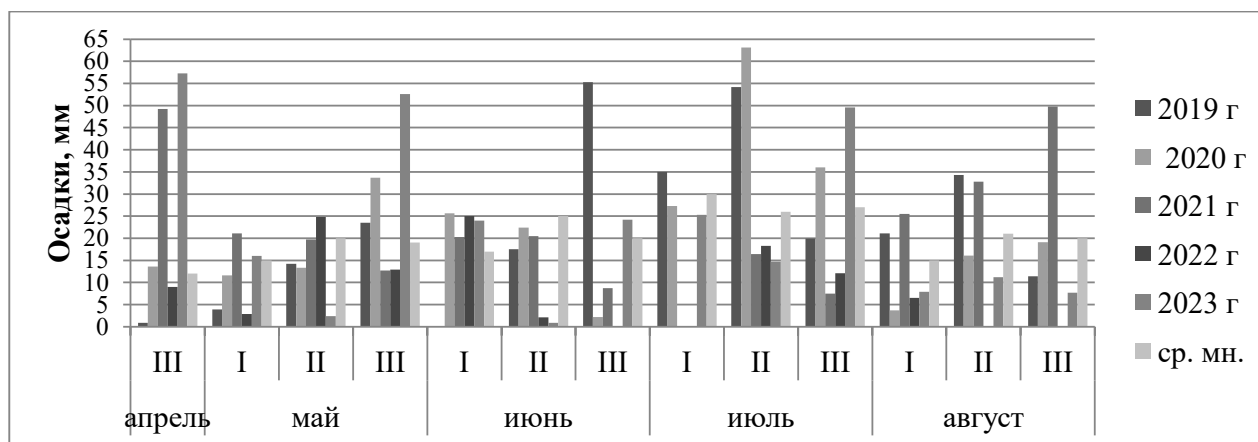


Рис. 2. Распределение осадков вегетационного периода 2019 – 2023 гг.

Селекционные питомники размещались на серых лесных среднесуглинистых почвах Владимирского ополья. Содержание гумуса по полям варьирует от 3,1 до 3,6 %;  $P_2O_5$  – от 207 до 362 мг/кг почвы;  $K_2O$  – от 75 до 124 мг/кг почвы,  $pH_{сол.}$  – от 5,2 до 5,6. Предшественник – чистый пар. Селекционные посевы не обрабатывались фунгицидами с целью отбора селекционного материала по устойчивости к болезням. Стандартом в опыте был сорт Сударыня. Схема селекционно-семеноводческого процесса – общепринятая для самоопыляющихся культур.

Учеты, анализы, оценки, фенологические наблюдения и обработка материала в селекционных питомниках проводились согласно утвержденным методикам [5, 6, 7].

## Результаты и обсуждение

С 2008 года проводится совместная селекционная работа по яровой мягкой пшенице между ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» и РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». Селекционерами Беларуси создан ценный исходный селекционный материал, представляющий большой интерес для совместной работы. Благодаря дальнейшей совместной селекционной работе были созданы и включены в госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию по РФ и РБ, сорта: Сударыня, Каменка, Ладыя, Виталия, Мельница и Судьба. Сударыня – сорт высокопродуктивный, среднеинтенсивный, среднеранний, с высокой устойчивостью к полеганию и болезням, включен в реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по 2, 3, 4 регионам РФ. Сорт Каменка – для экстенсивных и ресурсосберегающих технологий, стрессовоустойчивый в неблагоприятных природных и технологических условиях. Сорт Ладыя интенсивного типа, отличается высокой урожайностью на интенсивном фоне, качеством зерна, повышенной устойчивостью к полеганию и болезням. Виталия – сорт интенсивного типа, предназначен для интенсивных технологий. Благодаря высокой устойчивости к полеганию и листовым болезням данный сорт без обработки посевов фунгицидами формирует выполненное зерно и обеспечивает по годам стабильно высокие урожаи при использовании обычных технологий, но с обязательным внесением удобрений под планируемый урожай. Мельница – раннеспелый, короткостебельный, устойчивый к полеганию и болезням, интенсивного типа развития. Судьба – интенсивного типа, среднеспелый сорт с высоким потенциалом продуктивности и с хорошим качеством зерна, устойчивым к биотическим и абиотическим факторам внешней среды.

За последние годы были выведены и переданы на государственное сортоиспытание сорта мягкой яровой пшеницы – Юбилейная Суздаля и Княгиня. Сорта созданы методом индивидуального отбора из гибридных популяций: Юбилейная Суздаля –  $F_3$  (КВС Торридон х Любава), Княгиня –  $F_3$  (КВС Торридон х Чайка).

Сорт Юбилейная Суздаля – интенсивного типа, среднеранний, короткостебельный, с высотой растений от 52 до 88 см, вегетационным периодом от 67 до 89 дней, высокой устойчивостью к абиотическим стрессорам, образует крупный колос с высокой озерненностью, ценный по качеству зерна. Сорт предназначен для разноуровневых технологий.

Сорт Княгиня – интенсивного типа, среднеранний, короткостебельный, с высотой растений от 60 до 85 см и вегетационным периодом от 66 до 88 дней. Зерно красное, стекловидное, выполненное по технологическим и хлебопекарным показателям на уровне ценных пшениц. Масса 1000 зерен – 35 – 45 г, натура – 690 – 780 г/л. Сорт наиболее эффективен для интенсивных технологий.

С 2019 по 2023 год сорта Юбилейная Суздаля и Княгиня проходили конкурсное, а с 2021 по 2023 г. – экологическое сортоиспытание в 2 пунктах: в Суздале и Жодино. Селекционные питомники в Суздале закладывались на основе базовой технологии, в Жодино – с использованием интенсивной технологии (рис. 3).

За три года экологического и конкурсного сортоиспытания в Суздале, при выращивании по базовой технологии средняя урожайность сортов Юбилейная Суздаля и Княгиня составила 31,2 и 30,6 ц/га и превысила стандартный сорт Сударыня на 4,0 и 3,4 ц/га соответственно. Максимальную урожайность в 50 и 47 ц/га данные сорта сформировали в 2023 году, наиболее благоприятном по влагообеспеченности почвы и температурному режиму вегетации, когда растения не испытывали недостатка влаги и тепла на протяжении всего периода возделывания.

Погодные условия вегетации 2021 и 2022 года были крайне неблагоприятные, отличались продолжительной жаркой и засушливой погодой, поэтому сорта в полной мере не смогли реализовать генетический потенциал продуктивности. Жаркая и сухая погода в 2021 г. в период от выхода в трубку до восковой спелости и в 2022 г. – от кущения до восковой спелости

сти сократила межфазные периоды растений. Сорта значительно снизили урожайность зерна, особенно это заметно в 2022 г., когда засушливый период наступил раньше, чем в 2021 г.

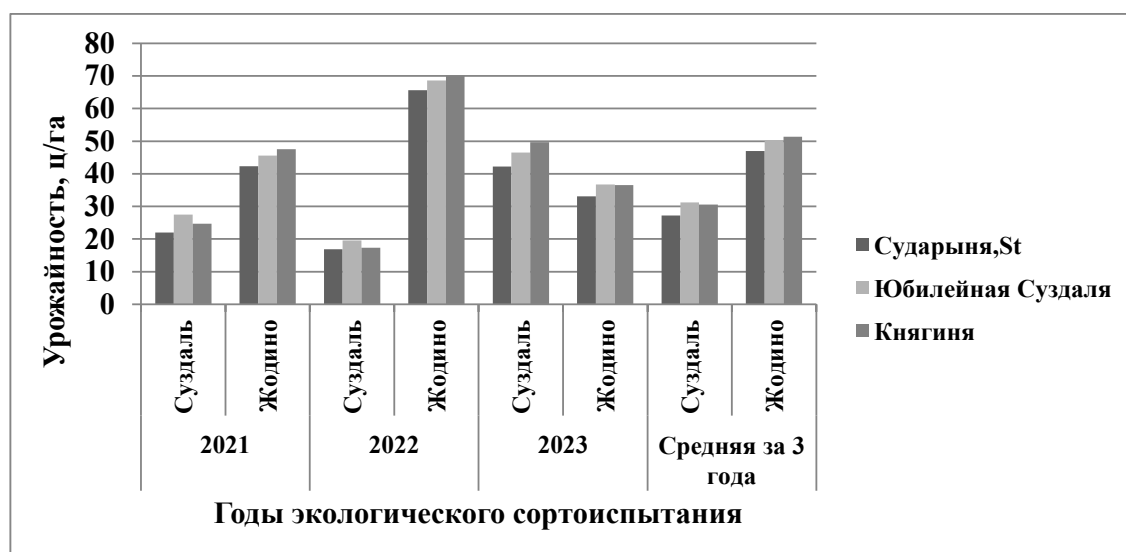


Рис. 3. Урожайность сортов Юбилейная Суздаля и Княгиня в сравнении со стандартом в экологическом сортоиспытании в ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» (Суздаля) и РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» (Жодино), ц/га

В Жодино, при выращивании по интенсивной технологии, за период с 2021 по 2023 г. средняя урожайность сортов Юбилейная Суздаля и Княгиня составила 50,3 и 51,4 ц/га, что выше стандарта на 3,3 и 4,4 ц/га, максимальная урожайность была получена в 2022 г. – 68,6 и 70,1 ц/га. Невысокая урожайность в 2021 году обусловлена дефицитом влаги и высокой температурой воздуха в период формирования и налива зерна. Крайне неблагоприятный по температурному режиму и влагообеспеченности почвы был 2023 год. Продолжительная жаркая и сухая погода от фазы кущения до колошения значительно повлияли на закладку репродуктивных органов, что впоследствии снизило продуктивность колоса и, как следствие, – урожайность.

Таким образом, сорта Юбилейная Суздаля и Княгиня в Суздале и Жодино показали в сравнении со стандартом более высокую устойчивость к минимуму факторов, обеспечив в острозасушливые годы хотя и небольшую, но прибавку урожая, а также способность по сравнению со стандартом наиболее эффективно использовать максимум природных условий, обеспечив прибавку урожая в Суздале и Жодино в благоприятные годы.

В ходе исследований изучались хозяйственно-ценные признаки яровой пшеницы сортов Юбилейная Суздаля и Княгиня в условиях Владимирского ополья, которые играли важную роль в формировании урожая (табл. 1). Температурный режим оказывает не только прямое влияние на водопотребление, но и определяет длину вегетационного периода яровой пшеницы [4]. За время наблюдений длина вегетационного периода изменялась: у Юбилейной Суздалы – от 67 до 89 и у Княгини – от 66 до 89 дней. В среднем за исследуемый период по сравнению со среднеранним стандартным сортом Сударыня сорт Юбилейная Суздаля созревал на 1 день позже, а сорт Княгиня – на 1 день раньше, и по этому признаку оба сорта отвечали всем требованиям по длине вегетационного периода для целей производства зерна в центре Нечерноземной зоны РФ. По высоте растений в среднем Юбилейная Суздаля была на уровне стандарта, а Княгиня – выше стандарта на 2 см, оба сорта обладали высокой устойчивостью к полеганию. Средний балл полегания сортов за 5 лет составил 8,8 и 8,9 соответственно, по 9-балльной шкале.

*Таблица 1. Хозяйственно-полезные признаки за годы исследований в КСИ,  
ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»*

| Сорт              | Годы исследований                           |      |      |      |      | Среднее по годам |
|-------------------|---------------------------------------------|------|------|------|------|------------------|
|                   | 2019                                        | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |                  |
|                   | Количество дней вегетационного периода, дни |      |      |      |      |                  |
| Сударыня, St.     | 88                                          | 84   | 68   | 68   | 89   | 79               |
| Юбилейная Суздаля | 89                                          | 85   | 73   | 67   | 88   | 80               |
| Княгиня           | 88                                          | 85   | 68   | 66   | 85   | 78               |
|                   | Высота растений, см                         |      |      |      |      |                  |
| Сударыня, St.     | 65                                          | 87   | 59   | 46   | 95   | 70               |
| Юбилейная Суздаля | 62                                          | 93   | 53   | 52   | 88   | 70               |
| Княгиня           | 60                                          | 80   | 68   | 66   | 85   | 72               |
|                   | Полегание, балл                             |      |      |      |      |                  |
| Сударыня, St.     | 9                                           | 7    | 9    | 9    | 8    | 8,4              |
| Юбилейная Суздаля | 9                                           | 8    | 9    | 9    | 9    | 8,8              |
| Княгиня           | 9                                           | 8,5  | 9    | 9    | 9    | 8,9              |
|                   | Масса 1000 зерен, г                         |      |      |      |      |                  |
| Сударыня, St.     | 37,9                                        | 36,8 | 31,4 | 32,3 | 36,0 | 34,9             |
| Юбилейная Суздаля | 43,2                                        | 40,2 | 33,1 | 37,8 | 42,3 | 39,3             |
| Княгиня           | 45,0                                        | 43,8 | 35,1 | 36,8 | 44,1 | 41,0             |

Масса 1000 зерен сорта Юбилейная Суздаля и Княгиня варьировала по годам от 33,1 до 45,0 г. Самым неблагоприятным для проявления признака озерненности колоса и его выполненности был 2021 год. Продолжительная жаркая и сухая погода от фазы выхода в трубку до восковой спелости значительно снизила массу 1000 зерен до 33,1 и 35,1 г. В среднем за пять лет она составила 39,3 и 41,0 г, что больше на 4,4 и 6,1 г, чем у стандарта.

Кроме того, Юбилейная Суздаля и Княгиня обладают более крупным и стекловидным зерном. В среднем за три года показатели качества зерна по сортам составили: выход зерна – 78,0 и 77,6 %, натура зерна – 733 и 740 г/л, содержание сырой клейковины – 35,9 и 33,9 %, которое не опускалась ниже 31,6 %, содержание сырого протеина – 16,3 %, показатель альвеографа – 278 и 295 е.а., объемный выход хлеба – 855 и 870 мл, пористость хлеба – 4,0 и 4,05 %, общая оценка качества – 4,2 и 4,3 балла соответственно.

Одной из причин хорошего налива зерна у сортов Юбилейная Суздаля и Княгиня является более высокая устойчивость их к ржавчинным болезням листьев и стеблей, которые в существующих технологических условиях, не предусматривающих защиту растений от болезней, являются одними из наиболее распространенных и вредоносных заболеваний яровой пшеницы.

Новые сорта Юбилейная Суздаля и Княгиня в конкурсном сортоиспытании за годы изучения (рис. 4) мучнистой росой поразились лишь в 2019 году на 5 %. Поражение бурой ржавчиной на протяжении испытания не превышало 15 %. Септориозом растения поражались лишь в 2020 и 2023 годах не более, чем на 25 %. Желтая ржавчина наблюдалась только в 2020 году и составила 5 %, при этом у стандарта – 25 %. Стеблевой ржавчиной растения были поражены в 2019 и 2020 гг. на 5 и 10 % соответственно, у Сударыни поражение данной болезнью было 5 %. По данным показателям (рис. 4) сорта можно отнести к высокоустойчивым к мучнистой росе, ржавчинным болезням и септориозу.

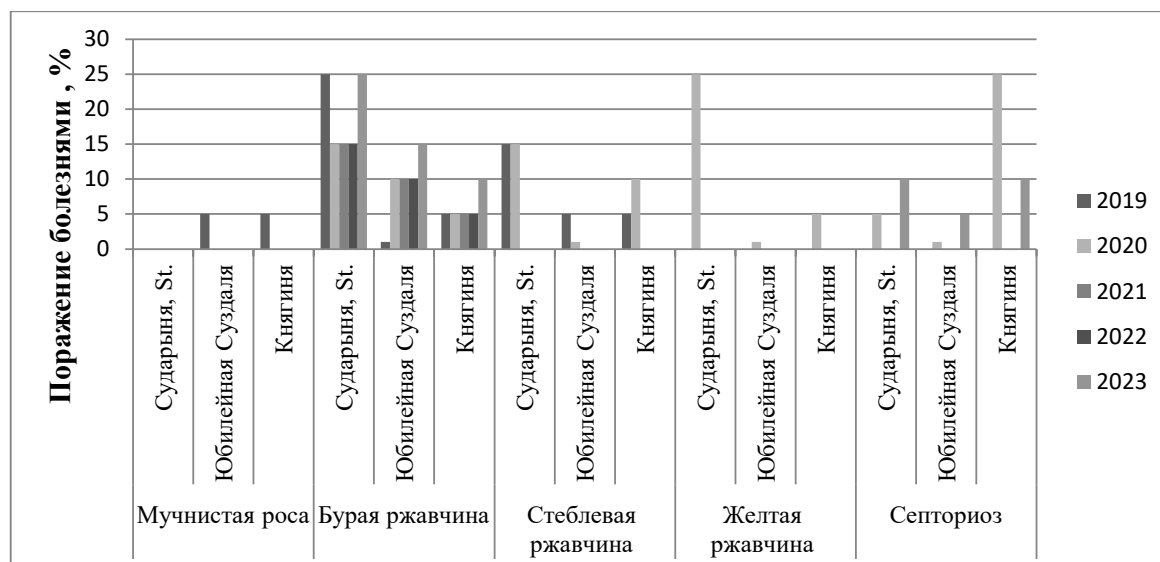


Рис. 4. Оценка устойчивости к болезням сортов Юбилейная Суздаля и Княгиня в сравнении со стандартом

## Выводы

Таким образом, на протяжении творческого сотрудничества было создано восемь сортов яровой мягкой пшеницы, адаптированных к условиям центрального Нечерноземья РФ, шесть из них включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию РФ и РБ, и два сорта: Юбилейная Суздаля и Княгиня переданы на государственное сортоиспытание в 2023 г. В период изучения с 2016 по 2023 гг. сорта яровой мягкой пшеницы Юбилейная Суздаля и Княгиня показали стабильность в формировании урожая и качества зерна в различных погодных и технологических условиях Суздаля и Жодино. По результатам конкурсного и экологического сортоиспытания сорта Юбилейная Суздаля и Княгиня среднеранние, короткостебельные, с высокой устойчивостью к полеганию, ржавчинным болезням, мучнистой росе и с высоким потенциалом продуктивности, качеством зерна на уровне ценных пшениц.

## Литература

1. Сандухадзе Б. И. Избранные труды. Селекция озимой пшеницы в центральном регионе Нечерноземья России. – М.: Немчиновка, 2020. – С. 269 – 274.
2. Игнатьева Г. В. Результаты и направления селекции яровой мягкой пшеницы // Инновационные технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии: коллективная монография. – Суздаль-Иваново: ПресСто, 2015. – Кн. 1. – С. 338 – 344.
3. Неттевич Э. Д. Селекция и семеноводство яровых зерновых культур. – М., Немчиновка, 2008; Гончаренко А. А., академик РАСХН, д. с.-х. н., профессор, заслуженный деятель науки РФ // Слово о жизни и научном творчестве академика РАСХН Э. Д. Неттевича. С. 5.
4. Игнатьева Г. В. Селекция яровой мягкой пшеницы в условиях Владимирского ополья // Владимирский земледелец. – 2015. – № 2. – С. 39 – 41.
5. Неттевич Э. Д. Яровая пшеница в Нечерноземной зоне / Перспективы селекции яровой пшеницы в зоне. – М.: Россельхозиздат, 1976. – С. 195 – 219.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 1991. – Т. 1, 2.
7. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность // Бюллетень ГК РФ по испытанию и охране селекционных достижений. – М., 1995. – № 4. – 180 с.
8. Методические указания ВНИИР. – М., 1999. – 160 с.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ БУХАРСКОГО ОАЗИСА

О. Б. Шарипов<sup>1</sup>, Ш. Э. Одилов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Бухарский государственный университет  
Узбекистан, 200407, г. Бухара, ул. Мухаммада Икбола, 11  
E-mail: Sharipov3003@mail.ru

<sup>2</sup>Бухарский государственный университет  
Узбекистан, 200407, г. Бухара, ул. Мухаммада Икбола, 11  
E-mail: shahriyorodilov790@gmail.com

**Резюме.** Почвы Бухарской области имеют низкое естественное плодородие: уменьшение содержания органического вещества в почве, низкое содержание гумуса, невысокое – N, P, K. Получать устойчивые и высокие урожаи сельскохозяйственных культур возможно только при условиях улучшения мелиоративного состояния и увеличивая агрохимические показатели почвы. Поэтому актуальны разработка и внедрение эффективных и экологически безопасных методов повышения биологической активности, продуктивности и урожайности почв в сельском хозяйстве.

**Abstract.** The soils of the Bukhara region have low natural fertility: decreased organic matter content in the soil, low humus content, low N, P, K. It is possible to obtain stable and high yields of agricultural crops only under conditions of improving the ameliorative state and increasing the agrochemical indicators of the soil. Therefore, the development and implementation of effective and environmentally friendly methods for increasing the biological activity, productivity and productivity of soils in agriculture are relevant.

По данным ООН, в мире за год в результате почвенной деградации наносится ущерб в среднем в размере 40 млрд долларов. Снижение почвенного плодородия на высоком уровне наблюдается в развивающихся странах с интенсивным ростом населения, где до сих пор не применяются современные агробιοтехнологические технологии. На сегодняшний день в мире проводится ряд научных исследований по анализу взаимосвязи агрохимических, физико-химических свойств и биологической активности почв с факторами внешней среды. Также уделяется особое внимание научно-практическим работам по определению процессов почвенной деградации в начальной стадии с применением современных технологий и по получению высоких и качественных экологически чистых урожаев сельскохозяйственных культур путем повышения почвенного плодородия, ведения органического земледелия, применения биологических методов [1 – 4].

Одной из актуальных проблем современного земледелия является сохранение и поддержание бездефицитного баланса запасов органического вещества в почвах. Многие исследователи, изучающие эту проблему, называют основные причины снижения содержания гумуса на орошаемых почвах:

- несоблюдение севооборота;
- неиспользование сидеральных культур;
- повышение уровня грунтовых вод и засоление почв;
- уменьшение поступления в пахотный слой почвы органического вещества;

- внесение высоких доз минеральных удобрений, особенно азотных, увеличивающих скорость разложения свежего органического вещества в хозяйствах;
- увеличение потерь гумуса в результате эрозии и дефляции почв.

На сегодняшний день в Узбекистане проводится ряд научных исследований по анализу взаимосвязи агрохимических, физико-химических свойств и биологической активности почв с факторами внешней среды. Также уделяется особое внимание научно-практическим работам по определению процессов почвенной деградации в начальной стадии с применением современных технологий и по получению высоких и качественных экологически чистых урожаев сельскохозяйственных культур путем повышения почвенного плодородия, ведения органического земледелия, применения биологических методов.

В республике разработаны и внедрены в практику ряд мероприятий, направленных на повышение плодородия орошаемых сельскохозяйственных земель, и, в свою очередь, урожайности сельскохозяйственных культур.

*Таблица 1. Степень засоленности орошаемых почв Бухарской области  
сокращенного анализа водной вытяжки (Егоров, Минашина)*

| Степень засоления |              |           |          |         |              |
|-------------------|--------------|-----------|----------|---------|--------------|
| Общая площадь, га | Незасоленные | Слабо     | Средне   | Сильно  | Очень сильно |
| 230 977,3         | 41 598,0     | 138 862,1 | 40 199,6 | 8 423,1 | 1 894,5      |
| %                 | 18,0         | 60,1      | 17,4     | 3,6     | 0,9          |

Основным фактором, обуславливающим ухудшение мелиоративного состояния почв и снижение их продуктивности, являются процессы засоления, 189 379,7 га орошаемых земель Бухарской области засолены в разной степени. Это 82,0 % орошаемых земель. С точки зрения мелиоративного состояния почв – неудовлетворительное. Незасоленные почвы составляют всего 18 %. Эти земли считаются пригодными для сельскохозяйственных нужд, поскольку они расположены вокруг реки и орошаются в течение многих лет.

*Таблица 2. Количество гумуса в орошаемых почвах Бухарской области (%)*

| Общая площадь, га | Гумус, % |           |             |     |
|-------------------|----------|-----------|-------------|-----|
|                   | 1%       | 1,1 – 2 % | 2,1 – 3,0 % | 3 % |
| 230977,3          | 202664   | 28303,9   | 9,4         | 0   |
| %                 | 87,7     | 12,2      | 0,1         | 0   |

В таблице выше показано процентное содержание гумуса в орошаемых почвах Бухарской области. Как видно из таблицы, общая площадь орошаемых земель в Бухарской области составляет 230 977,3 га, из них 202 664 га имеют содержание гумуса всего 1 % (87,7 %), 28 303,9 га имеют содержание гумуса 1,1 – 2 % (12,2 %) и 9 400 га имеют содержание гумуса 2,1 – 3,0 %, что составляет 0,1 %. Орошаемые почвы региона не содержат гумуса на уровне 3 % и более (табл. 2).

На этих орошаемых почвах необходимо внедрение системы севооборотов, применение сидератов, проведение в полном объеме агротехнических и мелиоративных мероприятий для улучшения их агрохимических свойств, предотвращения засоления, последовательного повышения плодородия и продуктивности почв, а также урожайности сельскохозяйственных культур.

Органическое вещество почвы – энергетический материал для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, играющих важную роль в обеспечении растений окисью углерода (CO<sub>2</sub>) и элементами питания. Разложение гумуса микроорганизмами высвобождает помимо

азота и другие питательные вещества (фосфор, сера, микроэлементы), а также  $\text{CO}_2$ , который необходим для фотосинтеза растений. Например, для формирования урожая озимой пшеницы 50 ц/га в период ее интенсивного роста суточная потребность составляет более 200 кг/га  $\text{CO}_2$ . Около 70 % этого количества обеспечивается за счет  $\text{CO}_2$ , поступающего в приземный слой воздуха при минерализации гумуса, внесенных органических удобрений и растительных остатков [1 – 3].

Результаты исследований показывают, что с зелеными удобрениями в почву поступает 5 – 8 т/га сухой массы, а с за паханным однолетним люпином на легких почвах 8 – 16 т/га пожнивно-корневых остатков, что эквивалентно 20 – 40 т/га навоза. В условиях интенсивного земледелия наиболее целесообразны промежуточная культура сидератов и сидеральные пары. Зеленое удобрение снижает минерализацию гумуса, а в сочетании с медленно разлагающимися материалами (солома, корни злаковых трав и др.) обеспечивает его накопление в почве.

Озимый рапс – высокопродуктивная в самостоятельных пожнивных и поукосных посевах в разных зонах культура. Он позволяет получать самые ранние и самые поздние осенью корма. Озимый рапс относится к наиболее холодостойким и наименее требовательным к теплу растениям. Его семена начинают прорастать при температуре 0,5 – 1,0 °С, всходы переносят заморозки –3 – 5 °С, а растения в фазе восемь – десять листьев – даже морозы –10 – 12 °С, продолжая вегетировать с наступлением оттепелей. Взрослые растения (фаза цветения) выдерживают заморозки до –8 °С.

Культура нуждается в хорошей обеспеченности влагой в течение всей вегетации, наиболее чувствительна к недостатку влаги в начальный период развития и при весеннем отрастании. Наибольший расход влаги приходится на фазы цветения и налива семян [5 – 7].

Растения отзывчивы на обеспеченность почвы питательными элементами. На формирование 100 ц зеленой массы идет 40 – 50 кг азота, 15 – 20 фосфора, 60 – 70 калия и до 30 кг кальция. Оптимальная доза удобрений под озимый рапс  $\text{N}_{120-180} \text{P}_{60-90} \text{K}_{60-90}$ . Для этой культуры наиболее пригодны хорошо окультуренные почвы с pH 6 – 7, расположенные в районах достаточного орошения. На прежнее место рапс можно возвращать не раньше чем через 2 – 3 года [1 – 3].

Обработка почвы под озимый рапс включает вспашку или дискование, культивацию, выравнивание и прикатывание поля. Норма высева семян – 8 – 12 кг/га, глубина заделки – 2 – 3 см.

**Выводы.** Природные условия Бухарского оазиса отличаются от остальной территории Узбекистана своеобразными свойствами: засушливым климатом, малым содержанием растительных остатков, минерализацией и близкой расположенностью к поверхности грунтовых вод, особыми геоморфологическими, литологическими условиями формирования почв и ее свойств (морфогенетические, агрохимические, физико-химические, химические и биологическая активность) в почвообразовании под влиянием человеческой деятельности.

Использование зелёного удобрения орошаемых почв – это энергетические субстраты, которые, повышая микробиологическую активность почв, усиливают разложение целлюлозы и процесс нитрификации в почвах. При запашке одной зелёной массы сидерата происходит минерализация азота, поэтому на образование и накопление азота положительно влияет запашка сидератов вместе с соломой.

Положительное значение сидератов в орошаемых почвах заключается ещё и в том, что их мощные корни, особенно рапса, ржи и фацелии, достигая глубоких подпахотных слоев почвы, способны извлекать питательные вещества из труднодоступных для других растений соединений, выполняя тем самым роль своего рода растительного насоса.

Таким образом, использование сидеральных культур на орошаемых почвах Бухарского оазиса, в разной степени засоленных, имеет большое значение в сохранении и повышении плодородия почв.



## Литература

1. Гафурова Л. А., Шарипов О. Б., Махкамова Д. Ю. Ферментативная активность орошаемого лугового почвы Бухарского оазиса // Вестник аграрной науки Узбекистана. – Ташкент, 2016. – № 3 (65). – С. 103 – 106. (03.00.00; № 8).
2. Махкамова Д. Ю., Шарипов О. Б. Влияние агробиотехнологий на гумусное состояние орошаемых аллювиальных почв Бухарской области // Вестник аграрной науки Узбекистана. – 2017. – № 1 (67). – С. 123 – 125 (03.00.00; № 8).
3. Довбан К. И. Зеленое удобрение. – М. : Агропромиздат, 1990. – 208 с.
4. П. Д. Попов и др. Органические удобрения. – ВО «Агропромиздат», 1988. – С. 90 – 92.
5. M. Axmedov, O. Sharipov, X. Karimova. The effectiveness of the biological preparation «Ivan Ovsinsky-fulvohumate» on the cotton variety «Bukhara-6» in the conditions of irrigated meadow-alluvial soils of the Bukhara region. E3S Web of Conferences 460, 11004 (2023), pp. 1 – 6.
6. Лошаков В. Г., Иванов Ю. Д., Синих Ю. Н. Продуктивность зерновых севооборотов при использовании зеленого удобрения. – Изд. ТСХА, 1997. – Вып. 3. – С. 3 – 20.
7. Органические удобрения: Справочник. – Москва: ВО «Агропромиздат», 1988. – С. 4 – 32.
8. Новиков М. Н. Исследование вопросов эффективного использования различных видов и форм органических удобрений : Автореф. на соиск. уч. степени д. с.-х. н. – Владимир, 1993. – 454 с.
9. Muxamad Axmedov, Odiljon Sharipov. Efficiency of navmutant lines in the creation of cotton (g. hirsutum L.) varieties. BIO Web of Conferences 113, 01003 (2024), INTERAGROMASH 2024, pp. 1 – 7.
10. Sharipov O. B., Gafurova L. A. Biological activity of irrigated grassland alluvial soils of the Bukhara oasis. // European science review (Avstria). – 2018. – V.3 – 4. – P.76 – 79 (03.00.00; №6).

УДК 631.4

## ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

М. А. Мазиров<sup>2</sup>, А. О. Рагимов<sup>1</sup>, К. О. Рагимова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Владимирский государственный университет имени А. Г. и Н. Г. Столетовых  
(Россия, Владимирская область)

E-mail: pifo@mail.ru

<sup>2</sup> Российский государственный аграрный университет –  
МСХА имени К. А. Тимирязева (Россия, Московская область)

E-mail: mazirov@mail.ru

**Резюме.** В статье представлены результаты исследований влияния систем почвенных удобрений на качество серых лесных почв. Установлено, что одностороннее повышение вносимых доз азота приводило к снижению плодородия серых лесных почв.

**Abstract.** The article presents the results of studies on the effect of soil fertilization systems on the quality of gray forest soils. It was found that a unilateral increase in nitrogen application rates led to a decrease in the fertility of gray forest soils.

Под системой удобрений в севообороте понимается распределение органических и минеральных удобрений, химических мелиорантов и других удобрительных средств по полям

севооборота с учетом обеспечения максимального агрономического и экономического эффекта при непрерывном росте плодородия почв и улучшения их агрономических, агрофизических и биологических свойств.

Система удобрения в севообороте является частью общей системы удобрения в хозяйстве. При этом важно учитывать специализацию севооборота. Эффективность удобрений в севообороте при правильном чередовании культур более высокая, чем при монокультуре или нарушении севооборота.

Целью работы является изучение влияния различных систем удобрений на свойства серых лесных почв.

Основным условием, определяющим особенности формирования климата Владимирской области и Владимирского Ополя, в частности, является удаленность от Атлантического океана, что придает ему умеренно-континентальный характер, с умеренно-теплым летом, умеренно-холодной зимой и хорошо выраженными осенними и весенними сезонами.

Владимирское Ополе расположено на русской равнине, северо-западнее Владимира, на левом высоком берегу Клязьмы, на водоразделе рек Колокша и Нерль, к юго-востоку от морфологически выраженной границы Московского оледенения. Ландшафтными рубежами Ополя служат древние долины рек Клязьмы, Нерли и Колокши с прилегающими к ним обширными задровыми низинами, поросшими хвойными лесами и часто заболоченными. Территория его вытянута с северо-запада на юго-восток в виде овала. Длина Ополя – примерно 70 км, ширина – 30 км.

В геоморфологическом отношении Владимирское Ополе представляет собой средневысотную междуречную равнину, расчлененную густой овражно-балочной сетью. Длина овражно-балочной сети составляет 1,2 км на квадратный километр. Если учесть, что эта величина для центральной части средне-русской возвышенности 0,6 км, то эрозионное расчленение Владимирского Ополя следует признать чрезвычайно высоким.

Рельеф северо-западной наиболее возвышенной части (180 – 250 м над уровнем моря) Ополя преимущественно холмистый, сюда заходят остроги средне-русской возвышенности.

В заложенном опыте почвенный покров характеризуется высокой неоднородностью. На опытном участке выделяется восемь почвенных разностей различного таксономического уровня: серые лесные неоподзоленные и разной степени оподзоленности, серые лесные остаточно карбонатные, серые лесные со вторым гумусовым горизонтом (ВГГ) разной степени оподзоленности, встречаются также почвы с различными признаками оглеения профиля – слабо-грунтово-глееватые.

Продуктивность сельскохозяйственных культур рассчитывалась на четыре уровня интенсивности:

1. Нулевой (экстенсивный).
2. Поддерживающий.
3. Интенсивный.
4. Высокоинтенсивный.

Названные уровни создаются за счет расчетных доз удобрений.

Повторность опыта 4-кратная. Расположение вариантов по блокам и ярусам систематическое. Площадь делянки 140 м<sup>2</sup>. Общая площадь под опытом 2,5 га. Общее количество делянок – 160, а с учетом субделянок – 480. Для учета урожая использовали метод сплошного поделяночного комбайнирования и парцеллярные учеты с 1 м<sup>2</sup> по регулярной сетке.

При изучении качественного состава гумуса мы увидели его ухудшение при увеличении дозы азотных удобрений. Без внесения минеральных удобрений соотношение Сгк/Сфк составило 0,64, что характеризует фульватный тип гумуса. При внесении 35 кг азота на фоне 6,7 т/га навоза отношение Сгк/Сфк составило 1,38, что свидетельствует о гуматном типе, а

при внесении 55 кг азота при минеральной системе удобрений соотношение Сгк/Сфк составило 0,50, что свидетельствует об ухудшении качества гумуса.

Ухудшение агрохимических показателей почвы отражается и на продуктивности севооборотов. Продуктивность севооборотов по годам зависит от структуры севооборотов и от погодных условий. На органическом и органоминеральном фонах при низких дозах азотных удобрений продуктивность увеличивается в первом севообороте на 1,5 ц з.е. и во втором на 1,2 ц з.е.

Органическое вещество почв является важнейшим показателем плодородия почв, определяя ее основные свойства и режимы. Сельскохозяйственное использование земель приводит к существенному изменению режима гумуса в почвах. Наиболее сильные изменения в содержании и составе гумусовых соединений серых лесных почв происходят при применении минеральных удобрений.

В результате исследований установлено, что увеличение дозы азотных удобрений свыше 55 кг д.в. приводит к снижению содержания гумуса как на минеральном, так и на органоминеральном фонах. Высокие дозы азотных удобрений приводят к ухудшению физико-химических свойств почвы: увеличению обменной и гидролитической кислотности, снижению суммы оснований и степени насыщенности основаниями. Увеличение дозы азотных удобрений свыше 55 кг д.в. снижает долю гуминовых кислот и приводит к фульватному типу гумуса. Существенное ухудшение свойств почвы при высоких дозах азотных удобрений приводит к снижению продуктивности культур во второй ротации севооборотов. Оптимальной системой удобрений для исследуемых севооборотов является органоминеральная система с внесением 35 кг азота и 6,7 т/га навоза. А наименее благоприятной – минеральная система с внесением 75 кг азота.

## Литература

1. Адаптивно-ландшафтные особенности земледелия Владимирского Ополя / Под редакцией Волощука А. Т. – М.: Наука, 2004. – 448 с.
2. Владимирское Ополье: история освоения, генезис почв, эволюция социальных отношений, наивный опыт адаптации земледелия / Под ред. Иванова Л. Л. – Суздаль, 2000. – 68 с.
3. Еремин А. С. Агрохимическая характеристика серых лесных почв Владимирского Ополя // Почвоведение, 1972. – № 3. – С. 76 – 83.
4. Кирюшин В. И. Методика разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур. – М, 1995. – 81 с.
5. Минеев В. Г. Агрохимия: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, Изд-во «КолосС», 2004. – 720 с.

# ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ И СВОЙСТВ ПАХОТНОГО СЛОЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

**М. А. Воронов**

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: m.voronov@rgau-msha.ru

**Резюме.** *Агрофизическое состояние дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы характеризуется выраженной динамичностью. Период оптимального рыхлого сложения, индуцированного механической обработкой, не превышает трех месяцев. В последующий вегетационный период под совокупным воздействием природно-антропогенных факторов (атмосферных осадков, гравитационных сил, поливов и ходовых систем техники) происходит естественное уплотнение почвенной массы до достижения равновесной плотности.*

**Abstract.** *The agro-physical state of sod-podzolic medium-loamy soil is characterized by pronounced dynamism. The period of optimal loose structure induced by mechanical treatment does not exceed three months. During the subsequent growing season, the natural compaction of the soil mass occurs under the combined influence of natural and anthropogenic factors (atmospheric precipitation, gravitational forces, irrigation, and vehicle systems) until the equilibrium density is reached.*

Регулирование почвенных режимов – питательного, водного и воздушного – представляет собой фундаментальную основу для достижения высокой и стабильной продуктивности агроценозов и обеспечения устойчивости землепользования. Эффективность данного регулирования определена адаптацией технологических решений к биологическим потребностям возделываемых культур и специфике почвенно-климатических условий [3].

Ключевым элементом в реализации потенциального почвенного плодородия выступают благоприятные физические свойства почвы [2]. Они формируют среду для развития корневых систем, являются регулятором всех трофических и газообменных процессов и, таким образом, служат необходимым условием для получения высоких и качественных урожаев.

Основным фактором, непосредственно влияющим на формирование этих свойств и динамику почвенных режимов, является система обработки почвы [3]. Способ, глубина и интенсивность механического воздействия определяют степень перемешивания почвенной массы, что, в свою очередь, регулирует скорость минерализации органического вещества и, как следствие, доступность элементов минерального питания для растений. Таким образом, технология обработки выступает интегрирующим звеном, связывающим физическое состояние почвы с ее биохимическим потенциалом [1].

Наши исследования выполнялись на опытном поле полевой станции РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Изучаемая культура – озимая пшеница, которая чередовалась в зернопропашном севообороте: вико-овсяная смесь (зеленый корм) – озимая пшеница + горчица белая (сидерат) – картофель – ячмень. Объектом изучения служила озимая пшеница.

В рамках эксперимента сравнивали две отличающиеся системы основной обработки почвы:

1. Традиционная отвальная: ежегодная вспашка оборотным плугом на глубину 20 – 22 см.
2. Минимальная (No-Till): прямой посев, исключая механическое рыхление.

Проведенный анализ выявил достоверное влияние способа, глубины и интенсивности на структурное состояние пахотного горизонта под посевами озимой пшеницы, что проявилось в изменении содержания агрономически ценных агрегатов и показателей их водопрочности.

Результаты исследований выявили преимущество технологии прямого посева в формировании водопрочной структуры: в пахотном слое 0 – 20 см данный прием обеспечивал статистически значимое увеличение доли агрономически ценных агрегатов (0,25 – 10 мм) до 43,5 % в среднем за вегетационный период, что на 17 % превышало значения при вспашке. Но стоит отметить равномерное распределение водопрочных агрегатов при отвальной обработке по всему почвенному профилю, в сравнении с минимальной обработкой, при которой существенное количество водопрочных агрегатов находилось в слое 0 – 10 см (табл. 1).

*Таблица 1. Влияние приемов обработки на содержание водопрочных агрегатов в корнеобитаемом слое почвы, %*

| Приемы обработки                   | Слой почвы, см | Озимая пшеница      |           |                           |
|------------------------------------|----------------|---------------------|-----------|---------------------------|
|                                    |                | выход в трубку овса | колошение | молочно-восковая спелость |
| Вспашка + предпосевная культивация | 0 – 10         | 33,6                | 35,6      | 39,6                      |
|                                    | 10 – 20        | 32,6                | 36,7      | 38,6                      |
|                                    | 20 – 30        | 30,9                | 33,4      | 35,2                      |
| Прямой посев                       | 0 – 10         | 47,2                | 47,5      | 49,6                      |
|                                    | 10 – 20        | 38,9                | 38,9      | 39,2                      |
|                                    | 20 – 30        | 27,4                | 30,3      | 28,0                      |

Ключевым критерием оценки структурного состояния почвы служит содержание водостойчивых агрегатов. Для поддержания устойчивого рыхлого сложения корнеобитаемого слоя доля водопрочных агрегатов должна составлять не менее 40 %.

Проведенные исследования выявили существенное влияние систем обработки на данный показатель. Применение технологии прямого посева способствовало увеличению количества водопрочной структуры: в пахотном горизонте (0 – 20 см) ее содержание достигало в среднем 39 %. В отличие от этого, ежегодная отвальная вспашка на глубину 20 – 22 см приводила к снижению содержания водостойчивых агрегатов до 35,9 %.

## Литература

1. Рагимов А. О. Пространственное варьирование агрохимического состояния пахотной дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы / А. О. Рагимов, М. А. Мазиров, М. А. Воронов // Фундаментальные и прикладные основы сохранения плодородия почвы и получения экологически безопасной продукции растениеводства: материалы Всероссийской научно-практической конференции с Международным участием, посвященной 75-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Почетного работника высшего профессионального образования РФ, Заслуженного работника высшей школы РФ, Заслуженного деятеля науки и техники Ульяновской области, заведующего кафедрой «Почвоведение, агрохимия и агроэкология» Куликовой Алевтины Христофоровны, Ульяновск, 21 – 22 ноября 2017 года. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, 2017. – С. 311 – 317.

2. Николаев В. А. Влияние пожнивного зеленого удобрения и соломы на агрофизические свойства дерново-подзолистой почвы и урожайность полевых культур / В. А. Николаев, М. А. Воронов // Владимирский земледелец. – 2023. – № 4 (106). – С. 37 – 40. – DOI 10.24412/2225-2584-2023-4106-37-40.

3. Матюк Н. С. Изменение плодородия при разных технологиях обработки почвы питания и урожайность культур севооборота / Н. С. Матюк, В. А. Николаев, Л. И. Щигрова // Агрохимический вестник. – 2019. – N 2. – С. 13.

УДК 633.12

## ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛИРОВАННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО МОРКОВИ СТОЛОВОЙ

Н. Н. Апаева<sup>1</sup>, С. Г. Манишкин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»

Площадь Ленина, 1, Йошкар-Ола, Респ. Марий Эл, Россия

E-mail: apaevanina@mail.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ДПО «Марийский институт переподготовки кадров агробизнеса»

Медицинская ул., 17, Йошкар-Ола, Респ. Марий Эл, Россия

E-mail: smanishkin@mail.ru

**Резюме.** В статье представлены результаты исследований по изучению гранулированного органического удобрения на урожайность и качество корнеплодов моркови столовой. Установили, что внесение гранулированных органических удобрений на основе птичьего помета способствовало увеличению урожайности. С повышением дозы удобрения увеличивается урожайность моркови. Наибольшая урожайность получена при внесении 600 кг/га гранулированного органического удобрения (30,6 т/га). Прибавка урожая составила 9,4 т/га. Количество товарных корнеплодов было больше на 9,1 % по сравнению с контролем, длина корнеплодов превышала на 1,5 см и диаметр – на 0,6 см. Внесение гранулированного органического удобрения в дозе 600 кг/га способствует повышению сахара на 3,1% и сухого вещества на 1,4 % в корнеплодах моркови.

**Ключевые слова:** гранулированное органическое удобрение, морковь столовая, содержание сахара, сухое вещество, урожайность моркови.

**Abstract.** The article presents the results of studies on the effect of granulated organic fertilizer on the yield and quality of table carrot roots. It was established that the application of granulated organic fertilizers based on poultry manure contributed to an increase in yield. As the fertilizer dose increased, the carrot yield also increased. The highest yield was achieved with the application of 600 kg/ha of granulated organic fertilizer, resulting in 30.6 t/ha. The yield increase amounted to 9.4 t/ha. The proportion of marketable root-crops was 9.1 % higher compared to the control, with root-crops length exceeding the control by 1.5 cm and diameter by 0.6 cm. The application of granulated organic fertilizer at a dose of 600 kg/ha led to an increase in sugar content by 3.1 % and dry matter content by 1.4 % in carrot root-crops.

**Keywords:** granulated organic fertilizer, table carrots, sugar content, dry matter, carrot yield.

**Введение.** Столовая морковь – одна из наиболее значимых овощных культур в нашей стране. Ее популярность объясняется высоким содержанием полезных витаминов и минералов, незначительной калорийностью, наличием легкоусвояемых углеводов и органических кислот. Специалисты рекомендуют включать столовую морковь в рацион при авитаминозе и анемии [1]. Она культивируется практически в каждом частном хозяйстве и употребляется в пищу в сыром, вареном и переработанном виде, входя в состав множества блюд. Морковь полезна для людей всех возрастов. Однако, несмотря на все ее достоинства, в нашей республике ее выращивают на относительно небольших площадях, преимущественно в крестьянских фермерских хозяйствах [2].

Морковь относится к культурам, устойчивым к холоду и засухе. В сравнении с другими овощами, она отличается повышенным потреблением питательных веществ из почвы. По этому показателю она занимает второе место после капусты. Для формирования 1 тонны корнеплодов моркови необходимо N – 2,9 кг, P – 1,3 кг, K – 4,3 кг [3].

При удобрении моркови минеральными удобрениями важно учитывать ее чувствительность к высокой концентрации питательных элементов в почвенном растворе. Поэтому рекомендуется избегать внесения сразу большого количества минеральных удобрений, хотя она и хорошо реагирует на их применение [4, 5]. Избыток определенных веществ в почве негативно влияет на развитие растения. Чрезмерное количество азота стимулирует быстрый рост надземной части, но замедляет развитие корнеплода. Избыток фосфора повышает содержание сахара, но ухудшает развитие корневой системы. Избыток калия также неблагоприятно сказывается на росте корней [1]. Недостаток питательных веществ приводит не только к снижению урожайности, но и к ухудшению качества корнеплодов. Морковь положительно реагирует на органические удобрения, однако свежая, неразложившаяся солома может вызвать разветвление корней [6]. В настоящее время в нашей республике, из-за сокращения поголовья скота в хозяйствах и ЛПХ, получение органических удобрений становится все более сложной задачей. В республике активно развивается птицеводство, производящее значительное количество птичьего помета. Использование его в свежем виде под овощные культуры не рекомендуется, поэтому куриный помет компостируют, ферментируют с помощью бактерий и гранулируют. Получаются гранулированное органическое удобрение на основе птичьего помета (ГОУ). Однако их применение под морковь (дозировка, способы внесения) еще недостаточно изучено, поэтому мы провели исследования для оценки влияния ГОУ на урожайность столовой моркови.

**Цель** наших исследований – изучение влияния ГОУ на урожайность и качество моркови столовой.

**Материалы и методы.** Климатические условия в годы исследований (2022 – 2024 гг.) были удовлетворительными для нормального роста и развития моркови столовой. Для испытания мы взяли сорт моркови Нантская 4. Сорт давно выращивается в нашем регионе и хорошо себя зарекомендовал. Схема опыта: 1) Контроль (без удобрений); 2) Азофоска (в дозе 100 кг/га); 3) ГОУ (200 кг/га); 4) ГОУ (400 кг/га); 5) ГОУ (600 кг/га). Удобрения вносили в рядки при посеве семян. Опыт проводили в пятикратной повторности. Площадь делянки  $1 \times 2 \text{ м} = 2 \text{ м}^2$ . Между рядами оставили 45 см. Делянки располагали систематически. Урожайность учитывали с одного квадратного метра, затем делали перерасчет на 1 га. В течение вегетации вели наблюдения за ростом и развитием растений моркови, поливали, проводили прополку и прореживание. Опрыскивали от листоблошек (при их появлении) препаратом Молния, КЭ в 2022 и 2023 г. и препаратом Клотиамет Дуо, КС – в 2024 г.

Корнеплоды моркови убирали вручную, с каждой делянки отдельно взвешивали. Перед взвешиванием их сортировали на товарную и нетоварную массу. К последним относятся поврежденные насекомыми и механически, мелкие, уродливые.

**Результаты и их обсуждение.** Данные анализа показали, что внесение гранулированных органических удобрений на основе птичьего помета способствовало увеличению урожайности. С повышением дозы удобрения увеличивается урожайность моркови (табл. 1).

*Таблица 1. Урожайность моркови*

| Варианты           | Урожайность, т/га | Прибавка от удобрений, т/га |
|--------------------|-------------------|-----------------------------|
| 1. Контроль        | 21,2              | –                           |
| 2. Азофоска        | 28,6              | +7,4                        |
| 3. ГОУ (200 кг/га) | 23,8              | +2,6                        |
| 4. ГОУ (400 кг/га) | 27,5              | +6,3                        |
| 5. ГОУ (600 кг/га) | 30,6              | +9,4                        |
| НСР <sub>05</sub>  | 2,24              |                             |

От внесения минерального удобрения азофоска морковь дала прибавку 7,4 т/га. От гранулированных органических удобрений прибавка урожая моркови составила от 2,6 до 9,4 т/га в зависимости от дозы внесения. Наибольшая урожайность получена при внесении 600 кг ГОУ при посеве моркови (30,6 т/га). По сравнению с контролем больше на 9,4 т/га.

Величина урожайности зависела от количества товарных корнеплодов, длины и диаметра корнеплодов (табл. 2).

*Таблица 2. Структура товарности моркови*

| Варианты           | Кол-во товарных корнеплодов, % | Длина корнеплодов, см | Диаметр корнеплодов, см |
|--------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1. Контроль        | 62,5                           | 15,7                  | 2,8                     |
| 2. Азофоска        | 66,6                           | 17,0                  | 3,2                     |
| 3. ГОУ (200 кг/га) | 64,5                           | 16,8                  | 3,1                     |
| 4. ГОУ (400 кг/га) | 70,5                           | 17,0                  | 3,1                     |
| 5. ГОУ (600 кг/га) | 71,6                           | 17,2                  | 3,4                     |

В варианте с применением азофоски количество товарных корнеплодов было больше контроля на 4,1 %, длина корнеплода увеличилась на 1,3 см и диаметр корнеплода – на 0,4 см. При внесении ГОУ в дозе 200 кг/га эти показатели увеличились по сравнению с контролем на 2,0 %, 1,1 см и 0,3 см соответственно. При внесении ГОУ 400 кг/га повышение было на 8,0 %, 1,3 и 0,3 см. При внесении ГОУ 600 кг/га – на 9,1 %, 1,5 и 0,6 см. Наибольшие показатели были при максимальном внесении гранулированных органических удобрений (600 кг/га).

Важной характеристикой моркови является содержание в ней сахара. Для его определения использовался рефрактометр. Сначала морковь натирали на пластиковой терке, выжимали сок через марлю и оставляли постоять. Затем на рефрактометре определяли содержание сахара в корнеплодах моркови. Наши исследования показали, что применение удобрений значительно повышает урожайность моркови и качество корнеплодов. Анализ показал, что с увеличением дозы ГОУ сахара увеличились с 0,4 до 3,1 %. (рис. 1). Содержание сухого вещества в корнеплодах также увеличивалось с количеством удобрений. Их содержание увеличилось на 0,7 – 1,4 %.



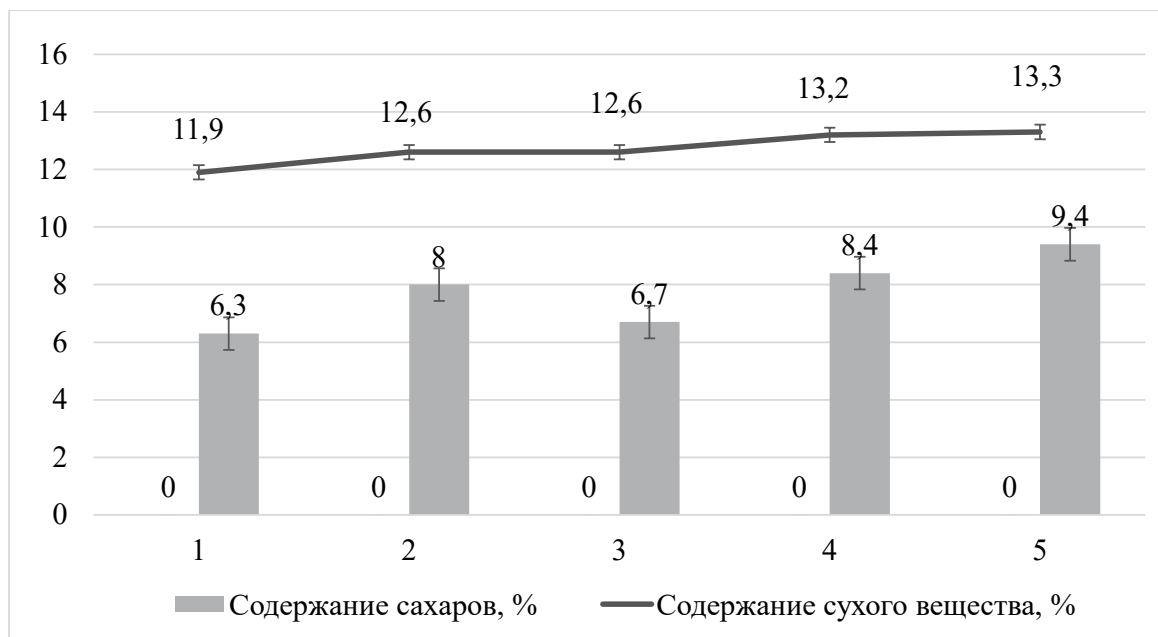


Рис. 1. Содержание сахаров и сухого вещества в корнеплодах: 1 – Контроль; 2 – Азофоска; 3 – ГОУ (200 кг/га); 4 – ГОУ (400 кг/га); 5 – ГОУ (600 кг/га)

Данные показывают, что влияние гранулированных органических удобрений способствует повышению сахара и сухого вещества. Наибольшие показатели получились при внесении 600 кг/га ГОУ. В этом варианте содержание сахара увеличилось на 3,1 %. Содержание сухого вещества в корнеплодах стало больше на 1,4 %.

### Выводы

1. Внесение гранулированных органических удобрений способствует повышению урожайности и товарности корнеплодов моркови столовой. Наибольшая урожайность получена при внесении 600 кг/га ГОУ при посеве семян моркови (30,6 т/га). Прибавка урожая составила 9,4 т/га. В этом варианте получены наиболее качественные корнеплоды. Количество товарных корнеплодов было больше на 9,1 % по сравнению с контролем, длина корнеплодов превышала на 1,5 см и диаметр – на 0,6 см.

2. Внесение гранулированного органического удобрения (600 кг/га) способствует повышению сахара на 3,1 % и сухого вещества на 1,4 %.

### Литература

1. Хурчакова А. И. Оптимизация минерального питания моркови / А. И. Хурчакова, Н. А. Харченко, О. Околович // Вестник АГАУ. – 2004. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-mineralnogo-pitaniya-morkovi>.
2. Хизанейшвили Н. Э. Влияние макро-, микро-, комплексных удобрений и регулятора роста Экосил на урожайность корнеплодов моркови и вынос элементов питания / Н. Э. Хизанейшвили // Вестник Белорусской ГСХА. – 2021. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-makro-mikro-kompleksnyh-udobreniy-i-regulyatora-rosta-ekosil-na-urozhaynost-korneplodov-morkovi-i-vynos-elementov-pitaniya>.
3. Алексашин В. И. Овощеводство открытого грунта / В. И. Алексашин, Р. А. Андреева, Ю. П. Антонов и др.; Под. ред. В. Ф. Белика – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1984. – 336 с.
4. Главные элементы технологии выращивания моркови [Электронный ресурс]. – URL: <http://fesada.ru/flora/vegets/carrot/carrot2.html> ©fesada.ru.

5. Игнатенко О. Б. Влияние жидкого органического удобрения на урожайность и качество сортов моркови столовой в условиях КФХ «Пахтеев Н. Е.» / О. Б. Игнатенко, Л. В. Кудряшова // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2019. – № 21. – С. 28 – 30.

6. Гончар С. Г. Влияние удобрений на формирование урожая моркови столовой при различных технологиях возделывания / С. Г. Гончар // Агрохимический вестник. – 2014. – №2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-udobreniy-na-formirovanie-urozhaya-morkovi-stolovoy-pri-razlichnyh-tehnologiyah-vozdelyvaniya>.

УДК 631.86

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ ИЗ КУРИНОГО ПОМЕТА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ БЕЛОКОЧАННОЙ КАПУСТЫ

С. А. Замятин<sup>1</sup>, С. Г. Манишкин<sup>2</sup>, В. Р. Габдуллин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Марийский НИИСХ – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока  
п. Руэм, ул. Победы, д. 10, Россия

<sup>2</sup>Марийский государственный университет  
площадь Ленина, 1, Йошкар-Ола, Респ. Марий Эл, Россия

<sup>3</sup>Марийский филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба»  
ул. Тельмана, 56А, Йошкар-Ола, Россия

**Резюме.** Исследования по применению удобрения под белокочанную капусту проводились на дерново-подзолистой почве Республики Марий Эл. Применялось гранулированное органическое удобрение Mari Ferti, полученное на основе куриного помета. В данных исследованиях установлено, что применение органического удобрения Mari Ferti эффективно под белокочанную капусту как отдельно, так и совместно с минеральными удобрениями. Лучшим было применение 600 кг/га удобрения Mari Ferti и совместное применение половинных доз минеральных и органических удобрений, рассчитанных по азоту удобрения Mari Ferti на дозу 600 кг/га. Прибавка урожая составила 17,3 и 18,5 %, или 26,1 и 27,9 % к контролю соответственно.

**Ключевые слова:** капуста белокочанная, эффективность, удобрение Mari Ferti, нитроаммофоска, урожайность.

**Abstract.** Research on the use of fertilizer for white cabbage was conducted on sod-podzolic soil in the Republic of Mari El. Granulated organic fertilizer Mari Ferti, obtained from chicken manure, was used. These studies have shown that the use of Mari Ferti organic fertilizer is effective for white cabbage, both separately and in combination with mineral fertilizers. The best results were achieved with the application of 600 kg/ha of Mari Ferti fertilizer and the combined application of half doses of mineral and organic fertilizers, calculated based on the nitrogen content of Mari Ferti fertilizer at a dose of 600 kg/ha. The yield increase was 17.3 and 18.5 %, or 26.1 and 27.9 % compared to the control, respectively.

**Keywords:** white cabbage, efficiency, Mari Ferti fertilizer, nitroammophoska, yield

Приоритетное направление повышения эффективности сельскохозяйственного производства основывается на решении вопросов интенсификации, совершенствования экономи-

ческих методов хозяйствования, регулирования рыночных отношений в сферах производства, переработки и реализации сельскохозяйственной продукции.

Решение проблем роста объемов производства и повышения качества производимой продукции как в растениеводстве, так и в животноводстве необходимо рассматривать через призму сохранения и повышения плодородия почв [1]. Проблема повышения плодородия почвы особенно остро стоит для почв Нечерноземной зоны. Они содержат мало органического вещества и имеют низкую продуктивность, без системного применения удобрений нельзя получить высокий урожай сельскохозяйственных культур [2].

В настоящее время на птицефабриках проблема использования птичьего помета решается часто неудовлетворительно. Помет вывозится за пределы птицефабрик, где им заполняются не приспособленные для хранения ямы, или просто сгружается на специально отведенной территории. В дальнейшем он не используется и приносит огромный вред, загрязняя окружающую среду [3, 4]. При этом птичий помет отличается высоким содержанием макро- и микроэлементов. Это определяет ценность его в качестве органического удобрения. Решение проблемы утилизации помета обеспечивает улучшение экологической обстановки окружающей среды, повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур [5]. В ООО «Гринагро» налажено производство биоферментативного гранулированного органического удобрения из птичьего помета. Гранулированное органическое удобрение из птичьего помета после прохождения стадии ферментирования и компостирования теряет запах за счет высокой температуры. В готовом продукте исчезает вся патогенная микрофлора, семена сорных растений теряют всхожесть. Данное удобрение по содержанию питательных веществ превосходит навоз в 8 – 10 раз [6].

С целью изучения действия гранулированного удобрения Mari Ferti из куриного помета на формирование урожайности белокочанной капусты в 2024 году проводились полевые исследования по следующей схеме:

1. Контроль (без удобрений).
2. Нитроаммофоска ( $N_{16} P_{16} K_{16}$ ) (138 кг/га).
3. Нитроаммофоска (206 кг/га).
4. Mari Ferti ( $N_{5,5} P_3 K_4$ ) (400 кг/га).
5. Mari Ferti (600 кг/га).

Совместное применение половинных доз Mari Ferti и нитроаммофоски.

6. Mari Ferti (200 кг/га) + Нитроаммофоска (69 кг/га).
7. Mari Ferti (300 кг/га) + Нитроаммофоска (103 кг/га).

Нитроаммофоска внесена в расчете по азоту органического удобрения Mari Ferti.

Гранулированный помет характеризовался следующими показателями: содержание влаги – 10,0 – 11,0 %, содержание азота – 4,5 – 5,5 %, содержание фосфора – 3,0 – 3,5 %, содержание калия – 4,0 – 4,5 %, pH – 7,0 – 7,5, содержание органического вещества – 40,0 – 42,0 %, размер гранул 6,0 x 10,0 мм.

Исследования проводились на опытном поле Марийского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Повторность однофакторного опыта четырёхкратная. Общая площадь делянки – 200 м<sup>2</sup>. Размещение делянок систематическое. Дозы удобрений вносились вручную в первой декаде мая и сразу заделывались дискатором на глубину 10 – 12 см. Изучаемыми объектами служили растения белокочанной капусты «Крауткайзер F1». Предшественник белокочанной капусты – картофель. Агротехника возделывания капусты – общепринятая для условий Республики Марий Эл. Почва экспериментального участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая.

Применение различных видов удобрений, включая минеральные и органические, таких как Mari Ferti, значительно повлияло на повышение урожайности сорта белокочанной капу-

сты Крауткайзер F1 (табл. 1). Минимальная урожайность наблюдалась при отсутствии внесения удобрений, где она составила всего 63,3 т/га.

Использование минеральных удобрений позволило увеличить урожайность на 8,1 т/га, что соответствует приросту на 12,2 % относительно исходного уровня. Повышенная доза нитраммофоски привела к дальнейшему росту урожайности до 82,5 т/га, обеспечивая дополнительную прибавку в размере 16,2 т/га (24,4 %).

Внесение удобрения Mari Ferti в дозировках 400 и 600 кг/га также положительно сказалось на урожае, повысив его до 75,3 и 83,6 т/га соответственно. По сравнению с уровнем без удобрений это дало увеличение на 9,0 и 17,3 т/га, что составляет 13,6 % и 26,1 % соответственно.

Наиболее высокие показатели были достигнуты при совместном использовании половинных доз минеральных удобрений и органических удобрений Mari Ferti. Здесь прибавка составила 9,8 и 18,5 т/га, что эквивалентно 14,8 % и 27,9 % соответственно.

*Таблица 1. Урожайность белокочанной капусты (т/га)*

| Варианты          | Урожайность, т/га | Прибавка |      |
|-------------------|-------------------|----------|------|
|                   |                   | т/га     | %    |
| 1                 | 66,3              |          |      |
| 2                 | 74,4              | 8,1      | 12,2 |
| 3                 | 82,5              | 16,2     | 24,4 |
| 4                 | 75,3              | 9,0      | 13,6 |
| 5                 | 83,6              | 17,3     | 26,1 |
| 6                 | 76,1              | 9,8      | 14,8 |
| 7                 | 84,8              | 18,5     | 27,9 |
| НСР <sub>05</sub> | 3,8               |          |      |

Показатели структуры урожайности всегда обосновывают уровень продуктивности культуры. Проведенным нами структурным анализом урожая выявлено, что наименьшая высота растений белокочанной капусты была на контрольном варианте – 26 см (табл. 2). При применении минеральных удобрений высота растений увеличилась до 27,7 – 28,3 см. При применении удобрения Mari Ferti она стала еще выше – 28,0 – 30,0 см. Наибольшая высота растений была в вариантах при совместном применении минеральных и органических удобрений, которая составила 30,0 – 32,5 см.

Среднее количество листьев на растениях белокочанной капусты в опыте варьировало от 16,3 до 20,0 шт./растение. Чем было лучше питание растений в вариантах, тем было больше листьев на растениях.

Средний вес одного кочана так же зависел от питания растений. Наименьшим – 3,47 кг он был на контроле. Наибольшим (6,05 кг) при максимальном совместном применении минеральных и органических удобрений. Еще больше (6,10 кг) средняя масса кочана была при внесении удобрения Mari Ferti в дозе 600 кг/га.

Средний диаметр кочана, как и его окружность, так же зависел от поступления питательных элементов в почву. Чем больше элементов поступало, тем больше были диаметр и окружность кочана.

В этом году кочаны отличались высокой плотностью и не зависели от условий эксперимента.

Таблица 2. Структура урожая белокочанной капусты, 2024 год

| Вариант | Высота растения, см | Среднее кол-во листьев, шт. | Средний вес одного кочана, кг | Средний диаметр одного кочана, см | Окружность, см | Объем, см <sup>3</sup> | Плотность одного кочана, г/см <sup>3</sup> |
|---------|---------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------|------------------------|--------------------------------------------|
| 1 (к)   | 26,0                | 16,3                        | 3,47                          | 24,0                              | 64,0           | 4452,5                 | 0,78                                       |
| 2       | 27,7                | 17,3                        | 3,94                          | 24,7                              | 66,3           | 5030,0                 | 0,78                                       |
| 3       | 28,3                | 18,0                        | 4,02                          | 25,3                              | 68,3           | 5398,2                 | 0,75                                       |
| 4       | 28,0                | 18,0                        | 4,34                          | 25,5                              | 68,5           | 5428,6                 | 0,80                                       |
| 5       | 30,0                | 20,0                        | 6,10                          | 28,5                              | 78,5           | 8177,7                 | 0,74                                       |
| 6       | 30,0                | 17,0                        | 5,17                          | 30,0                              | 75,5           | 7291,5                 | 0,71                                       |
| 7       | 32,5                | 17,5                        | 6,05                          | 30,0                              | 77,0           | 7713,3                 | 0,78                                       |

Таким образом, в данных исследованиях установлено, что применение органического удобрения Mari Ferti эффективно под белокочанную капусту как отдельно, так и совместно с минеральными удобрениями. Лучшим было применение 600 кг/га удобрения Mari Ferti и совместное применение половинных доз минеральных и органических удобрений, рассчитанных по азоту удобрения Mari Ferti на дозу 600 кг/га. Прибавка урожая составила 17,3 и 18,5 %, или 26,1 и 27,9 % к контролю соответственно.

## Литература

1. Воронкова Н. А. Биологические ресурсы и их значение в сохранении почвенного плодородия и повышения продуктивности агроценозов Западной Сибири: монография / Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. – 188 с.
2. Анисимов А. М. Агротехника капусты: справочник по выращиванию. – URL: <https://goodtips.pro/index.php/house-and-garden/orchard-and-garden/vegetables/cabbage-agrotechnics-guide> (дата обращения 17.01. 2025)
3. Овцов Л. П., Михеев В. А., Лысенко В. П. Опыт безопасного использования органических отходов животноводства и птицеводства. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – 60 с.
4. Подготовка и переработка помета на птицефабриках: науч.-практ. рекомендации. – Сергиев Посад: ВНИИТИП, 2006. – 107 с.
5. Использование птичьего помета в земледелии Западной Сибири: учебное пособие / В. М. Красинский [и др.]. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2016. – 60 с.
6. Свечников А. К., Замятин С. А., Апаева Н. Н. и др. Биоферментативное органическое удобрение из птичьего помета для экологически безопасного увеличения урожайности культур // Современные проблемы естественных наук и фармации: Сборник Всероссийской научной конференции. – Йошкар-Ола, 2022. – С. 257 – 259.

# ВЛИЯНИЕ ГИДРОХЛОРИДА ХИТОЗАНА И ГЛИЦИНА НА ПАРАМЕТРЫ НИТРИФИКАЦИИ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЯ

И. Ю. Винокуров

ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр»

пос. Новый Суздальского района Владимирской обл., Россия

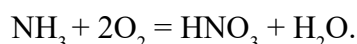
E-mail: i.u.vin1954@mail.ru

**Резюме.** Изучено влияние гидрохлорида хитозана и глицина на параметры нитрификации серых лесных почв Владимирского Ополя. Показано, что гидрохлорид хитозана и глицин ведут себя как ингибиторы нитрификации. Влияние оказывается как на константу скорости, так и на экологическую емкость нитрификации.

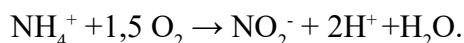
**Abstract.** The influence of chitosan hydrochloride and glycine on the nitrification parameters of gray forest soils of Vladimir Opolye was studied. It was shown that chitosan hydrochloride and glycine behave as nitrification inhibitors. The effect is exerted both on the rate constant and on the ecological capacity of nitrification.

Обеспечение агрофитоценозов соединениями азота оказывает значительное влияние на продуктивность возделываемых культур. Нитрификации – естественной генерации нитратов в почве отведена заметная роль в обеспечении растений нитратным азотом. Открытие нитрифицирующих бактерий было положено в основу учения о хемосинтезе и представлений о глобальном цикле массообмена азота.

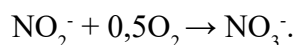
Нитрификационный процесс можно представить упрощенной схемой:



В зависимости от характера окисляемого субстрата нитрифицирующие бактерии подразделяют на две подгруппы. Аммонийоокисляющие бактерии (*Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosolobus* и *Nitrosovibrio*) осуществляют первую фазу нитрификации – окисляют аммоний до нитрита:



Нитритоокисляющие бактерии (*Nitrobacter*, *Nitrospira* и *Nitrococcus*) осуществляют вторую фазу нитрификации – окисляют нитриты до нитратов:



Целью настоящей работы стало исследование влияния биогенных веществ на примере гидрохлорида хитозана и глицина на параметры нитрификации серых лесных почв.

Хитозан – относительно водорастворимый продукт переработки хитина. Известно, что хитин – природный высокомолекулярный линейный аминополисахарид, состоящий из остатков N-ацетил-2-β-амино-2-детокси-D-глюкозопиранозы, соединенных гликозидными связями. В комплексе с другими полисахаридами, минеральными веществами, липидами и белками образует наружный скелет в организмах насекомых и ракообразных.

Как известно, в агроэкосистемах реализуются три ценоза – фито-, зоо- и микробоценоз. Хитин – типичный продукт зооценоза. В этом контексте отметим влияние хитозана на растения. Это соединение и его производные стимулируют рост и развитие растений, обладают

фунгицидными и бактерицидными свойствами, способствуют росту полезной почвенной микрофлоры, повышают стрессоустойчивость растений.

В связи с этим представляет интерес изучение влияния производных хитозана на параметры нитрификационного процесса, обусловленного жизнедеятельностью микроорганизмов *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrosospira*, *Nitrosolobus*, *Nitrosovibrio*, *Nitrobacter*, *Nitrospira* и *Nitrococcus*.

Достижение указанной цели осуществляется в рамках методологии, предполагающей отказ от примитивного подхода в определении нитрифицирующей способности почв с использованием известной методики С. П. Кравкова [1]. В соответствии с этой методикой, так называемая нитрифицирующая способность почв определяется по разности между начальной и конечной концентраций нитратов в почве через 7 суток. Такое определение, согласно биосферным представлениям В. И. Вернадского, некорректно [2], поскольку каждая живая система обладает своим, внутренним временем развития. Это внутреннее биологическое время нельзя заменить аморфным астрономическим временем, одинаковым для всех аналогичных живых систем. В конкретном случае в качестве такого аморфного времени выступает время – 7 суток.

Почва, по определению В. В. Докучаева, – биокосная система. Поэтому постоянная величина времени не может лежать в основе определения такого параметра почвенного образца, как нитрификация. Необходимо определение всей кинетической кривой, связанной с нарастанием во времени концентрации нитратов, обусловленным нитрификацией почвенного образца.

**Методика.** Построение кинетической кривой нитрификации проводилось следующим образом. Определялась концентрация нитратов в почвенном образце до начала его инкубации при температуре 37 градусов Цельсия, через 6 часов после инкубации и далее – через каждые 24 часа в течение 7 – 10 суток. Для определения концентрации нитратов в инкубированных почвенных образцах использовались нитрат-селективные электроды типа «Элит» и рН-метр-иономер «Эксперт-001». Ошибки в определении концентрации нитратов не превышали 5 % [3].

Биогенные вещества перемешивались с почвенными образцами из расчета 100 мг на 100 г почвы. Для расчета параметров нитрификации использовалась логистическая модель в интегральной форме (1) [4].

$$r = ((2,303 / t) \lg (K - x_0) / x_0), \quad (1)$$

где  $r$  – константа скорости нитрификации,  $x_0$  – начальная концентрация нитратов,  $t$  – время достижения системой текущей концентрации, равной половине экологической емкости  $K/2$ .

Полученные кинетические кривые представлены на рис. 1, 2, а параметры нитрификации приведены в табл. 1, 2. Затемненные по сравнению с контролем точки соответствуют почвенным образцам, в которые была внесена фиксированная концентрация биогенных веществ.

Влияние гидрохлорида хитозана на параметры нитрификации серых лесных почв представлено в табл. 1.

Таблица 1. Влияние гидрохлорида хитозана на параметры нитрификации серых лесных почв

| Почвенный образец                   | Экологическая емкость, $K$ , мг/кг почвы | Константа нитрификации, $r$ , час <sup>-1</sup> | $K r$ , мг/кг почвы · час |
|-------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------|
| Контроль                            | 193                                      | 0,0272                                          | 7100                      |
| Гидрохлорид хитозана (0,1% по весу) | 78,8                                     | 0,0266                                          | 2960                      |

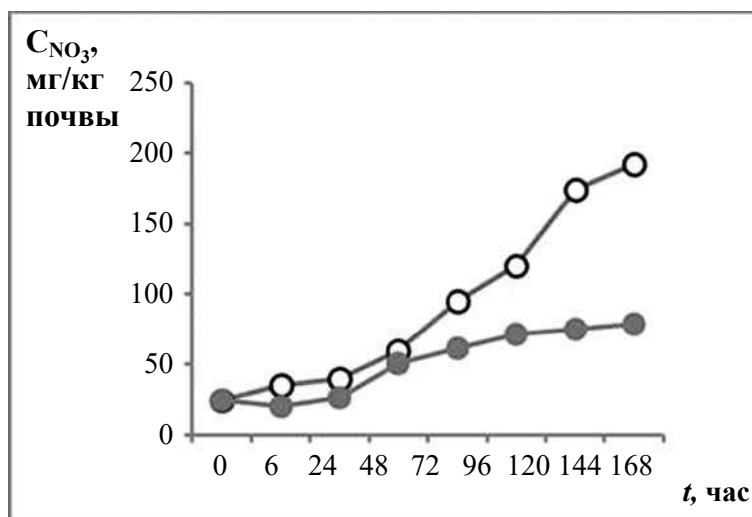


Рисунок 1. Влияние гидрохлорида хитозана (затемненные точки) на кинетическую кривую нитрификации

Как следует из представленных результатов, гидрохлорид хитозана оказывает мягкое ингибирующее воздействие на нитрификацию. Здесь отметим, что особое место по своему влиянию на нитрификацию занимают ее ингибиторы. Среди них нитрапирин, дициандиамид, 3,4-диметилпиразолфосфат. Они позитивно снижают нитрификацию: оптимизируют азотный режим, предотвращая избыточную генерацию нитратов, которая приводит к потерям за счет их вымывания в грунтовые воды и денитрификации. Таким образом, использование ингибиторов нитрификации предполагает организацию управляющего воздействия на нитрификацию для увеличения продуктивного потенциала агроэкосистемы. Нами было показано, что для количественной оценки продуктивного потенциала агроэкосистемы можно успешно использовать соотношение К/г [3].

Производные хитозана ведут себя аналогичным образом, но в отличие от выше представленных ингибиторов нитрификации они приближены к биогенным веществам, поскольку хитин – продукт зооценоза агроэкосистемы. Гидрохлорид хитозана снижает константу скорости нитрификации всего на 2,2 %, но значительно уменьшает экологическую емкость – на 41 %, т. е. ресурсы нитрификации становятся менее доступными. В результате потенциал продуктивности падает на 42 %.

Иное влияние обнаруживается при воздействии на параметры нитрификации глицина (рис. 2, табл. 2). Глицин – биогенное вещество, простейшая аминокислота (аминоуксусная кислота). Он широко используется при функционировании организма высшего биологического объекта – человека. Имеет полифункциональные возможности его использования агроэкосистемой.

Таблица 2. Влияние глицина на параметры нитрификации серых лесных почв

| Почвенный образец      | Экологическая емкость, К, мг/кг почвы | Константа нитрификации, г, час <sup>-1</sup> | К/г, мг/кг почвы · час |
|------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------|
| Контроль               | 330                                   | 0,0476                                       | 6933                   |
| Глицин (0,1 % по весу) | 360                                   | 0,0217                                       | 16600                  |



Как показали исследования, глицин также снижает константу скорости нитрификации, но значительно – на 45,6 %; экологическая емкость нитрификации при этом увеличилась на 8 %. В результате потенциал продуктивности возрос на 42 %. Возрастание экологической емкости в этом случае, по-видимому, связано с частичной нитрификацией глицина в почвенном образце. В этом контексте отметим, что мочевины, как известно, подвергается в почве нитрификации.

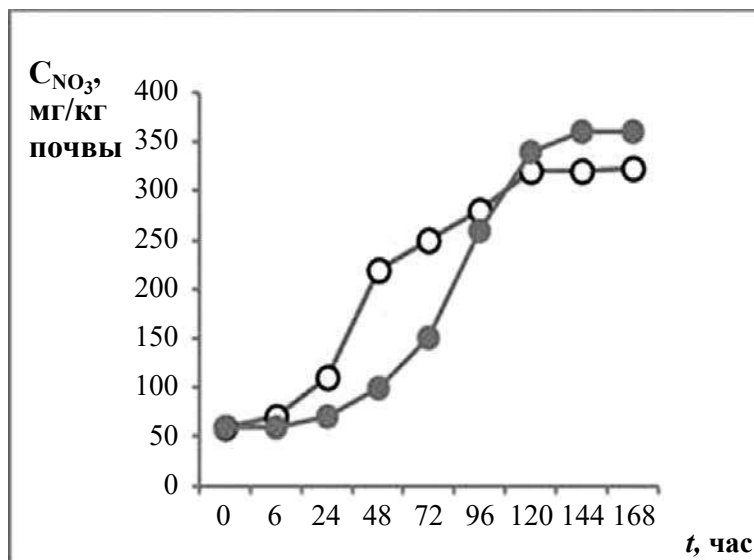


Рис. 2. Влияние глицина (затемненные точки) на кинетическую кривую нитрификации

## Выводы

Таким образом, кинетические исследования показали, что гидрохлорид хитозана и глицин ведут себя как ингибиторы нитрификации, но глицин раскрывает экологическую емкость на 8 %, когда гидрохлорид хитозана ее сокращает на 41 %.

## Литература

1. Практикум по агрохимии [под ред. И. В. Пустового]. – М.: Колос, 1995. – 336 с.
2. Аксенов Г. П. В. И. Вернадский о природе времени и пространства: Историческо-научное исследование / ИИЕТ им. С. И. Вавилова РАН. – М., 2006. – 392 с.
3. Винокуров И. Ю., Чернов О. С. Формирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия во Владимирском Ополье / Под редакцией доктора географических наук Б. И. Кочурова. – Москва: «Научная мысль»; ИНФРА-М, 2024. – 194 с. – DOI 10.12737/2113296. ISBN 978-5-16-019374-8.
4. Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. Часть 1 / НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». – Ижевск, 2002. – 232 с.

# СЕРНЫЙ БЕНТОНИТ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО В ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

М. Ю. Михайлова

Казанский государственный аграрный университет

420015, Казань, ул. К. Маркса, 65

E-mail: Marisha.m.u@mail.ru

**Резюме.** В статье излагается необходимость внесения серосодержащих удобрений в технологии возделывания кукурузы на зерно на серых лесных почвах Среднего Поволжья. По результатам отмечается увеличение высоты растений на 1 – 5 %, надземной массы – на 7 – 23 %, количества сформированных початков на одном растении – на 18 – 39 %, урожайности зерна – на 6 – 31 %. При возделывании кукурузы рекомендуется к внесению сульфат аммония 100 кг/га либо серный бентонит с нормами от 50 до 100 кг/га по фону NPK.

**Abstract.** The article describes the need to apply sulfur-containing fertilizers in the technology of corn cultivation for grain on gray forest soils of the Middle Volga region. According to the results, there is an increase in plant height by 1 – 5 %, above-ground mass by 7 – 23 %, the number of cobs formed per plant by 18 – 39 %, and grain yield by 6 – 31 %. When cultivating corn, it is recommended to apply ammonium sulfate 100 kg/ha, or sulfur bentonite with norms from 50 to 100 kg/ha according to the NPK background.

Кукуруза – требовательная культура к почвенному плодородию. Для получения высоких урожаев зерна необходимо вносить как минеральные, так и органические, и микроудобрения [1, 2]. Кукуруза нуждается в сере. При хорошей обеспеченности почв серой она лучше использует азот, у растений повышается устойчивость к патогенным организмам и стрессовым условиям. Дефицит серы проявляется в виде межжилкового пожелтения на молодых листьях, похожего на дефицит азота, при нехватке которого нижние листья кукурузы желтеют полностью [3, 4]. Почвы Республики Татарстан имеют низкую обеспеченность серой [5]. Поэтому аграрии предусматривают дополнительное внесение серы в составе с макроэлементами как основное и припосевное удобрение, а также как листовые подкормки [6, 7]. Кукуруза отзывчива на проведение листовых подкормок микроэлементами. В результате отмечается улучшение ростовых показателей, повышается продуктивность гибридов [8, 9]. Получаемые корма, при включении серы в систему питания кукурузы, сбалансированы по питательным элементам в рационе сельскохозяйственных животных [10]. В связи с этим опыты с серой в технологии возделывания кукурузы имеют особое значение для сельхозтоваропроизводителей республики.

Опыты закладывались в 2023 – 2024 годах на серых лесных почвах Республики Татарстан. Содержание гумуса по Тюрину – 4,4 %, подвижных форм фосфора и калия по Кирсанову – 377 и 124 мг/кг. Высевали раннеспелый гибрид Нур, включенный в Государственный реестр по Средневолжскому региону, универсального направления использования. Схема однофакторного опыта: контроль (фон  $N_{24}P_{24}K_{24}$ ); фон + серный бентонит 50 кг/га; фон + серный бентонит 100 кг/га; фон + серный бентонит 200 кг/га; фон + сульфат аммония (100 кг/га). Фоновое удобрение вносили под предпосевную культивацию 150 кг/га азофоски. Серосодер-

жащие удобрения вносили при посеве. Серный бентонит – это серосодержащее удобрение, состоящее на 70...75 % из природной глины, 30 % монтмориллонита и 2 % каолинита, карбоната натрия и кальция. Серы в удобрении 90 %.

Внесение серосодержащих удобрений повлияло на увеличение высоты растений (табл. 1). По вариантам опыта значения на удобренных фонах увеличились на 2,2 см (фон + серный бентонит 50 кг/га), 10,2 (фон + серный бентонит 100 кг/га), 5,5 (фон + серный бентонит 200 кг/га) и 9,0 (фон + сульфат аммония). Наибольшая высота растений сформировалась от внесения 100 кг/га серного бентонита. Надземная масса также увеличивалась на удобренных фонах с серными удобрениями. Прибавка от нормы серного бентонита 50 кг/га составила 7,2 %. При дальнейшем увеличении нормы серного бентонита вдвое надземная масса составила 58,40 т/га, что больше контрольного варианта на 5,86 т/га, или 11,2 %. Дальнейшее увеличение нормы внесения серного бентонита не приводило к ожидаемому росту надземной массы. Она составила 57,65 т/га, что меньше предыдущего варианта на 0,75 т/га. Наибольшая надземная масса была получена при внесении сульфата аммония. Прибавка показателя равна 13,54 т/га, или 25,8 %.

*Таблица 1. Высота растений и надземная масса в фазу восковой спелости (среднее за 2023 – 2024 гг.)*

| Варианты                          | Высота растений, см | Надземная масса, т/га |
|-----------------------------------|---------------------|-----------------------|
| контроль (фон NPK)                | 202,80              | 52,54                 |
| фон + серный бентонит 50 кг/га    | 205,00              | 56,32                 |
| фон + серный бентонит 100 кг/га   | 213,00              | 58,40                 |
| фон + серный бентонит 200 кг/га   | 208,30              | 57,65                 |
| фон + сульфат аммония (100 кг/га) | 211,80              | 66,08                 |
| среднее                           | 208,20              | 58,20                 |
| НСР <sub>05</sub>                 | 22,41               | 10,13                 |

К показателям структуры урожая кукурузы относятся предуборочная влажность, масса зерна с початка, количество початков на 1 растении (табл. 2). Наименьшая предуборочная влажность зерна к уборке отмечалась на контрольном варианте. С внесением серосодержащих удобрений отток влаги в растениях замедляется, поэтому влажность зерна оказалась выше. Самое влажное зерно было на варианте с сульфатаммонием – +3,9 %. Масса зерна с початка варьировала в пределах от 259,70 до 298,30 г с наименьшим значением от внесения 200 кг/га серного бентонита, наибольшим – на контроле. Причина такой реакции заключается в постепенном подкислении почвы от внесения серосодержащих удобрений и угнетении кукурузы, так как она относится к культурам, произрастающим на слабокислых, близко к нейтральным и нейтральных почвах с pH 5,6 – 7,2. Однако количество початков на одном растении, наоборот, было больше на вариантах с серосодержащими удобрениями: от 1,68 шт. на контроле до 2,58 шт. на варианте с сульфатаммонием.

Положительное влияние серосодержащих удобрений на посевы кукурузы проявляется в повышении урожайности (табл. 3). На контрольном варианте урожайность зерна гибрида Нур составила 3,58 т/га. При внесении 50 кг/га серного бентонита была получена прибавка урожайности 0,55 т/га, больше, чем на вариантах с нормой 100 и 200 кг/га. Здесь урожайность была получена в размере 3,82 и 4,01 т/га. Прибавка от серосодержащих удобрений составила 0,24 и 0,43 т/га. Наибольшая урожайность зерна у гибрида Нур была сформирована на варианте с сульфатом аммония – 4,85 т/га с прибавкой урожая 1,27 т/га, +35,5 %. Такая величина

урожайности была сформирована за счет большого количества сформированных початков на одном растении. В среднем урожайность зерна по изучаемым вариантам опыта составила 4,08 т/га, что больше контрольного варианта на 0,5 т/га. Статистическая проверка результатов исследований доказала их точность. НСР<sub>05</sub> по величине урожайности составила 0,62.

*Таблица 2. Показатели структуры урожая (среднее за 2023 – 2024 гг.)*

| Варианты                          | Влажность, % | Масса зерна с початка, г | Количество початков на 1 растений, шт. |
|-----------------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------------|
| контроль (фон NPK)                | 19,60        | 298,30                   | 1,68                                   |
| фон + серный бентонит 50 кг/га    | 21,20        | 261,70                   | 2,30                                   |
| фон + серный бентонит 100 кг/га   | 22,40        | 270,90                   | 2,10                                   |
| фон + серный бентонит 200 кг/га   | 22,00        | 259,70                   | 2,30                                   |
| фон + сульфат аммония (100 кг/га) | 23,50        | 276,90                   | 2,58                                   |
| среднее                           | 21,74        | 273,50                   | 2,19                                   |
| НСР <sub>05</sub>                 | 3,50         | 35,01                    | 0,19                                   |

*Таблица 3. Урожайность зерна (среднее за 2023 – 2024 гг.), т/га*

| Варианты                          | Урожайность, т/га | Прибавка урожайности, т/га |
|-----------------------------------|-------------------|----------------------------|
| контроль (фон NPK)                | 3,58              | –                          |
| фон + серный бентонит 50 кг/га    | 4,13              | 0,55                       |
| фон + серный бентонит 100 кг/га   | 3,82              | 0,24                       |
| фон + серный бентонит 200 кг/га   | 4,01              | 0,43                       |
| фон + сульфат аммония (100 кг/га) | 4,85              | 1,27                       |
| среднее                           | 4,08              | –                          |
| НСР <sub>05</sub>                 | 0,62              |                            |

## Выводы

Внесение серосодержащих удобрений по фону NPK в посевах кукурузы на зерно в виде сульфата аммония, серного бентонита приводит к увеличению высоты растений на 2,2 – 10,2 см, надземной массы – на 3,78 – 13,54 т/га. Предуборочная влажность зерна увеличивается при улучшении условий питания за счет уменьшения оттока влаги и увеличения периода вегетации кукурузы. Масса зерна с початка не увеличивалась на вариантах с серой за счет постепенного подкисления почвы. Формирование початков на одном растении отмечается больше при внесении сульфат аммония – +0,9 шт. Увеличение урожайности зерна происходит на всех вариантах с серой, особенно с сульфатом аммония. Прибавка урожайности составила 6 – 31 %.

## Литература

1. Роль макро- и микроудобрений в повышении урожайности и качества зеленой массы кукурузы на серых лесных почвах Республики Татарстан / М. Ю. Михайлова, М. Ю. Гилязов, Р. М. Низамов, Г. С. Миннуллин // Вестник Курганской ГСХА. – 2023. – № 2 (46). – С. 34 – 41. – EDN LSBUKK.

2. Продуктивность кукурузы Росс 140 в зависимости от уровня химизации зональных почв Республики Татарстан / Ф. Н. Сафиоллин, М. М. Хисматуллин, А. А. Лукманов [и др.] // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. – 2023. – № 115. – С. 199 – 223. – DOI 10.19047/0136-1694-2023-115-199-223. – EDN CQVABU.
3. Эффективное применение минеральных удобрений компании «Фосагро-регион» в агроценозах кукурузы на серых лесных почвах Брянской области / В. В. Мамеев, О. А. Нестеренко, А. В. Дронов [и др.] // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 2 (90). – С. 14 – 21. – DOI 10.52691/2500-2651-2022-90-2-14-21. – EDN XXLOJH.
4. Никитишен В. И. Сера в питании кукурузы на серой лесной почве ополья Центральной России / В. И. Никитишен, В. И. Личко // Агрохимия. – 2011. – № 9. – С. 51 – 54. – EDN OFRNHN.
5. Габитов Р. Х. Приемы повышения продуктивности зональных почв Республики Татарстан / Р. Х. Габитов // Агрохимический вестник. – 2024. – № 1. – С. 98 – 102. – DOI 10.24412/1029-2551-2024-1-017. – EDN AVSBUZ.
6. Зиганшин А. А. Влияние жидких органоминеральных удобрений на урожайность, качество зерновой продукции кукурузы и динамику выноса питательных элементов из почвы / А. А. Зиганшин, Р. И. Сафин // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2025. – Т. 4. – № 1 (13). – С. 29 – 35. – DOI 10.12737/2782-490X-2025-29-35. – EDN NMTVWU.
7. Яхин И. Ф. Влияние агрономических и агрохимических факторов на продуктивность орошаемой гибридной кукурузы Росс 140 СВ в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан / И. Ф. Яхин // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2024. – № 4 (12). – С. 52 – 58. – DOI 10.12737/2782-490X-2024-52-58. – EDN LRYDNT.
8. Таланов И. П. Отзывчивость гибридов кукурузы на внесение расчетных доз минеральных удобрений в условиях Предволжья РТ / И. П. Таланов, М. Ю. Михайлова, Л. З. Каримова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 10. – № 2 (36). – С. 123 – 127. – DOI 10.12737/12516. – EDN VJTKPF.
9. Зиганшин А. А. Особенности формирования урожая кукурузы на зерно при использовании некорневой подкормки органоминеральными удобрениями / А. А. Зиганшин, Р. И. Сафин // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2024. – № 3 (11). – С. 28 – 33. – DOI 10.12737/2782-490X-2024-28-33. – EDN AOSEGK.
10. Михайлова М. Ю. Приемы и тенденции возделывания кукурузы на кормовые цели в регионах Российской Федерации / М. Ю. Михайлова // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. – № 1 (1). – С. 18 – 21. – DOI 10.12737/-2022-1-1-18-21. – EDN ETRMIN.

# ГЛОБАЛЬНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА, ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭКОСИСТЕМЫ

УДК 633.11

## КОНКУРСНОЕ СОРТОИСПЫТАНИЕ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В ФГБНУ «ВЕРХНЕВОЛЖСКИЙ ФАНЦ»

**О. А. Фенова, Е. В. Викулина, С. А. Булатова**

ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»

ул. Центральная, д. 3, п. Новый, Суздальский р-н, Владимирская обл.,

Российская Федерация, 601261

E-mail: mail@vnish.org

**Резюме.** *Представлены результаты многолетнего конкурсного сортоиспытания сортов, созданных в результате сотрудничества ФГБНУ «Верхневолжского ФАНЦ» с РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» по селекции яровой мягкой пшеницы. Урожайность совместно созданных сортов яровой мягкой пшеницы: Сударыня, Каменка, Ладья, Виталия, хозяйственно-ценные признаки и устойчивость к болезням за 10 лет исследований.*

**Ключевые слова.** *Яровая мягкая пшеница, конкурсное испытание, погодные условия, селекция, сорт, урожайность, болезни, устойчивость к полеганию, период вегетации.*

Современная стратегия селекции зерновых культур предусматривает создание сортов с комплексной устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессорам, с хорошим качеством зерна; направлена на повышение адаптивного потенциала и расширение ареала возделывания сортов [1]. Преимуществом сортов широкого ареала является сочетание высокой потенциальной продуктивности с устойчивостью к лимитирующим факторам среды [3].

Одним из важнейших направлений в создании сортов с высокой адаптационной способностью является селекция на устойчивость к полеганию. В производстве она наблюдается в годы с достаточным и избыточным увлажнением, когда формируется максимальный урожай, получить который можно только с неполеглых хлебов. В качестве радикального средства в борьбе с полеганием является создание сортов с укороченной и крепкой соломиной. Растения с коротким и прочным стеблем меньше полегают от избытка влаги в почве, ливневых дождей и ветра, внесения удобрений [2].

Выращивание сортов, устойчивых к болезням, значительно увеличивает урожайность, особенно в годы с переизбытком влаги и по технологиям, не предусматривающим обработку посевов фунгицидами, снижает себестоимость продукции и улучшает экологическую ситуацию местности [4].

Целью работы является изучение лучшего селекционного материала на этапе конкурсного испытания в процессе создания и отбора новых сортов с высоким потенциалом продуктивности, хорошим качеством зерна, с широким ареалом распространения для дальнейшей передачи на государственное сортоиспытание.

**Условия, материалы и методика исследования.** Исследования по селекции яровой пшеницы проводились на опытных полях в Суздале и Жодино в рамках творческого сотrud-

ничества между РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» и ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», подбор компонентов для гибридизации осуществлялся в Беларуси. Отобранные лучшие генотипы испытывались в дальнейшем по схеме селекционного процесса. Выделенные лучшие селекционные линии в результате конкурсного сортоиспытания передавались на государственное сортоиспытание в России и Беларуси.

Почвенно-климатические условия Владимирской области в целом считаются благоприятными для ведения зернового хозяйства. Распределение осадков в течение вегетационного периода неравномерное, характеризующееся колебанием температурного режима и чаще всего недостатком или избытком влаги в почве в различные периоды роста и развития растений.

Питомники конкурсного испытания размещались на серых лесных среднесуглинистых почвах Владимирского Ополя. Содержание гумуса по полям варьирует от 3,1 до 3,6 %;  $P_2O_5$  – от 207 до 362 мг/кг почвы;  $K_2O$  – от 75 до 124 мг/кг почвы,  $pH_{\text{сол.}}$  – от 5,2 до 5,6. Предшественник – чистый пар.

Стандартом в опыте был сорт Сударыня, включенный в Реестры охраняемых селекционных достижений и допущенных к использованию по 2, 3 и 4 регионам РФ и Республике Беларусь. Схема селекционно-семеноводческого процесса – общепринятая для самоопыляющихся культур.

В «Верхневолжском ФАНЦ» селекция ведется с использованием технологии, традиционной для большинства зерносеющих хозяйств центральных районов Нечерноземья. В технологии выращивания не предусматривается применение фунгицидов и ретардантов, так как ведется селекция на устойчивость к болезням и полеганию.

Учеты, анализы, оценки, фенологические наблюдения и обработка материала в селекционных питомниках проводились согласно методикам [5, 6, 7].

**Результаты и обсуждение.** Первым результатом совместного научного сотрудничества ФГБНУ «Верхневолжского ФАНЦ» с РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» стал сорт яровой мягкой пшеницы Сударыня, включенный в Реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по 2, 3, 4 регионам РФ и Беларуси в 2012 – 2013 гг.

Сорт Сударыня – высокопродуктивный, среднеинтенсивный, среднеранний, с высокой устойчивостью к полеганию и болезням, по технологическим показателем зерна относится к ценным пшеницам. В конкурсном сортоиспытании ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», наибольшая урожайность у сорта Сударыня была сформирована в 2016 году – 54,6 ц/га (табл. 1). В среднем за 10 лет исследований урожайность сорта Сударыня составила 35,2 ц/га, что на 1,4 ц/га выше сорта Дарья, используемого в конкурсном сортоиспытании в качестве индикатора поражаемости болезнями и устойчивости к полеганию (табл. 1).

В 2019 г. в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, были включены новые сорта: Каменка – по 3, 4 регионам и Ладья – по 2, 3, 4 регионам РФ и Республике Беларусь.

Сорт Каменка предназначен для экстенсивных и ресурсосберегающих технологий, стрессовоустойчив в неблагоприятных природных и технологических условиях. За годы испытаний прибавка урожайности к стандарту варьировала от +0,2 до 8,2 ц/га, и лишь один год была ниже стандарта. Средняя урожайность сорта Каменка за 10 лет составила 38,3 ц/га, что на 3,1 ц/га выше стандарта. Наиболее высокая прибавка наблюдалась в 2018 г. и составила 8,2 ц/га.

Сорт Ладья интенсивного типа, отличается высокой урожайностью при возделывании на интенсивном фоне, с высоким качеством зерна, повышенной устойчивостью к полеганию и болезням. Средняя урожайность сорта Ладья составила 37,7 ц/га, что на 2,5 ц/га выше стандарта. Наибольшая прибавка урожайности была получена в 2014 г. и составила 12,9 ц/га, год был благоприятным для произрастания по влагообеспеченности.

Таблица 1. Урожайность совместно созданных сортов в конкурсном сортоиспытании  
ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», ц/га (2014 – 2023 гг.)

| Годы<br>испытания                        | Сорт/Урожайность, ц/га |       |                              |      |       |       |         |       | НСР <sup>05</sup> ,<br>ц/га |
|------------------------------------------|------------------------|-------|------------------------------|------|-------|-------|---------|-------|-----------------------------|
|                                          | Судары-<br>ня, St.     | Дарья | Каменка                      |      | Ладья |       | Виталия |       |                             |
|                                          |                        |       | Отклонение, +/- от St., ц/га |      |       |       |         |       |                             |
| 2014                                     | 29,6                   | 37,3  | 37,2                         | +7,6 | 42,5  | +12,9 | —       | —     | 3,3                         |
| 2015                                     | 34,3                   | 31,0  | 41,6                         | +7,3 | 38,0  | +3,7  | 34,7    | -0,4  | 3,6                         |
| 2016                                     | 54,6                   | 35,7  | 54,8                         | +0,2 | 52,4  | -2,2  | 70,4    | +15,8 | 3,3                         |
| 2017                                     | 49,7                   | 40,3  | 53,8                         | +4,1 | 51,1  | +1,4  | 54,8    | +5,1  | 3,5                         |
| 2018                                     | 29,4                   | 23,8  | 37,6                         | +8,2 | 30,1  | +0,7  | 35,6    | +6,2  | 3,1                         |
| 2019                                     | 27,7                   | 23,1  | 30,6                         | +2,9 | 31,8  | +4,1  | 32,5    | +4,8  | 3,0                         |
| 2020                                     | 45,1                   | 42,6  | 46,1                         | +1,0 | 48,5  | +3,4  | 50,8    | +5,7  | 3,6                         |
| 2021                                     | 22,0                   | 20,5  | 23,1                         | +1,1 | 15,4  | -6,6  | 22,6    | +0,6  | 5,0                         |
| 2022                                     | 16,9                   | 15,0  | 14,1                         | -2,8 | 20,7  | +3,8  | 17,1    | +0,2  | 3,5                         |
| 2023                                     | 42,2                   | 47,3  | 44,5                         | +2,3 | 46,0  | +3,8  | 49,5    | +7,3  | 3,51                        |
| среднее                                  | 35,2                   |       | 38,3                         | —    | 37,7  | —     | 40,9    | —     | —                           |
| Отклонение, +/- от<br>среднего St., ц/га | —                      |       | +3,1                         |      | +2,5  |       | +5,7    |       | —                           |

Сорт Виталия – сорт интенсивного типа, среднеранний, короткостебельный, высокопродуктивный, устойчив к полеганию и болезням. В 2022 г. сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по 2 региону РФ. Сорт Виталия за годы испытаний по урожайности превысил стандарт на 5,7 ц/га, который сформировал среднюю урожайность 40,9 ц/га. Максимальная урожайность была достигнута в 2016 году и составила 70,4 ц/га.

Новые перспективные сорта обладали рядом хозяйственно-полезных признаков. По длине вегетационного периода все сорта относятся к среднеранним или среднеспелым группам пшениц с длиной вегетационного периода, требуемого для созревания пшеницы в Центральном Нечерноземье РФ. В среднем за десять лет этот показатель варьировал от 85 до 90 дней и зависел от погодных условий (таблица 2).

Таблица 2. Хозяйственно-ценные признаки новых сортов яровой пшеницы,  
ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» (2014 – 2023 гг.)

| Сорт          | Годы исследований                              |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Среднее<br>по годам |
|---------------|------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------|
|               | 2014                                           | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |                     |
|               | Количество дней вегетационного<br>периода, дни |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                     |
| Сударыня, St. | 96                                             | 88   | 89   | 107  | 79   | 88   | 84   | 68   | 68   | 89   | 86                  |
| Дарья         | 97                                             | 88   | 91   | 110  | 87   | 87   | 86   | 71   | 70   | 93   | 88                  |
| Каменка       | 96                                             | 88   | 89   | 107  | 78   | 88   | 84   | 68   | 67   | 87   | 85                  |
| Ладья         | 100                                            | 92   | 95   | 112  | 82   | 92   | 86   | 72   | 72   | 95   | 90                  |
| Виталия       | –                                              | 89   | 92   | 109  | 80   | 89   | 86   | 71   | 69   | 92   | 86                  |
|               | Высота растений, см                            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                     |
| Сударыня, St. | 63                                             | 70   | 95   | 105  | 73   | 65   | 87   | 59   | 46   | 95   | 76                  |
| Дарья         | 66                                             | 65   | 86   | 95   | 76   | 60   | 90   | 57   | 50   | 100  | 75                  |
| Каменка       | 65                                             | 80   | 96   | 108  | 84   | 75   | 93   | 61   | 55   | 100  | 82                  |
| Ладья         | 65                                             | 65   | 93   | 99   | 76   | 61   | 85   | 57   | 60   | 93   | 75                  |
| Виталия       | –                                              | 68   | 91   | 92   | 78   | 63   | 80   | 59   | 58   | 90   | 75                  |



| Сорт          | Годы исследований |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Среднее по годам |
|---------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|
|               | 2014              | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |                  |
|               | Полегание, балл   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                  |
| Сударыня, St. | 9                 | 8,5  | 8,8  | 9    | 9    | 9    | 7    | 9    | 9    | 8    | 8,6              |
| Дарья         | 9                 | 8,5  | 8,8  | 9    | 9    | 9    | 8    | 9    | 9    | 8,5  | 8,8              |
| Каменка       | 9                 | 8    | 8,8  | 9    | 9    | 8,5  | 6    | 9    | 9    | 8    | 8,4              |
| Ладья         | 9                 | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    | 8,5  | 8,9              |
| Виталия       | –                 | 9    | 9    | 9    | 9    | 8,5  | 5    | 9    | 9    | 9    | 8,5              |

По высоте растений все сорта находились на уровне стандарта Сударыня, за исключением сорта Каменка, длина соломины которого составляла 82 см, но при этом не проявлялась высокая склонность к полеганию. Устойчивость к полеганию в среднем за десять лет испытаний у сортов варьировала от 8,4 до 8,9 балла, у стандарта – 8,6 балла.

В конкурсном сортоиспытании особенно внимание уделялось оценке устойчивости к болезням, что немаловажно в формировании урожайности яровой пшеницы. Интенсивность болезней учитывалась при поражении листьев (мучнистая роса, бурая и желтая ржавчина, септориоз) и стебля (стеблевая ржавчина). По результатам исследований представлена оценка распространения и интенсивности поражения, выраженная в процентном соотношении (табл. 3).

Таблица 3. Устойчивость к болезням новых сортов в КСИ,  
ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» (2014 – 2023 гг.)

| Сорт                   | Годы исследований |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                        | 2014              | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Поражение болезнями, % |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Мучнистая роса         |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Сударыня, St.          | 0                 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Дарья                  | 0                 | 0    | 40   | 0    | 0    | 15   | 25   | 10   | 20   | 40   |
| Каменка                | 0                 | 0    | 25   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Ладья                  | 0                 | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 10   | 10   |
| Виталия                | –                 | 0    | 10   | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 10   | 5    |
| Бурая ржавчина         |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Сударыня, St.          | 10                | 25   | 25   | 15   | 40   | 25   | 15   | 15   | 15   | 25   |
| Дарья                  | 45                | 60   | 60   | 25   | 40   | 60   | 15   | 25   | 25   | 80   |
| Каменка                | 15                | 5    | 1    | 15   | 20   | 25   | 1    | 5    | 15   | 60   |
| Ладья                  | 10                | 45   | 15   | 5    | 20   | 1    | 5    | 1    | 5    | 40   |
| Виталия                | –                 | 5    | 1    | 1    | 10   | 1    | 5    | 5    | 1    | 10   |
| Стеблевая ржавчина     |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Сударыня, St.          | 5                 | 25   | 15   | 5    | 15   | 15   | 15   | 0    | 0    | 0    |
| Дарья                  | 25                | 60   | 60   | 25   | 25   | 25   | 45   | 0    | 0    | 0    |
| Каменка                | 1                 | 15   | 10   | 15   | 15   | 15   | 10   | 0    | 0    | 0    |
| Ладья                  | 1                 | 45   | 15   | 1    | 5    | 5    | 5    | 0    | 0    | 0    |
| Виталия                | –                 | 25   | 5    | 1    | 5    | 5    | 5    | 0    | 0    | 0    |
| Желтая ржавчина        |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Сударыня, St.          | 0                 | 0    | 0    | 0    | 25   | 0    | 25   | 0    | 0    | 0    |
| Дарья                  | 0                 | 0    | 0    | 0    | 5    | 0    | 25   | 0    | 0    | 0    |
| Каменка                | 0                 | 0    | 0    | 0    | 5    | 0    | 5    | 0    | 0    | 0    |
| Ладья                  | 0                 | 0    | 0    | 0    | 15   | 0    | 25   | 0    | 0    | 0    |

| Сорт                          | Годы исследований |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                               | 2014              | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| <b>Поражение болезнями, %</b> |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Виталия                       | –                 | 0    | 0    | 0    | 10   | 0    | 15   | 0    | 0    | 0    |
| <b>Септориоз</b>              |                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Сударыня, St.                 | 15                | 0    | 0    | 5    | 0    | 0    | 5    | 0    | 0    | 10   |
| Дарья                         | 15                | 0    | 0    | 25   | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 10   |
| Каменка                       | 15                | 0    | 0    | 5    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 10   |
| Ладья                         | 15                | 0    | 0    | 5    | 0    | 0    | 15   | 0    | 0    | 10   |
| Виталия                       | –                 | 0    | 0    | 5    | 0    | 0    | 5    | 0    | 0    | 5    |

За годы испытания сорта поражались мучнистой росой от 1 до 25 %. Поражение бурой ржавчиной наблюдалось от 1 до 60 %, стеблевой ржавчиной – от 1 до 45 %, желтой ржавчиной – от 5 до 25 % и септориозом – от 1 до 15 % в отдельные годы в зависимости от погодных условий.

## Выводы

Таким образом, в конкурсном сортоиспытании на протяжении десяти лет (2013 – 2023 гг.) проводились наблюдения и оценки созданных в результате плодотворного сотрудничества Верхневолжского ФАНЦ и НПЦ НАН Беларуси по земледелию в 2013 – 2023 гг. новых сортов яровой пшеницы. Сорта с высоким потенциалом продуктивности, хорошими технологическими качествами зерна, предназначенные для широкого ареала возделывания, по результатам конкурсного испытания в Верхневолжском ФАНЦ передавались на государственное сортоиспытание.

Среди изучаемых сортов высокой адаптивной способностью характеризовались сорта Сударыня и Ладья, включенные в госреестры Беларуси и России. В группу ценных по качеству зерна отнесен сорт Сударыня. Все совместно созданные сорта отличаются устойчивостью к полеганию, поражению мучнистой росой, бурой и стеблевой ржавчиной, септориозом, сорт Виталия – повышенной устойчивостью к фузариозу колоса. Сорт Каменка отличался повышенной засухоустойчивостью, сорт Ладья – высокой устойчивостью к полеганию.

Все сорта находятся в Госреестре сортов, допущенных к использованию, и по настоящее время востребованы в производстве.

## Литература

1. Неттевич Э. Д. Селекция и семеноводство яровых зерновых культур // Избранные труды. – М.: Немчиновка, 2008. – С. 24 – 26.
2. Игнатьева Г. В. Селекция яровой мягкой пшеницы в условиях Владимирского ополья // Владимирский земледелец. – 2015. – № 2. – С. 39 – 41.
3. Гриб С. И. Стратегия и приоритеты селекции зерновых культур в Беларуси / С. И. Гриб // Современные тенденции в научном обеспечении АПК Верхневолжского региона: в т. 2 / Верхневолж. Аграр. Науч. центр; редкол.: Л. И. Нятин [и др.]. – Иваново, 2018 – Т. 1. – С. 467 – 476.
4. Игнатьева Г. В., Фенова О. А., Булатова С. А., Викулина Е. В. Влияние климатических условий Владимирского Ополя на формирование урожайности новых перспективных сортов мягкой яровой пшеницы // Владимирский земледелец. – 2022. – № 4 (102). – С. 52 – 58.
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 1991. – Т. 1, 2.
6. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность // Бюллетень ГК РФ по испытанию и охране селекционных достижений. – М., 1995. – № 4. – 180 с.
7. Методические указания ВНИИР. – М., 1999. – 160 с.

# ПРИМЕНЕНИЕ ИОТ-СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ФАР ДЛЯ ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОГО БАЛАНСА АГРОЭКОСИСТЕМ

И. А. Серёгин

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева  
Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49  
iseregin@rgau-msha.ru

**Резюме.** В статье приведен подход к оценке динамики ФАР по данным измерения спектральных характеристик по результатам мониторинга ФАР на агроэкологическом стационаре РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева.

**Abstract.** The article presents an approach to assessing the dynamics of FAR based on data from measurements of spectral characteristics obtained from monitoring FAR at the agroecological station of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy.

Одним из ключевых факторов, влияющих на продуктивность агроэкосистем, является фотосинтетически активная радиация. Описано множество локальных моделей ФАР, основанных на эмпирических корреляциях между радиометрическими и метеорологическими параметрами.

Несмотря на широкое применение, точные данные по ФАР довольно тяжело получить в свободном доступе, т. к. для ее измерения необходимы дорогостоящие сенсоры, а имеющиеся в свободном доступе данные чаще всего представляют собой оценку малой точности по данным дистанционного зондирования [1, 2].

Исследование проводилось в октябре 2024 года на территории агроэкологического стационара Полевой опытной станции РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева. Измерение ФАР осуществлялось с применением профессионального квантового датчика компании Li-Core LI-190 SB и прототипа IoT-устройства с сенсорами ASM AS7262 и AS 7263.

Прототип устройства выполнен на базе микроконтроллера ESP32C3, который поддерживает такие протоколы передачи данных, как Wi-Fi и Bluetooth. ASM AS7262 и AS 7263 представляют собой 6-канальные спектральные сенсоры, измеряющие интенсивность света в диапазоне 400 – 860 нм [1].

Для улучшения условий регистрации спектральных характеристик и минимизации угловых искажений, связанных с ограничениями спектральных сенсоров, в конструкцию была интегрирована линза Френеля. Данный оптический элемент предназначен для фокусировки и коррекции направления падающего излучения: он собирает световые лучи, поступающие под различными углами, и преобразует их в пучок с близким к параллельному направлению.

При сравнении суточной динамики ФАР за октябрь 2024 года отчетливо прослеживается высокая степень сходства между показателями, зарегистрированными стандартным датчиком LI-190SB и прототипом IoT-устройства. Обе кривые демонстрируют практически совпадающие тенденции изменения интенсивности ФАР в течение суток, включая характерные пики в дневное время и снижение значений в ночные часы. Статистический анализ показал линейную зависимость плотности потока фотонов от цифровых значений IoT-устройства  $R^2 = 0,89$  (рис. 1).

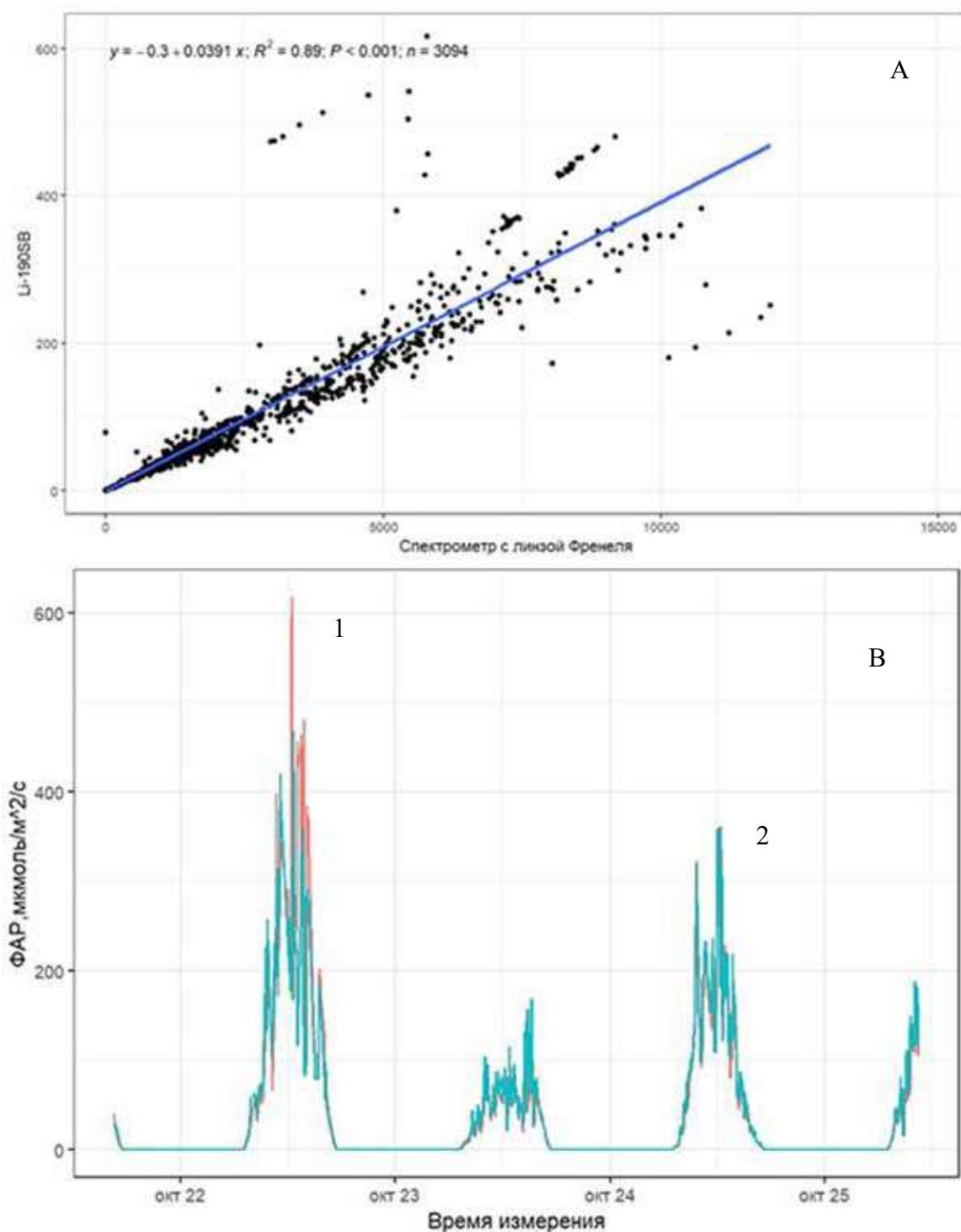


Рисунок 1. А – Диаграмма рассеивания плотности фотонов ( $\mu\text{моль}/\text{м}^2/\text{с}$ ) от цифровых значений спектрометра. Б – Динамика ФАР.  
1 – Li-190SB, 2 – прототип IoT-устройства

## Литература

1. Александров Н. А. Мониторинг фенофаз яровой пшеницы с помощью беспроводных сетей спектрометров / Н. А. Александров, И. А. Серегин // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 135-летию со дня рождения А. Н. Костякова: сборник статей, Москва, 6 – 8 июня 2022 года. Том 1. – Москва: Российский го-

сударственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2022. – С. 110 – 113. – EDN TNVASS.

2. Развитие IoT-систем агроэкологического мониторинга для поддержки принятия решений по оптимизации выбора сортов и агротехнологий / И. И. Васенев, А. М. Ярославцев, Р. Валентини и др. // Доклады ТСХА. – 2021. – С. 412 – 415.

3. LiCore Li 190SB Quantum Sensor Manual, 2015. – с. 54.

4. Sergey Kucheryavskiy, *mdatools – R package for chemometrics*, Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, Volume 198, 2020 <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2020.103937>.

5. Wane, O.; Ramírez Ceballos, J. A.; Ferrera-Cobos, F.; Navarro, A. A.; Valenzuela, R. X.; Zarzalejo, L. F. Comparative Analysis of Photosynthetically Active Radiation Models Based on Radiometric Attributes in Mainland Spain. Land 2022, 11, 1868. <https://doi.org/10.3390/land11101868>.

УДК 631.95

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВНУТРИСЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ВАЛОВОЙ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ПОСЕВОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

Н. А. Александров, А. М. Ярославцев

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: alexandrov\_na@rgau-msha.ru

**Резюме.** В статье рассматриваются результаты сезонного мониторинга продукционного процесса ярового ячменя методом турбулентных пульсаций с учетом пространственной неоднородности посевов. Пространственная неоднородность по общей продуктивности ячменя была выявлена в фазу цветения, где в высокопродуктивной зоне накапливалось примерно  $7.5 \text{ мкмоль } \text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ , а на низкопродуктивном участке – порядка  $5 - 5.5 \text{ мкмоль } \text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ .

**Abstract.** The article discusses the results of seasonal monitoring of the production process of spring barley by the method of turbulent pulsations, taking into account the spatial heterogeneity of crops. Spatial heterogeneity in the overall productivity of barley was revealed during the flowering phase, where about  $7.5 \text{ mmol of } \text{Co}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  accumulated in the highly productive zone, and about  $5 - 5.5 \text{ mmol of } \text{co}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  accumulated in the low-productive area.

Неоднородные колебания климатических факторов в последние годы порождают потребность в комплексном подходе к изучению и моделированию структурных и функциональных характеристик агроэкосистем и их продуктивности. Чаще всего для этого используются данные дистанционного зондирования (ДДЗ) [2], однако в виду того, что подобные модели плохо поддаются верификации в полевых условиях (трудоемко, затратно и не всегда возможно реализовать), в качестве альтернативы для динамической оценки первичной продуктивности посевов предлагается применение метода турбулентных пульсаций (МТП), который помогает отследить, насколько эффективно посевы реагируют на изменения микроклиматических параметров и как варьируется их продуктивность в пространстве и времени.

Для сельскохозяйственных полей характерна значительная гетерогенность: неровный рельеф, варьирование почвенных характеристик, разный уровень выполнения агротехнологических операций и различия в наступлении фенологических фаз развития выращиваемых культур. Всё это приводит к тому, что продуктивность посевов может сильно различаться даже в пределах одного поля. Поэтому экологическая оценка «усреднённой» продуктивности без учёта пространственного разнообразия способна исказить реальную картину. Метод турбулентных пульсаций в сочетании с проксимальным зондированием биомассы может помочь не только определить общую величину потока  $\text{CO}_2$ , но и дополнительно оценить общую первичную продуктивность (GPP) и экосистемное дыхание (Reso) в ходе вегетации культур [3].

Главное преимущество метода турбулентных пульсаций – возможность получать интегральную оценку обменных процессов (дыхание растений, фотосинтез) на уровне экосистем без применения трудоёмких и зачастую деструктивных методов. Однако на результаты измерений сильно влияет пространственное расположение и неоднородность источников (или стоков) потока внутри «зоны охвата» оборудования. Именно здесь встает вопрос об определении футпринта – области поверхности, вклад которой формирует сигнал, измеряемый датчиками. Моделирование футпринтов, особенно в двухмерном (2D) варианте, даёт инструмент для уточнения, из какого сектора поля и на каком расстоянии поступает вклад в поток. Данный комплексный подход к оценке пространственной и временной неоднородности продукционного процесса позволит повысить точность моделирования продуктивности сельскохозяйственных культур [4, 5].

Исследование проводилось в 2023 году на Полевой опытной станции РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева. Участок площадью 1.5 га находится в зоне умеренного континентального климата с ярко выраженной сезонностью. Среднегодовая температура воздуха за период 1990 – 2020 годов составляет около 6.3 °C, с минимальной температурой в январе –6.2 °C и максимальной в июле, когда средняя температура достигает 19.7 °C. Продолжительность вегетационного периода может достигать до 175 дней (с середины апреля до начала октября) [1].

Потоки  $\text{CO}_2$  в исследуемой агроэкосистеме оценивались методом турбулентных пульсаций на высоте 2.6 м. В комплект приборов входили: трехкомпонентный ультразвуковой анемометр (CSAT-3, Campbell Scientific Inc., USA) и закрытый инфракрасный газоанализатор (RGA, LI-7200, Li-COR Inc., USA). Потоки измерялись с частотой 10 Гц и фиксировались с помощью даталоггера (CR1000, Campbell Scientific Inc., USA) [4], а затем данные усреднялись на получасовой период. Первичная обработка высокочастотных (10 Гц) данных для расчета получасовых потоков  $\text{CO}_2$  проводилась с использованием стандартного программного обеспечения EddyPro ver 7.0.8 в соответствии с общепринятыми методиками. Дальнейшая постобработка данных проводилась с использованием пакета REddyProc для языка R, реализующего стандартизированные процедуры [6].

Для исключения данных NEE, собранных в периоды недостаточной турбулентности (преимущественно ночью), когда наблюдается систематическое занижение потоков дыхания, определялся пороговый критерий по скорости трения ( $u^*$ ). Порог  $u^*$  оценивался для каждого получасового промежутка на основе анализа зависимости ночного NEE (при Глобальной радиации ( $R_g$ ) < 10 Вт/м<sup>2</sup>) от  $u^*$ , используя метод скользящей точки, реализованный в REddyProc [4].

Пропуски в получасовых данных NEE, возникшие из-за технических сбоев процедур оценки качества или  $u^*$ -фильтрации, заполнялись с использованием метода MDS [4]. Этот метод использует ковариацию потоков с метеорологическими переменными ( $R_g$ , температура воздуха ( $T_{air}$ ), дефицит давления водяного пара (VPD)) и временную автокорреляцию данных (средний суточный ход). Заполнение проводилось для временных рядов NEE, отфильтрованных с использованием 5 %, 50 % и 95 % квантилей порога  $u^*$ . Этим же методом заполнялись

возникавшие пропуски в метеорологических данных ( $R_g$ ,  $R_n$  (Net Radiation), PPFD (PAR),  $T_{soil}$  (температура почвы),  $T_{air}$ , VPD, LE, H).

Поток  $CO_2$  (NEE) разделялся на валовую первичную продукцию (Gross Primary Production, GPP) и дыхание экосистемы (Ecosystem Respiration, Reco) по формуле:  $NEE = Reco - GPP$ . Для этого использовался метод, основанный на аппроксимации дневных данных NEE с помощью модели световой кривой [4, 6]. Благодаря чему получались независимые оценки GPP и Reco для двух наборов данных, собранных с двух разных площадей внутри поля: с высокой плотностью (продуктивностью) биомассы и с низкой. Продуктивность биомассы ячменя оценивалась через аппроксимацию индекса листовой поверхности (LAI), измеряемого каждую неделю вегетационного периода, начиная с фазы кущения.

Для определения площади поверхности, вносящей основной вклад в поток  $CO_2$ , проводился анализ футпринтов по математической модели, предложенной Kljun et al. [5]. Эта модель позволяет оценить не только протяженность, но ширину и форму зоны влияния для значительного диапазона условий пограничного слоя и высот измерений [5]. Рассчитывались 80 % контуры зоны влияния для каждого получасового интервала в течение всего периода измерений. С помощью модели оценивалась доля потока, попадающая в зоны с различной плотностью биомассы ярового ячменя.

По результатам разделения общего массива данных на GPP и Reco по зонам с различной продуктивностью была получена общая суточная динамика валовой продуктивности по фенофазам (рис. 1).

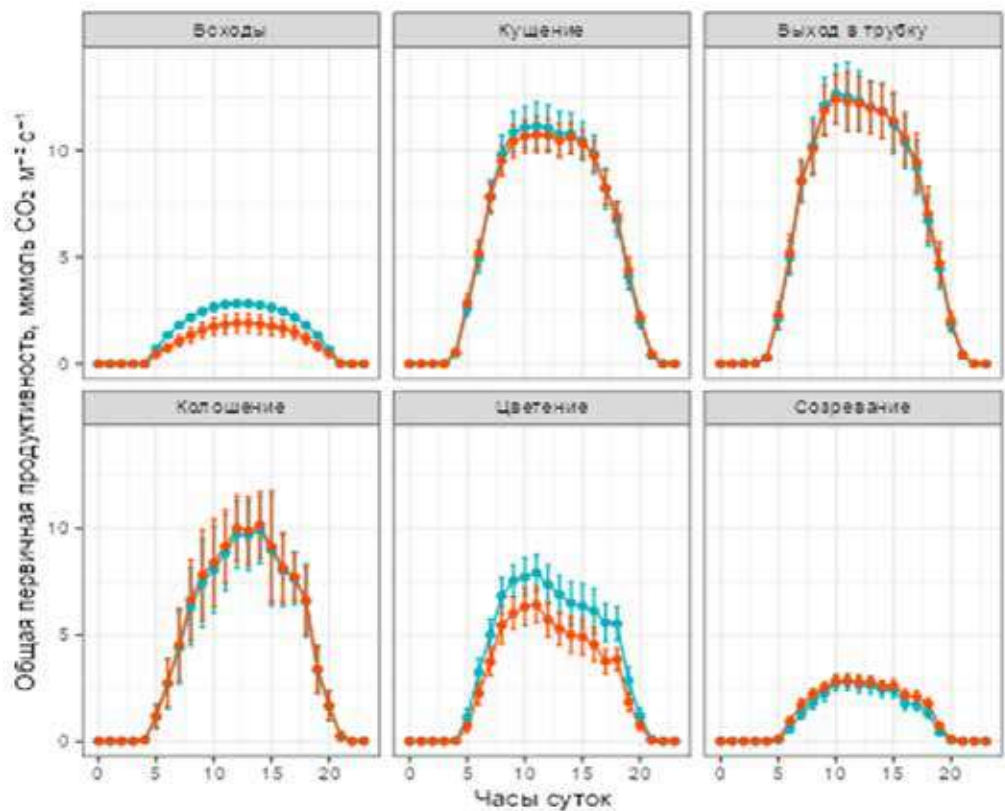


Рисунок 1. Общая динамика GPP за вегетационный период (синяя линия – в высокопродуктивной зоне, красная линия – в низкопродуктивной зоне)

Согласно графикам, можно отметить, что посеы изначально начали развиваться неодинаково: пока в благополучном участке посеы прорастали и уже начали накапливать биомассу, в неблагоприятной зоне эти же процессы шли с задержкой. В фазу всходов по мере

образования первичных листьев с 6 – 7 ч утра начинается нарастание фотосинтеза. На участке с высокой плотностью биомассы (светло-голубые точки) пик GPP достигает  $\sim 3$  мкмоль  $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$  к полудню, тогда как на участке с низкой плотностью биомассы он остаётся около  $1,8 - 2,0$  мкмоль  $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ . Именно здесь разрыв между зонами наибольший, и его можно объяснить более высоким индексом LAI на высокопродуктивном участке.

При этом удельный GPP (сколько грамм углерода необходимо для продуцирования грамма биомассы) (рис. 2) показывает, что высокопродуктивная зона на протяжении всего вегетационного периода.

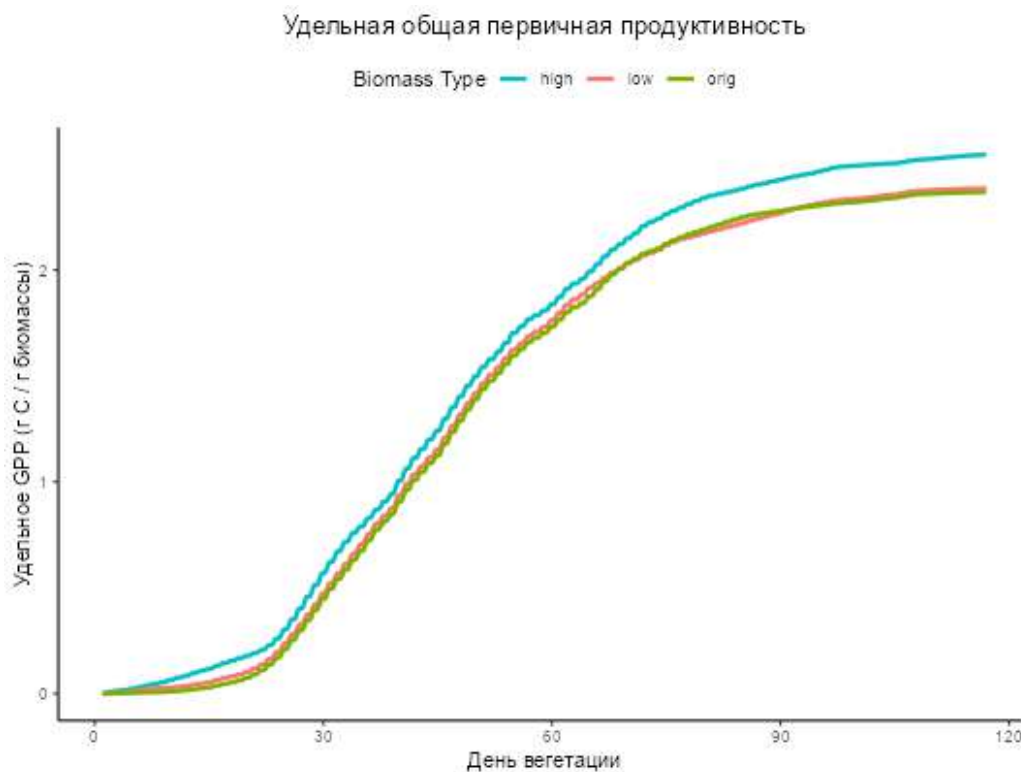


Рисунок 2. Кумулята GPP за вегетационный период (синяя линия – в высокопродуктивной зоне, красная линия – в низкопродуктивной зоне, зеленая линия – усредненная биомасса, зеленый пунктир – среднее значение при усреднении биомассы)

При этом интенсивность продукционного процесса в низкопродуктивной зоне всегда была равна средним значениям валовой первичной продукции по всему полю в течение вегетации.

**Заключение.** По фазам роста ячменя выявлено, что наибольший GPP был к концу периода кущения – начала выхода в трубку и составил  $15$  мкмоль  $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$  как в высокопродуктивной, так и в низкопродуктивной зонах. Пространственная неоднородность по общей продуктивности ячменя была выявлена в фазу цветения, где в высокопродуктивной зоне накапливалось примерно  $7.5$  мкмоль  $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ , а на низкопродуктивном участке – порядка  $5 - 5.5$  мкмоль  $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ .

## Литература

1. Брыкина А. Д., Морев Д. В., Потапова В. А., Андреева И. В. Экологическая оценка распределения цинка в растениях ячменя в разные фазы роста в условиях локально-загрязненного участка с нарушенными дерново-подзолистыми почвами [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2024. – № 6. – DOI: <https://doi.org/10.51419/202146655>.



2. Бузылев А. В. Агроэкологическая оценка почвенного покрова при поднятии гидроморфных луговых залежных земель в условиях черноземных почв Пензенской области / А. В. Бузылев, М. В. Тихонова // АгроЭкоИнфо. – 2023. – № 5 (59).

3. Тихонова М. В. Экологическая оценка пространственно-временной динамики почвенной эмиссии парниковых газов из залежных земель / М. В. Тихонова // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения А. Я. Миловича : Сборник статей, Москва, 3 – 5 июня 2024 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2024. – С. 258 – 263.

4. Carbon balance assessment by eddy covariance method for agroecosystems with potato plants and oats & vetch mixture on sod-podzolic soils of Russia / J. L. Meshalkina, A. M. Yaroslavtsev, I. I. Vasenev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Kazan, 27 – 29 сентября 2017 года. Vol. 107. – Kazan: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 012119. – DOI 10.1088/1755-1315/107/1/012119. – EDN XXJTQD.

5. Kljun N., Calanca P., Rotach M. W., Schmid H. P. (2015) A simple two-dimensional parameterisation for flux footprint prediction (FFP). *Geosci Model Dev* 8(11):3695–3713.

6. Seasonal Dynamics of CO<sub>2</sub> Fluxes in Two Central-Russian Agroecosystems with Contrasting Ecological and Agronomic Conditions / J. Meshalkina, A. Yaroslavtsev, I. Vasenev, R. Valentini // *Agronomy*. – 2022. – Vol. 12, No. 7. – P. 1606. – DOI 10.3390/agronomy12071606. – EDN SFCMBI.

УДК 528.931.3

## ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ЛУГОВОГО СКЛОНА ПРИТОКА Р. БЕЛОЗЕРКА

Я. С. Жигалева

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: zhigaleva@rgau-msha.ru

**Резюме.** В статье представлена характеристика растительного покрова лугового склона притока р. Белозерка, являющегося сельскохозяйственным неудобьем и, как следствие, территорией с сохранившейся естественной экосистемой в регионе со значительной долей распаханых земель.

**Abstract.** The article presents the characteristics of the vegetation cover of the meadow slope of the tributary of the Belozerka River; which is an agricultural area and, as a result, a territory with a preserved natural ecosystem in a region with a significant proportion of plowed lands.

Башмаковский район Пензенской области расположен на Керенско-Чембарской возвышенности, распаханность которой крайне велика ввиду высокого плодородия почв и, как следствие, большой вовлеченности земель в сельскохозяйственный оборот [1, 2, 3]. Естественный растительный покров же занимает всего 36 % территории Пензенской области, из них 9 % приходится на луговые экосистемы [4, 5, 6]. Именно подобные участки, зачастую расположенные на склонах и в поймах рек, представляющие из себя сельскохозяйственные неудобья, являются местами сохранения биоразнообразия лесостепных экосистем [7, 8, 9].

В процессе исследования был изучен напочвенный покров лугового склона притока реки Белозерка, располагающегося рядом с землями, находящимися в сельскохозяйственном обороте [10]. Целью работы является учёт произрастающих на данном участке видов растений с классификацией их по семействам для оценки биоразнообразия данной территории.

Проективное покрытие исследуемого участка составляет 95 %, что является довольно высоким значением. Однако формирование степного войлока, зачастую характерного для лесостепных и степных экосистем, на склоне притока р. Белозерка не зафиксировано, во многом потому, что доминирующим видом является земляника зеленая (*Fragaria viridis*).

Всего же в составе лугового растительного сообщества отмечено 57 видов, принадлежащих к 22 семействам:

- бобовые (*Fabaceae*): астрагал нутовый (*Astragalus cicer*), астрагал датский (*Astragalus danicus*), горошек мышиный (*Vicia cracca*), люцерна серповидная (*Medicago falcata*), клевер луговой (*Trifolium pratense*), клевер средний (*Trifolium medium*), клевер горный (*Trifolium montanum*);
- бурачниковые (*Boraginaceae*): ноня темно-бурая (*Nonea pulla*), незабудка редкоцветковая (*Myosotis sparsiflora*);
- вьюнковые (*Convolvulaceae*): вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*);
- гвоздиковые (*Caryophyllaceae*): пустынная мелкожелезистая (*Eremogone micradenia*), звездчатка злаковая (*Stellaria graminea*);
- гераниевые (*Geraniaceae*): герань луговая (*Geranium pratense*);
- зверобойные (*Hypericaceae*): зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum*);
- злаки (*Poaceae*): типчак (*Festuca valesiaca*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), костёр безостый (*Bromus inermis*), ковыль узколистный (*Stipa tirsia*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis*);
- зонтичные (*Apiaceae*): резак обыкновенный (*Falcaria vulgaris*), жабрица однолетняя (*Seseli annuum*);
- капустные (*Brassicaceae*): пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris*);
- колокольчиковые (*Campanulaceae*): колокольчик раскидистый (*Campanula patula*);
- лютиковые (*Ranunculaceae*): лютик многоцветковый (*Ranunculus polyanthemus*);
- мареновые (*Rubiaceae*): подмаренник настоящий (*Galium verum*);
- молочайные (*Euphorbiaceae*): молочай лозный (*Euphorbia virgata*);
- норичниковые (*Scrophulariaceae*): коровяк мучнистый (*Verbascum lychnitis*);
- осоковые (*Cyperaceae*): осока ранняя (*Carex praecox*), осока сероватая (*Carex canescens*), осока береговая (*Carex riparia*);
- первоцветные (*Primulaceae*): проломник удлинённый (*Androsace elongata*);
- подорожниковые (*Plantaginaceae*): льнянка обыкновенная (*Linaria vulgaris*), вероника простертая (*Veronica prostrata*), вероника дубравная (*Veronica chamaedrys*), подорожник Урвилла (*Plantago urvillei*);
- розоцветные (*Rosaceae*): земляника зеленая (*Fragaria viridis*), репешок обыкновенный (*Agrimonia eupatoria*), лапчатка серебристая (*Potentilla argentea*), кровохлёбка лекарственная (*Sanguisorba officinalis*), лабазник обыкновенный (*Filipendula vulgaris*);
- сложноцветные или астровые (*Asteraceae*): чертополох колючий (*Carduus acanthoides*), бодяк полевой (*Cirsium arvense*), яacobea обыкновенная (*Jacobaea vulgaris*), цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus*), ястребинка ядовитая (*Hieracium glomeratum*), полынь горькая (*Artemisia absinthium*), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare*), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), козелец пурпурный (*Scorzonera purpurea*);
- фиалковые (*Violaceae*): фиалка собачья (*Viola canina*);
- хвощовые (*Equisetaceae*): хвощ полевой (*Equisetum arvense*);
- яснотковые (*Lamiaceae*): шлемник обыкновенный (*Scutellaria galericulata*), зопник клубненосный (*Phlomis tuberosa*), тимьян ползучий (*Thymus serpyllum*), шалфей луговой (*Salvia pratensis*).

Как можно заметить, наибольшую долю растительного сообщества составляют виды, относящиеся к семейству сложноцветные или астровые (*Asteraceae*) (рис. 1). Также довольно значительную часть напочвенного покрова составляют виды семейств бобовые (*Fabaceae*), злаковые (*Poaceae*) и розоцветные (*Rosaceae*).

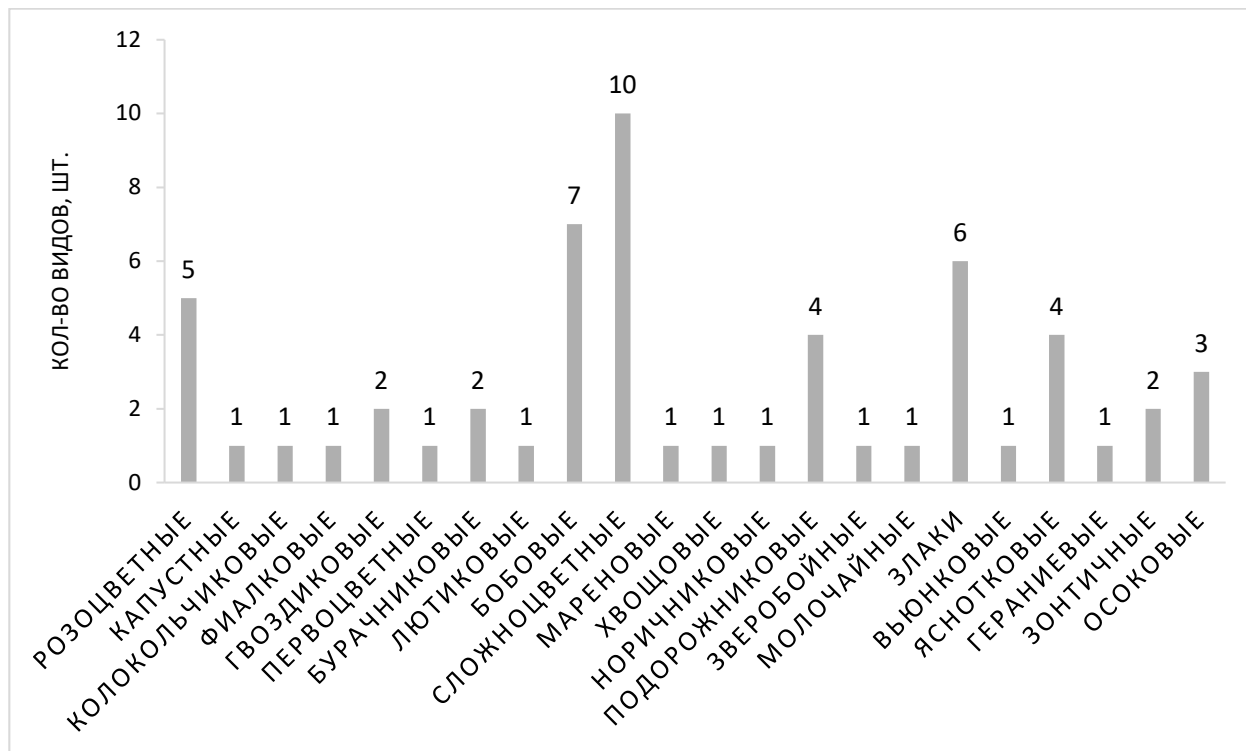


Рисунок 1. Распределение видов растительности лугового склона по семействам

Так как луг представляет собой склон запруженного притока р. Белозерка, также была описана водная и околотовдная растительность примыкающих участков.

Непосредственно в воде произрастают растения семейств:

- гречишные (*Polygonaceae*): горец земноводный (*Persicaria amphibia*);
- рогозовые (*Typhaceae*): рогоз узколистный (*Typha angustifolia*).

К околотовдным растениям берега притока р. Белозерка относятся семейства:

- ивовые (*Salicaceae*): ива понтийская (*Salix euxina*);
- крапивные (*Urticaceae*): крапива двудомная (*Urtica dioica*);
- паслёновые (*Solanaceae*): паслён сладко-горький (*Solanum dulcamara*);
- яснотковые (*Lamiaceae*): щетинохвост шандровый (*Chaiturus marrubiastrum*), чистец болотный (*Stachys palustris*).

В данном случае практически все семейства представлены одним видом, за исключением яснотковых (*Lamiaceae*) (рис. 2).

На основании проведенного исследования можно сделать вывод о том, что сельскохозяйственные неудобья, зачастую представленные склоновыми и пойменными участками, являются территориями, способствующими сохранению естественных экосистем и биоразнообразия напочвенной растительности регионов с большой долей распаханых земель.

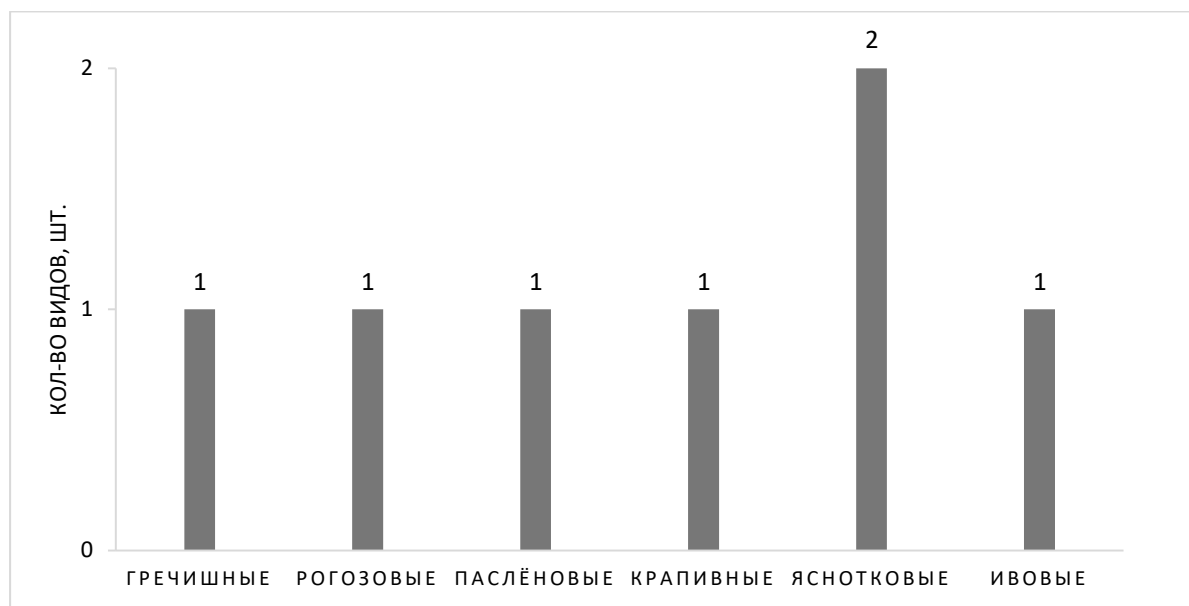


*Рисунок 2. Распределение видов околоводной и водной растительности притока р. Белозерка по семействам*

## Литература

1. Tikhonova M. V. Application of DSS in agroecological assessment of the potential of use of chernozem soils in the conditions of the Penza region / M. V. Tikhonova, A. V. Buzylev // BIO Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference «Methods for Synthesis of New Biologically Active Substances and Their Application in Various Industries of the World Economy – 2023» (MSNBAS2023), Moscow, 5 – 6 декабря 2023 года. – Les Ulis, 2024. – P. 02004.
2. Spatially-temporal distribution of moisture content and dynamics of greenhouse gas emissions from upper soil horizons in floodplain fallow lands of Bashmakovsky district of Penza oblast / A. Buzylev, M. Tikhonova, E. Taller [et al.] // 3rd International Conference on Research of Agricultural and Food Technologies (I-CRAFT-2023) : Research of Agricultural and Food Technologies, Adana, Turkey, 04–06 октября 2023 года. Vol. 85. – Les Ulis: EDP Sciences - Web of Conferences, 2024. – P. 01058.
3. Agroecological modeling of spring barley cultivation technology in the conditions of the Penza region / A. Buzylev, M. Tihonova, E. B. Taller, I. Vasenev // International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2021) : Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28 – 29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00065.
4. Бузылев А. В. Пространственно-временное распределение влажности и динамики эмиссии парниковых газов из верхних почвенных горизонтов в пойменных залежных землях Башмаковского района Пензенской области / А. В. Бузылев, М. В. Тихонова, А. И. Руденский // АгроЭкоИнфо. – 2022. – № 6 (54).
5. Бузылев А. В. Агроэкологическая оценка потенциала использования старопахотных земель с применением ИТ-технологий на основе системы поддержки принятия решений / А. В. Бузылев, Н. А. Александров // Агрохимический вестник. – 2023. – № 6. – С. 84 – 88.
6. Наилучшие доступные почво- и углеродсберегающие технологии природопользования, экологического мониторинга и контроля / И. И. Васенев, Н. А. Александров, И. В. Андреева [и др.]. – Москва : Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева, 2023. – 240 с.
7. Описание фитоценозов с оценкой биомассы на различных сукцессионных стадиях развития лесной экосистемы Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника / М. В. Тихонова, М. Т. Спыну, Н. А. Александров [и др.] // АгроЭкоИнфо. – 2023. – № 6 (60).

8. Morev D. Agroecological assessment of spatial variability of carbon content in the conditions of disturbed sod-podzolic soils / D. Morev, V. Potapova, A. Yaroslavl'tsev // 3rd International Conference on Research of Agricultural and Food Technologies (I-CRAFT-2023) : Research of Agricultural and Food Technologies, Adana, Turkey, 4 – 6 октября 2023 года. Vol. 85. – Les Ulis: EDP Sciences - Web of Conferences, 2024. – P. 01063.

9. Сравнительная оценка изменения видового состава растительности на территории западного поля РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева / М. Т. Спыну, М. И. Титова, И. А. Серегин [и др.] // Тимирязевский биологический журнал. – 2023. – № 4. – С. 47 – 58.

10. Бузылев А. В. Агроэкологическая оценка почвенного покрова при поднятии гидроморфных луговых залежных земель в условиях черноземных почв Пензенской области / А. В. Бузылев, М. В. Тихонова // АгроЭкоИнфо. – 2023. – № 5 (59).

УДК 574.47

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОЙ ТАЙГИ НА ПРИМЕРЕ ЦЛГПБЗ

**Е. М. Илюшкова**

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: e.ilyushkova@rgau-msha.ru

**Резюме.** В статье представлены данные описания древесной растительности на пяти сукцессионных стадиях в Центрально-Лесном государственном природном биосферном заповеднике (ЦЛГПБЗ) Тверской области. Описание включает усредненные показатели высоты, диаметра и возраста деревьев, оценку проективного покрытия и сомкнутости крон, а также данные по запасу углерода в древесной растительности.

**Ключевые слова:** Лесная экосистема, древесная растительность, разновозрастные залежи, сукцессии, описание растительности, заповедная территория, глобальное изменение климата, углерод.

**Abstract.** The article presents data on the description of woody vegetation at five successional stages in the Central Forest State Nature Biosphere Reserve (CFSNBR) of the Tver Region. The description includes average indicators of height, diameter and age of trees, assessment of projective cover and crown density, as well as data on the carbon stock in woody vegetation.

Леса, занимающие около 4,06 миллиарда гектаров земной поверхности, представляют собой ключевые экосистемы глобального масштаба. Россия, Бразилия, Канада, Соединенные Штаты Америки и Китай лидируют по площади лесных массивов, определяя значимость в национальном масштабе и их вклад в общее экологическое состояние планеты [1, 3].

Помимо предоставления широкого спектра экосистемных услуг (регулирующих, ресурсных и культурных), необходимых для поддержания жизнедеятельности человека и стабильности биосферы, леса, расположенные на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), выполняют важнейшую функцию сохранения биологического разнообразия, что соответствует основной цели создания таких территорий. Леса, формируя уникальные био-

логические сообщества и поддерживая генетическое разнообразие, служат местом обитания для огромного количества видов, особенно играя критическую роль в сохранении редких и исчезающих видов [6, 7].

В настоящее время актуальным и открытым остается вопрос глобального изменения климата, вызванного антропогенными выбросами парниковых газов, приводящего к повышению средней температуры Земли и существенным изменениям в климатических системах. Влияние данной проблемы проявляется в учащении экстремальных погодных явлений, таких как засуха, наводнения и ураганы, а также в таянии ледников и повышении уровня мирового океана. Леса играют ключевую роль в условиях глобального изменения климата, выполняя функции поглотителя углерода, регулируя водный режим и поддерживая биоразнообразие, тем самым смягчая негативные последствия климатических изменений. Увеличение площади лесов и устойчивое лесопользование способствуют связыванию углекислого газа из атмосферы, снижая концентрацию парниковых газов и замедляя темпы глобального потепления. Одновременно леса, как сложные экосистемы, сами подвержены влиянию изменений климата, что требует проведения мониторинговых наблюдений и оценки их адаптации, устойчивости и функциональности в будущем [2, 5].

Объектами исследования являлись пять залежных участков на территории Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника (ЦЛГПБЗ) в Тверской области. Территория ЦЛГПБЗ является типичным биогеоценозом для южно-таежной зоны. На каждой из них была проведена оценка древесной растительности с определением следующих параметров: степень сомкнутости крон, класс бонитета древостоя, возраст, средний диаметр и высота древесных насаждений, объем депонированного углерода. Размер исследуемых ключевых участков составлял 50 x 50 метров.

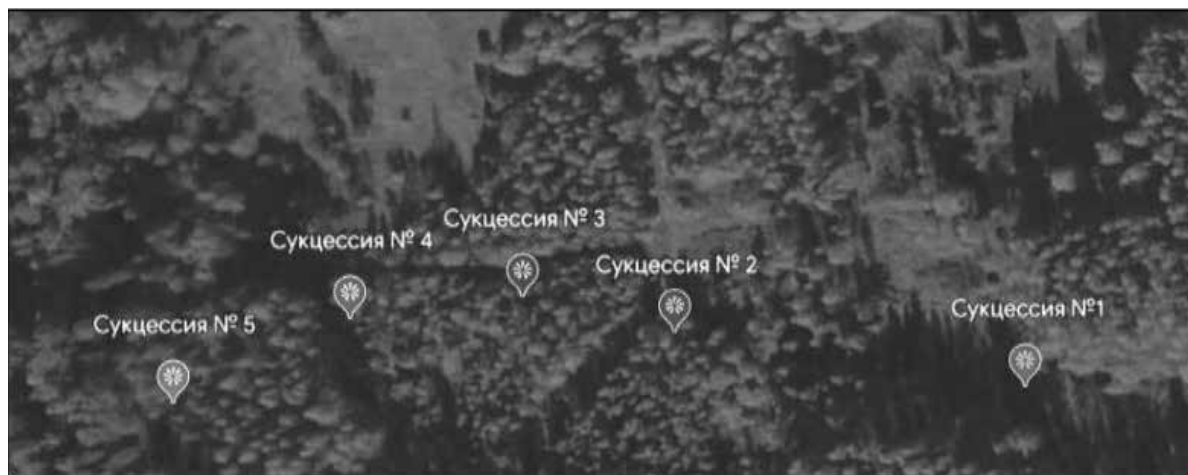


Рисунок 1. Расположение залежных участков на карте

Пять разновозрастных участков залежи (рис. 1) [4]:

1. Залежь с луговым разнотравьем;
2. Залежь, заросшая березняком возрастом 10 – 15 лет;
3. Залежь, заросшая березняком возрастом 20 – 30 лет;
4. Залежь, заросшая березняком возрастом 50 – 60 лет;
5. Залежь, заросшая ельником неморальным возрастом старше 100 лет.

На первой стадии сукцессии, представляющей собой залежь с луговым разнотравьем, преимущественно встречаются как однолетние, так и многолетние травы. Древесная растительность расположена на границе участка и представлена такими видами, как береза повислая (*Betula pendula*), ель обыкновенная (*Picea abies*), осина обыкновенная (*Populus tremula*).

Вторая стадия сукцессии представлена березняком возрастом 10 – 15 лет. Главными представителями древесной растительности выступают береза повислая (*Betula pendula*) и ель обыкновенная (*Picea abies*), осина обыкновенная (*Populus tremula*), встречаются единичные виды рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*).

Третья стадия сукцессии представляет собой залежь, заросшую березняком возрастом 20 – 30 лет. Доминирующими породами древостоя первого яруса является береза повислая (*Betula pendula*) и осина обыкновенная (*Populus tremula*).

Четвертая стадия сукцессии, отраженная залежью, заросшей березняком возрастом 50 – 60 лет. Первый ярус образован березой повислой (*Betula pendula*), а также встречаются такие виды, как: осина обыкновенная (*Populus tremula*), клен остролистный (*Acer platanoides*).

Пятая стадия сукцессии представлена ельником неморальным возрастом старше 100 лет. Основными видами являются: ель обыкновенная (*Picea abies*), береза повислая (*Betula pendula*), единичные виды рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*), а также клена остролистного (*Acer platanoides*) (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика древесной растительности на объекте исследования

| Залежный участок                       | Степень сомкнутости крон, % | Формула состава древостоя | Бонитет | Средние значения                 |                                 |                            |
|----------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
|                                        |                             |                           |         | диаметра ствола, см              | высоты ствола, м                | возраста, лет              |
| <b>Залежь с луговым разнотравьем</b>   | –                           | 6Б + 4Е + О               | I       | Б – 2,1<br>Е – 9,2<br>О – 5,7    | Б – 2,6<br>Е – 8,7<br>О – 6,0   | Б – 6<br>Е – 19<br>О – 14  |
| <b>Залежь с березняком 15 – 25 лет</b> | 80 – 85                     | 6Б2Е2О + Ря               | I       | Б – 5,4<br>Е – 10,6<br>О – 7,8   | Б – 5,6<br>Е – 9,9<br>О – 8,0   | Б – 24<br>Е – 22<br>О – 25 |
| <b>Залежь с березняком 30 – 40 лет</b> | 75 – 80                     | 7Б2Е1О + Я                | II      | Б – 8,1<br>Е – 11,2<br>О – 11,8  | Б – 9,2<br>Е – 8,8<br>О – 10,4  | Б – 45<br>Е – 47<br>О – 43 |
| <b>Березняк возрастом 50 – 60 лет</b>  | 70 – 75                     | 6Б3Е1О + К                | III     | Б – 13,4<br>О – 10,0<br>Е – 11,7 | Б – 12,9<br>О – 9,4<br>Е – 11,3 | Б – 72<br>О – 56<br>Е – 64 |
| <b>Ельник старше 100 лет</b>           | 65 – 70                     | 6Е3Б + Ря + К + О         | IV      | Е – 22,2<br>Б – 24,0             | Е – 15,7<br>Б – 19,5            | Е – 84<br>Б – 105          |

\* Б – береза повислая, Е – ель обыкновенная, О – осина обыкновенная, Ря – рябина обыкновенная, К – клен остролистный.

Таблица 1 содержит основные характеристики древесной растительности, исследованной на данном объекте. Анализ показывает, что с увеличением возраста древесных пород наблюдается изменение класса бонитета от I (наивысшего) до V (наинизшего) по мере перехода от первого к пятому залежному участку.

В рамках исследований осуществлялась количественная оценка запаса углерода, аккумулированного в древостое изучаемых участков (рис. 2). Анализ столбчатой диаграммы демонстрирует экспоненциальный рост объема депонированного углерода в древостое с увеличением возраста древесных насаждений, начиная со второй и заканчивая пятой точкой наблюдения. На последней точке исследования, представляющей собой залежь, заросшую ельником неморальным возрастом старше 100 лет, зафиксировано значительное увеличение содержания углерода. Так, запас углерода в древостое на пятой точке более чем в 2,2 раза превосходит суммарное содержание углерода, аккумулированного во второй, третьей и чет-

вертой точках вместе взятых. Максимальное значение запаса углерода, депонированного в древостое, составляет 6,12 т/га (участок 5), что подчеркивает важную роль зрелых лесов в связывании атмосферного углерода. Полученные данные свидетельствуют о прямой зависимости между возрастом древостоя и его способностью к депонированию углерода.

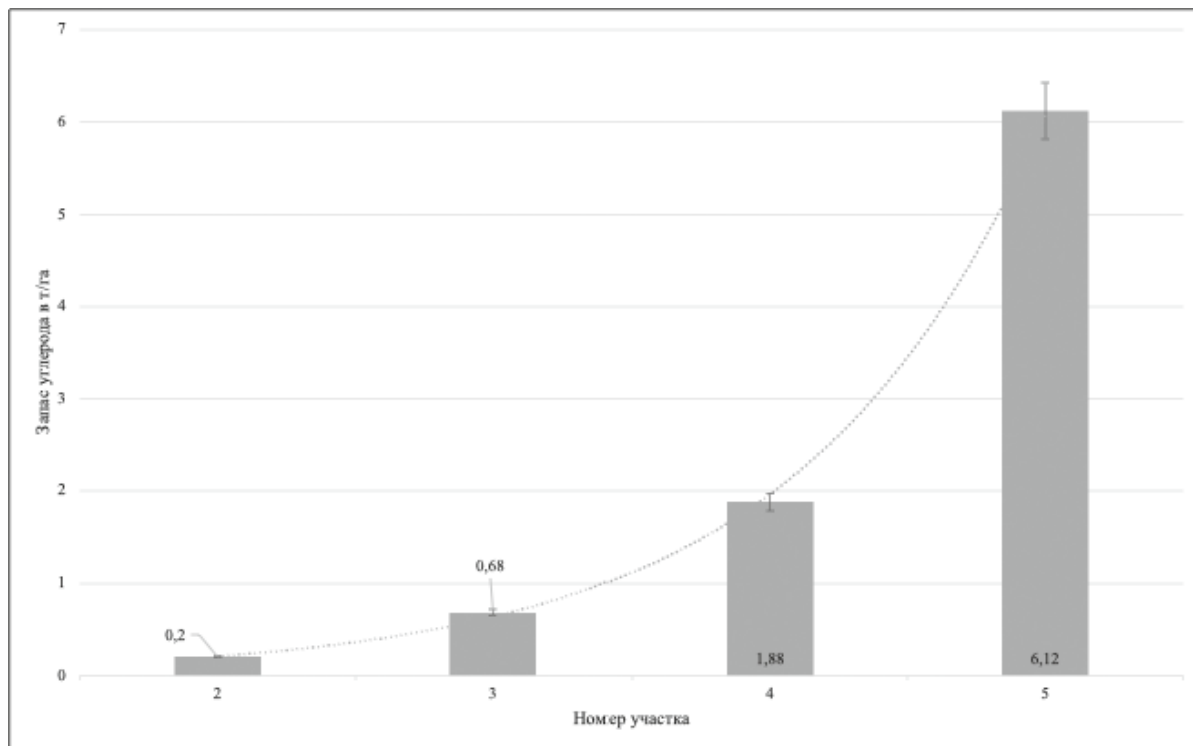


*Рисунок 2. Столбчатая диаграмма, отражающая объём депонирования углерода в древостое в т/га*

Проведенные исследования позволили зафиксировать сукцессионную вариабельность древесной растительности, отражающую закономерные изменения в видовом составе, структуре и продуктивности древостоев на разных стадиях восстановления лесных экосистем. Особого внимания заслуживает выявленный факт максимального накопления углерода в старовозрастных ельниках, что подчеркивает их ключевую роль в регулировании углеродного баланса в изучаемом регионе и смягчении последствий изменения климата.

## Литература

1. Seasonal Dynamics of CO<sub>2</sub> Fluxes in Two Central-Russian Agroecosystems with Contrasting Ecological and Agronomic Conditions / J. Meshalkina, A. Yaroslavtsev, I. Vasenev, R. Valentini // *Agronomy*. – 2022. – Vol. 12, No. 7. – P. 1606. – DOI 10.3390/agronomy12071606. – EDN SFCMBI.
2. Динамика эмиссии парниковых газов в почвах экологического стационара РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева / М. Т. Спыну, М. В. Тихонова, Е. М. Илюшкова [и др.] // *АгроЭкоИнфо*. – 2022. – № 4 (52). – DOI 10.51419/202124429. – EDN LNWDJF.
3. Лукина Н. В. Глобальные вызовы и лесные экосистемы / Н. В. Лукина // *Вестник Российской академии наук*. – 2020. – Т. 90. – № 6. – С. 528 – 532. – DOI 10.31857/S0869587320060080. – EDN XSWMAO
4. Описание фитоценозов с оценкой биомассы на различных сукцессионных стадиях развития лесной экосистемы Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника / М. В. Тихонова, М. Т. Спыну, Н. А. Александров [и др.] // *АгроЭкоИнфо*. – 2023. – № 6 (60). – DOI 10.51419/202136627. – EDN DZQQYB.



5. Таранков В. И. Мониторинг лесных экосистем : Учебное пособие / В. И. Таранков. – Воронеж : Воронежская государственная лесотехническая академия, 2006. – 301 с. – ISBN 5-7994-0140-9. – EDN SUJVJR.

6. Тихонова М. В. Экологическая оценка биоразнообразия и устойчивости растений в условиях городского леса на примере лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева / М. В. Тихонова, А. В. Бузылев, Я. С. Жигалева // Всероссийская с международным участием научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 155-летию со дня рождения Н. Н. Худякова : Материалы Всероссийской с международным участием научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 155-летию со дня рождения Н. Н. Худякова, Москва, 7 – 9 июня 2021 года. Том 1. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2021. – С. 328 – 330. – EDN DRZXPT.

7. Экологическая оценка состояния древостоя на территории природно-исторического парка «Царицыно» / М. В. Тихонова, А. В. Бузылев, Я. С. Жигалева [и др.] // Тимирязевский биологический журнал. – 2024. – № 3. – С. 52 – 60. – DOI 10.26897/2949-4710-2024-2-3-52-60. – EDN XNWJSA.

УДК 631.14

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ РЕГИОНОВ СИБИРИ

С. А. Корсикова<sup>1</sup>, П. М. Сапожников<sup>2</sup>

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
Российская Федерация, 119992, г. Москва, ул. Ленинские Горы, 1, стр. 12

<sup>1</sup>E-mail: sofia.korsikova@yandex.ru, <sup>2</sup>E-mail: sap-petr@yandex.ru

**Резюме.** Определена кадастровая стоимость сельскохозяйственных земель Омской и Новосибирской областей. Максимальные показатели выявлены для черноземов оподзоленных и черноземов выщелоченных, минимальные показатели соответствуют ряду почв от глееподзолистых до солонцов. Балл бонитета почв областей составляет от 2 до 54.

**Abstract.** The cadastral value of agricultural lands in the Omsk and Novosibirsk regions has been determined. The maximum values have been found for podzolized chernozems and leached chernozems, while the minimum values correspond to a range of soils from gley-podzolic to solonetz. The soil quality score for the regions ranges from 2 to 54.

Кадастровая оценка является очень важным аспектом земельных отношений, поскольку лежит в основе начисления земельных платежей. Результаты кадастровой оценки земель используются в качестве инструмента управления и регулирования рынка недвижимости. Эффективность налогового регулирования должна определяться объективным установлением величины платы за земли определенного качества.

Методические указания рекомендуют проводить кадастровую оценку земель сельскохозяйственного назначения на основе Единого государственного реестра почвенных ресурсов [1], расчета нормативной урожайности и технологических (нормативных) затрат [2]. Исходные характеристики базируются на материалах крупномасштабных почвенных исследований, проведенных во всех субъектах Российской Федерации в середине 90-х гг. прошлого века. От характеристики качества почв (содержания гумуса, мощности гумусового горизонта, содержания

физической глины, негативных факторов, влияющих на плодородие почв) зависит величина кадастровой стоимости, налог на сельскохозяйственные земли, который является местным налогом и остается в субъекте РФ. Почвы, находящиеся в различных агроклиматических условиях и элементах ландшафта, дифференцируются по кадастровой стоимости. Изучение характера такой изменчивости является весьма актуальной задачей, имеющей практическую (экономическую) значимость. Необходимо отметить, что в современных материалах о государственной кадастровой оценке отсутствуют данные о кадастровой оценке различных почв.

В данной статье проведена сравнительная характеристика кадастровой стоимости сельскохозяйственных земель Сибири на примере Омской и Новосибирской областей.

Согласно агроклиматическому зонированию, территория Новосибирской области подразделяется на 4 подзоны, агроклиматический потенциал – от 3 до 5. Омская область, в свою очередь, также включает 4 подзоны, агроклиматический потенциал которых варьирует от 4.3 до 5.1 [3].

*Новосибирская область.* Луговые почвы занимают 38 % почвенного покрова всех земель области, черноземы разных подтипов – 28 %, солонцы – 15 %, темно-серые и серые лесные – 8.5 % [1].

Половина сельскохозяйственных земель (3 772.6 тыс. га) Новосибирской области используется под пашню. Почвы пашни представлены в большинстве (74 %) темно-серыми и черноземными почвами, около 14 % почв пашни засолено, 38.2 % – переувлажнено [4].

*Омская область.* В составе сельскохозяйственных земель региона 61.8 % занимает пашня (4 156.7 тыс. га).

Почвенные ресурсы области на 35.5 % представлены черноземами и черноземовидными почвами, на 15.5 % – дерново-подзолистыми, на 13.7 % – солонцами [1]. Территория пашни, однако, отличается большим преобладанием плодородных почв: темно-серые, черноземовидные почвы занимают 64 % [4].

В качестве объектов исследования были взяты наиболее распространенные почвы областей из Шкал классификации земель, разработанных ВИСХАГИ для всех субъектов Российской Федерации. Шкалы ВИСХАГИ являются областными списками почв, в настоящее время используются агрохимической службой для проведения почвенных обследований в регионах.

Расчет кадастровой стоимости осуществлялся согласно методическим указаниям о государственной кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения с использованием технических указаний [5].

Балл бонитета почв относится к основным критериям оценки качества и классификации земель по их пригодности для использования в сельском хозяйстве [6]

В соответствии с индексом качества почв [7], определяемым по баллу бонитета, почвы Омской и Новосибирской областей относятся к трем классам качества: низкому, ниже среднего и среднему (таблица 1).

Таблица 1. Балл бонитета почв

| Балл бонитета | Индекс качества почв | Почвы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| < 20          | Низкий               | Глееподзолистые, торфянисто-подзолистые, лугово-каштановые, бурые полупустынные, болотные иловато-глеевые, лугово-болотные перегнойные, глеевые, лугово-болотные иловатые и иловато-глеевые, солоди луговостепные (дерново-глееватые), солоди луговые (дерново-глеевые), солонцы лугово-черноземные, солонцы черноземно-луговые, солончаки луговые, алл. дерн. Кисл. |

| Балл<br>бонитета | Индекс<br>качества почв         | Почвы                                                                                                                                                                                        |
|------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  |                                 | (в т.ч. зернистые), алл. дерн. насыщ. слоистые, алл. дерн. насыщ. (в т. ч. зернистые), алл. луг. насыщ. слоистые, аллювиальн. луговые насыщ., аллювиальн. лугово-болотн., алл. бол. ил-торф. |
| ≤ 40             | Низкий и ниже среднего          | Подзолистые, дерново-подзолистые, лугово-черноземные, темно-каштановые, каштановые, луговые                                                                                                  |
| ≤ 54             | Низкий, ниже среднего и средний | Светло-серые лесные, серые лесные, темно-серые лесные, черноземы оподзоленные, черноземы выщелоченные, черноземы обыкновенные, черноземы южные                                               |

Результаты расчета удельных показателей кадастровой стоимости (далее – УПКС) для основных почв Омской и Новосибирской областей представлены в таблице 2.

Максимальные УПКС выявлены для черноземов оподзоленных (8,89 руб./м<sup>2</sup>) в Новосибирской области и черноземов выщелоченных в Омской области (7,96 руб./м<sup>2</sup>). Черноземы обыкновенные и темно-серые лесные почвы Омской области имеют схожие показатели, находящиеся на высоком для субъекта уровне (медианные УПКС – 2,41 руб./м<sup>2</sup> и 2,19 руб./м<sup>2</sup> соответственно). УПКС светло-серых лесных почв Новосибирской области значительно разнятся со светло-серыми лесными почвами Омской области (медианные УПКС – 2,22 руб./м<sup>2</sup> и 0,20 руб./м<sup>2</sup> соответственно), что связано с большим содержанием гумуса, большей мощностью гумусового горизонта, более тяжелым гранулометрическим составом новосибирских светло-серых лесных почв. Обратный случай характерен для черноземов южных: в Омской области они имеют относительно высокие показатели (медианные УПКС – 1,64 руб./м<sup>2</sup>), в Новосибирской области – низкие (медианные УПКС – 0,10 руб./м<sup>2</sup>).

Минимальные показатели (менее 0,5 руб./м<sup>2</sup>) характерны для ряда почв от глееподзолистых до солонцов.

Таблица 2. Кадастровая стоимость почв агроландшафтов, руб./м<sup>2</sup>

| Почвы                  | Омская область |         |        | Новосибирская область |      |       |
|------------------------|----------------|---------|--------|-----------------------|------|-------|
|                        | Мин. м         | Мед. А. | Макс.м | Мин.                  | Мед. | Макс. |
| Глееподзолистые        | 0.13           | 0.15    | 0.16   |                       |      |       |
| Подзолистые            | 0.06           | 0.30    | 0.39   | 0.11                  | 0.22 | 0.84  |
| Дерново-подзолистые    | 0.13           | 0.25    | 3.61   | 0.12                  | 0.43 | 3.37  |
| Торфянисто-подзолистые | 0.22           | 0.22    | 0.22   |                       |      |       |
| Светло-серые лесные    | 0.10           | 0.20    | 0.50   | 0.21                  | 2.22 | 4.43  |
| Серые лесные           | 0.14           | 0.25    | 1.67   | 0.11                  | 0.26 | 4.05  |
| Темно-серые лесные     | 0.20           | 2.19    | 5.49   | 0.12                  | 0.22 | 3.39  |
| Черноземы оподзоленные |                |         |        | 1.06                  | 7.01 | 8.89  |
| Черноземы выщелоченные | 0.64           | 5.95    | 7.96   |                       |      |       |
| Черноземы обыкновенные | 0.18           | 2.41    | 6.26   | 0.09                  | 0.17 | 2.56  |
| Черноземы южные        | 0.14           | 1.64    | 3.69   | 0.04                  | 0.10 | 0.17  |
| Луговато-черноземные   |                |         |        | 4.23                  | 4.23 | 4.23  |
| Лугово-черноземные     | 0.16           | 0.87    | 2.75   | 0.11                  | 0.32 | 4.59  |
| Темно-каштановые       | 0.11           | 0.14    | 0.16   |                       |      |       |
| Каштановые             | 0.15           | 0.24    | 1.20   |                       |      |       |

| Почвы                                         | Омская область |         |        | Новосибирская область |      |       |
|-----------------------------------------------|----------------|---------|--------|-----------------------|------|-------|
|                                               | Мин. м         | Мед. А. | Макс.м | Мин.                  | Мед. | Макс. |
| Лугово-каштановые                             | 0.06           | 0.10    | 0.14   |                       |      |       |
| Луговые                                       | 0.15           | 0.78    | 2.74   | 0.08                  | 0.18 | 1.71  |
| Бурые полупустынные                           | 0.06           | 0.07    | 0.08   |                       |      |       |
| Болотные иловато-глеевые                      | 0.06           | 0.06    | 0.06   |                       |      |       |
| Лугово-болотные перегнойные                   | 0.16           | 0.17    | 0.22   | 0.24                  | 0.24 | 0.24  |
| Лугово-болотные иловатые<br>и иловато-глеевые |                |         |        | 0.10                  | 0.11 | 0.12  |
| Солоди лугово-степные<br>(дерново-глееватые)  | 0.13           | 0.18    | 0.20   |                       |      |       |
| Солоди луговые (дерново-глеевые)              |                |         |        | 0.18                  | 0.30 | 0.42  |
| Солонцы лугово-черноземные                    | 0.05           | 0.08    | 0.11   | 0.03                  | 0.05 | 0.10  |
| Солонцы черноземно-луговые                    |                |         |        | 0.03                  | 0.06 | 0.07  |
| Солончаки луговые                             |                |         |        | 0.02                  | 0.03 | 0.03  |
| Алл. дерн. кисл. (в т. ч. зернистые)          | 0.14           | 0.16    | 0.17   | 0.31                  | 0.32 | 0.33  |
| Алл. дерн. насыщ. слоистые                    | 0.04           | 0.05    | 0.05   | 0.04                  | 0.04 | 0.04  |
| Алл. дерн. насыщ. (в т. ч. зернистые)         | 0.16           | 0.46    | 2.85   | 0.97                  | 1.13 | 1.29  |
| Алл. луг. насыщ. слоистые                     | 0.07           | 0.08    | 0.08   |                       |      |       |
| Аллювиальн. луговые насыщ.                    | 0.13           | 0.38    | 1.06   | 0.16                  | 0.39 | 1.61  |
| Аллювиальн. лугово-болотн.                    | 0.06           | 0.16    | 0.22   |                       | 0.14 |       |
| Алл. бол. ил.-торф. глеевые                   |                | 0.22    |        |                       |      |       |

По отношению к европейской части России кадастровая стоимость рассматриваемых субъектов является низкой [8].

### Выводы

1. Балл бонитета почв областей составляет от 2 до 54, что соответствует трем классам качества: низкому, ниже среднего и среднему.

2. Максимальные УПКС выявлены для черноземов оподзоленных (8,89 руб./м<sup>2</sup>) в Новосибирской области и черноземов выщелоченных в Омской области (7,96 руб./м<sup>2</sup>). Минимальные показатели (менее 0,5 руб./м<sup>2</sup>) соответствуют ряду почв от глееподзолистых до солонцов.

3. По отношению к европейской части России уровень кадастровой стоимости рассматриваемых субъектов можно назвать низким.

Исследование выполнено в рамках государственного задания МГУ имени М. В. Ломоносова.

### Литература

1. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Утв. Минсельхозом России. Версия 1.0. – Москва, Тула: Почвенный институт; Гриф и К, 2014. – 760 с.
2. Приказ Минэкономразвития России от 12.05.2017 № 226 (ред. от 09.09.2019) «Об утверждении методических указаний о государственной кадастровой оценке».
3. Справочник агроклиматического оценочного зонирования субъектов Российской Федерации / Под ред. С. И. Носова – М., 2010. – 198 с.
4. Межрегиональная схема размещения и специализации сельскохозяйственного производства в субъектах Российской Федерации Сибирского федерального округа: рекомендации / ФГБУ СО АН. – Новосибирск, 2016. – 255 с.

5. Сапожников П. М., Носова С. И. Государственная кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации. – М.: НИПКЦ «ВОСХОД-А», 2012. – С. 160.
6. ГОСТ Р 70229-2022. Показатели качества почв для проведения мониторинга и кадастровой оценки земель, используемых в сельскохозяйственном производстве. – М., 2020.
7. Столбовой В. С., Гребенников А. М. Индикаторы качества почв пахотных угодий РФ // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. – 2020. – Вып. 104. – С. 31 – 67. DOI: 10.19047/0136-1694-2020-104-31-67.
8. Сапожников П. М., Шехтер К. П., Данилова Н. И. Дифференциация кадастровой стоимости земель в агроландшафтах гумидных, аридных и полуаридных территорий Российской Федерации // Вестник Московского университета. – Серия 17: Почвоведение. – 2023. – № 2. – С. 46 – 55.

УДК 631.42

## ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

К. П. Шехтер<sup>1</sup>, П. М. Сапожников<sup>2</sup>

МГУ имени М. В. Ломоносова

Российская Федерация, 119991, г. Москва, ул. Ленинские горы, 1, стр. 12

<sup>1</sup>E-mail: k.shehter@mail.ru, <sup>2</sup>E-mail: sap-petr@yandex.ru

**Резюме.** Проведена оценка влияния агроклиматических параметров и факторов, определяющих плодородие почв, на величину кадастровой стоимости различных типов черноземов Самарской, Саратовской и Пензенской областей. Различные типы черноземов ранжированы по удельным показателям кадастровой стоимости. При увеличении степени смывости, осолонцевания и засоления кадастровая стоимость снижается более чем на 90 %.

**Abstract.** The research evaluates the impact of agroclimatic parameters and soil fertility factors on the cadastral value of various chernozem types in Samara, Saratov, and Penza regions. Different chernozem types were ranked according to their cadastral values. The analysis reveals that increasing levels of water erosion, solonetzization, and salinization reduce cadastral value by over 90 %.

В настоящее время большое внимание уделяется государственной кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения, так как именно эти земли имеют приоритет по сравнению с другими категориями земель для обеспечения продовольственной безопасности и являются незаменимым средством производства в сельском хозяйстве. Для эффективного ведения сельского хозяйства требуется актуальная и объективная информация по кадастровой оценке земель. Это имеет особую важность для черноземов России, которые являются особо ценными землями и составляют базу сельскохозяйственного производства.

В Приволжском федеральном округе доля различных типов черноземов в структуре почвенного фонда составляет 53 % для Пензенской области, 50 % – для Саратовской области и 66 % – для Самарской области. Черноземы оподзоленные (14,8 %) и черноземы выщелоченные (40,6 %) преобладают в Пензенской области, в Самарской и Саратовской областях наибольшая доля приходится на обыкновенные черноземы – 27,9 % и 12,5 % соответственно. Черноземы типичные преобладают в Саратовской области (9,6 %), черноземы южные – 14,6 % – в Самарской области [1].

Территория исследуемых агроландшафтов характеризуется умеренно-континентальным климатом. На территории Пензенской области годовые суммы осадков превышают среднюю величину по Приволжскому федеральному округу [2]. Минимальный агроклиматический потенциал отмечен для восьмой агроклиматической подзоны Саратовской области, показатель увеличивается до 6,2 для первой подзоны. Для Самарской области агроклиматический потенциал изменяется в диапазоне от 4,5 (седьмая подзона) до 6,1 (первая подзона). Максимальное значение показателя для исследуемых агроландшафтов соответствует Пензенской области. Агроклиматический потенциал изменяется от 6,4 (вторая и третья подзоны) до 6,8 (первая подзона) [3].

Целью данного исследования является определение влияния агроклиматических условий, свойств почв и негативных факторов на формирование удельных показателей кадастровой стоимости различных типов черноземов агроландшафтов Приволжского федерального округа.

Методы исследования основаны на расчете удельных показателей кадастровой стоимости в соответствии с приказом № П/0336 «Об утверждении Методических указаний о государственной кадастровой оценке» (от 17 декабря 2021 года) [4]. В соответствии с данными областных списков почв (Шкалы ВИСХАГИ) при помощи специального программного обеспечения «Кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения» рассчитаны показатели нормативной урожайности и удельные показатели кадастровой стоимости выделенных почвенных разностей [5].

Удельные показатели кадастровой стоимости оподзоленных черноземов варьируют от 24,9 руб./м<sup>2</sup> для почвы без негативных признаков до 1,1 руб./м<sup>2</sup> для сильно смытых почв. Кадастровая стоимость средне смытых почв составляет 5,0 руб./м<sup>2</sup>. Медианное значение кадастровой стоимости равно 12,4 руб./м<sup>2</sup> (рис. 1).

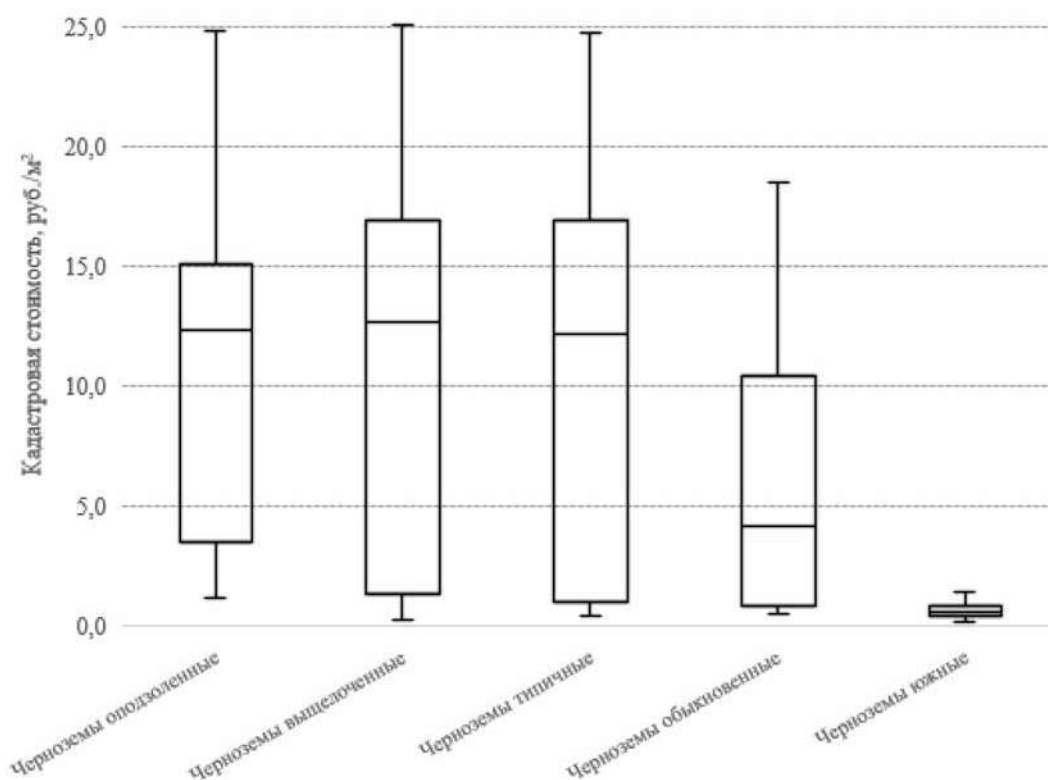


Рисунок 1. Ранжирование кадастровой стоимости (руб./м<sup>2</sup>) черноземов агроландшафтов Приволжского федерального округа

Максимальные значения удельных показателей кадастровой стоимости отмечены для черноземов выщелоченных Пензенской области. Кадастровая стоимость почвы, расположенной в подзоне с наибольшим значением агроклиматического потенциала, без негативных признаков составляет 25,1 руб./м<sup>2</sup>. Медиана выщелоченных черноземов равна 12,7 руб./м<sup>2</sup>. Кадастровая стоимость сильно смытых почв Самарской области снижается до 0,2 руб./м<sup>2</sup>.

Медианное значение удельных показателей кадастровой стоимости типичных черноземов составляет 12,2 руб./м<sup>2</sup>. Для солончаковых сильно засоленных почв показатели снижаются до 0,4 руб./м<sup>2</sup>, для сильно смытых черноземов типичных кадастровая стоимость составляет 1,1 руб./м<sup>2</sup>.

Кадастровая стоимость черноземов обыкновенных без негативных признаков достигает 18,5 руб./м<sup>2</sup>. Осолонцевание черноземов обыкновенных приводит к снижению показателей до 0,5 руб./м<sup>2</sup>.

Наиболее низкие медианные значения исследуемых агроландшафтов соответствуют черноземам южным (0,9 руб./м<sup>2</sup>). Кадастровая стоимость черноземов южных, расположенных в подзоне с наименьшим агроклиматическим потенциалом (4, 5), снижается до 0,2 руб./м<sup>2</sup>. Снижение удельных показателей кадастровой стоимости с уменьшением агроклиматического потенциала отмечено также для агроландшафтов юга России [6].

## Выводы

Таким образом, различные типы черноземов Приволжского федерального округа ранжированы по удельным показателям кадастровой стоимости. Медианные значения для черноземов оподзоленных, черноземов выщелоченных и черноземов типичных изменяются от 12,2 руб./м<sup>2</sup> до 12,7 руб./м<sup>2</sup>. Медиана черноземов обыкновенных составила 4,2 руб./м<sup>2</sup>. Наиболее низкое значение соответствует черноземам южным – 0,9 руб./м<sup>2</sup>. Почвы могут быть ранжированы в следующем порядке по удельным показателям кадастровой стоимости: черноземы оподзоленные, черноземы выщелоченные и черноземы типичные > черноземы обыкновенные > черноземы южные.

Максимумы зафиксированы для почв без негативных признаков, расположенных в подзонах с наибольшим агроклиматическим потенциалом. Увеличение суммы активных температур больше 10 градусов и коэффициента увлажнения, от которых зависит величина агроклиматического потенциала, приводит к возрастанию кадастровой стоимости.

Установлены закономерности к снижению кадастровой стоимости с усилением степени влияния негативных факторов. Значительное увеличение степени смытости (и уклона рельефа местности), осолонцевание и засоление агроландшафтов сокращает нормативную урожайность, в соответствии с чем снижаются удельные показатели кадастровой стоимости. При сильном воздействии негативных признаков кадастровая стоимость снижается на 93 – 96 %, почвы становятся пригодны только под сенокосы и пастбища.

Работа выполнена по теме государственного задания: «Физические основы экологических функций почв: технологии мониторинга, прогноза и управления».

## Литература

1. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0: Коллективная монография. – М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии, 2014. – 768 с.
2. Переведенцев Ю. П., Соколов В. В., Наумов Э. П. и др. Климат и окружающая среда Приволжского федерального округа / Науч. ред. Ю. П. Переведенцев. – Казань, 2013.
3. Справочник агроклиматического оценочного зонирования субъектов Российской Федерации / Учебно-практическое пособие под ред. С. И. Носова. – М.: Изд-во, «Маросейка», 2010. – 208 с.
4. Методические указания о государственной кадастровой оценке. Приказ № П/0336 «Об утверждении Методических указаний о государственной кадастровой оценке» (от 17 декабря 2021 года).

5. Пшеничников А. П., Носов С. И., Оглезнев А. К., Бондарев Б. Е., Гладков А. А., Сапожников П. М. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019611028 «Кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения», 2019.

6. Сапожников П. М., Шехтер К. П., Данилова Н. И. Дифференциация кадастровой стоимости земель в агроландшафтах гумидных, аридных и полуаридных территорий Российской Федерации // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. – 2023. – Т. 78. – № 2. – С. 5.

УДК 621.42

## АНАЛИЗ КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ВЛАДИМИРСКОЙ И НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

П. М. Сапожников<sup>1</sup>, М. А. Мазиров<sup>2,3</sup>, Н. А. Аникин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12

<sup>1</sup>E-mail: sap-petr@yandex.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева  
Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

<sup>3</sup>Владимирский государственный университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых  
600000, г. Владимир, ул. Горького, 87

**Резюме.** Дан сравнительный анализ изменения кадастровой стоимости сельскохозяйственных угодий Владимирской и Нижегородской областей. Дифференциация показателей обусловлена агроклиматическими условиями, свойствами почв и негативными факторами, влияющими на плодородие. Максимальные показатели зафиксированы (>25 руб./м<sup>2</sup>) для черноземных почв Нижегородской области. Показатели кадастровой стоимости Нижегородской области превышают показатели Владимирской области, что хорошо согласуется с наличием особо ценных земель в областях.

**Abstract.** The comparative analysis of changes in the cadastral value of agricultural land in Vladimir and Nizhny Novgorod oblasts is given. Differentiation of indicators is conditioned by agro-climatic conditions, soil properties and negative factors affecting fertility. The maximum indicators were recorded (>25 rubles/m<sup>2</sup>) for chernozem soils in Nizhny Novgorod Oblast. The cadastral value indicators of the Nizhny Novgorod Oblast exceed those of the Vladimir Oblast, which is in good agreement with the presence of especially valuable land in the oblasts.

Сельскохозяйственный сектор играет важную роль в экономике России, обеспечивая продовольственную безопасность и занимая значительную долю валового внутреннего продукта. Одним из ключевых аспектов управления сельскохозяйственными угодьями является определение и оценка их стоимости. По Федеральному закону № 237 от 3 июля 2016 г. «О государственной кадастровой оценке земель» [1] кадастровая стоимость определяется для целей, предусмотренных законодательством Российской Федерации, в том числе для целей налогообложения, на основе рыночной информации и иной информации, связанной с экономическими характеристиками использования объекта недвижимости, в соответствии с методическими указаниями о государственной кадастровой оценке. Кроме того, кадастровая стоимость сельскохозяйственных угодий является важным инструментом для принятия ре-



шений в области землепользования, выделения особо ценных земель, инвестиций и оценки эффективности аграрных предприятий. В связи с этим проведение сравнительного анализа кадастровой стоимости сельскохозяйственных угодий различных регионов является актуальной задачей.

Цель настоящего исследования – дать сравнительную характеристику кадастровой стоимости сельскохозяйственных угодий Владимирской и Нижегородских областей. Для выполнения сравнительной характеристики кадастровой стоимости сельскохозяйственных угодий Владимирской и Нижегородской областей данные регионы были выбраны по ряду ключевых факторов.

Во-первых, обе области являются важными сельскохозяйственными центрами России. Их географическое расположение в центральной части страны обеспечивает сходные климатические условия и почвенный состав, что способствует сопоставимости данных о кадастровой стоимости земель.

Во-вторых, одни и те же почвы во Владимирской и Нижегородской областях имеют различные показатели по таким свойствам, как содержание физической глины и гумуса, а также иные отличия по комплексу дополнительных свойств. При небольшой разнице в величинах данных показателей, а также при разных комбинациях таких показателей конечная кадастровая стоимость аналогичных по составу сельскохозяйственных угодий в разных областях может сильно отличаться.

В-третьих, Владимирская и Нижегородская области имеют сопоставимый объем земельных угодий, что обеспечивает сравнительную репрезентативность данных. Это позволяет провести анализ кадастровой стоимости на основе сопоставимых площадей и типов сельскохозяйственных угодий.

Как отмечалось ранее, области имеют соседствующее географическое расположение: территория Владимирской области на востоке граничит с Нижегородской. Такая пространственная близость объясняет схожие климатические и другие условия, оказывающие влияние на формирование и развитие почв.

Оценивая климатические факторы, можно судить о более благоприятных условиях в Нижегородской области [2]. Большая сумма активных температур позволяет удовлетворить как более требовательные сельскохозяйственные культуры (возможность возделывания сахарной свеклы), так и повысить качество созревания менее требовательных. Площадь земель сельскохозяйственного назначения Нижегородской области более чем в 3 раза превосходит площадь земель назначения Владимирской области. Этот факт говорит о большем сельскохозяйственном потенциале первой области. В то же время относительная площадь пашни рассматриваемых областей очень схожа: 60,85 % – во Владимирской и 65,46 % – в Нижегородской области.

Рассматривая состав почв Владимирской и Нижегородской областей (табл. 1), нельзя не упомянуть тот факт, что в Нижегородской области есть черноземы, которые занимают 6,7 % площади. Это является существенным преимуществом по качеству земель данной области. Вместе с тем, во Владимирской области есть лишь два типа почв, чья площадь в 1,5 раза превышает площадь почвы того же типа в Нижегородской области: дерново-подзолистые и пойменные почвы [3]. Торфяных почв во Владимирской области больше в 2,2 раза. В то же время площадь серых лесных почв в Нижегородской области в 2 раза больше, чем во Владимирской.

Удельные показатели кадастровой стоимости земель сельскохозяйственных угодий Владимирской области имеют максимальные значения на аллювиальных дерновых луговых и темно-серых лесных почвах, составляя 5,9 руб./м<sup>2</sup>. В то же время минимальные значения удельных показателей кадастровой стоимости земли наблюдаются для аллювиальных дерновых насыщенных слоистых почв легкого гранулометрического состава и составляют 0,91 руб./м<sup>2</sup>.

Таблица 1. Состав почв Владимирской и Нижегородской областей

|                           | Владимирская область | Нижегородская область |
|---------------------------|----------------------|-----------------------|
| Дерново-подзолистые (все) | 66,9 %               | 44,4 %                |
| Серые лесные (все)        | 11,6 %               | 23,6 %                |
| Торфяные (все)            | 5,8 %                | 2,6 %                 |
| Пойменные (все)           | 12,0 %               | 8,2 %                 |
| Черноземы (все)           | –                    | 6,7 %                 |

Средние медианные значения показателей кадастровой стоимости областей приведены в таблице 2.

Таблица 2. Медианные значения показателей кадастровой стоимости сельскохозяйственных земель Владимирской и Нижегородской областей, руб./м<sup>2</sup>

| Почвы                                           | Стоимость (руб./м <sup>2</sup> ) |      |
|-------------------------------------------------|----------------------------------|------|
| Дерново-подзолистые                             | 1,2                              | 1,5  |
| Светло-серые лесные                             | 1,2                              | 1,8  |
| Серые лесные                                    | 5,1                              | 9,2  |
| Темно-серые лесные                              | 5,9                              | 10,6 |
| Аллювиально-дерновые кислые (в т. ч. зернистые) | 5,9                              | 3,0  |
| Аллювиально-луговые кислые                      | 3,9                              | 2,7  |
| Аллювиально-луговые насыщенные остепняющиеся    | 2,1                              | 9,2  |
| Алл. дерн. насыщ. слоистые                      | 0,8                              | 0,9  |
| Черноземы оподзоленные                          | 25,6                             |      |
| Черноземы выщелоченные                          | 25,9                             |      |
| Луговато-черноземные                            | 16,7                             |      |

Удельные показатели кадастровой стоимости земель сельскохозяйственных угодий Нижегородской области имеют максимальное значение на черноземах выщелоченных – 25,9 руб./м<sup>2</sup>, минимальное – на аллювиальных дерново-кислых слоистых примитивных – 0,6 руб./м<sup>2</sup>.

Величины кадастровой стоимости серых лесных и темно-серых лесных почв Нижегородской области выше аналогичных почв Владимирской области, что связано с большим содержанием гумуса в почвах Нижегородской области.

При увеличении агроклиматического потенциала обнаруживается рост кадастровой стоимости. Максимальные значения кадастровой стоимости во Владимирской и Нижегородской областях отмечаются в третьей агроклиматической подзоне, которая обладает наибольшим агроклиматическим потенциалом.

При деградации сельскохозяйственных угодий Владимирской и Нижегородской областей наблюдается значительное снижение их кадастровой стоимости. В условиях переувлажнения показатели кадастровой стоимости уменьшаются более чем на 50 %. В условиях слабой смывости снижение составляет около 65 %, средней смывости – около 75 %, сильной смывости – 90 %. В условиях каменистости снижение составляет 50 %.

В целом необходимо отметить, что показатели кадастровой стоимости земель Нижегородской области выше показателей Владимирской области, что хорошо согласуется с количеством особо ценных земель [4] в этих областях.

Так, во Владимирской области особо ценные земли федерального значения отсутствуют, особо ценные земли регионального значения занимают 597,9 тыс. га. В Нижегородской области особо ценные земли федерального значения составляют 382,8 тыс. га, а особо ценные земли регионального уровня – 1508,3 тыс. га. Таким образом, особо ценных земель федерального и регионального уровней в Нижегородской области в 3 раза больше, чем во Владимирской.

Исследование выполнено в рамках государственного задания МГУ имени М. В. Ломоносова.

## **Литература**

1. Федеральный закон «О государственной кадастровой оценке» от 03.07.2016 № 237-ФЗ.
2. Справочник агроклиматического оценочного зонирования субъектов Российской Федерации / Под ред. С. И. Носова. – М., 2010. – 198 с.
3. Сапожников П. М., Мазиров М. А., Аникин Н. А. Анализ кадастровой стоимости агроландшафтов Владимирской области // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2024. – № 3. – С. 85 – 92.
4. Особо ценные земли Российской Федерации. Европейская часть России. – Москва: Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, 2022. – 328 с.

## НАУЧНЫЙ ПУТЬ А. И. ПУПОНИНА – ПРИМЕР САМООТВЕРЖЕННОГО СЛУЖЕНИЯ АГРАРНОЙ НАУКЕ

**К. А. Абрамкина, Д. В. Сиренко**

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: cristine31@yandex.ru, sirenkod6@gmail.com

Научный руководитель: О. В. Тимофеев, к. с.-х. н., доцент кафедры земледелия  
и методики опытного дела ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

**Резюме.** 18 марта 2025 года исполнилось 85 лет со дня рождения Анатолия Ивановича Пупонина, советского и российского ученого, академика РАН. А. И. Пупонин – выдающийся организатор аграрной науки и образования. Он внес крупный вклад в сельскохозяйственную науку, управление сельскохозяйственным производством, подготовку кадров агропромышленного комплекса страны.

**Abstract. Summary.** March 18, 2025 marks the 85th anniversary of the birth of Anatoly Ivanovich Puponin, a Soviet and Russian scientist, academician of the Russian Academy of Sciences. A. I. Puponin is an outstanding organizer of agricultural science and education. He made a major contribution to agricultural science, agricultural production management, and training of personnel for the country's agro-industrial complex.

Наука играет ключевую роль в развитии человечества. Аграрная наука как важнейшая ее отрасль решает задачи, связанные с продовольственной безопасностью и рациональным использованием природных ресурсов.

Среди выдающихся ученых, посвятивших свою жизнь агрономии, стоит отметить А. И. Пупонина. Его научный путь является образцом самоотверженного служения аграрной науке и важным вкладом в развитие сельского хозяйства.

Анатолий Иванович Пупонин – выдающийся учёный в области сельского хозяйства, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ректор Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева (1992 – 2000 гг.). Он был действительным членом Российской академии сельскохозяйственных наук, академиком Международной академии информатизации, а также занимал ряд значимых должностей, включая заместителя министра сельского хозяйства России (1991 – 1994 гг.) и Председателя экспертного совета ВАК (1979 – 1984 гг.) [1] (рис 1).

Анатолий Иванович родился 18 марта 1940 года в поселке Змиевка Орловской области. Его детство пришлось на послевоенные годы, когда страна восстанавливала разрушенное хозяйство. Он с юных лет отличался трудолюбием и стремлением к знаниям. В 1957 году окончил школу с серебряной медалью и поступил на работу слесарем в Змиевскую МТС Орловской области [2].



Рисунок 1. Пупонин  
Анатолий Иванович



*Рисунок 2. А. И. Пупонин  
в период службы в армии*

В 1958 году Анатолий Иванович поступил в Московскую сельскохозяйственную академию им. К. А. Тимирязева, которую успешно окончил в 1963 году. После окончания академии он два года проходил службу в армии в составе Группы советских войск в Германии (рис. 2).

Вернувшись, он продолжил обучение в аспирантуре Московского института инженеров сельскохозяйственного производства (1966 – 1969 гг.). В 1970 году начал свою деятельность в Московской сельскохозяйственной академии, пройдя путь от старшего научного сотрудника до ректора [3].

Во время учебы Анатолий Иванович активно участвовал в научных исследованиях, что послужило основой для его дальнейшей карьеры в агрономии. Он проявил интерес к селекции и агрономической практике, что стало определяющим моментом для его будущей деятельности. Его увлечение наукой и глубокое понимание агрономии способствовали созданию прочной базы для дальнейшей исследовательской работы [4].

После окончания университета он начал свою карьеру в агрономической лаборатории. А. И. Пупонин опубликовал более 150 научных и учебно-методиче-

ских работ, часть из которых была переведена на иностранные языки [5, 6, 7, 8]. Среди его наиболее значимых трудов (рис. 3):

- «Зональные системы земледелия» (1995);
- «Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечернозёмной зоны» (1984);
- «Ресурсосберегающие технологии в системах земледелия» (1993);
- «Управление сорным компонентом агрофитоценоза» (1998).

В его трудах рассматривались проблемы минимализации обработки почвы, использования удобрений, гербицидов, известкования, а также методы борьбы с сорняками. Его работы заложили основу для развития точного земледелия – направления, которое стало ключевым в современных аграрных технологиях. Одним из значительных достижений стало внедрение новых методов обработки почвы и удобрения. Он разработал систему севооборота, которая способствовала восстановлению плодородия почв и увеличению урожайности. Его исследования в области агрономии стали основой для многих современных практик, используемых фермерами. А. И. Пупонин подчеркивал, что наука должна служить интересам общества, и поэтому необходимо разрабатывать устойчивые методы земледелия. В своих исследованиях он рассматривал влияние сельского хозяйства на биологическое разнообразие и здоровье экосистем. Создание устойчивых агрономических систем стало его основной целью, к которой он стремился на протяжении всей своей карьеры [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

В 1992 году Анатолий Иванович был избран ректором Московской сельскохозяйственной академии. Он стал первым ректором, которого выбрал коллектив, а не назначило правительство. Это свидетельствовало о его высоком авторитете среди коллег. В 1998 году он был переизбран на второй срок [3, 4].

Под его руководством академия укрепила свои позиции в системе высшего аграрного образования. Ему удалось сохранить научный и педагогический потенциал учебного заведения, стабилизировать его финансово-экономическое положение, наладить сотрудничество с зарубежными университетами [1].



Рисунок 3. Наиболее значимые труды А. И. Пупонина

Анатолий Иванович читал лекции, участвовал в конференциях и семинарах, делился своими знаниями и опытом с теми, кто только начинал свой путь в агрономии. Он всегда считал, что передача знаний следующему поколению – это одна из главных задач ученого. Пупонин активно занимался образовательной деятельностью, создавая прочный фундамент для будущих агрономов [4].

Обучение студентов и молодых ученых стало неотъемлемой частью его жизни. Он четко понимал, что именно от молодого поколения агрономов зависит будущее сельского хозяйства. Его подход к обучению был основан на принципах активного вовлечения студентов в процесс. А. И. Пупонин организовывал практические занятия, которые позволяли студентам применять теоретические знания на практике. Его цель заключалась не только в передаче знаний, но и в формировании у студентов любви к агрономии и стремления к развитию этой науки [3].



Рисунок 4. Укрепление международного сотрудничества

Прошло много лет с тех пор, как А. И. Пупонин начал свою научную деятельность, но его наследие продолжает жить. За свою деятельность Анатолий Иванович был удостоен ряда наград:

- Орден «Знак Почёта»,
- Медаль «850-летия Москвы»,
- Почётные грамоты Министерства сельского хозяйства, ВАСХНИЛ и РАСХН [2].



Рисунок 5. Книжная выставка, посвященная 85-летию со дня рождения А. И. Пупонина, в ЦНБ им. Н. И. Железнова

Вклад Анатолия Ивановича в сельскохозяйственную науку отмечен рядом престижных премий, в том числе Первой премией имени В. Р. Вильямса за исследования в области земледелия.

Его идеи и исследования лежат в основе современных агрономических практик. А. И. Пупонин стал символом самоотверженного служения аграрной науке, доказав, что ученый может внести значимый вклад в решение глобальных проблем. В своих статьях он акцентировал внимание на важности интеграции науки и практики, рассматривая научные методы как инструмент, способствующий не только повышению продуктивности, но и улучшению качества жизни сельских жителей. Его работы стали основой для дальнейших исследований в области агрономии, вдохновляя других ученых на важные открытия и свершения. А. И. Пупонин ратовал за то, чтобы наука не оставалась в теории, а активно использовалась для решения актуальных проблем сельского хозяйства [9, 10, 11, 12]. Работы Анатолия Ивановича сохраняют актуальность в эпоху климатических изменений и необходимости устойчивого развития. Внедренные им технологии экономят ресурсы, повышают урожайность и снижают антропогенную нагрузку на почву. Как педагог и организатор он доказал, что образование и наука – ключ к прогрессу. Его наследие – это не только прошлые достижения, но и основа для будущих инноваций в агросфере.

Творчество и достижения Анатолия Ивановича продолжают вдохновлять ученых и практиков в агрономии. Каждое новое открытие, сделанное в агрономии, продолжает основываться на работах А. И. Пупониной, его примере служения и преданности своему делу. Он оставил после себя не только научные труды, но и целую школу агрономов, которые продолжают развивать идеи, заложенные в его исследованиях (рис. 5).

Анатолий Иванович Пупонин – это не просто выдающийся ученый, но и человек, который посвятил свою жизнь агрономии. Его усилия в области устойчивого сельского хозяйства, селекции растений и образовательной деятельности служат образцом для подражания. Жизненный путь Анатолия Ивановича – это пример выдающегося служения науке и образованию. Его исследования и разработки легли в основу многих современных технологий обработки почвы, а его вклад в подготовку специалистов агропромышленного комплекса трудно переоценить.

Его наследие продолжает жить в трудах учеников, в развитии аграрной науки и в сердцах всех, кто имел честь работать с ним.

## Литература

1. Анатолий Иванович Пупонин: биобиблиографический указатель. – Изд. 2-е; перераб. – М.: Издательство ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2010. – 56 с.
2. Российская академия сельскохозяйственных наук: Биограф. энцикл. / Россельхозакадемия. – М., 2004. – 616 с.
3. Открытие мемориальной доски академику РАСХН Анатолию Ивановичу Пупонину 29 июня 2012 года. – М.: Издательство МСХА, 2012. – 20 с.
4. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивном земледелии: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2010. – 363 с.
5. Пупонин А. И., Захаренко А. В. Управление сорным компонентом агрофитоценоза в системах земледелия. – М.: Издательство МСХА, 1998. – 154 с.
6. Зональные системы земледелия (на ландшафтной основе) / А. И. Пупонин, Г. И. Баздырев, А. М. Лыков [и др.]. – М.: Колос, 1995. – 287 с.
7. Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны. – М.: Колос, 1984. – 184 с.
8. Пупонин А. И. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в зональных системах земледелия – М., 1993. – 180 с.
9. Пупонин А. И. Научные и практические основы совершенствования обработки почвы в интенсивном земледелии Центрального района Нечерноземной зоны: дис. д-ра с.-х. наук в форме науч. докл. – Кишинев, 1986. – 50 с.
10. Переуплотнение пахотных почв: Причины, следствия, пути уменьшения / Отв. ред. В. А. Ковда. – М.: Наука, 1987. – 216 с.
11. Пупонин А. И., Захаренко А. В. Семена сорных растений: Учебное пособие. – М.: Изд-во МСХА, 1998. – 94 с.
12. Земледелие / Г. И. Баздырев, В. Г. Лошаков, А. И. Пупонин и др.; под ред. А. И. Пупониной. – М.: КолосС, 2002. – 552 с.



## ВКЛАД АГРОНОМИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА ТИМИРЯЗЕВСКОЙ АКАДЕМИИ В ПОБЕДУ В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ

А. А. Семин

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: And65789329@mail.ru

Научный руководитель: Р. Р. Усманов, кандидат с.-х. наук, доцент,

доцент кафедры земледелия и методики опытного дела

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

**Резюме.** В годы Великой Отечественной войны Тимирязевская академия внесла значительный вклад в оборону страны. Студенты и сотрудники академии участвовали в боевых действиях, трудились в тылу, обеспечивая продовольственную безопасность, и вели научную работу, направленную на повышение эффективности сельского хозяйства в условиях военного времени.

**Abstract.** During the Great Patriotic War, the Timiryazev Academy made a significant contribution to the country's defense. Students and staff of the academy participated in military operations, worked in the rear, ensuring food security, and conducted scientific work aimed at increasing the efficiency of agriculture in wartime conditions.

Начало войны застало тимирязевцев, как и всех советских людей, врасплох: только кончились экзамены.

Уже 23 июня 1941 года на всех факультетах среди рабочих и служащих академии прошли митинги. После них юноши пошли в военкомат записываться добровольцами (рис. 1). А 25 июня состоялось общее собрание академии, на котором студентка экономического факультета Степаненко заявила: «Я призываю всех девушек-студенток заменить ушедших на фронт мужчин, сменить перо на грабли, место за партой – на место за рулем трактора» [1].

Многие студенты были мобилизованы в армию. Ушли на фронт и молодые преподаватели и научные сотрудники. Проводились частые мобилизации работников и студентов академии на рытье противотанковых рвов и возведение вокруг Москвы оборонительных сооружений [2] (рис. 2).

В итоге налаженная система подготовки кадров на агрономическом факультете была нарушена, когда многие преподаватели, сотрудники и студенты ушли на фронт, а другие были эвакуированы в глубокий тыл. Факультет, как и другие подразделения академии, понес большие потери – десятки его преподавателей, сотрудников и студентов не вернулись с фронта, отдали свои жизни за освобождение Родины от немецко-фашистских захватчиков [1].

Изменилась военная Москва, изменилась и академия. На ее территории появились зенитные орудия, мешки с песком, окна перекрестили полосы бумаги [2] (рис. 3).

На агрономическом факультете (3-й учебный корпус) размещались военные казармы и части [1].

В 12-м учебном корпусе располагались казармы, истребительный батальон и военкомат [2].

В III студенческом общежитии и Главном корпусе был организован крупнейший эвакуационный госпиталь Западного фронта № 2386, в котором лечились около 12 тысяч бойцов и офицеров. Многие студентки работали медсестрами в госпиталях [1] (рис. 4).



*Рисунок 1. Запись в Рабочий батальон  
Тимирязевского народного ополчения, 1941 г.*



*Рисунок 2. 3 июля 1941 года  
в Тимирязевской академии*



*Рисунок 3. Дальнобойная артиллерия на опытных полях Тимирязевской академии*



*Рисунок 4. Прифронтовой госпиталь № 2386*

Весной 1942 года все работники агрономического факультета получили участки земли с опытных полей Тимирязевки, на которых имели возможность выращивать важнейшие овощи: картофель, капусту, свеклу, морковь и пр. Выращивали и сахарную свеклу, из которой потом экстрагировали водой сахар и, уваривая сироп, получали нечто вроде сахара со специфическим свекловичным привкусом [3].

После того как фашисты осуществили прорыв на фронте и на всех парах двигались к Москве, началась эвакуация Тимирязевки. Утром 16 июля во дворе между жилыми профессорскими корпусами стояли грузовики для перевозки людей и вещей на вокзал [1].

Вывезенные на перрон вокзала преподаватели с семьями и студенты двое суток просидели на вещах, ожидая железнодорожного состава [2]. Таким образом, Академия была разделена на 2 части: первая и наиболее многочисленная была эвакуирована в Самарканд, а вторая – малочисленная осталась в Москве для поддержания зданий и прилегающих территорий, а также для проведения научных исследований и оказания помощи фронту [1].

С первых же дней войны ученые академии занялись подготовкой специалистов для восточного региона страны. Враг продвигался дальше на восток. Перед учеными агрономического факультета встала сложная задача: внедрить производство сахарной свеклы в среднеазиатских республиках. Ранее эта культура здесь не возделывалась. Значит, ни опыта, ни навыка её выращивания у тружеников села не было. Под руководством профессоров Д. Н. Прянишникова, В. И. Эдельштейна, П. М. Жуковского и других эта задача была успешно решена [4].



*Д. Н. Прянишников  
(1865 – 1948)*



*В. И. Эдельштейн  
(1881 – 1965)*



*П. М. Жуковский  
(1888 – 1975)*

В Самарканде профессорам и ученикам приходилось трудно. Проводились лекции и исследования. Очень многое профессорам приходилось делать самим, потому что не было учебных материалов, оборудования для проведения работ.

Как писал Н. А. Майсурия в «Записках Декана»: «Самаркандский сельскохозяйственный институт, с которым объединилась академия, в то время был оборудован очень плохо. Не было не только современных приборов, но и учебных материалов, которые изготавливаются обычно силами самих институтов, как, например, гербарий на кафедре ботаники, растениеводства и т. д. На лекциях в качестве основного оборудования фигурировали преимущественно классная доска, мел и тряпка» [2, 5].

Коллектив академии, эвакуированной в Самарканд, оказал серьезную помощь республике в повышении производства зерновых. Уже на втором году войны Узбекистан обеспечил себя и соседние республики зерном. Благодаря работе тимирязевцев здесь начало развиваться овощеводство [4, 6].

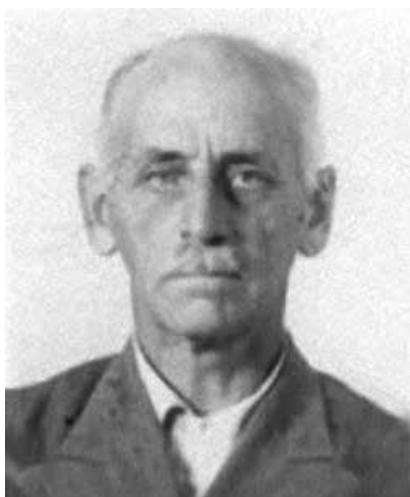
Несмотря на лишения, не останавливалась творческая работа ученых. Так, академик П. И. Лисицын вывел новый сорт клевера – № 216, академик М. П. Жуковский – сорта пшеницы ТСХА № 1, Шаровидная, Грибобойная [6].

Выпускник ТСХА академик ВАСХНИЛ А. Г. Трутнев во время войны издал брошюру «Дикая флора Ленинграда, пригодная для питания», которая помогла многим ленинградцам выстоять в дни блокады [1].

Многие стали лауреатами самой престижной в то время Сталинской премии. Некоторые представители: Голиков А. Ф – доцент кафедры земледелия 1942 и 1948 гг.; Березовский М. Я. – с.н.с. лаборатории хим. защиты растений 1951 г. [2].



*Н. М. Майсурян  
(1896 – 1967)*



*П. И. Лисицын  
(1877 – 1948)*



*А. Г. Трутнев  
(1898 – 1974)*



*Рисунок 5. Преподаватели и сотрудники агрономического факультета –  
участники Великой Отечественной войны*

Опыт, приобретенный учеными в период войны, не только интересен, но и во многом поучителен и сегодня. Почти за четыре года ими сделано так много, как никогда ранее за столь короткий срок [2, 3].

В Тимирязевке бережно хранят память о героическом прошлом и передают ее из поколения в поколение, воспитывая у нас, современной молодёжи, чувство патриотизма, уважения к истории и благодарности к тем, кто защищал нашу Родину во время Великой Отечественной войны. Пройдут годы, десятилетия, века, но память о великом подвиге сотрудников и преподавателей агрономического факультета будет вечно жить в наших сердцах.

## Литература

1. Гольдман Р. Я., Сасковец Е. Л. Тимирязевская академия в годы Великой Отечественной войны. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2010. – 320 с.
2. Майсурия Н. А. Записки декана: Тимирязевская академия в годы войны. – М.: Изд-во ТСХА, 1975.
3. Агрономическое далекое – близкое: Очерки. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2008. – 408 с.
4. Эдельштейн В. И. Овощеводство в условиях военного времени. – Самарканд: Изд-во СХИ, 1943.
5. Шитикова А. В., Гатаулина Г. Г. Академик ВАСХНИЛ Н. А. Майсурия – основатель научной школы на кафедре растениеводства ТСХА // Научное наследие А. Г. Дояренко – основа в разработке систем земледелия будущего: К 150-летию со дня рождения профессора Алексея Григорьевича Дояренко. – Суздаль-Москва, 2024. – С. 32 – 38.
6. Жуковский П. М. Селекция и семеноводство в годы Великой Отечественной войны. – М.: Колос, 1968.

УДК 633.913

## НАУКА НА СЛУЖБЕ РОДИНЕ

**В. Р. Аракелян**

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: arakeliannica1302@mail.ru

Научный руководитель: О. В. Тимофеев, к. с.-х. н., доцент кафедры земледелия и методики опытного дела ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

**Резюме.** Наиболее перспективным альтернативным гевее каучуконосом является дикий одуванчик кок-сагыз. Введение кок-сагыза в сельскохозяйственное производство стало триумфом советской аграрной науки.

**Abstract.** The most promising alternative to *Hevea rubber plant* is the wild dandelion *kok-saghyz*. The introduction of *kok-saghyz* into agricultural production was a triumph of Soviet agricultural science.

В этом году наша страна празднует восьмидесятый юбилей Победы в Великой Отечественной войне. В годы войны не только фронт, но и труженики тыла внесли огромный вклад в сохранение свободы и независимости страны и приближение Дня Победы. В этой связи было бы несправедливо не вспомнить о выдающемся ученом в области агрономии Сергее Андреевиче Воробьеве.

Сергей Андреевич родился 14 октября 1904 года в крестьянской семье в деревне Коростель Ярославской области. С детства он проявлял интерес к земле и сельскому хозяйству, что во многом определило его дальнейший жизненный путь. Его образование началось в 1919 году, когда он поступил в Борисоглебский сельскохозяйственный техникум, который успешно окончил в 1923 году [1]. После техникума С. А. Воробьев работал в сельскохозяйственных организациях Ярославской области, занимаясь животноводством и племенным делом. В 1929 году он перешел на работу в Ивановскую область, где занимал должности председателя правления раймолокосоюза и главного агронома районного земельного отдела [2].

В 1932 году Сергей Андреевич поступил на экономический факультет Московской сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева, а в 1937 году стал аспирантом кафедры статистики, но вскоре перешел на кафедру земледелия, где под руководством профессора М. Г. Чижевского начал исследования. В мае 1940 года он защитил кандидатскую диссертацию, посвященную изучению предшественников яровой пшеницы [1].

В период войны советская промышленность и армия остро нуждались в резине. Ввозить каучук из-за границы было очень дорого, а на территории СССР гевея (основной источник натурального каучука) не росла. Несмотря на то, что к тому моменту уже около 70 % резины в СССР изготавливали из отечественного синтетического каучука, это не позволяло в полной мере обеспечить нужды фронта, кроме того синтетический каучук по многим параметрам уступал натуральному.

Еще в 1931 году сотрудниками Ботанического института Академии наук СССР во главе с выдающимся советским ботаником Леонидом Ефимовичем Родиным был обнаружен и описан как вид одуванчик кок-сагыз (рис. 1). В следующем 1932 году к месту обитания кок-сагыза была отправлена большая экспедиция Всесоюзного научно-исследовательского института каучука и гуттаперчи, для обследования территории в Восточном Тянь-Шане. В 300 километрах на восток от озера Иссык-Куль в долине реки Кеген был обнаружен этот одуванчик. Ареал его распространения оказался очень ограниченным – порядка 2000 квадратных километров [3].

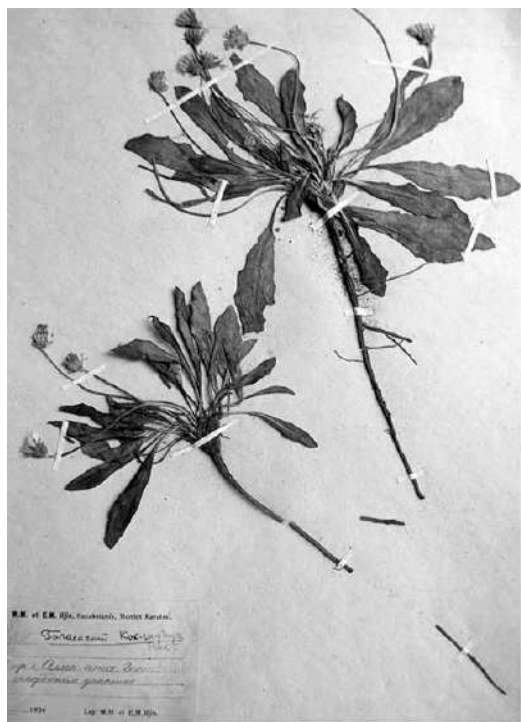


Рисунок 1. Гербарный лист с растением кок-сагыза

Однако интересен кок-сагыз не только своим местом произрастания. Корни этого растения содержат в себе от 10 до 27 процентов каучука (в сухом веществе), что, конечно, меньше, чем в соке гевеи (40 – 50 %), но тоже весьма неплохо. На территории СССР именно кок-сагыз стал одним из рекордсменов по содержанию столь полезного вещества. Во время Великой Отечественной войны кок-сагыз стал важным резервом производства резины, так как поставки каучука из гевеи были затруднены. К тому же выяснилось, что для тяжелой военной техники он подходит даже лучше.

С началом Великой Отечественной войны Сергей Андреевич был эвакуирован в Чувашскую АССР, где работал на Чувашской селекционной станции. Здесь он занимается разработкой агротехники нужной для фронта культуры – кок-сагыза [2].

В 1943 году он опубликовал брошюру «Возделывание кок-сагыза в колхозах Чувашской АССР» (рис. 2) [5], за которую получил благодарственное письмо:

*«Вы, выпуская брошюру, оказали нам и колхозам, сеющим кок-сагыз, большую помощь. Чувашская контора «Главресткаучук» за оказанную работу приносит Вам большую благодарность и надеется, что Вы своим знанием и имеющимся опытом в возделывании кок-сагыз окажете и в дальнейшем большую помощь колхозам Чувашской АССР в повышении урожайности каучуконосов». Управляющий Чувашской конторой «Главресткаучук» И. Ефимов [4].*

Производство кок-сагыз оставалось востребованным до 1954 г., когда была открыта технология производства изопренового синтетического каучука. В 1960-е годы каучук из кок-сагыз начал постепенно вытесняться синтетическим каучуком.

С 1944 года С. А. Воробьев продолжил работу в Тимирязевской сельскохозяйственной академии. В 1957 году защищает докторскую диссертацию, посвященную разработке научных основ полевых севооборотов в Нечерноземной зоне, и в 1958 году избирается профессором кафедры земледелия [6].

Заслуги Сергея Андреевича были отмечены правительственными наградами: орденами Ленина и Знак Почета. В 1974 г. он был удостоен звания Заслуженного деятеля науки РСФСР [4].

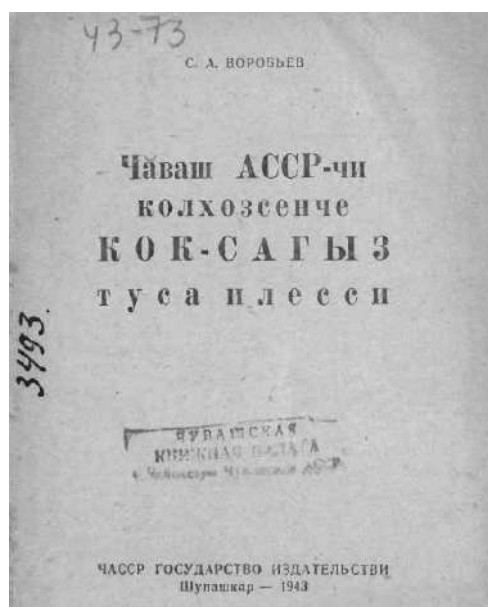


*Рисунок 2. С. А. Воробьев. Возделывание кок-сагыз в колхозах Чувашской АССР. — Чебоксары, 1943*



*Рисунок 3. Воробьев Сергей Андреевич (1904 – 1992)*

## Литература

1. Сергей Андреевич Воробьев / сост. Г. А. Макаренко. – Москва: МСХА им. К. А. Тимирязева, 2004. – 67 с.
2. Ученый, педагог и гражданин (к 100-летию со дня рождения С. А. Воробьева) // Известия ТСХА, 2004. – Вып. 3. – С. 127 – 137.
3. Алексеев, А. А. Школа кооперативных земледельческих традиций: учебное пособие / А. А. Алексеев, В. Г. Лошаков, Т. Ю. Куликова. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ им. К. Д. Ушинского, 2008.
4. Агрономическое далекое – близкое: Очерки. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2008. – 408 с.
5. Воробьев С. А. Возделывание кок-сагыз в колхозах Чувашской АССР. – Чебоксары, 1943.
6. Баутин В. М. Талантливый ученый и педагог / В. М. Баутин, А. Н. Каштанов, В. Г. Лошаков // Земледелие. – 2004. – № 5. – С. 44.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

Н. А. Большев

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева  
Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49  
E-mail: nikolai.bolshev@yandex.ru

Научный руководитель: О. В. Тимофеев, к. с.-х. н., доцент кафедры земледелия  
и методики опытного дела ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева  
Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

**Резюме.** Данная работа посвящена совершенствованию элементов технологии возделывания ярового ячменя. Установлено, что наибольшая продуктивность культуры обеспечивается при отвальном способе основной обработки почвы.

**Abstract.** This work is devoted to the improvement of elements of the technology of cultivation of spring barley. It has been established that the greatest productivity of the crop is ensured by the moldboard method of primary soil cultivation.

Современное сельское хозяйство сталкивается с множеством вызовов, среди которых особое место занимает необходимость повышения урожайности при одновременном снижении экономических издержек и негативного влияния на окружающую среду [1, 2]. В условиях растущей конкуренции на рынке сельскохозяйственной продукции агрономы стремятся к внедрению эффективных технологий, наиболее адаптированных к климатическим, и к почвенным условиям [3].

Яровой ячмень является одной из важнейших зерновых культур и по посевным площадям занимает одно из ведущих мест как в нашей стране, так и в мировом земледелии. Эта культура отличается высокой ценностью для производства концентрированных кормов, так как в сравнительно большом количестве содержит лизин [4]. Важным аспектом успешного возделывания ярового ячменя является обработка почвы, которая влияет на ее физические свойства, а также на уровень засоренности посевов. Способы основной обработки почвы, такие как отвальная обработка и чизелевание, имеют свои особенности и могут существенно изменять структуру почвы, ее водо- и воздухопроницаемость, а также биологическую активность [5, 6, 7]. Отвальная обработка, традиционно используемая в агрономической практике, позволяет глубоко рыхлить почву и улучшать ее структуру, однако она отличается большими энергозатратами [8]. В то же время чизелевание – это более современный и щадящий способ, он направлен на обработку подпахотного горизонта, улучшение водопроницаемости и накопление продуктивной влаги в верхних слоях почвы [9, 10]. Вместе с тем при таком способе обработки почвы не происходит оборот пласта, возрастает угроза распространения вредных организмов: патогенов, вредителей и сорных растений.

В этой связи целью наших исследований было выявление наиболее эффективного способа основной обработки почвы под яровой ячмень на дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почвах в условиях Смоленской области.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:



1. Установить влияние различных способов основной обработки почвы на численность и видовой состав сорных растений в посевах ярового ячменя.
2. Оценить эффективность действия гербицидов в зависимости от способа основной обработки почвы.
3. Сравнить влияние различных способов основной обработки почвы на урожайность ярового ячменя.
4. Провести экономическую оценку затрат и рентабельности различных способов обработки почвы.

Исследования проводили в 2024 году на полях ЗАО Тропарево ОП Сычевка, расположенного в Сычевском районе Смоленской области. Почва опытного участка – дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, глубина залегания подзолистого горизонта – 23 см, в пахотном слое присутствует большое количество камней и валунов.

Схема полевого опыта, проводимого на фоне внесения минеральных удобрений под предпосевную обработку почвы в дозе  $N_{24}P_{24}K_{24}$  и с подкормкой в фазу кущения в дозе  $N_{34}$ , включала следующие варианты основной обработки почвы:

1. Отвальная – отвальная вспашка проводилась Kuhn Master 183 на глубину 20 – 23 см.
2. Чизельная (безотвальная) – осуществлялась агрегатом DONDI 809 на глубину 30 см.

Для посева использовали пивоваренный ячмень сорт Надежный. Норма высева семян 5 млн/га. Система защиты включала в себя обработку в фазу кущения баковой смесью гербицидов, инсектицида и регулятора роста.

Погодные условия в период исследований складывались благоприятно для роста и развития растений ярового ячменя. Среднемесячные температурные показатели в период вегетации были близки к среднегодовым (рис. 1), а обильные осадки способствовали хорошему развитию культуры (рис. 2).

По результатам обследования посевов ячменя наилучшая полевая всхожесть и наибольший коэффициент кущения были отмечены в варианте с отвальной обработкой. Количество продуктивных стеблей в варианте с чизельной обработкой составило 336 шт./м<sup>2</sup>, что так же меньше, чем в варианте с отвальной обработкой на 28 шт./м<sup>2</sup> (табл. 1).

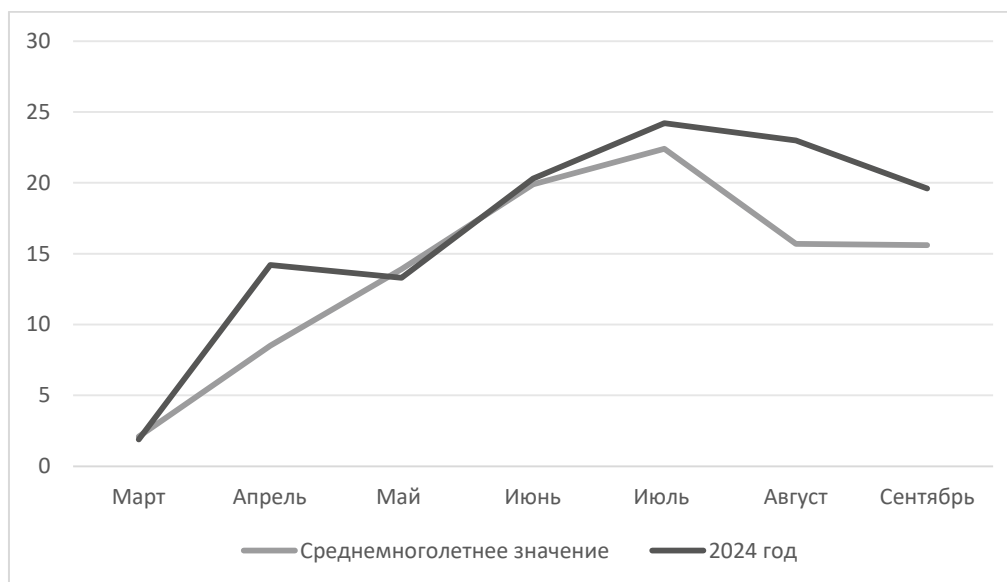


Рисунок 1. Температура, °C

Учёт численности сорных растений проводили в два срока: до обработки гербицидами и через две недели после обработки. Численность сорных растений определяли инструмен-

тальным методом при помощи рамки (50 × 50 см). Сорные растения в варианте с отвальной и чизельной обработкой были представлены в основном двудольными видами. В целом наибольшая засоренность как двудольными, так и однодольными сорными растениями отмечалась в варианте с чизелеванием (рис. 3).

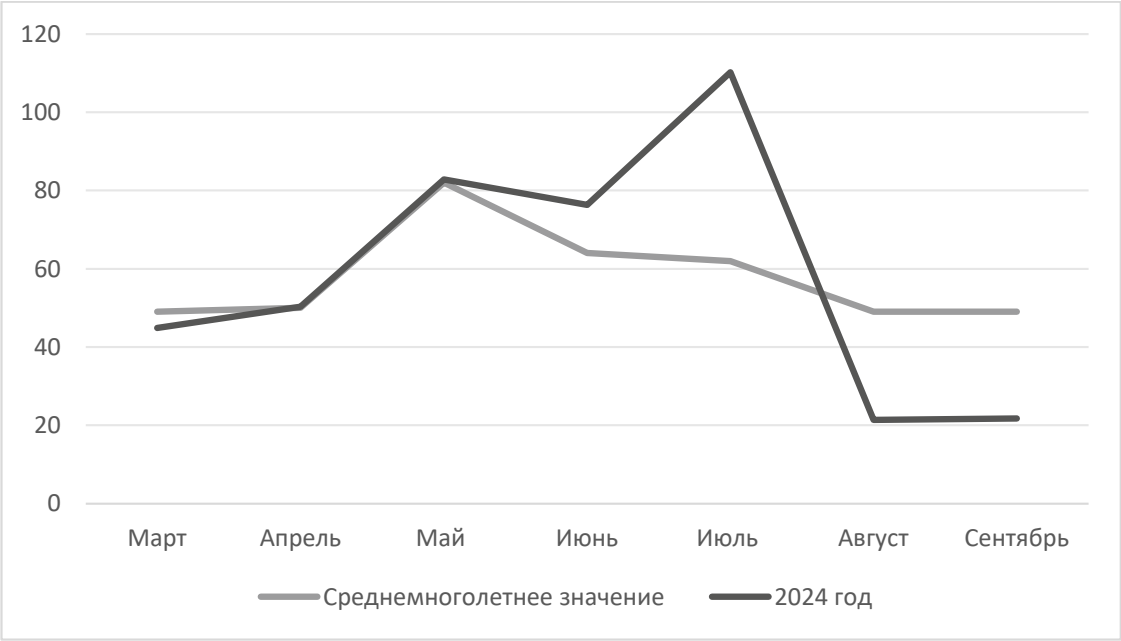


Рисунок 2. Количество осадков, мм

Таблица 1. Влияние способа основной обработки почвы на густоту стояния растений и количество продуктивных стеблей ярового ячменя, шт./м²

| Способ обработки почвы | Густота стояния, шт./м² | Общая кустистость, шт./м² | Количество продуктивных стеблей, шт./м² |
|------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|
| Отвальная обработка    | 312                     | 546                       | 364                                     |
| Безотвальная обработка | 309                     | 508                       | 336                                     |

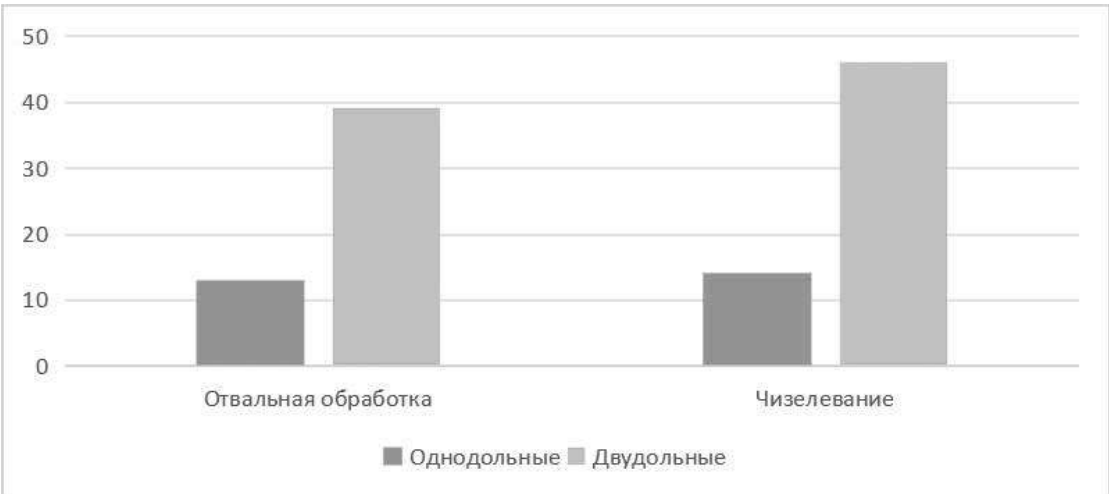


Рисунок 3. Влияние способа основной обработки почвы на засоренность ячменя, шт./м²

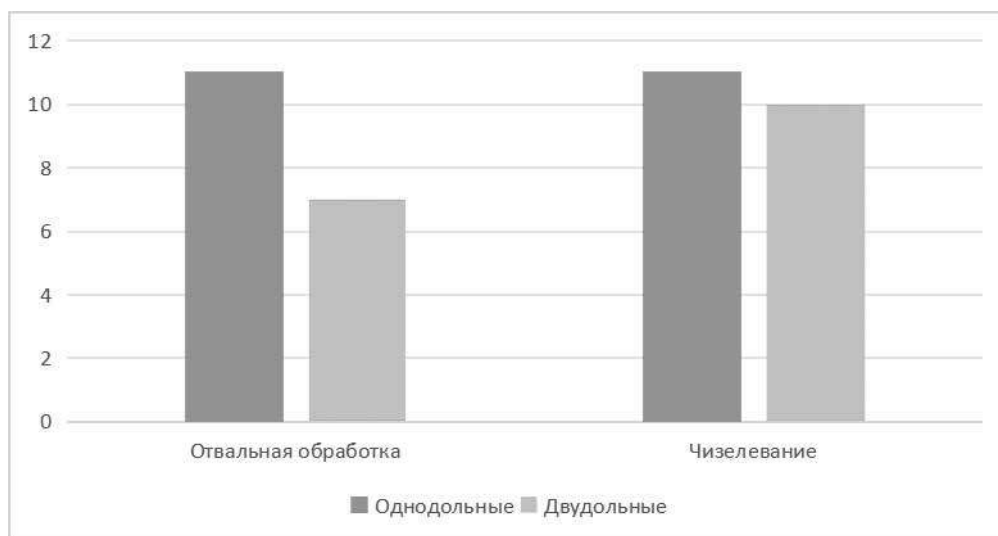


*Рисунок 4. Влияние обработки гербицидами на засоренность ячменя в зависимости от способа основной обработки почвы, шт./м²*

Обработку посевов против сорняков проводили в фазу кущения растений ячменя гербицидами Ассолют Прайм, МК с нормой расхода 0,45 кг/га, Бомба, ВДГ – с нормой расхода 0,02 кг/га, применяемыми против однолетних и многолетних двудольных сорных растений, и Авантикс Турбо, МД – с нормой расхода 0,6 л/га против однолетних злаковых однодольных сорных растений, в составе баковой смеси. Применение гербицидной обработки как в варианте с отвальной обработкой, так и в варианте с чизелеванием позволило существенно снизить засоренность посевов ячменя (рис. 4). В целом эффективность гербицидов составила 66 %.

Учёт урожайности показал, что наибольшая продуктивность ячменя – 4,64 т/га отмечена при отвальной основной обработке (рис. 5). В варианте, где проводилась чизельная обработка, урожайность составила 3,78 т/га.

*Таблица 2. Влияние способов основной обработки почвы на урожайность и экономическую эффективность возделывания озимой пшеницы*

| Показатели                                 | Варианты            |                        |
|--------------------------------------------|---------------------|------------------------|
|                                            | отвальная обработка | безотвальная обработка |
| Урожайность, т/га                          | 4,9                 | 3,7                    |
| Цена реализации 1 т, руб.                  | 15000               | 15000                  |
| Выручка от реализации с 1 га, руб.         | 73500               | 55500                  |
| Всего затрат на производство на 1 га, руб. | 43560               | 41716                  |
| Прибыль на 1 га, руб.                      | 29940               | 13784                  |
| Себестоимость 1 т, руб.                    | 8889,7              | 11274,6                |
| Уровень рентабельности, %                  | 68,7                | 33,04                  |

## Выводы

По результатам исследований выявлено, что сорная растительность в посевах ярового ячменя представлена в основном однолетними сорными растениями. Основными представителями являлись пикульник обыкновенный – 15 – 17 шт./м², марь белая – 11 – 14 шт./м². При этом наибольшая засоренность малолетними сорняками наблюдалась в варианте с применением чизельной обработки почвы. Многолетние сорные растения были представлены пыреем ползучим – 5 шт./м², хвощем полевым – 4 шт./м², а также бодяком полевым – 2 шт./м².

Проведение гербицидной обработки в фазу кущения растений ярового ячменя как в варианте со вспашкой, так и в варианте с чизелеванием показало высокую эффективность против малолетних сорных растений и гораздо меньшую против многолетних, при этом обработка позволила снизить количество сорняков на 65 – 66 %.

Результаты обследования посевов ячменя показали, что наилучшая сохранность, густота стояния и продуктивная кустистость отмечаются в вариантах, где проводилась вспашка.

Наилучшим способом основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя сорта Надежный на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах в условиях Смоленской области показала себя вспашка на глубину 20 – 22 см, при проведении которой была получена максимальная урожайность – 4,96 т/га.

С экономической точки зрения при проведении вспашки получен наибольший чистый доход – 29 940 руб./га и наибольшая рентабельность – 68,7 %.

## Литература

1. Ильясова Н. И. Влияние уровня азотного питания и средств защиты растений на фитосанитарное состояние и урожайность ярового ячменя / Н. И. Ильясова, Г. И. Ваулина, О. В. Тимофеев // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2007. – № 4. – С. 45 – 50.
2. Тимофеев О. В. Влияние применения удобрений и известкования на продуктивность ячменя бессменно и в севообороте // Научное наследие А. Г. Дояренко – основа в разработке систем земледелия будущего: К 150-летию со дня рождения профессора Алексея Григорьевича Дояренко. – Суздаль-Москва, 2024. – С. 337 – 340.
3. Болховецкая А. М. Возделывание ярового ячменя по различным предшественникам / А. М. Болховецкая // Сборник трудов, приуроченных к 77-й всероссийской студенческой научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения Алексея Григорьевича Дояренко, Москва, 12 – 14 марта 2024 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2024. – С. 39 – 42.
4. Перспективная ресурсосберегающая технология производства ярового ячменя: Метод. рекомендации. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 60 с.
5. Воронов М. А. Анализ влияния способов основной обработки на сложение и структуру дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы // Научное наследие А. Г. Дояренко – основа в разработке систем земледелия будущего: К 150-летию со дня рождения профессора Алексея Григорьевича Дояренко. – Суздаль-Москва, 2024. – С. 337 – 340.
6. Воронов М. А. Роль минимальной системы обработки в оптимизации структурного состояния дерново-подзолистой почвы / М. А. Воронов, В. А. Николаев, Л. И. Щигрова // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К. А. Тимирязева : Сборник статей, Москва, 5 – 7 июня 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2023. – С. 203 – 207.
7. Баздырев Г. И. Агрономическая эффективность почвозащитных обработок и средств химизации при длительном использовании на склоновых землях / Г. И. Баздырев, И. А. Заверткин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 2. – С. 6 – 18.
8. Ломакина Д. Д. Основная обработка почвы / Д. Д. Ломакина, К. М. Потетня // Устойчивое научно-техническое развитие агропромышленного комплекса РФ: Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Екатеринбург, 30 октября 2023 года. – Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2023. – С. 128 – 129.
9. Баздырев Г. И. Почвозащитные обработки почвы и гербициды при возделывании ячменя на склонах / Г. И. Баздырев, И. А. Заверткин // Плодородие. – 2005. – № 2 (23). – С. 34 – 35.
10. Морозов А. Н. Влияние минимизации основной обработки почвы на фитосанитарное состояние посевов и продуктивность ярового ячменя / А. Н. Морозов, Д. В. Дубовик, Е. В. Дубовик, А. В. Шумаков // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2023. – № 4 (394). – С. 418 – 423.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

С. Н. Гололобов

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: vekr.step@yandex.ru

Научный руководитель: О. В. Тимофеев, к. с.-х. н., доцент кафедры земледелия  
и методики опытного дела ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

**Резюме.** Проведена сравнительная оценка таких приемов основной обработки почвы, как вспашка, чизельная обработка, дискование, их влияния на засоренность, видовой состав сорных растений и продуктивность посевов озимой пшеницы.

**Abstract.** A comparative assessment of such methods of primary soil cultivation as plowing, chisel tillage, disking, their impact on weed infestation, species composition of weeds and productivity of winter wheat crops was carried out.

Современное сельское хозяйство сталкивается с множеством вызовов, основной из которых – необходимость повышения урожайности при одновременном снижении затрат и минимизации вреда для окружающей среды [1, 2, 3]. Один из способов решения данной проблемы – переход на более современные приемы основной обработки почвы, включающие использование комбинированных агрегатов и безотвальную обработку [4, 5, 6]. Тем не менее вспашка остается одним из самых распространенных приемов во многих хозяйствах.

Различные приемы основной обработки оказывают разное влияние на химические и физические свойства почв, а также фитосанитарное состояние посевов [7, 8]. Правильно выбранный прием обработки позволяет максимально раскрыть потенциал культуры за счет создания оптимальных условий роста и развития [9, 10].

Таким образом, исследование влияния различных приемов основной обработки почвы на урожайность и засоренность посевов озимой пшеницы является актуальной задачей, способствующей оптимизации агрономических практик и повышению эффективности сельскохозяйственного производства.

Целью нашего исследования являлось изучение основных аспектов, касающихся влияния приемов основной обработки почвы на рост и развитие озимой пшеницы, а также определение наиболее эффективных приемов основной обработки почвы в рамках технологий возделывания озимой пшеницы для достижения высоких результатов в условиях современного аграрного рынка.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить влияние различных способов основной обработки почвы на численность и видовой состав сорных растений в посевах озимой пшеницы.
2. Определить влияние способа основной обработки почвы на густоту стояния и продуктивную кустистость растений озимой пшеницы.
3. Сравнить эффективность действия гербицидов в посевах озимой пшеницы в зависимости от способа основной обработки почвы.
4. Установить влияние различных способов основной обработки почвы на урожайность озимой пшеницы.

Исследования проводили в 2024 году на полях ЗАО Тропарево ОП Сычевка, расположенного в Сычевском районе Смоленской области. Почва опытного участка – дерново-подзолистая среднесуглинистая, глубина залегания подзолистого горизонта – 23 см.

Схема опыта включала три варианта основной обработки почвы:

1. Вспашка на глубину 20 – 23 см;
2. Чизельная обработка на глубину 25 см;
3. Дискование на глубину 8 см.

Вспашку проводили 7-корпусным плугом с предплужниками Kuhn Master 183, чизелевание – агрегатом ЧДА – 4 VELES с шириной захвата 3,84 м, дискование – тяжелой двухрядной бороной Дискант-МЕГА 8. Объектом исследования служила озимая пшеница сорта Московская 39. Норма высева семян – 5,6 млн шт./га. Минеральные удобрения вносили в дозе  $N_{78}P_{36}K_{36}$ . Система защиты включала в себя протравливание семян, обработку в фазу кущения гербицидами в баковой смеси с фунгицидом и иммуномодулятором и обработку в период колосения – начала цветения фунгицидом.

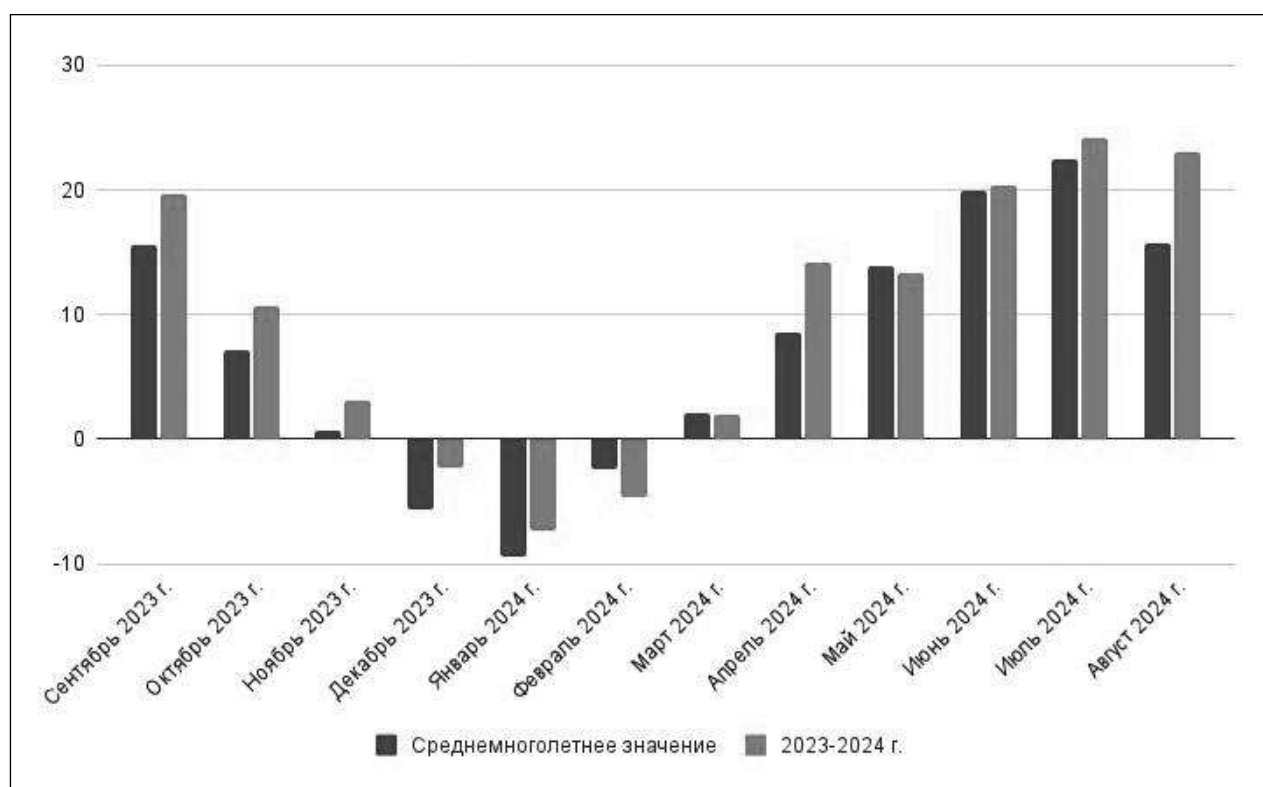


Рисунок 1. Температура, °C

Погодные условия 2023 г. в период вегетации растений озимой пшеницы на начальных этапах их развития складывались не достаточно благоприятно. Повышенные температуры и недостаток влаги в сентябре-октябре (рис. 1, 2) отрицательно сказались на онтогенезе озимой пшеницы. Полевая всхожесть была получена достаточно низкой, на варианте с дискованием составила 69 %, на вариантах с чизельной обработкой и вспашкой она составила на 2 и 6 % больше (табл. 1). После перезимовки озимой пшеницы погодные условия 2024 г. складывались достаточно благоприятно для ее развития.

Результаты обследования посевов озимой пшеницы показали, что наилучшая выживаемость и густота стояния отмечаются в вариантах, где проводилась вспашка (табл. 1). При этом приемы основной обработки почвы не оказали существенного влияния на продуктивную кустистость растений озимой пшеницы (табл. 2).

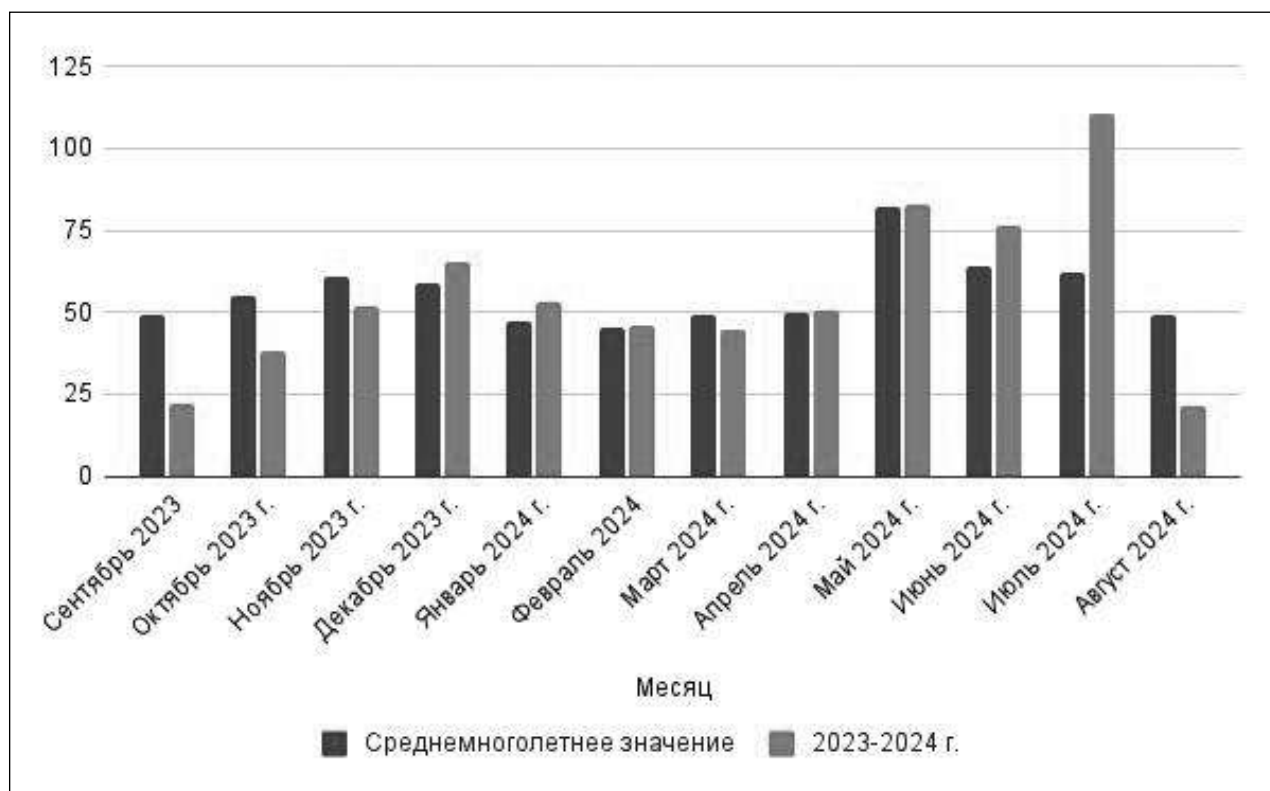


Рисунок 2. Количество осадков, мм

Таблица 1. Влияние приемов основной обработки почвы на полевую всхожесть и густоту стояния растений озимой пшеницы

| Прием основной обработки почвы | Полевая всхожесть семян, % | Сохранность, % | Густота стояния, шт./м <sup>2</sup> |
|--------------------------------|----------------------------|----------------|-------------------------------------|
| Вспашка на 20 – 23 см          | 75                         | 51             | 216                                 |
| Чизельная обработка на 30 см   | 71                         | 47             | 187                                 |
| Дискование на 8 см             | 69                         | 46             | 176                                 |

Таблица 2. Влияние приемов основной обработки почвы на количество продуктивных стеблей озимой пшеницы

| Прием основной обработки почвы | Количество продуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup> | Продуктивная кустистость |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------|
| Вспашка на 20 – 23 см          | 303                                                 | 1,4                      |
| Чизельная обработка на 30 см   | 264                                                 | 1,4                      |
| Дискование на 8 см             | 247                                                 | 1,4                      |

Учет численности сорных растений проводили в два срока: до обработки гербицидами и через две недели после обработки. Численность сорных растений определяли инструментальным методом при помощи рамки (50 × 50 см).

Сорная растительность в посевах озимой пшеницы была представлена в основном малолетними двудольными сорными растениями. Основными представителями являлись Пыкульник обыкновенный – 15 шт./м<sup>2</sup>, Метлица обыкновенная – 10 шт./м<sup>2</sup>, Щетинник обыкновенный – 7 шт./м<sup>2</sup>. Наибольшее количество сорных растений – 67 шт./м<sup>2</sup> наблюдалось на варианте с проведением дискования, наименьшее – 51 шт./м<sup>2</sup> на варианте со вспашкой (рис. 3).

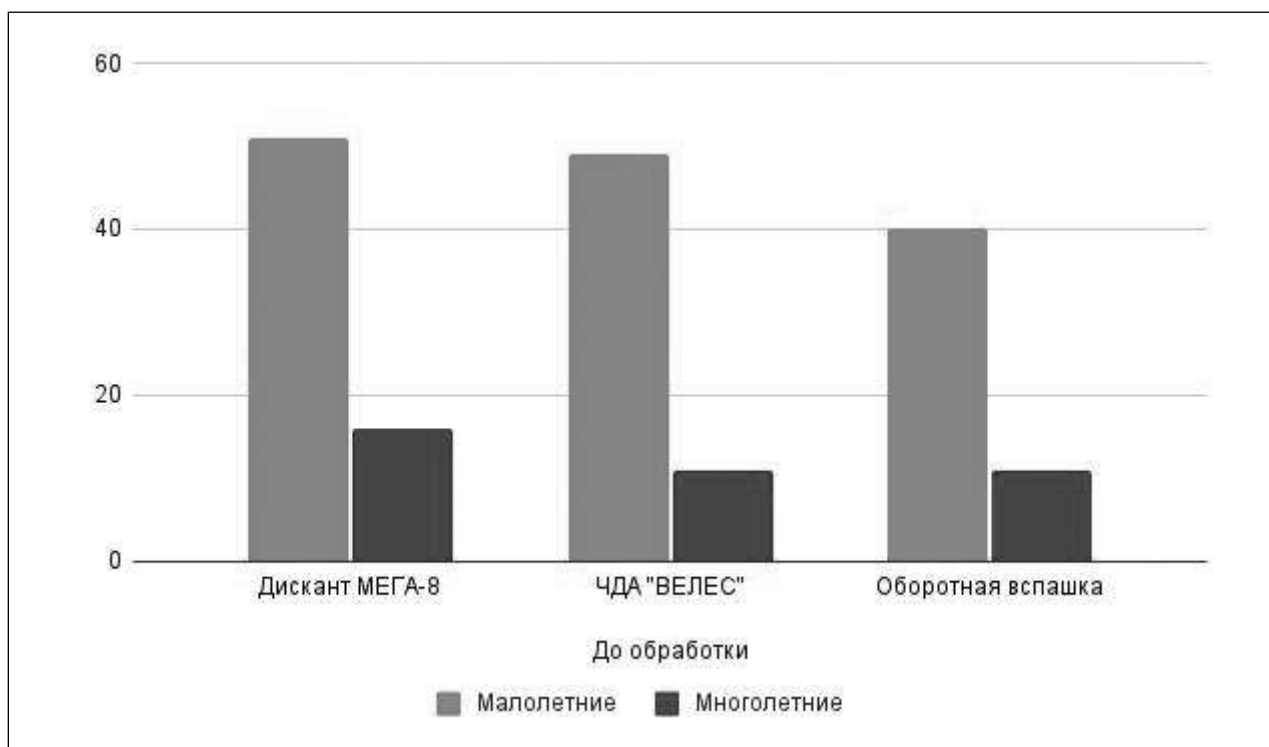


*Рисунок 3. Влияние приемов основной обработки почвы на засоренность озимой пшеницы, шт./м²*

Проведение пестицидной обработки в фазу кушения растений озимой пшеницы баковой смесью с использованием препаратов Статус Макс, ВДГ (0,043 кг/га) и Орикс, КЭ (0,5 л/га) позволило снизить засоренность по всем вариантам более чем на 70 % (рис. 4).

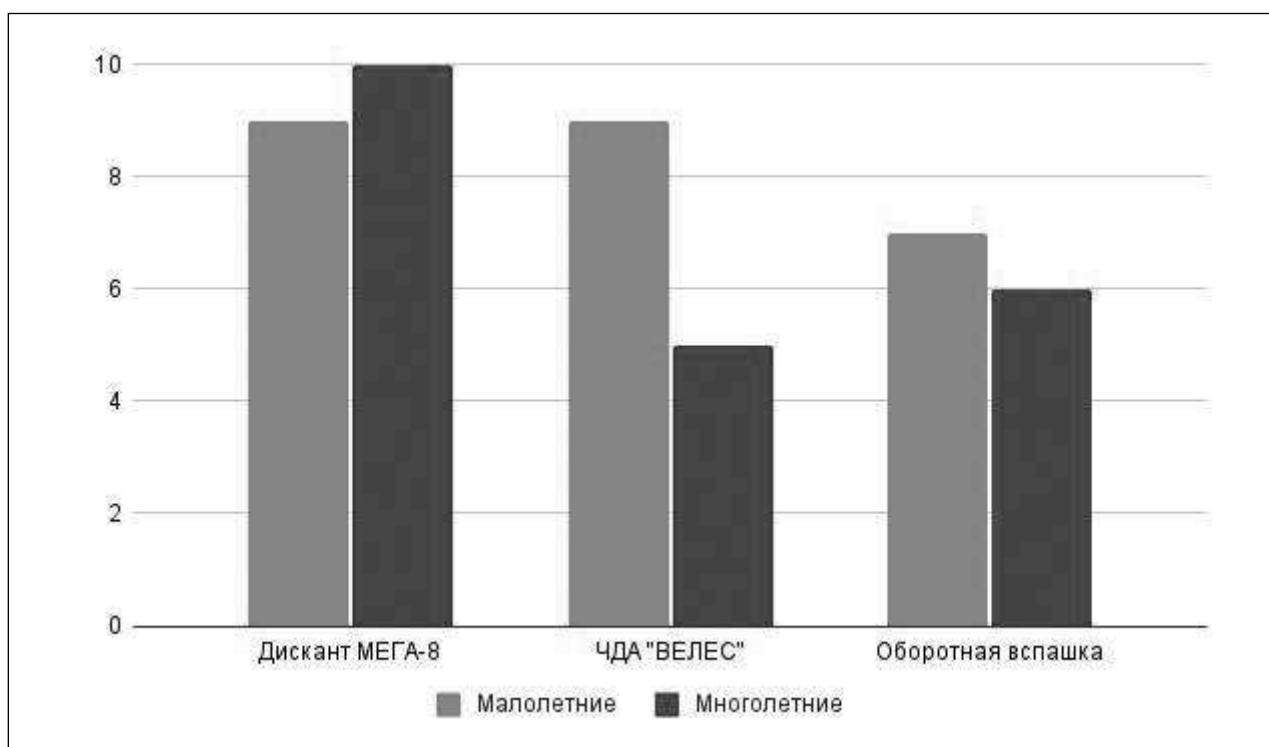


*Рисунок 4. Влияние обработки гербицидами на засоренность озимой пшеницы в зависимости от приемов основной обработки почвы, шт./м²*



Учёт урожайности показал, что наибольшая продуктивность озимой пшеницы – 3,41 т/га была получена на варианте с проведением вспашки, в то время как на вариантах с проведением чизельной обработки и дискования она была на 0,48 т/га и 0,64 т/га меньше, соответственно (рис. 5).

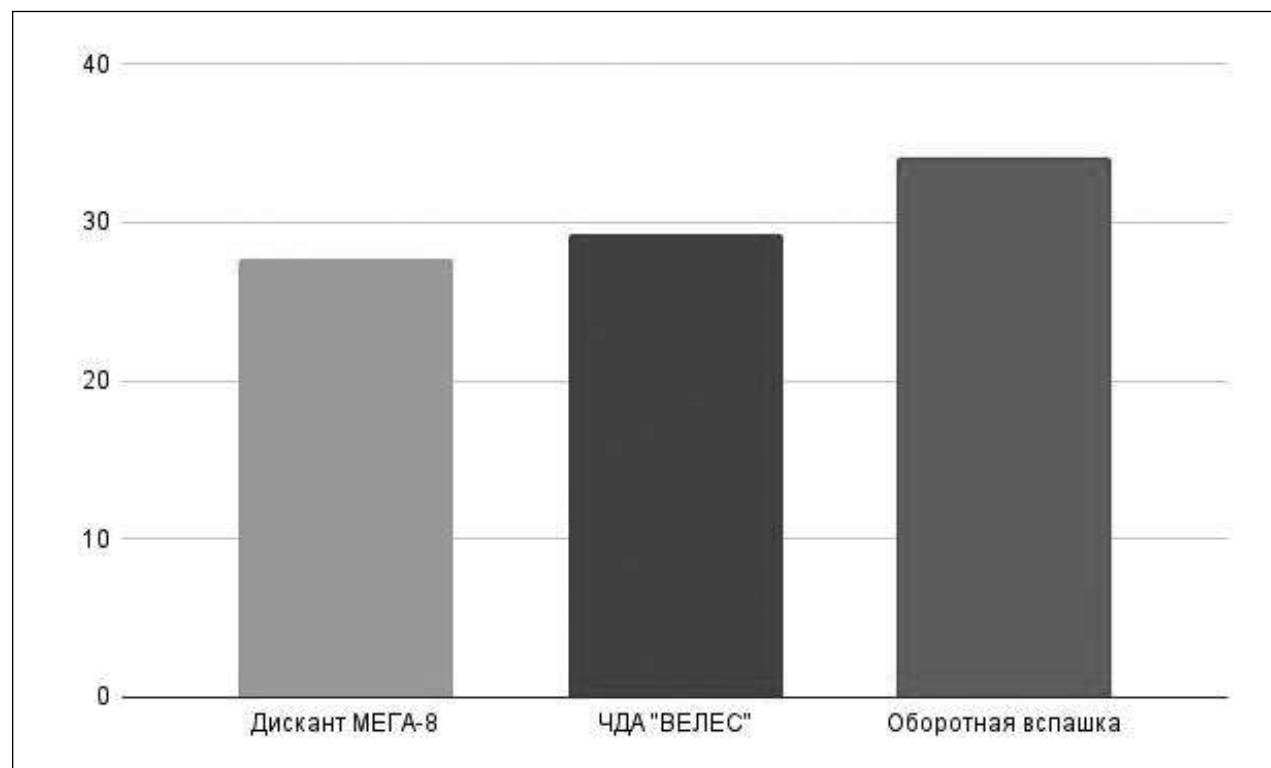


Рисунок 5. Влияние способа основной обработки почвы на продуктивность озимой пшеницы

## Выводы

По результатам исследований выявлено, что сорная растительность в посевах озимой пшеницы была представлена в основном малолетними двудольными сорными растениями, они составили 46 % от общей засоренности. При этом самыми распространёнными представителями являлись Пикульник обыкновенный – 11 шт./м<sup>2</sup>, Метлица обыкновенная – 7 шт./м<sup>2</sup>, Щетинник обыкновенный – 6 шт./м<sup>2</sup>. Наибольшее количество сорных растений – 67 шт./м<sup>2</sup> наблюдалось на варианте с проведением дискования, наименьшее – 51 шт./м<sup>2</sup> на варианте со вспашкой.

Проведение пестицидной обработки в фазу кушения растений озимой пшеницы баковой смесью с использованием препаратов Статус Макс, ВДГ (0,043 кг/га) и Орикс, КЭ (0,5 л/га) позволило снизить засоренность по всем вариантам более чем на 70 %.

Результаты обследования посевов озимой пшеницы показали, что наилучшая выживаемость и густота стояния отмечаются в вариантах, где проводилась вспашка. При этом приемы основной обработки почвы не оказали существенного влияния на продуктивную кустистость растений озимой пшеницы.

В условиях Нечерноземной зоны России на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах, в целях оптимизации технологии возделывания озимой пшеницы сорта Московская 39, экономически целесообразно в системе основной обработки почвы проводить вспашку на глубину 20 – 23 см. Это позволяет получить наибольшую урожайность – 3,41 т/га при наилучшей рентабельности – 40,5 %. С экономической точки зрения при проведении вспашки получен наибольший чистый доход – 12 776 руб./га и наибольшая рентабельность – 40,5 %.

## Литература

1. Влияние органических и органоминеральных удобрений на содержание элементов питания в озимой пшенице / А. А. Каримбердиева, М. М. Ташкузиев, Т. Т. Бердиев, С. Ч. Мустафаева // Биологический круговорот питательных веществ при использовании удобрений и биоресурсов в системах земледелия различной интенсификации. – Суздаль-Иваново: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр»; ПресСто, 2021. – С. 55 – 58.
2. Ваулина Г. И. Фитосанитарное состояние посевов и урожай озимой пшеницы при использовании пестицидов и удобрений / Г. И. Ваулина, О. В. Тимофеев // Плодородие. – 2005. – № 2 (23). – С. 20 – 21.
3. Ваулина Г. И. Экологическая оценка применения средств химизации под озимую пшеницу / Г. И. Ваулина, А. М. Алиев, О. В. Тимофеев // Плодородие. – 2005. – № 3 (24). – С. 25 – 26.
4. Киричкова И. В. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от способа основной обработки почвы в условиях Нижнего Поволжья / И. В. Киричкова, А. А. Муравьев, В. С. Дорохин // Современные проблемы аграрной науки и пути их решения : Материалы Всероссийской научно-практической конференции имени Заслуженного деятеля науки КБР, почетного работника виноградарской и винодельческой отраслей Ставропольского края, академика МАНЭБ, д. с.-х. н., профессора М. Н. Фисуна, Нальчик, 9 ноября 2023 года. – Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В. М. Кокова, 2023. – С. 282 – 284.
5. Баздырев Г. И. Агрономическая эффективность почвозащитных обработок и средств химизации при длительном использовании на склоновых землях / Г. И. Баздырев, И. А. Заверткин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 2. – С. 6 – 18.
6. Техов А. А. Влияние основной обработки почвы на урожайность озимой пшеницы / А. А. Техов // Аграрные конференции. – 2020. – № 3 (21). – С. 18 – 22.
7. Воронов М. А. Роль минимальной системы обработки в оптимизации структурного состояния дерново-подзолистой почвы / М. А. Воронов, В. А. Николаев, Л. И. Щигрова // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К. А. Тимирязева : Сборник статей, Москва, 5 – 7 июня 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2023. – С. 203 – 207.
8. Баздырев Г. И. Почвозащитные обработки почвы и гербициды при возделывании ячменя на склонах / Г. И. Баздырев, И. А. Заверткин // Плодородие. – 2005. – № 2 (23). – С. 34 – 35.
9. Ткаченко М. А. Влияние способа основной обработки почвы на урожайность и качественные показатели зерна озимой мягкой пшеницы / М. А. Ткаченко, А. С. Волкова, Е. Ю. Гненный // Роль молодых учёных в решении актуальных проблем сельского хозяйства: тенденции, инновации и перспективы // Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов, Орёл, 26 ноября 2020 года. – Орел: Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт зернобобовых и крупяных культур Российской академии сельскохозяйственных наук, 2020. – С. 176 – 177.
10. Алабушев А. В., Янковский Н. Г., Овсянникова Г. В., Кравченко М. Е., Логвинов А. Я., Сухарев А. А. Основная обработка почвы и продуктивность озимой пшеницы // Земледелие. – 2009. – № 4. – С. 23 – 24.

# ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ГИБРИДОВ ПЕРЦА СЛАДКОГО В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ

А. Н. Капленко

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: Kaplenko-2021@mail.ru

Научный руководитель: М. А. Мазиров, д. б. н., профессор,

профессор кафедры земледелия и методики опытного дела

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

**Резюме.** Каждый год потребность населения в овощной продукции растёт, в том числе и перца сладкого. Поэтому важной задачей для аграриев является увеличение количества валовой продукции без ухудшения её качества. Как раз использование биоудобрений, содержащих живые микроорганизмы, служит лучшей альтернативой для решения поставленной цели.

**Abstract.** Every year, the population's demand for vegetable products, including sweet peppers, increases. Therefore, a key challenge for agricultural producers is to increase the gross output without compromising its quality. Precisely the use of biofertilizers containing live microorganisms presents the best alternative for achieving this goal.

Высокие цены энергоносителей, логистика минеральных удобрений и пестицидов делают их экономически невыгодными для применения в КФХ и ЛПХ. Переход на биологические удобрения для выращивания экологически чистой и органической продукции, не загрязняющие почву химическими препаратами и дающие высокую экономическую эффективность, – это качественно новый этап в развитии сельского хозяйства с применением передовых технологий на новейших принципах.

Перец сладкий (*Capsicum annuum*). Перец – многолетнее растение, а в наших климатических условиях его выращивают как однолетнюю культуру. Имеет длительный вегетационный период. Перец – полукустарник. От особенностей роста и ветвления стебля перец подразделяют на индетерминантные и детерминантные. Плод – многосеменная ложная ягода, 2 – 4-гнездная. Различают перец по массе плодов: крупноплодный, широкоплодный, длинноплодный и мелкоплодный. Толщина плодовой стенки от 0,5 до 10 мм [1].

По содержанию питательных веществ перец превосходит томаты и баклажаны, а по количеству витамина С (105 – 270 мг/100 г) не имеет себе равных среди овощей. Перец сладкий как поливитаминный продукт широко применяется в лечебном питании при цинге, малокровии, упадке сил, гипо- и авитаминозе. Перец используется в свежем, консервированном, соленом, маринованном и фаршированном виде [2].

Исследование проводили в северо-восточной зоне Белгородской области, в условиях Старооскольского района, на почвах чернозём выщелоченный, содержание гумуса – 2,0 %; рН – 5,7; содержание легкогидролизуемого азота – 98 мг/кг, подвижного фосфора и обменного калия – 25 и 68 мг/кг соответственно.

Опыт двухфакторный. В качестве фактора А изучали три гибрида перца сладкого агрофирмы ООО «Семко»:

- F<sub>1</sub> Семко 2013 – включен в реестр селекционных достижений РФ в 2013 году по регионам возделывания культуры, для выращивания в открытом грунте. Рекомендуются для ЛПХ и КФХ. Гибрид раннеспелый [3].

- F<sub>1</sub> Квинта – включен в реестр селекционных достижений РФ с 2019 года по зонам возделывания культуры, для выращивания в открытом грунте и плёночных теплицах. Рекомендуются для ЛПХ и КФХ. Раннеспелый [3].

- F<sub>1</sub> Юбилейный Семко – включен в реестр селекционных достижений РФ в 1999 году по регионам возделывания культуры, для выращивания в открытом грунте, необогреваемых пленочных теплицах и под временными пленочными укрытиями. Гибрид раннеспелый [3].

В качестве фактора В изучали 2 вида биологических удобрений:

- Фолимар – производитель: компания «Листерра». Бактериальное удобрение с фунгицидными свойствами для использования на зерновых, овощных и плодовых культурах для предпосевной обработки семян и опрыскивания в период вегетации. Состав: *Bacillus amyloliquefaciens*, штамм D203, штамм выделен из микрофлоры морских объектов окружающей среды. Препаративная форма: порошок молочно-белого цвета [4].

- Фосфатовит – это универсальный препарат, используемый в качестве удобрения. Препарат содержит 120 млн/см<sup>3</sup> (раствор 0,12 × 10<sup>9</sup> КОЕ/г) живого материала штамма В-8966 бактерии *Bacillus mucilaginosus* Bac 10 и полезные микроорганизмы почвенной микрофлоры. Класс опасности 4 [4].

Предшественник – соя. Высадку рассады перца сладкого проводили по схеме 50 × 50 см. Схема опыта включала 9 вариантов в трёх повторностях. Размер учётной делянки (2 × 1,5 м) – 3,0 м<sup>2</sup>. Уход за растениями заключался в трёх рыхлениях междурядий, прополке, окучивании и удалении сорняков. Полив производили по мере необходимости. Азотосудок вносили в лунки при посадке рассады из расчёта – 50 г/м<sup>2</sup>. В фазе развития растений: боковое ветвление, бутонизация и формирование плодов провели три листовые подкормки биоудобрением Фолимар и Фосфатовит. Норма расхода Фолимара – 1 г на 10 литров воды и Фосфатовит – 10 мл на 10 литров воды. Расход рабочего раствора – 10 л на 100 м<sup>2</sup>.

За вегетационный период роста и развития перца сладкого в 2020 году выпало осадков 247,2 мм, или 71 % от нормы. В 2021 году осадков выпало 147,8 мм, 42 % от среднееголетних значений и 60 % от 2020 года.

Температурный режим в 2020 – 2021 годах был выше среднееголетних значений. Среднесуточная температура воздуха за вегетацию составила +17 °С...+18 °С, днём находилась в пределах +23 °С...+32 °С.

При выращивании любой культуры, в том числе и перца сладкого, одним из ключевых критериев является урожайность. Данные о влиянии биоудобрений на структуру урожая перца представлены в таблице 1.

Длина плодов перца увеличилась на опытных вариантах от 0,6 см у F<sub>1</sub> Семко 2013 + Фосфатовит до 2,9 см у F<sub>1</sub> Квинта + Фолимар.

Масса плодов в технической спелости при применении Фолимара увеличилась от 2 до 10 %, а при применении Фосфатовита – от 1 до 6 %, по сравнению с контрольными вариантами.

Применение препарата Фолимар способствовало увеличению массы плодов в биологической спелости от 8 % у F<sub>1</sub> Семко 2013 до 24 % у F<sub>1</sub> Юбилейный Семко, а препарат Фосфатовит увеличил массу плодов от 2,5 % F<sub>1</sub> Семко 2013 до 11,6 % F<sub>1</sub> Юбилейный Семко по сравнению с контролем.

Урожайность плодов на делянках, где применялся Фолимар, была больше – от 8 т/га у F<sub>1</sub> Семко 2013 до 19 т/га у F<sub>1</sub> Юбилейный Семко. А препарат Фосфатовит способствовал увеличению урожайности перца только от 2 т/га у F<sub>1</sub> Семко 2013 до 8 т/га у F<sub>1</sub> Квинта, по сравнению с контрольными вариантами.

Таблица 1. Структура урожая перца сладкого

| Гибрид                         | Вариант    | Длина плодов, см | Масса плодов, г      |                        | ± к контролю, грамм | Урожайность, т/га | ± к контролю, т/га |
|--------------------------------|------------|------------------|----------------------|------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
|                                |            |                  | техническая спелость | биологическая спелость |                     |                   |                    |
| F <sub>1</sub> Семко 2013      | Контроль   | 9,3              | 97,9                 | 138,4                  | –                   | 60,0              | –                  |
|                                | Фолимар    | 10,3             | 108,1                | 149,5                  | +11,1               | 68,0              | +8,0               |
|                                | Фосфатовит | 9,9              | 103,1                | 141,9                  | +3,5                | 62,0              | +2,0               |
| F <sub>1</sub> Квинта          | Контроль   | 10,1             | 113,2                | 145,3                  | –                   | 61,0              | –                  |
|                                | Фолимар    | 13,0             | 119,1                | 172,6                  | +27,3               | 78,0              | +17,0              |
|                                | Фосфатовит | 11,8             | 109,2                | 156,3                  | +11,0               | 69,0              | +8,0               |
| F <sub>1</sub> Юбилейный Семко | Контроль   | 12,9             | 114,3                | 141,2                  | –                   | 66,0              | –                  |
|                                | Фолимар    | 15,1             | 124,1                | 175,2                  | +34,0               | 85,0              | +19,0              |
|                                | Фосфатовит | 14,1             | 114,1                | 157,6                  | +16,4               | 73,0              | +7,0               |

Показатель экономической эффективности является основополагающим критерием оценки любого агротехнического приема или сорта/гибрида, так как напрямую определяет их коммерческую жизнеспособность и практическую ценность для сельхозпроизводителя. Данные экономической эффективности гибридов перца сладкого представлены в таблице 2.

Затраты на контроле составили по 1,17 млн/га, на вариантах с применением биоудобрений – 1,28 млн/га.

Себестоимость продукции на делянках с применением Фолимара была ниже на 3,6 – 17,7 %, а при применении Фосфатовита на варианте с F<sub>1</sub> Семко 2013 была выше на 5,5 %, на вариантах с другими гибридами была ниже на 1,1 – 3,4 %, по сравнению с контрольными вариантами. Цена реализации составила в среднем 55 тыс./т.

Биоудобрение Фолимар способствовало увеличению уровня рентабельности на 9,4 % у F<sub>1</sub> Семко 2013, на 48,0 % у F<sub>1</sub> Квинта и на 55,3 % у F<sub>1</sub> Юбилейный Семко, по сравнению с контролем. При применении биоудобрения Фосфатовит уровень рентабельности у F<sub>1</sub> Семко 2013 был ниже на 16,4 %, у F<sub>1</sub> Юбилейный Семко и F<sub>1</sub> Квинта он был выше на 3,8 % и 9,7 % соответственно, по сравнению с контролем.

Таблица 2. Экономическая эффективность гибридов перца сладкого с 1 га

| Гибрид                         | Вариант    | Затраты, млн | Валовой сбор, т | Себестоимость, руб./т | Цена реализации, тыс./т | Выручка, млн | Прибыль, млн | Рентабельность, % |
|--------------------------------|------------|--------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|--------------|--------------|-------------------|
| F <sub>1</sub> Семко 2013      | Контроль   | 1,17         | 60,0            | 19500,0               | 55,0                    | 3,30         | 2,13         | 182,8             |
|                                | Фолимар    | 1,28         | 68,0            | 18823,5               | 55,0                    | 3,74         | 2,46         | 192,2             |
|                                | Фосфатовит | 1,28         | 62,0            | 20645,2               | 55,0                    | 3,41         | 2,13         | 166,4             |
| F <sub>1</sub> Квинта          | Контроль   | 1,17         | 61,0            | 19180,3               | 55,0                    | 3,36         | 2,19         | 187,2             |
|                                | Фолимар    | 1,28         | 78,0            | 16410,3               | 55,0                    | 4,29         | 3,01         | 235,2             |
|                                | Фосфатовит | 1,28         | 69,0            | 18550,7               | 55,0                    | 3,80         | 2,52         | 196,9             |
| F <sub>1</sub> Юбилейный Семко | Контроль   | 1,17         | 66,0            | 17727,3               | 55,0                    | 3,63         | 2,46         | 210,3             |
|                                | Фолимар    | 1,28         | 85,0            | 15058,8               | 55,0                    | 4,68         | 3,40         | 265,6             |
|                                | Фосфатовит | 1,28         | 73,0            | 17534,2               | 55,0                    | 4,02         | 2,74         | 214,1             |

Таким образом, в условиях Белгородской области наиболее перспективным показал себя гибрид перца F<sub>1</sub> Юбилейный Семко, урожайность которого была выше по сравнению с гибридами F<sub>1</sub> Семко 2013 и F<sub>1</sub> Квинта как на контроле, так и в вариантах с применением биоудобрений. Наибольшая эффективность от применения биологических удобрений отмечена при применении Фолимара на всех изучаемых гибридах перца сладкого. Максимальная урожайность – 85 т и наибольшая рентабельность – 265,6 % получена при выращивании гибрида F<sub>1</sub> Юбилейный Семко с применением Фолимара.

### **Выводы**

1. Применение биоудобрения Фолимар способствовало увеличению продуктивности, урожайности и качества плодов перца сладкого на 12 – 32 %, а Фосфатовит повлиял незначительно.

2. Урожайность опытных гибридов перца при применении Фолимара была выше на 13 – 29 %, а Фосфатовита – на 3 – 13 %, чем на контроле.

3. Биоудобрение Фолимар способствовало увеличению уровня рентабельности на 9,4 % у F<sub>1</sub> Семко 2013, на 48,0 % у F<sub>1</sub> Квинта и на 55,3 % у F<sub>1</sub> Юбилейный Семко, по сравнению с контролем.

### **Литература**

1. Гиш Р. А. Овощеводство Юга России / Р. А. Гиш, Г. С. Гикало. – Краснодар: Издательство «ЭДВИ», 2012. – 632 с.
2. Пивоваров В. Ф. Овощи России / В. Ф. Пивоваров. – Москва : ГНУ ВНИИССОК, 2006. – 384 с.
3. Каталог сортов и гибридов овощных и цветочных культур 2020 – 2021. – Москва, ООО «Семко», 2020.
4. Азотовит и фосфатовит – биоудобрения нового поколения / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://sazhaem.info/care/manure/azotovit-i-fosfatovit.html>.

УДК 581.5

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОБУСОВ НА ВОЗДУШНУЮ СРЕДУ Г. МОСКВЫ**

**К. Р. Куртукова**

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева  
Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49  
E-mail: kari\_da\_brat@mail.ru

Научный руководитель: С. Ю. Ермаков<sup>1</sup>, старший преподаватель  
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева  
Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

**Резюме.** В настоящее время актуален вопрос целесообразности внедрения электробусов в систему городских пассажирских перевозок. Электротранспорт рассмотрен как источник антропогенной нагрузки, влияющий на экологическую устойчивость городской среды через объёмы загрязняющих веществ в атмосфере.

**Abstract.** Nowadays the question of feasibility of introducing electric buses into the system of urban passenger transportation is topical. Electric transport is considered as a source of anthropogenic load, influencing the environmental sustainability of urban environment through the volume of pollutants in the atmosphere.

Цель научной статьи заключается в проведении экологической оценки и анализа экологических аспектов применения электробусов в условиях современности и системе общественного транспорта г. Москвы.

В соответствии с целью поставлены задачи:

1. Проведение расчёта выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов от электробусов.
2. Определение уровня шумового воздействия электробусов.

Объектами исследования являются модели электробусов «ЛиАЗ-6274» и «КамАЗ-6282».

Для расчета выбросов вредных веществ от электробусов использована методика «Инвентаризации выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух. Метод расчета выбросов вредных (загрязняющих) веществ от автотранспортных средств на территории крупнейших городов» (2013) [1]. Оценка экологического воздействия городского транспорта выполняется на основе удельных показателей на 1 км пробега. У электрического транспорта отсутствуют пробеговые выбросы вредных веществ, так как нет процесса сжигания топлива при движении. Однако вредные вещества образуются при производстве электроэнергии на ТЭС: оксиды углерода, азота, серы и сажа. Удельные выбросы вредных веществ при производстве электроэнергии определяются по формуле (1).

$$M_i = M_{уд} \times A_i, \quad (1)$$

где  $M_i$  – удельный выброс  $i$ -го вредного вещества,  $M_{уд}$  – удельный выброс вредных веществ при выработке электроэнергии  $M_{уд}$ , г/кВт·ч;  $A_i$  – показатель относительной агрессивности.

Удельные выбросы парниковых газов при производстве электроэнергии для электротранспорта рассчитаны с учетом коэффициента выбросов, который составляет 0,449 г CO<sub>2</sub>/Вт·ч.

Удельные выбросы вредных веществ при производстве электроэнергии выбраны в соответствии с ИТС 38-2022 «Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии» [2]. Результаты показаны в таблице 1.

Таблица 1. Выбросы загрязняющих веществ

| Загрязняющие вещества | Удельный выброс вредных веществ при выработке электроэнергии $M_{уд}$ , г/кВт·ч | Показатель относительной агрессивности, $A_i$ | Относительные удельные выбросы при выработке ЭЭ, г/кВт·ч |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| CO <sub>2</sub>       | 0,0043                                                                          | 1                                             | 0,0043                                                   |
| NO <sub>x</sub>       | 0,68                                                                            | 43                                            | 29,24                                                    |
| SO <sub>2</sub>       | 0,75                                                                            | 16                                            | 12                                                       |
| Сажа                  | 0,37                                                                            | 19                                            | 7,03                                                     |
| Всего                 |                                                                                 |                                               | 48,27                                                    |

Относительные удельные выбросы при выработке электроэнергии на ТЭС составляют 48,27 г/кВт·ч. Удельный расход ЭЭ определен с учетом всех электрических потерь.

Таким образом, возрастает потребление электроэнергии, что влечет за собой увеличение выбросов загрязняющих веществ. Однако надо учитывать, что выбросы транспорта происхо-

дят в атмосферный воздух на территории всех городов, а выбросы ТЭС – в месте их расположения. Следует также учитывать, что ряд крупных ТЭС расположен в городах с высоким уровнем загрязнения воздуха.

Расчёт удельных выбросов парниковых газов осуществлялся согласно «Методическим рекомендациям по разработке Документа планирования регулярных перевозок пассажиров и багажа по муниципальным и межмуниципальным маршрутам автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом» (утверждён Минтрансом России 30 июня 2020 г.) [3]. Процесс сжигания топлива сопровождается образованием парниковых газов, удельные выбросы которых зависят от вида топлива. Дополнительным технологическим фактором является расширение использования парогазовых энергоблоков на российских ТЭС. Удельные выбросы парниковых газов при производстве электроэнергии для электротранспорта рассчитаны с учетом коэффициента выбросов, который составляет 0,449 г CO<sub>2</sub>/Вт·ч, рассчитывается по формуле (2).

$$W_{уд} = M_i \times 0,449, \quad (2)$$

где  $M_i$  – удельный выброс  $i$ -го вредного вещества, 0,449 – коэффициент выброса CO<sub>2</sub>.

Эмиссия парниковых газов у автомобиля с ДВС в процессе эксплуатации немного выше, чем у электромобиля, за счет горения топлива в ДВС.

Таблица 2. Удельные выбросы парниковых газов при производстве электроэнергии

| Тип электро-транспорта | Удельное потребление ЭЭ, Вт·ч/км | Удельные выбросы углекислого газа при производстве ЭЭ, г CO <sub>2</sub> /Вт·ч | Удельные пробеговые вбросы углекислого газа, г CO <sub>2</sub> /км |
|------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| ЛиАЗ-6274              | 25                               | 0,449                                                                          | 11,2                                                               |
| КамАЗ-6282             | 18                               | 0,449                                                                          | 8,08                                                               |



Рисунок 1. Шумомер Center 325

В результате проведенной энергетической оценки установлено, что электробусы потребляют примерно равное количество электроэнергии. При стремительном развитии электробусов и электрического городского транспорта в целом будет наблюдаться резкое увеличение потребления электроэнергии, что приведет к необходимости модернизации существующих систем электроснабжения и создания дополнительной инфраструктуры для электрического транспорта.

Измерение уровня шума проводилось в салоне, на улице, без движения, в движении и при разгоне транспортного средства в дневное время суток. Использовался шумомер Center 325.

Согласно постановлению Главного государственного санитарного врача Российской Федерации «О внесении изменений в санитарные правила СП 2.5.3650-20 Санитарно-эпидемиологические требования к отдельным видам транспорта и объектам транспортной инфраструктуры» [4], установлен предельный уровень шума в электробусах – 65 дБ. Результаты измерения приведены для обоих электробусов в таблицах 3, 4.



Таблица 3. Характеристика акустического воздействия электробуса КамАЗ–6282

| Время измерения | Характер шума | Место измерения         | Уровни звука и эквивалентный уровень звука, дБА | Максимальные уровни звука, дБА |
|-----------------|---------------|-------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------|
| 8:00            | непостоянный  | Салон электробуса       | 55                                              | 69                             |
| 8:05            | непостоянный  | Улица                   | 64                                              | 67                             |
| 8:16            | непостоянный  | Без движения            | 57                                              | 57                             |
| 8:23            | непостоянный  | При разгоне электробуса | 70                                              | 70                             |
| 8:30            | непостоянный  | В движении              | 65                                              | 68                             |

Среднее значение уровня звука в салоне электробуса КамАЗ–6282 – 64 дБА, соотносится с нормативом.

Таблица 4. Характеристика акустического воздействия электробуса ЛиАЗ-6274

| Время измерения | Характер шума | Место измерения         | Уровни звука и эквивалентный уровень звука, дБА | Максимальные уровни звука, дБА |
|-----------------|---------------|-------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------|
| 9:10            | непостоянный  | Салон электробуса       | 57                                              | 71                             |
| 9:14            | непостоянный  | Улица                   | 66                                              | 69                             |
| 9:25            | непостоянный  | Без движения            | 56                                              | 58                             |
| 9:31            | непостоянный  | При разгоне электробуса | 73                                              | 75                             |
| 9:36            | непостоянный  | В движении              | 67                                              | 69                             |

Среднее значение уровня звука в салоне электробуса ЛиАЗ-6274 – 66 дБА, не соотносится с нормативом.

## Выводы

1. Проведен расчет выбросов загрязняющих веществ по четырем веществам. Суммарно относительные удельные выбросы при выработке электроэнергии на ТЭС составляют 48,27 г/кВт·ч. Удельные выбросы парниковых газов для ЛиАЗ-6274 составляют 11,2 г CO<sub>2</sub>/км, а для КамАЗ-6282 – 8,08 г CO<sub>2</sub>/км.

2. Определен уровень шумового воздействия. Для обоих электробусов превышены нормативные значения: на 5дБ – для КамАЗ (70 дБ) и на 10 дБ – для ЛиАЗ-6274 (75 дБ).

## Литература

1. Инвентаризации выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух. Метод расчета выбросов вредных (загрязняющих) веществ от автотранспортных средств на территории крупнейших городов. – [Б. м.], [Б. г.].

2. ИТС 38-2022. Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии. – [Б. м.], 2022.

3. Методические рекомендации по разработке Документа планирования регулярных перевозок пассажиров и багажа по муниципальным и межмуниципальным маршрутам автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом: утв. Минтранс России 30 июня 2020 г. – [Б. м.], 2020.

4. СП 2.5.3650-20. Санитарно-эпидемиологические требования к отдельным видам транспорта и объектам транспортной инфраструктуры. – [Б. м.], 2020.

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ И ПЕРЛИТА НА СОДЕРЖАНИЕ МЕДИ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОЧНОГО СКЛОНА

В. К. Гвоздь<sup>1</sup>, И. К. Козельский<sup>2</sup>, С. Б. Курбонов<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

<sup>1</sup> E-mail: gvozd.v@rgau-msha.ru

<sup>2</sup> E-mail: ikozelskii@mail.ru

Научные руководители:

1. В. Е. Коноплёв, кандидат хим. наук, доцент кафедры материаловедения и технологии машиностроения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева  
Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49;

2. Т. М. Джанчаров, кандидат биол. наук, доцент кафедры экологии  
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева  
Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

**Резюме.** В городских условиях актуальна проблема загрязнения придорожных откосов тяжёлыми металлами, в частности, соединениями меди, влияющей на самоочищение почвы. Медь на территорию придорожных склонов выделяется из подшипников, вкладышей и тормозных масел машин [1]. Наиболее эффективными вариантами для снижения содержания соединений меди в почве, где применялось гранулированное азотное удобрение (ТУД 2 У) за счёт накопления меди в биомассе газонов, с последующей её утилизацией и вариант, где применялся перлит ТП 4, за счёт эффективного потенциала связывания меди с органическим веществом почвы.

**Abstract.** In urban areas, the problem of heavy metal pollution of roadside slopes is relevant, in particular, copper compounds, which affect the self-purification of the soil. Copper is released into the area of roadside slopes from bearings, liners and brake oils of machines [1]. The most effective options for reducing the content of copper compounds in the soil were the use of granular nitrogen fertilizer (ТУД 2 У) due to the accumulation of copper in the biomass of lawns, followed by its disposal, and the use of perlite ТП 4 due to its effective potential for binding copper with soil organic matter.

На миграцию соединений меди на склонах влияет множество факторов:

1. Микроклимат (экспозиция склона). Температура и влажность почвы являются важными факторами для роста газонов и концентрации растворимых форм меди [2]. Исследуемый склон имеет юго-восточную экспозицию, для которой характерны более высокая прогреваемость почвы и более низкая влагообеспеченность [3]. Воздействие высоких температур на склонах приводит к увеличению концентрации растворимых форм меди в почве [4]. При дефиците почвенной влаги в верхних слоях, включая прикорневую зону злаковых культур, растения способны усваивать существенно большие концентрации меди [5].

2. Содержание органического вещества в почве. Органическое вещество критически важно для сорбции меди почвой – его удаление резко снижает поглощательную способность. Медь с глинистыми минералами образует более устойчивые связи [6].

3. Кислотно-основной показатель почвы. Растворимость меди в почве определяется значением рН среды. При значениях рН менее 4,5 медь легко вымывается из почвы. В то время

как при pH более 4,5 происходит формирование труднорастворимых гидратов меди, что снижает её подвижность в почве [7].

Проведенные ранее оценки исследователей доказывают перспективные способы управления факторами, влияющими на содержание меди и органического вещества в почве при помощи минеральных удобрений и почвенного сорбента перлита. Например, в статье Н. А. Андрущук и В. К. Гвоздь «Экологическая оценка дернины сеяного газона при использовании гранулированного удобрения и перлита» [8] было доказано, что перлит способствует наибольшему эффективному накоплению корневой биомассы в почве. А в статье Д. И. Шаламова и В. К. Гвоздь «Экологическая оценка влияния тяжёлых металлов и аллелотоксичности в почвах влаголюбивых культур в условиях экологического стационара РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева» было доказано, что почвенные сорбенты способны наиболее эффективно снижать содержание меди по сравнению с естественным грунтом [9].

Таким образом, цель нашего исследования – оценить эффективность применения азотного удобрения и перлита в условиях растительности юго-восточного склона.

**Методы и объекты исследования.** Исследования осуществлялись на юго-восточном склоне территории Полевой опытной станции РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева. Отбор проб почвы и растений проводился дважды: в начале исследования (16.06.2024) и в его завершении (10.10.2024), причём каждый образец был взят дважды для повышения достоверности результатов.

Целью исследования стало изучение влияния гранулированного азотного удобрения – аммиачной селитры (с содержанием азота 33 %) и сорбента перлита – на изменение уровня содержания тяжёлого металла меди в почве и растениях на протяжении вегетационного периода.

Для проведения эксперимента было организовано четыре варианта опыта, каждый из которых занимал площадь в 10,5 квадратных метра.

В рамках исследования анализировалось, как выбранные мелиоранты воздействуют на концентрацию меди в почвенном покрове и в растительной биомассе.

1. Контроль (сеяный газон) – Т 3 (У);
2. Контроль + перлит – ТП 4 (У);
3. Контроль + удобрение – ТУД 2 (У);
4. Контроль + перлит + удобрение – ТПУД 5 (У).

**Метод исследования.** Оценка содержания тяжёлого металла меди в почве измерялась в Учебно-научном центре коллективного пользования «Сервисная лаборатория комплексного анализа химических соединений», в почве по стандарту ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011 п.10, в биомассе по стандарту М-МВИ-80-2008 (п. 4).

Оценка содержания органического вещества в почве проводилась по Методу Тьюрина (ГОСТ 26213-91)

**Результаты исследования.** Оценка изменения содержания меди в почве за вегетационный период.

На рисунке № 1 Представлены значения изменения содержания тяжёлых металлов в почве.

Было выявлено, что во всех вариантах наблюдалось снижение содержания меди в почве, наибольшее снижение содержание меди в почве было замечено в варианте, где применялось гранулированное азотное удобрение (Эффективность на 35 % выше, чем на контроле).

Результаты оценки содержания органического вещества в почве показали следующую специфику: за вегетационный период органическое вещество почвы (%) по сравнению с контролем в наибольших объёмах накопилось в варианте, где вносился перлит – на 59 % (ТП 4 (У)), в наименьших объёмах – в варианте, где вносилось азотное гранулированное удобрение – 50 % (Т 3 (У)).

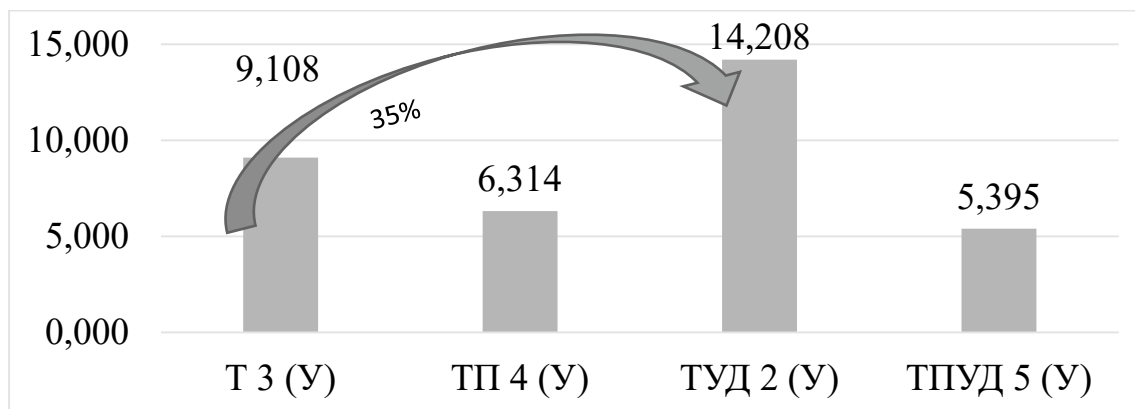


*Рисунок 1. Изменения содержания меди в почве*

## Выводы

Таким образом, наиболее эффективными вариантами для снижения содержания соединений меди в почве, где применялось гранулированное азотное удобрение (ТУД 2 У) за счёт накопления меди в биомассе газонов, с последующей её утилизацией и вариант, где применялся перлит ТП 4, за счёт эффективного потенциала связывания меди с органическим веществом почвы.

## Литература

1. Лёвкин Н. Д., Лазеба А. В. Распространение тяжелых металлов в зоне движения автотранспорта // Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 2014. – № 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rasprostranenie-tyazhelyh-metallov-v-zone-dvizheniya-avtotransporta> (дата обращения: 22.06.2025).
2. Гвоздь В. К. Экологическое исследование влияния физико-химических показателей почвы на рост сеяных газонов при применении перлита и минеральных удобрений / В. К. Гвоздь // Агрохимический вестник. – 2025. – № 2. – С. 80 – 82. – DOI 10.24412/1029-2551-2025-2-015. – EDN KHIJDCV.
3. Юй М., Павлова Н. А., Дай Чанлэй. Гидротермические условия почвы южного и северного склонов северо-восточного Дасиньянляня, Китай // Известия СО РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. – 2022. – № 4 (81). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gidrotermicheskie-usloviya-pochvy-yuzhnogo-i-severnogo-sklonov-severo-vostochnogo-dasinanlinyakitay> (дата обращения: 22.06.2025).
4. Везенцев А. И., Крылова Л. П. Влияние температуры на выщелачиваемость тяжелых металлов из почв Белгородской области // Региональные геосистемы. – 2008. – № 7 (47). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-temperatury-na-vyschelachivaemost-tyazhelyh-metallov-iz-pochv-belgorodskoy-oblasti> (дата обращения: 22.06.2025).
5. Шумакова Г. Е. Влияние запаса почвенной влаги на миграционные способности водорастворимых соединений металлов в почве и агропродукции под влиянием загрязнения автотранспортной магистрали // Известия НВ АУК. – 2014. – № 4 (36). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-zapasa-pochvennoy-vlagi-na-migratsionnye-sposobnosti-vodnorastvorimyh-soedineniy-metallov-v-pochve-i-agroproduksii-pod> (дата обращения: 22.06.2025).
6. Ладонин Д. В., Карпухин М. М. Влияние основных почвенных компонентов на поглощение меди, цинка и свинца городскими почвами // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. – 2008. – № 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-osnovnyh-pochvennyh-komponentov-na-pogloschenie-medi-tsinka-i-svintsa-gorodskimi-pochvami> (дата обращения: 22.06.2025).

7. Дубина А. А., Цветкова Н. Н. Уровень содержания и особенности распределения меди в почвах лесных биогеоценозов Присамарского стационара // Biosystems Diversity. – 2009. – № 17. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uroven-soderzhaniya-i-osobennosti-raspredeleniya-medi-v-pochvah-lesnyh-biogeotsenozov-prisamarskogo-statsionara> (дата обращения: 22.06.2025).

8. Андрущук Н. А., Шабанов В. Б., Гвоздь В. К. Экологическая оценка дернины сеяного газона при использовании гранулированного удобрения и перлита // Журнал передовых исследований в области естествознания. – 2024. – № 21. – С. 44 – 47. – DOI 10.26160/2572-4347-2024-21-44-47. – EDN PRKOSN.

9. Шаламов Д. И., Гвоздь В. К. Экологическая оценка влияния тяжёлых металлов и аллелотоксичности в почвах влаголюбивых культур в условиях экологического стационара РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К. А. Тимирязева : Сборник статей, Москва, 5 – 7 июня 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2023. – С. 179 – 184. – EDN TKVWJB.

Работа выполнена при поддержке гранта Фонда содействия инновациям, предоставленного в рамках программы «Студенческий стартап» федерального проекта «Платформа университетского технологического предпринимательства» по договору № 2473ГССС15-L/90187.

УДК 581.192

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ В УСЛОВИЯХ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА РГАУ – МСХА ИМЕНИ К. А. ТИМИРЯЗЕВА**

**А. И. Калякина**

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: [kalyakinasasha@yandex.ru](mailto:kalyakinasasha@yandex.ru)

Научный руководитель: Д. В. Морев, к. б. н., доцент кафедры экологии

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

**Резюме.** Статья посвящена экологической оценке распределения микроэлементов в растениях горчицы белой в условиях Агроэкологического стационара РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева. В результате проведения полевых и лабораторных исследований было выявлено распределение микроэлементов в разных частях растений: стеблях и корнях. Было установлено накопление в стеблях бора, молибдена и селена; а в корнях – цинка, марганца, кобальта и меди. Вынос микроэлементов происходит с надземной частью растения, в наибольшей степени со стеблями выносятся такие микроэлементы, как цинк и марганец; в наименьшей – кобальт и селен.

**Abstract.** The article is dedicated to the ecological assessment of the distribution of trace elements in white mustard plants under the conditions of the Agroecological Station of the RSAU-MTAA. As a result of field and laboratory studies, the distribution of trace elements in different parts of the plants, such as stems and roots, was revealed. It was found that boron, molybdenum, and selenium accumulate in the stems, while zinc, manganese, cobalt, and copper accumulate in the roots.

*The removal of trace elements occurs in the aboveground part of the plant, with zinc and manganese being removed to the greatest extent with the stems, and cobalt and selenium to the least extent.*

Снижение естественного плодородия почв и истощение запасов микроэлементов в них, которые необходимы для роста и развития растений, являются одной из актуальных проблем современного мира. Одним из способов решения данной задачи является применение специфических культур, имеющих свойство извлекать из почвы труднодоступные для растений микроэлементы и способствовать их перемещению из глубоких слоев почвенного профиля в верхние. В числе наиболее перспективных культур выделяется горчица белая (*Sinapsis alba*), которая также улучшает физические свойства почвы [1, 2].

Объектом исследования является участок с горчицей белой (*Sinapsis alba*) на территории Агроэкологического стационара имени К. А. Тимирязева площадью 2 га, который расположен в северном административном округе города Москвы (55°50'24.7»N 37°33'05.7»E). Почвенный покров участка составляют локально нарушенные вследствие гидромелиоративных работ дерново-подзолистые суглинистые почвы [3].

Для отбора проб почвы и горчицы были выбраны 40 точек, расположенных случайно стратифицированным образом, площадь каждой составляла 0,25 м<sup>2</sup>. Надземную часть горчицы срезали с каждого участка с помощью серпа. Подземную часть растений извлекали вручную монолитом с использованием лопаты с последующей промывкой и сушкой. Для разложения полученных проб использовали систему микроволновой подготовки проб Milestone Ethos Up.

Измерение количества микроэлементов в почве и разных частях растений горчицы белой производили с использованием масс-спектрометра с индуктивной плазмой SUPEC 7000.

Для оценки достоверности различий между средними значениями содержания микроэлементов в разных частях растения использовали критерий Стьюдента (с доверительной вероятностью 95 %), а также был проведен дисперсионный анализ [4].

В результате проведенных исследований было установлено, что в надземной части растения накапливается больше всего бора (13,7 мг/кг), селена (0,52 мг/кг) и молибдена (5,01 мг/кг) (рис. 1).

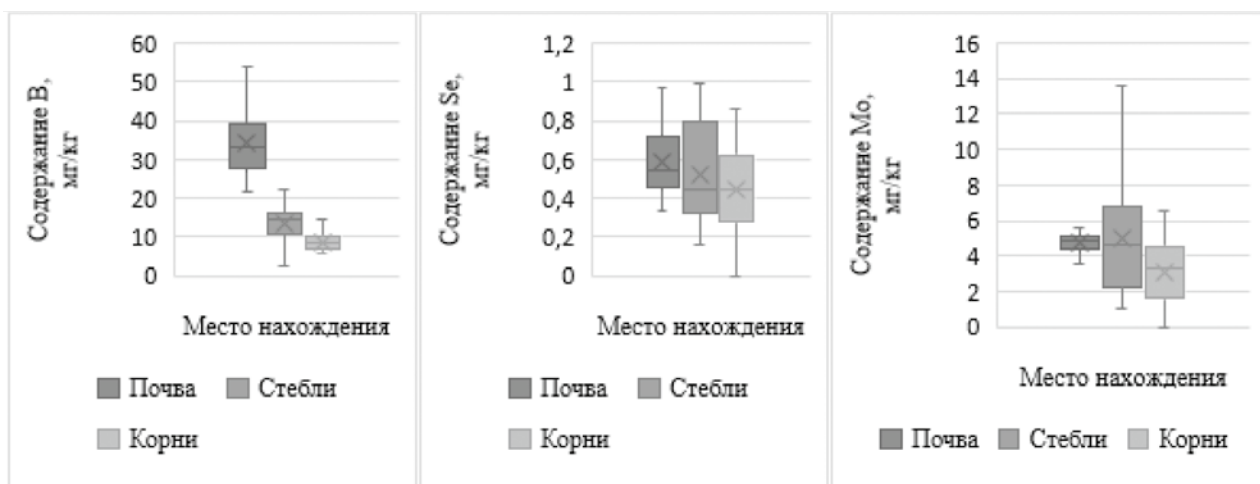


Рисунок 1. Диаграммы размаха распределения бора (слева), селена (в центре) и молибдена (справа) в почве, стеблях и корнях горчицы белой (*Sinapis alba* L.)

Содержание бора во всех исследуемых компонентах показывает значительное варьирование. Так, основная часть элемента сосредоточена в почве (21 – 55 мг/кг). Средние значения

в корнях и стеблях имеют различные диапазоны, при более выраженном варьировании в подземной части (от 2,55 мг/кг до 22,24 мг/кг).

Во всех исследуемых объектах селен находится в достаточно низких концентрациях. Его содержание в почве изменяется от 0,35 до 0,99 мг/кг. Максимальные значения (0,16 – 0,99 мг/кг) наблюдаются в надземной части растения.

Молибден активно поглощается подземной и надземной частью растения из почвы. Так, содержание Мо в стеблях варьирует в пределах от 1,04 мг/кг до 13,63 мг/кг, а концентрация микроэлемента в почве изменяется от 3 до 5 мг/кг.

В то же время такие микроэлементы, как цинк, медь и кобальт (рис. 2), а также марганец (рис. 3), преимущественно накапливаются в подземной части растения, то есть в корнях.

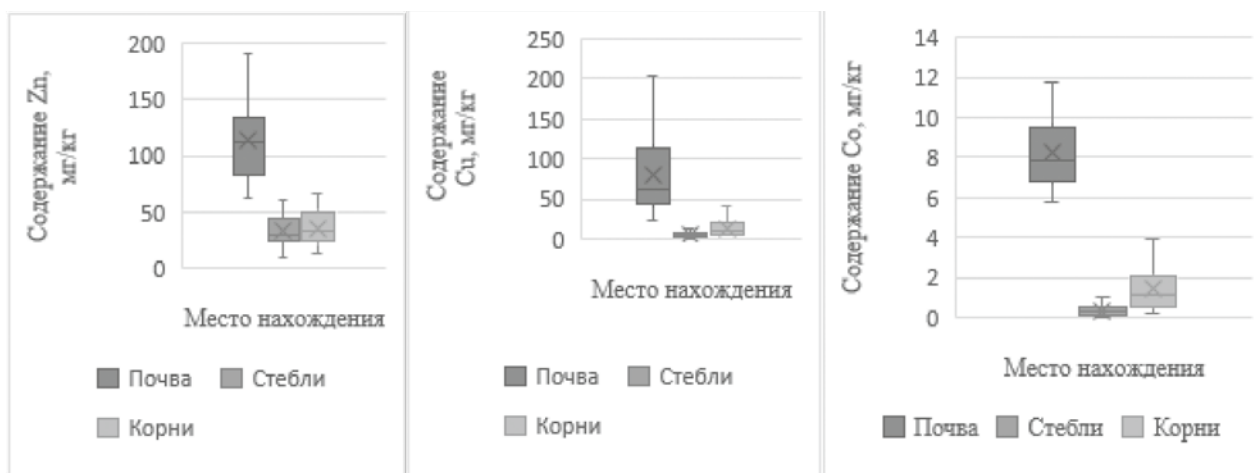


Рисунок 2. Диаграмма размаха распределения цинка (слева), меди (в центре) и кобальта (справа) в почве; стеблях и корнях горчицы белой (*Sinapis alba* L.)

Содержание цинка в почве и растениях значительно отличается друг от друга. Концентрация Zn в почве варьирует от 60 – 190 мг/кг. В растениях накопление этого элемента происходит почти одинаково как в стеблях, так и в корнях (значения изменяются в пределах 13,0 мг/кг – 66,5 мг/кг).

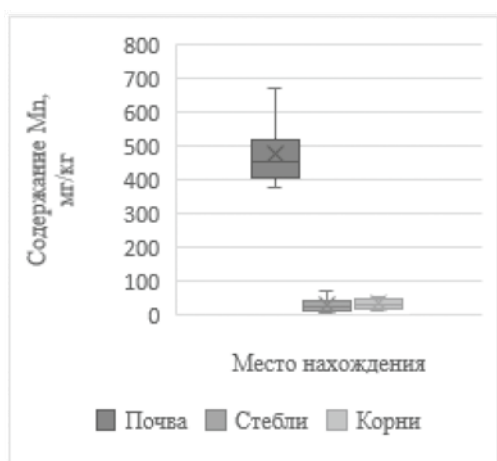


Рисунок 3. Диаграмма размаха распределения марганца (Mn) в почве, стеблях и корнях горчицы белой (*Sinapis alba* L.)

Наибольшая концентрация меди наблюдается в почве (средние значения 20 – 210 мг/кг). На диаграмме размаха также видно, что накопление меди происходит преимущественно в корнях, диапазон значений от 3,69 до 41,3 мг/кг.

Содержание кобальта во всех исследуемых компонентах показывает значительное варьирование. Так, максимальные значения (5 – 11 мг/кг) наблюдаются в почве. Средние значения в корнях и стеблях имеют различные диапазоны значений, при более выраженном варьировании в подземной части (от 0,24 мг/кг до 3,91 мг/кг).

Максимальное содержание марганца наблюдается в почве, где его концентрация составляет 380 – 690 мг/кг. В стеблях и корнях горчицы белой значения ниже, что свидетельствует о его ограниченном переходе из почвы в растение. Однако, несмотря на это, накопление марганца происходит преимущественно

в подземной части растения. Среднее значение Mn в корнях составляет 34,6 мг/кг, при этом максимальное значение достигает 53,1 мг/кг, а минимальное – 10,6 мг/кг.

Такое распределение микроэлементов связано с их химическими особенностями и функциями в растении. Микроэлементы, необходимые для процессов, происходящих в корневой системе, накапливаются в корнях, а те, которые важны для роста и развития надземной части, накапливаются в стеблях и листьях. Это позволяет растению эффективно использовать доступные ресурсы и поддерживать свои физиологические процессы [3, 5].

Для оценки возможного количества потерь микроэлементов с изымаемой наземной массой был произведен расчёт выноса (табл. 1).

Таблица 1. Вынос микроэлементов с надземной частью растений горчицы белой (*Sinapsis alba*) в условиях исследуемого участка

| Микроэлемент | B    | Mn   | Cu   | Zn   | Mo   | Co   | Se   |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Вынос, г/га  | 10,8 | 27,9 | 3,60 | 25,6 | 3,48 | 1,32 | 0,22 |

Наибольший вынос микроэлементов с надземной частью происходит у марганца (27,9 г/га) и Zn (25,6 г/га). Это может быть обусловлено локальными очагами загрязнения почвы, так как горчица способна к накоплению, а также переходом микроэлементов из корней в стебли благодаря высокой подвижности [5, 6].

Наименьший вынос наблюдается у Se (0,22 г/га) и Co (1,32 г/га), так как в самой почве они малоподвижны [7] и находятся в низких концентрациях относительно содержания других микроэлементов – 0,59 мг/кг и 8,19 мг/кг соответственно, в корень, а затем и в сам стебель переходит малый процент микроэлементов.

Таким образом, в надземной части растений преимущественно накапливаются такие микроэлементы, как бор, селен и молибден, в то время как в корнях более высокие значения концентрации цинка и меди. Такие микроэлементы, как селен и кобальт распределялись в подземной и надземной частях растений горчицы равномерно. При этом максимальные значения выноса получены для марганца (27,9 г/га) и цинка (25,6 г/га).

## Литература

1. Велкова Н. И. Аккумуляция тяжелых металлов семенами горчицы белой / Н. И. Велкова // Вестник аграрной науки. – 2020. – С. 47 – 59.
2. Жуйков Д. В. Мониторинг содержания марганца, цинка и меди в почвах и растениях Центрально-Черноземного района России / С. В. Лукина, Д. В. Жуйков // Почвоведение. – 2021. – № 1. – С. 60 – 69.
3. Динамика изменения агрохимических показателей почвы и растительного покрова на нарушенных территориях в условиях Экологического стационара / М. Т. Спыну, М. В. Тихонова, Е. М. Илюшкова [и др.] // Агрохимический вестник. – 2024. – № 6. – С. 42 – 46. – DOI 10.24412/1029-2551-2024-6-007. – EDN EZQORR.
4. Матюк Н. С. К вопросу о статистической оценке средних значений вариантов на примере данных длительного полевого опыта РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева / Н. С. Матюк, Р. Р. Усманов // Развитие аграрной науки и ее роль в обеспечении продовольственной безопасности страны : Материалы национальной научно-практической конференции (с международным участием), посвященной 115-летию со дня рождения А. С. Фатьянова, 95-летию со дня рождения Ю. П. Сиротина, 55-летию со дня образования факультета агрохимии и почвоведения (в н. в. биоэкологического факультета), Нижний Новгород, 5 – 6 декабря 2023 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный агротехнологический университет, 2023. – С. 192 – 198. – EDN ETEQYI.



5. Жуйков Д. В. Мониторинг содержания марганца в агроценозах / Д. В. Жуйков // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 3. – С. 19 – 22.
6. Жуйков Д. В. Сера и микроэлементы в агроценозах (обзор) // Д. В. Жуйков // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 11.
7. Шентеров А. А. Роль химических элементов в почве / А. А. Шентеров, М. А. Мазиров // Фундаментальные и прикладные научные исследования в области естественных наук : Материалы международной научно-практической конференции, Владимир, 24 – 26 ноября 2024 года. – Владимир: Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2025. – С. 257 – 259. – EDN JVRAUF.

УДК 581.192

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ В УСЛОВИЯХ ЛОКАЛЬНО- ЗАГРЯЗНЕННОГО УЧАСТКА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА РГАУ-МСХА ИМЕНИ К. А. ТИМИРЯЗЕВА**

**А. В. Широкова**

Кафедра экологии института мелиорации, водного хозяйства и строительства  
имени А. Н. Костякова

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: nastia.2004.shirokova@yandex.ru

Научный руководитель: к. б. н., доцент кафедры экологии Д. В. Морев

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

**Резюме.** В статье представлены результаты исследования распределения РЗМ в растениях горчицы белой (*Sinapsis alba*) в условиях Агроэкологического стационара РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева. Приведена общая характеристика агроэкологических параметров почвы стационара, выявлены закономерности распределения редкоземельных металлов надземной и подземной части горчицы белой.

**Abstract.** The article presents the results of the study of REE distribution in white mustard plants (*Sinapsis alba*) in the conditions of the Agroecological Stationary of the RSAU-MTAA named after K. A. Timiryazev. The general characteristics of the agroecological parameters of the soil of the stationary are given, the patterns of distribution of rare earth metals in the above-ground and underground parts of white mustard are revealed.

Возрастающая роль редкоземельных металлов (самарий, лантан, неодим, празеодим и др.) в высокотехнологичных отраслях, таких как электроника, энергетика и медицина, подчеркивает необходимость изучения их свойств, миграции и влияния на экосистемы [1, 2]. Добыча и использование этих элементов приводят к их накоплению в почвах, водах и растениях, вызывая токсическое воздействие и нарушая биогеохимические циклы [3, 4]. Исследование их пространственного распределения и поведения в природных объектах важно для оценки

экологических рисков в регионах с интенсивной промышленной деятельностью и разработки мер по минимизации антропогенного загрязнения [5, 6].

Объектом исследования выступила полевая агроэкосистема с локально нарушенными дерново-подзолистыми почвами площадью до 2 га, расположенная на агроэкологическом стационаре Полевой опытной станции РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева в Северном административном округе г. Москвы (55°50'24.8»N 37°33'06.2»E). Участок, использовавшийся ранее как тренировочный полигон для сельскохозяйственной техники и место складирования отходов, характеризуется механическими нарушениями почвенной структуры [7, 8]. В 2024 году на данном участке выращивалась горчица белая (*Sinapis alba*), а предшествующей культурой в севообороте был яровой ячмень.

Агроэкологический стационар характеризуется равнинным рельефом со слабо выраженным микрорельефом. Почвенный покров представлен преимущественно урбанизированными агродерново-подзолистыми почвами различного гранулометрического состава, однако на небольшом участке встречаются зональные дерново-подзолистые почвы, а также типичные для Москвы урбаноземы с сильной степенью замусоренности.

Микрорельеф агроэкологического стационара характеризуется наклонной поверхностью с крутизной до 1° и ярко выраженными локальными повышениями и микрозападинами. Высота варьирует от 165,0 м на северо-востоке до 166,8 м на юго-востоке.

Отбор проб почвы проводили из пахотного горизонта (0 – 20 см) с использованием сетки опорных точек в количестве 40 штук, расположенных случайно. Почвы агроэкологического стационара характеризуются нейтральной или слабокислой реакцией ( $pH_{KCl}$  от 5,7 до 7,6), высоким содержанием подвижных форм фосфора (296,45 мг/кг) и калия (181,1 мг/кг), умеренным уровнем органического вещества (3,81 %) и низким содержанием азота ( $NH_4$  7,99 мг/кг;  $NO_3$  3,72 мг/кг) и серы (6,36 мг/кг). Пространственная неоднородность свойств почвы, а также локальные переуплотнения в западинах юго-восточной части создают вариативность условий для роста горчицы белой (*Sinapsis alba*).

Таблица 1. Основные агроэкологические параметры почвы  
Агроэкологического стационара

| Показатель       | $pH_{KCl}$ | Содержание подвижных форм элементов, мг/кг |        |        |          |        | Орг. вещ-во, % |
|------------------|------------|--------------------------------------------|--------|--------|----------|--------|----------------|
|                  |            | $NH_4$                                     | $NO_3$ | $SO_4$ | $P_2O_5$ | $K_2O$ |                |
| Среднее значение | 6,766      | 7,991                                      | 3,722  | 6,318  | 296,45   | 181,1  | 3,809          |
| Станд. откл.     | 0,591      | 2,666                                      | 3,286  | 16,945 | 103,763  | 47,306 | 1,425          |
| Ош. сред.        | 0,093      | 0,422                                      | 0,52   | 2,679  | 16,406   | 7,48   | 0,225          |

Для отбора проб горчицы были выбраны 40 точек, совпадающих с точками отбора почвы. На каждой точке пробоотбора растения выкапывали целиком с площадок  $0,25 \times 0,25 \text{ м}^2$  в четырехкратной повторности. Определение псевдовалового содержания редкоземельных металлов выполнялось методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на приборе SUPEC 7000 (Китай) в соответствии с ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98.

Для анализа различий в накоплении редкоземельных металлов (самарий, лантан, неодим, празеодим, иттрий) растениями горчицы белой был выполнен t-тест Стьюдента, сравнивающий концентрации РЗМ в почве, надземной и подземной частях растений. Для оценки различий средних также были построены диаграммы размаха (ящики с усами). Статистически подтверждено, что концентрация всех изученных РЗМ (Y, La, Pr, Nd, Sm) в корнях значительно превышает их концентрацию в надземной части (значения t-критерия Стьюдента варьируют от 4,01 для Y до 41,4 для La;  $p < 0.05$ ).

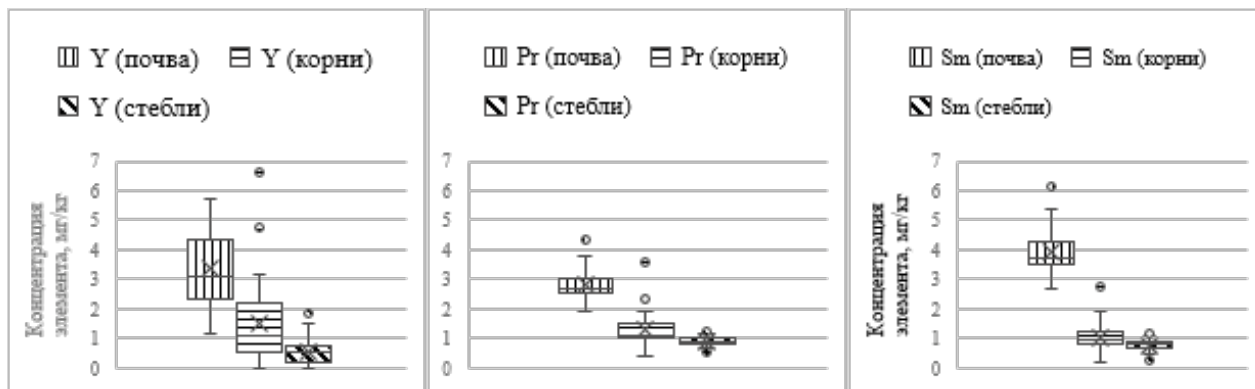


Рисунок 1. Диаграммы размаха концентрации (мкг/кг) иттрия, празеодима и самария в почве, корнях и стеблях горчицы б.

Сравнение диаграмм размаха между собой (рис. 1, 2) выявляет общую тенденцию: содержание РЗМ в корневой системе во всех случаях превышает значения в надземной части, что указывает на преобладание накопления элементов в подземной биомассе.

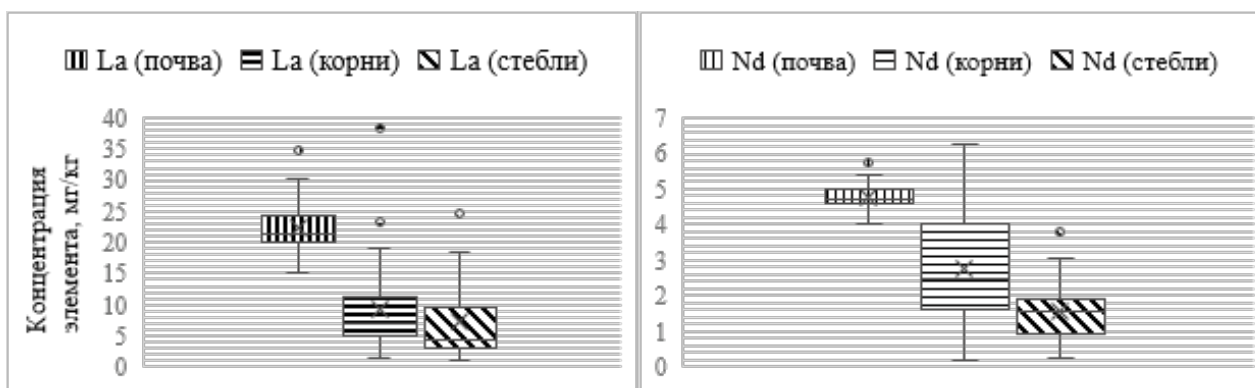


Рисунок 2. Диаграммы размаха концентрации (мкг/кг) лантана и неодима в почве, корнях и стеблях горчицы б.

Для оценки тесноты связи между исследуемыми показателями использовали корреляционный анализ, который показал, что исследуемые редкоземельные элементы накапливаются совместно в стеблях и корнях, тогда как лантан (La) демонстрирует обратную связь с другими элементами, так как может выступать антагонистом и подавлять накопление других элементов. Накопление РЗМ в горчице б. имеет слабую отрицательную связь с продуктивностью, что может указывать на их потенциальную токсичность. Корреляционный анализ показал, что содержание  $\text{NH}_4$  способствует накоплению РЗМ, тогда как  $\text{NO}_3$  и более высокий pH (выше 5,1) снижают их концентрацию. Биомасса горчицы увеличивается в зонах с высокими значениями Nd, Pr и La, что подчеркивает их возможное стимулирующее влияние на рост растений. Сильные положительные корреляции между Y, Pr, Nd, Sm в стеблях, корнях и почве сохраняются, что указывает на их совместное накопление, а также на общий источник.

Для обобщения взаимосвязей между изученными показателями был применен метод главных компонент (РСА). Результаты МГК подтверждают, что агроэкологические условия, включая геоморфологическое положение и связанные с ним почвенные характеристики, оказывают существенное и комплексное влияние на подвижность, биодоступность и усвоение РЗМ растениями горчицы белой, а также на её продуктивность. Выявленные закономерности указывают на наличие значительных локальных различий в поведении элементов и отклике

растений в пределах исследуемой территории, что подчеркивает необходимость многофакторного подхода при оценке миграции РЗМ в агроэкосистемах.

*Таблица 2. Вынос РЗМ с надземной частью растений горчицы белой в условиях исследуемого участка*

| Элемент      | Y     | La    | Pr    | Nd    | Sm    |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Вынос в г/га | 0,431 | 6,014 | 0,739 | 1,260 | 0,636 |

Для оценки потенциала биогенного переноса РЗМ и их возможного влияния на продуктивность растений был рассчитан коэффициент выноса. РЗМ обладают низкой подвижностью в почвах из-за их склонности к образованию нерастворимых соединений и комплексов с органическими веществами, что делает их миграцию в растения зависимой от физико-химических свойств почвы, таких как pH, содержание органического вещества. Ограниченная миграция иттрия и самария в надземную часть растений снижает риск их накопления в продукции, но может указывать на их удержание в почве, что требует дальнейшего изучения их долгосрочной динамики.

Таким образом, в результате проведенных исследований на полевом агроэкологическом стационаре с нарушенными дерново-подзолистыми почвами основным фактором, влияющим на накопление РЗМ в растениях горчицы, является комплексное взаимодействие геоморфологических и почвенных условий. Анализ методом главных компонент показал, что в условиях микроповышений, где наблюдались более высокие значения pH и максимальные концентрации РЗМ в почве, происходило повышенное накопление Y, Nd, Sm и Pr в тканях растений. Оценка содержания РЗМ в разных частях растения горчицы белой (корнях и стеблях) показала их активное поглощение, но преимущественное накопление в корневой системе, что подтверждает известную тенденцию к задержке РЗМ в ризосфере и ограниченному их транспорту в побеги.

## Литература

1. Котельникова А. Д. Лантаноиды в почве: поступление, содержание, влияние на растения, генотоксичность (обзор) / А. Д. Котельникова, О. Б. Рогова, В. В. Столбова // Почвоведение. – 2021. – Лантаноиды в почве. – № 1. – С. 100 – 119.
2. Kotelnikova A., Fastovets I., Rogova O., Volkov D. (2020). La, Ce and Nd in the soil-plant system in a vegetation experiment with barley (*Hordeum vulgare* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 206. 111193. 10.1016/j.ecoenv.2020.111193. – Текст : электронный.
3. Агроэкологический мониторинг почвенных потоков закиси азота в природных и агрогенно измененных черноземах Центрально-Черноземного заповедника / А. Тембо, М. Самарджич, Д. В. Морев [и др.] // Агрохимический вестник. – 2014. – № 5. – С. 19 – 24. – EDN STILNZ.
4. Александров Н. А. Влияние интенсификации антропогенного изменения почв на биопроductивность зерновых культур в условиях ведения городского сельского хозяйства / Н. А. Александров, П. К. Глушков, Е. М. Ефанова // Экологическая безопасность в условиях антропогенной трансформации природной среды : сборник материалов Всероссийской школы семинара, посвященной памяти Н. Ф. Реймерса и Ф. Р. Штильмарка, Пермь, 22 – 23 апреля 2021 // Материалы Международной научной конференции «Почво- и углеродсберегающие технологии в АПК России и мира», Москва, 26 – 28 ноября 2024 г. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2021. – С. 160 – 162. – EDN TFGUGC.
5. Гидромелиорация земель и водное хозяйство / Х. А. Абдулмажидов, Н. А. Александров, М. С. Али [и др.]. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2022. – 358 с. – ISBN 978-5-6049409-4-5. – EDN HNSMXI.

6. Морев Д. В. Агроэкологическая оценка земель в условиях повышенной пестроты почвенного покрова Владимирского Ополя / Д. В. Морев, И. И. Васенев // АгроЭкоИнфо. – 2016. – № 1 (23). – С. 2. – EDN WKNKQD.

7. Решение проблемы переувлажненных территорий в условиях мегаполиса на примере экологического стационара РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева / Д. И. Шаламов, Т. М. Джанчаров, Н. А. Александров, И. И. Васенев // Агрохимический вестник. – 2021. – № 2. – С. 63 – 66. – DOI 10.24412/1029-2551-2021-2-013. – EDN VAEVAJ.

8. Цифровые технологии агроэкологического мониторинга и оптимизация земледелия / И. И. Васенев, Н. А. Александров, И. В. Андреева [и др.]. – Москва : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2022. – 240 с. – ISBN 978-5-6048783-0-9. – EDN XIIPLA.

УДК 631.4

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭМИССИИ $\text{CO}_2$ ИЗ РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ ПОЧВ ПРИ ВНЕСЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И ФОСФОГИПСА

М. П. Кономанин

Российский государственный аграрный университет –

МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия

E-mail: vimanmanderli@gmail.com

Научный руководитель: М. В. Тихонова, к. б. н., доцент кафедры экологии

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

**Резюме.** Исследована динамика эмиссии  $\text{CO}_2$  из рекультивируемых почв при внесении органических удобрений и фосфогипса. Установлено, что распапка и внесение мелиорантов вызывают двухфазную динамику эмиссии: кратковременное снижение из-за повреждения микроорганизмов с последующим ростом активности почвенной микробиоты. Максимальная эмиссия  $\text{CO}_2$  зафиксирована на участке «Низина» ( $5,33 \text{ г } \text{CO}_2/\text{м}^2/\text{день}$ ), что связано с накоплением органики и влаги. Результаты подтверждают эффективность комбинированного применения органики и фосфогипса для рекультивации и секвестрации углерода.

**Abstract.** The study examines  $\text{CO}_2$  emissions from reclaimed soils amended with organic fertilizers and phosphogypsum. A two-phase emission dynamic was observed: a short-term decline due to microbial disturbance followed by increased activity. The highest  $\text{CO}_2$  flux ( $5.33 \text{ g } \text{CO}_2/\text{m}^2 \text{ day}$ ) was recorded in the «Nizina» area, attributed to organic matter and moisture accumulation. The results demonstrate the efficacy of combined organic and phosphogypsum application for soil restoration and carbon sequestration.

Глобальное изменение климата, обусловленное ростом концентрации парниковых газов, требует разработки методов снижения эмиссии  $\text{CO}_2$  и повышения углеродного потенциала почв [1]. Особое внимание уделяется рекультивации деградированных земель, где внесение органических удобрений и мелиорантов может стимулировать микробную активность и эмиссию  $\text{CO}_2$  [2]. Цель работы – оценить влияние органики и фосфогипса на динамику эмиссии  $\text{CO}_2$  из рекультивируемых почв.

Исследования проводились на залежных почвах Московской области (ЦОС ВИУА). Почвенные пробы отобраны с трёх участков по диагонали из пахотного слоя 0 – 20 см, после

чего сушились и измельчались. На основе анализа этих образцов рассчитывались дозы вносимых мелиорантов. Участки («Холм», «Опыт», «Низина») обрабатывались смесью фосфогипса (3 т/га), извести (1,5 т/га) и органических удобрений (30 т/га).

Таблица 1. Данные агрохимического анализа почвы рекультивируемых участков до начала процесса рекультивации

| Название участка | рН <sub>КСl</sub> | Нг, мг.экв/100 г | Гумус, м. д. в % | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> |
|------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|
|                  |                   |                  |                  | мг/кг                         |                  |                              |                              |
| «Холм»           | 6,36 ± 0,33       | 1,7              | 2,07 ± 0,34      | 220,4 ± 4,9                   | 273 ± 0,74       | 2,6                          | 3,03                         |
| «Опыт»           | 6,14 ± 0,25       | 1,43             | 2,62 ± 0,09      | 236,7 ± 2,8                   | 308 ± 5,45       | 9,602                        | 4,32                         |
| «Низина»         | 6,01 ± 0,41       | 0,99             | 1,83 ± 0,05      | 195,1 ± 9,5                   | 213 ± 6,4        | 3,23                         | 11,62                        |

Оценка эмиссии CO<sub>2</sub> проводилась методом напочвенных экспозиционных камер с 24 июня по 24 августа 2024 года с периодичностью в 10 дней. Измерения выполнялись на площадках с диагональным расположением точек отбора, аналогично почвенным пробам. Экспозиция отбора газовых проб составляла 0, 30 и 60 минут. Параллельно на всех площадках измерялась влажность и температура верхнего слоя почвы (0 – 10 см). Распашка вызвала временное снижение эмиссии CO<sub>2</sub> (на 20 – 30 % в первые 10 дней) из-за повреждения микроорганизмов, с последующим ростом активности при улучшении аэрации.

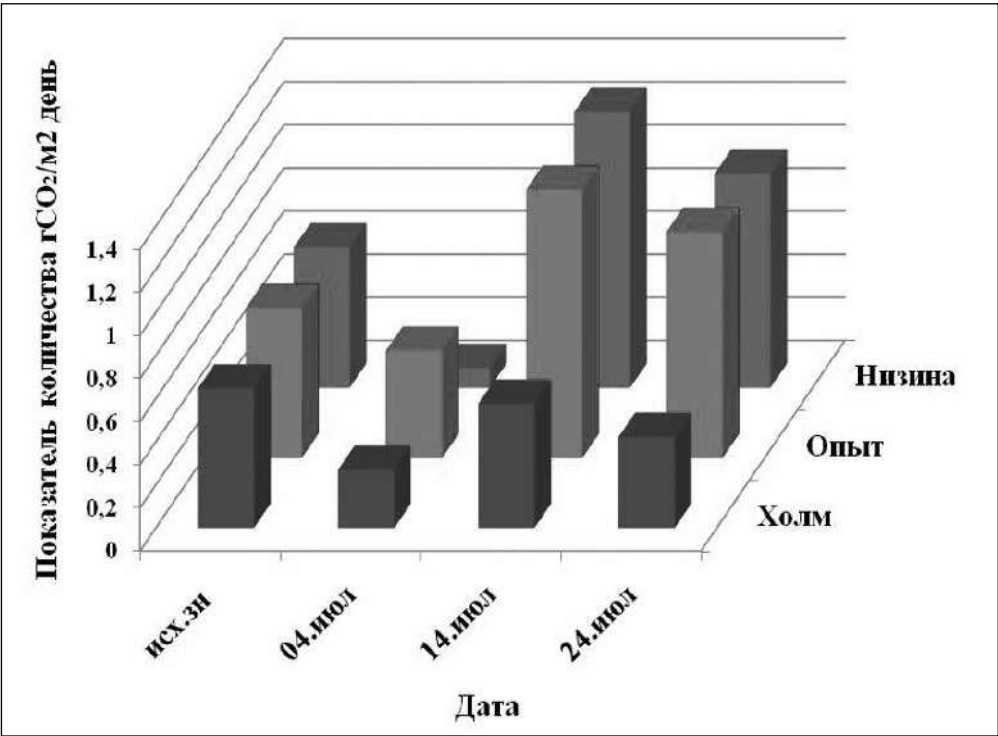


Рисунок 1. Данные значений эмиссии CO<sub>2</sub> (г CO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>/день) после распашки участков

Внесение мелиорантов увеличило эмиссию CO<sub>2</sub> на всех участках, особенно в «Низине» (до 5,33 CO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>/день), что связано с аккумуляцией влаги и органики. Несмотря на снижение температуры почвы с 22,9 °С до 17,5 °С во второй половине эксперимента (после ливней 22.07.2024), эмиссия CO<sub>2</sub> продолжала расти. Это объясняется сочетанием двух факторов: поддержанием оптимальной влажности почвы (15 – 20 % в верхнем слое) и наличием легкодоступного органического субстрата для микроорганизмов.

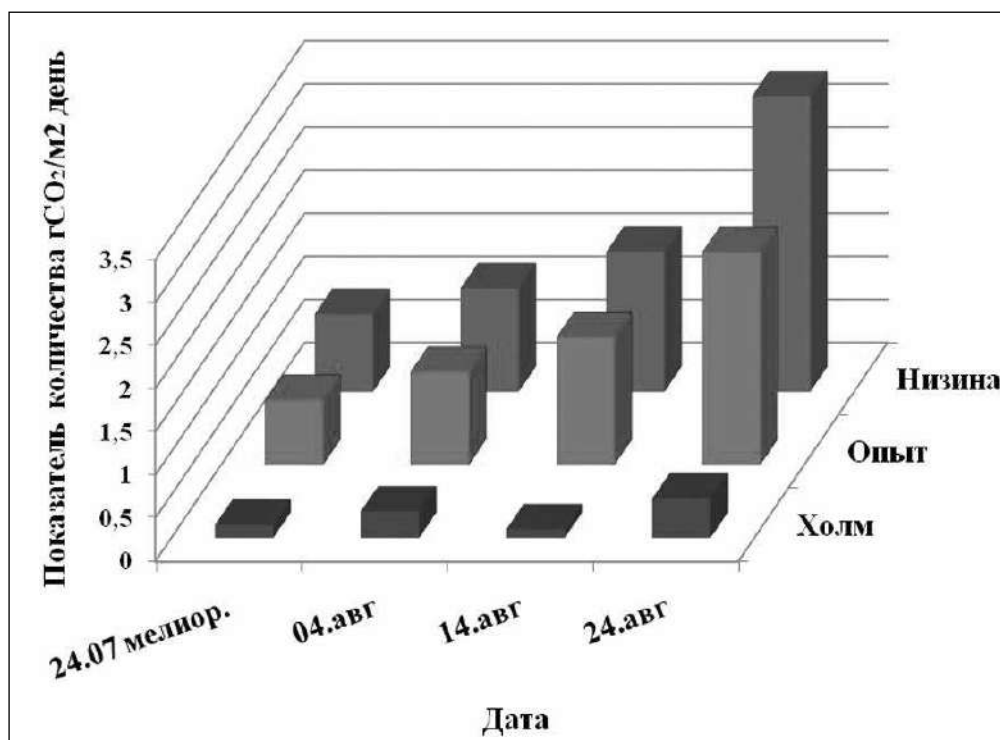


Рисунок 2. Данные значений эмиссии  $CO_2$  ( $г\ CO_2/м^2/день$ ) после внесения мелиорантов и дискования почвы

Агрохимические показатели: содержание нитратного азота – до 20,05 мг/кг, при снижении кислотности (рН с 6,01 до 5,83). Данные анализа агрохимических характеристик почв показали увеличение содержания гумуса на всех опытных участках приблизительно в два раза, что связано с внесением питательной органической фазы.

Таблица 2. Данные агрохимического анализа почвы рекультивируемых участков после внесения мелиорантов

| Вариант опыта | рН <sub>КСІ</sub> | Нг, мг.экв/100 г | Гумус, м. д. в % | Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> | К <sub>2</sub> О | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> |
|---------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|
|               |                   |                  |                  | мг/кг                         |                  |                              |                              |
| «Холм»        | 6,27 ± 0,31       | 1,64             | 3,4 ± 0,05       | 374 ± 1,52                    | 372 ± 0,63       | 12,13                        | 1,82                         |
| «Опыт»        | 6,59 ± 0,23       | 1,72             | 3,8 ± 0,36       | 401,2 ± 3,21                  | 424 ± 4,59       | 13,19                        | 2,24                         |
| «Низина»      | 5,83 ± 0,11       | 1,62             | 4,3 ± 0,01       | 336 ± 2,34                    | 236 ± 0,45       | 20,05                        | 3,18                         |

Таким образом, комбинированное применение органики и фосфогипса усиливает микробную активность и эмиссию  $CO_2$ , особенно на участках с повышенной влажностью. Фосфогипс способствует закислению почвы и стабилизации органического углерода. Корреляция эмиссии с температурно-влажностными показателями сохранялась, однако внесение органики позволило компенсировать негативное влияние пониженных температур, особенно на участке «Низина», где отмечалась максимальная аккумуляция влаги и питательных веществ.

Данные измерений эмиссии  $CO_2$  коррелируют с данными почвенных измерений и климатических факторов как в случае простой распашки почвы, так и в случае с внесением мелиоранта и удобрений. Однако наличие в почве питательных компонентов (удобрений и мелиоранта) увеличивает характер воздействия климатических факторов на эмиссию выделения  $CO_2$ , т. е. в их присутствии наблюдается более существенный рост микроорганизмов

и, соответственно, более высокие значения эмиссии. Полученные данные важны для разработки методов рекультивации, направленных на секвестрацию углерода и адаптацию к изменению климата.

## Литература

1. Абакумов Е. В. и др. Подходы к изучению органического вещества почв // Почвоведение. – 2022. – № 7. – С. 773 – 786.
2. Иванов А. Л. Влияние климата на продуктивность агроценозов // Агрохимия. – 2023. – № 5. – С. 3 – 15.
3. Smith P. Biosphere-Atmosphere Interactions // Environ. Sci. Technol. 2020. Vol. 42. P. 5483 – 5490.

УДК 632.934.1

## МЕТОДЫ БОРЬБЫ С МУЧНИСТЫМ ЧЕРВЕЦОМ В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

М. М. Соломатин

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Научный руководитель: С. И. Чебаненко, к. с.-х. н., доцент кафедры защиты растений

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

**Резюме.** В статье рассмотрены существующие методы борьбы с мучнистым червецом. Также в публикации приведены отличительные морфологические и биологические особенности вредителя, позволяющие точно идентифицировать его, круг поражаемых растений и типы наносимых им повреждений. Представлены фотографии всех стадий развития вредителя, отражающие его высокую вредоносность и плодовитость.

**Abstract.** The article discusses existing methods of controlling the mealybug. It also provides distinctive morphological and biological features of the pest, allowing for accurate identification, as well as the range of affected plants and types of damage caused. The article includes photographs of all stages of the pest's development, highlighting its high level of harmfulness and fertility.

**Введение.** Многие виды мучнистых червцов являются особо опасными вредителями в условиях защищенного грунта. Относятся к Классу Насекомые (*Insecta*), большая часть видов – к Отряду Равнокрылые (*Homoptera*), Семейству Мучнистые червецы (Псевдококциды – *Pseudococcidae*). Семейство включает порядка 2200 видов, из которых на территории России и стран СНГ встречается 200 из них. Отдельные представители имеют узкую пищевую специализацию, однако в защищенном грунте большее распространение получили виды полифаги – цитрусовый (*Planococcus citri*), корневой червец (*Rhizoecus falcifer*), щетинистый мучнистый червец (*Pseudococcus longispinus*) и другие [1].

**Биология и развитие вредителя.** Как у всех видов отряда Равнокрылые, цикл развития с неполным превращением. Выделяют стадии: яйцо, личинка, имаго.

В период размножения самки выделяют тонкие белые восковые нити, образующие ватоподобный яйцевой мешок, в который производится яйцекладка. На растении яйцевые мешки



чаще располагаются в междоузлиях побегов, на черешках листьев и стеблях, нередко группами (рис. 1, 2). В летний период яйца развиваются в среднем за 6 – 12 дней, а в зимний период – за несколько недель [2].



Рисунок 1. Яйцевые мешки  
на листе хойи (*Noxa sp.*)  
(фото автора)



Рисунок 2. Яйцевые мешки  
на стебле хойи (*Noxa sp.*)  
(фото автора)

Личинки имагообразные, отличаются от взрослых самок меньшими размерами и большей подвижностью – расселение по кормовому растению. В связи с этим их также называют личинками-бродяжками. После закрепления на кормовом растении теряют подвижность. Прохождение личиночной стадии занимает порядка 7 – 22 дней [2].

Имаго у видов, встречающихся в защищенном грунте, представлены самками. Тело чаще удлинненно-овальное или широко-овальное, покрытое тонким слоем белого порошкового воскового налета или восковыми щитками. Окраска тела обычно розовато- или желтовато-белая. Длина тела варьирует от 1 мм до 1 см. Размножение партеногенетическое. Плодовитость самок зависит от температуры, условий питания. Так, в условиях оранжерей и теплиц при повышенных температурах потенциальная плодовитость составляет 600 – 1000 яиц, а при пониженных температурах – порядка 10 – 50. На растении часто образуют колонии, состоящие из яйцекладущих самок, личинок и яйцевых мешков поблизости.

**Поражаемые виды растений и типы повреждений.** В защищенном грунте червецы поражают citrusовые, ароидные, пряно-ароматические, овощные и луковичные растения, виноград, растения суккулентного типа, пальмы, саговники и некоторые виды папоротников.

Вредящей стадией являются личинки и имаго самок. В зависимости от вида присасываются и питаются на побегах, бутонах, завязях, корнях и листьях растений (чаще на нижней стороне), что вызывает преждевременное опадение листьев, усыхание кончиков побегов и целых ветвей, опадение бутонов, недоразвитие плодов, что приводит к снижению урожайности, нередко гибели самого растения.

Также растения загрязняются яйцевыми мешками и восковыми нитями, выделяемыми самками червецов, что ухудшает внешний вид растений и приводит к увяданию листьев. Такие растения непригодны для последующей реализации (рис. 3, 4).



Рисунок 3. Колония мучнистого червеца на листе цикаса поникающего (*Cycas revoluta*) (фото автора)



Рисунок 4. Колония мучнистого червеца на стебле калины лавролистной (*Viburnum tinus*) (фото автора)

**Методы борьбы.** В защищенном грунте наиболее эффективны и чаще применяются химический и биологический методы борьбы.

- Химический – применение контактных и системных инсектицидов на основе фосфорорганических соединений (ФОС), неоникотиноидов и пиретроидов.

Например, препараты: Фуфанон Эксперт, ВЭ; Пиноцид, СК; Препарат 30 плюс [3]. Обработки растений необходимо проводить в соответствии с регламентом применения, заявленным производителем.

- Биологический – применение биопрепаратов и энтомофагов. Против мучнистых червецов наиболее эффективным биометодом борьбы является выпуск энтомофага-криптолемуса (*Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant) на зараженные растения при температуре выше 20 °С, поскольку при более низких температурах он не проявляет активности. В среднем за один раз выпускают 100 – 180 особей на пару взрослых деревьев с месячной периодичностью. Эффективность метода составляет 90 % [4].

## Выводы

В результате анализа проведенных исследований и собственного практического опыта было выявлено, что в осенне-зимний период наиболее эффективно применение химического метода для уничтожения и сдерживания численности популяции мучнистых червецов, а в весенне-летний период с температурой выше 20 °С – эффективнее выпуск криптолемуса.

## Литература

1. Борхсениус Н. С. Фауна СССР. Насекомые. Хоботные. Том VII. Хоботные. Подотряд червецы и щитовки (Coccoidea). Семейство мучнистые червецы (Pseudococcoidea). – М.; Л.: Издательство АН СССР, 1949. – 384 с. – (Зоологический институт АН СССР. Новая серия, № 38).
2. О яйцевиворождении у мучнистых червецов (Homoptera: Coccinea: Pseudococcidae) / Трапезникова И. В., Гаврилов И. А. // Труды Зоологического института РАН. – 2008. – Т. 312. – № 1 – 2. – С. 43 – 53.
3. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, 2025 год. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (Минсельхоз России).
4. Перспективы круглогодичного применения криптолемуса в оранжереях Ю. Б. Поликарпова, научный сотрудник ВИЗР Е. А. Варфоломеева, научный сотрудник Ботанического института имени В. Л. Комарова РАН. 2015.

# THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS AND MANURE ON THE YIELD OF SEEDLESS POTATOES IN A LONG-TERM FIELD EXPERIMENT

**Abakar Ousmane Mahamat**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State  
Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy named  
after K. A. Timiryazev

Russian Federation, 127434, Moscow, Timiryazevskaya Street, 49

Scientific supervisor: **M. A. Voronov**, Assistant Professor, Department of Agriculture  
and Experimental Methods, K. A. Timiryazev Russian State Agrarian University –  
Moscow Timiryazev Agricultural Academy

E-mail: m.voronov@rgau-msha.ru

**Abstract.** *This article presents the results of a study of the effect of organic and mineral fertilizers on potato yields during continuous cultivation in a long-term field experiment.*

**Резюме.** *В данной статье приводятся результаты изучения действия органических и неорганических удобрений на урожай картофеля при бессменном выращивании в длительном полевом опыте.*

Potatoes are one of the most important food and industrial crops and occupy one of the leading places in global crop production [1,4]. In addition to food purposes, potato tubers and industrial production waste are used as animal feed. Potatoes serve as raw materials for many industrial productions, from which starch, alcohol, artificial rubber, plastics, lactic acid, dextrin, and glue are obtained [2].

The great economic importance of potatoes necessitates further study of the factors that enable higher yields of high-quality crops.

The research was conducted in 2024 at the Field Experimental Station of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, as part of a long-term field experiment, one of the twenty longest-running on the planet [3], established in 1912 under the leadership of Professor A.G. Doyarenko, head of the Department of Agriculture.

The aim of the study was to investigate the effects of mineral fertilizers and manure on potato yield in continuous cropping.

Research objectives:

- Determining the dependence of potato biometric indicators (plant height, number of stems) on the application of various doses of mineral fertilizers and manure.
- Determine the effect of various doses of mineral fertilizers and manure on potato yield in permanent crops in a long-term field experiment.
- Assess the economic efficiency of potato cultivation using different doses of mineral fertilizers and manure.

The following options were selected for continuous potato cultivation with liming:

- 1) Control (no fertilizers);
- 2) Application of nitrogen fertilizers ( $N_{100}$ ).

3) Application of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers ( $N_{100}P_{150}K_{120}$ ).

4) Application of organic fertilizer (manure 20 t/ha).

5) Application of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers + manure ( $N_{100}P_{150}K_{120}$  + manure 20 t/ha).

The temperature conditions during the growing season of 2024 were close to the long-term average (Table 1). However, the lack of moisture in May, August, and September had a negative impact on the growth and development of potatoes.

*Table 1. Comparison of climatic elements for the average annual (1991 – 2022) and average monthly (2024) periods*

| Parameter                       | Period, years | Month |       |      |        |           |
|---------------------------------|---------------|-------|-------|------|--------|-----------|
|                                 |               | May   | June  | July | August | September |
| Average monthly temperature, °C | 2024          | 12.7  | 20,1  | 22.5 | 18.1   | 18        |
|                                 | 1991 – 2022   | 13,8  | 17,5  | 19,8 | 17,8   | 17,8      |
| Deviations, °C                  |               | –1,1  | 2,6   | 2,7  | 0,3    | 0,2       |
| Precipitation amount, mm        | 2024          | 41    | 166.3 | 92,2 | 34,4   | 10.6      |
|                                 | 1991 – 2022   | 59,1  | 77,9  | 83,2 | 77,1   | 77,1      |
| Deviations, mm                  |               | –18,1 | 88,4  | 9    | –42,7  | –66,5     |

Analysis of plant density by treatment showed that the maximum number of potato plants was observed in treatments with NPK application – 28.4 and manure – 28.9 thousand plants/ha. At the same time, the highest number of stems per plant – 4.83 plants/bush – was observed in the NPK variant, and the highest plant height – 42.59 cm – was observed in the Manure + NPK variant (Table 2).

*Table 2. Effect of mineral fertilizers and manure on calcareous soil on the biometric indicators of potato plants, 2024.*

| Variant      | Number of plants thousand pcs/ha | Number of stems, thousand pcs/ha | Number of stems, pcs/bush | Plant height, cm |
|--------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------------|
| Control      | 26,5                             | 102,3                            | 3,86                      | 23,6             |
| N            | 27,4                             | 118,5                            | 4,33                      | 29,98            |
| NPK          | 28,4                             | 137,3                            | 4,83                      | 36,68            |
| Manure       | 28,9                             | 110,9                            | 3,83                      | 31,56            |
| Manure + NPK | 27,2                             | 115,3                            | 4,24                      | 42,59            |

The lowest potato yield – 7.48 cwt/ha – was obtained in the control variant, while the highest yield was obtained in the Manure + NPK variant, where the yield increase relative to the control was 17.96 cwt/ha. The economic efficiency assessment showed that growing potatoes without fertilizers is not profitable. With the increase in yield achieved through the use of fertilizers, the cost of production decreased and the profitability of production increased (Table 3).

*Table 3. Economic efficiency of potato cultivation depending on various doses of mineral fertilizers and manure on calcareous soil*

| <b>Parameter</b>               | <b>Control</b> | <b>N</b> | <b>NPK</b> | <b>Manure</b> | <b>Manure + NPK</b> |
|--------------------------------|----------------|----------|------------|---------------|---------------------|
| Yield, t/ha                    | 7,48           | 11,42    | 19,00      | 18,93         | 25,44               |
| Selling price per 1 ton, rub.  | 25000          | 25000    | 25000      | 25000         | 25000               |
| Revenue from sales, rub.       | 186900         | 285500   | 475000     | 473250        | 636000              |
| Total costs, rub.              | 233741         | 241266   | 257279     | 252741        | 276279              |
| Profit, rub.                   | –              | 44234    | 217712     | 202509        | 358721              |
| Cost price per 1 ton, rub.     | 31265          | 21127    | 13541      | 13351         | 10860               |
| Profitability of production, % | –              | 18,3     | 84,6       | 80,1          | 129,8               |

## Conclusions

Studies show that in the Central region of the Non-Chernozem zone, continuous cultivation of potatoes on sod-podzolic light loamy soil without the use of fertilizers yields a potato harvest of 74.8 cwt/ha. The combined use of nitrogen with phosphorus and potassium, as well as the application of manure, increased potato yields by 2 times compared to the control without fertilizers. The highest yield – 254.4 cwt/ha – was obtained in the variant with the application of NPK + manure.

The application of fertilizers contributed to an increase in the number of stems and height of potato plants. The greatest plant height – 42.6 cm – was observed in the Manure + NPK variant.

Continuous cultivation of potatoes without fertilizers is not profitable. The use of fertilizers helps to reduce the cost per unit of production and increase the profitability of production. The highest profitability – 129.8 % – as well as the highest yield were obtained in the Manure + NPK variants.

## Literature

1. Заверткин И. А. Варьирование урожайности картофеля в длительном полевом опыте / И. А. Заверткин, А. С. Курачева // Доклады ТСХА : Сборник статей, Москва, 2 – 4 декабря 2020 года. Выпуск 293, Часть IV. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2021. – С. 207 – 209.
2. Investigating The Consumer Properties Of Potato Cultivars / A. T. Vasyukova, A. I. Belenkov, M. I. Mazirov [et al.] // Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2023. – Vol. 85, No. 4(98). – P. 49 – 56.
3. Кирюшин Б. Д. Основы научных исследований в агрономии / Б. Д. Кирюшин, Р. Р. Усманов, И. П. Васильев. – Санкт-Петербург : Общество с ограниченной ответственностью «Квадро», 2013. – 408 с. – ISBN 978-5-906371-08-9. – EDN SJNSRT.
4. Беленков А. И. Результаты научного и практического освоения точного земледелия в полевом опыте / А. И. Беленков, М. А. Мазиров, М. А. Воронов // Плодородие. – 2025. – № 1 (142). – С. 31 – 41. – DOI 10.25680/S19948603.2025.142.08. – EDN EEATTX.

# СТРОЕНИЕ ПАХОТНОГО СЛОЯ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ ФАКТОРОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

**А. А. Кротов**

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Научный руководитель: О. А. Савоськина,

д. с.-х. н., профессор кафедры земледелия и методики опытного дела ФГБОУ ВО

РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

**Резюме.** В ходе работы был выполнен детальный анализ строения пахотного слоя почвы при длительном (более 110 лет) применении факторов интенсификации различной интенсивности. Особое внимание уделялось изучению сложного взаимодействия исследуемых факторов и их совокупного воздействия на формирование оптимальных агрофизических условий для роста и развития растений. Полученные результаты имеют значительную научную ценность, углубляя понимание долгосрочного влияния агротехнических приемов на физические свойства почвы, и представляют практический интерес для разработки адаптивных технологий в условиях дерново-подзолистых почв Нечерноземной зоны РФ.

**Abstract.** During the work, a detailed analysis of the structure of the arable layer of the soil was performed during a long-term (more than 110 years) application of intensification factors of varying intensity. Special attention was paid to studying the complex interaction of the studied factors and their combined effect on the formation of optimal agrophysical conditions for plant growth and development. The obtained results are of significant scientific value, deepening the understanding of the long-term impact of agricultural practices on the physical properties of the soil, and are of practical interest for the development of adaptive technologies in the conditions of sod-podzolic soils of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation.

**Введение.** Плодородие почвы представляет собой комплексное интегральное свойство, отражающее ее способность создавать и поддерживать оптимальные условия для роста растений посредством динамического обеспечения водой, питательными элементами, кислородом и физической опорой корневым системам. Эта способность формируется сложным взаимодействием физических, химических и биологических свойств почвенной системы. Высокий уровень плодородия напрямую коррелирует с урожайностью сельскохозяйственных культур [1, 2, 3].

Минеральные и органические удобрения, известь – непосредственно влияющие на агрофизические показатели плодородия факторы. Их грамотное и своевременное применение позволяет оптимизировать ряд ключевых агрофизических факторов, которые необходимы для гармоничного существования почвы, роста и развития сельскохозяйственных культур [4].

Внесение полноценного комплекса минеральных удобрений, особенно в сочетании с органическим удобрением, улучшает структурное состояние почвы, оптимизирует водный режим, а также предотвращает водную эрозию, что благотворно влияет на почвенное плодородие [5, 6, 9].

Сложение пахотного слоя – необходимый агрофизический показатель плодородия, позволяющий делать прогнозы о том, каким будет водный режим почвы и вегетация растений в целом. Отклонения от оптимального соотношения между объемами твёрдой фазы почвы и пористостью (капиллярной и некапиллярной) способны оказывать заметное влияние на агроландшафты [7, 8]. В связи с этим целью исследований являлось изучение строения пахотного слоя почвы на фоне возделывания ярового ячменя сорта ТСХА 14 на Длительном полевом опыте РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева.

**Материалы и методы исследований.** Исследования по изучению строения пахотного слоя почвы проводились в Длительном опыте (рис. 1).

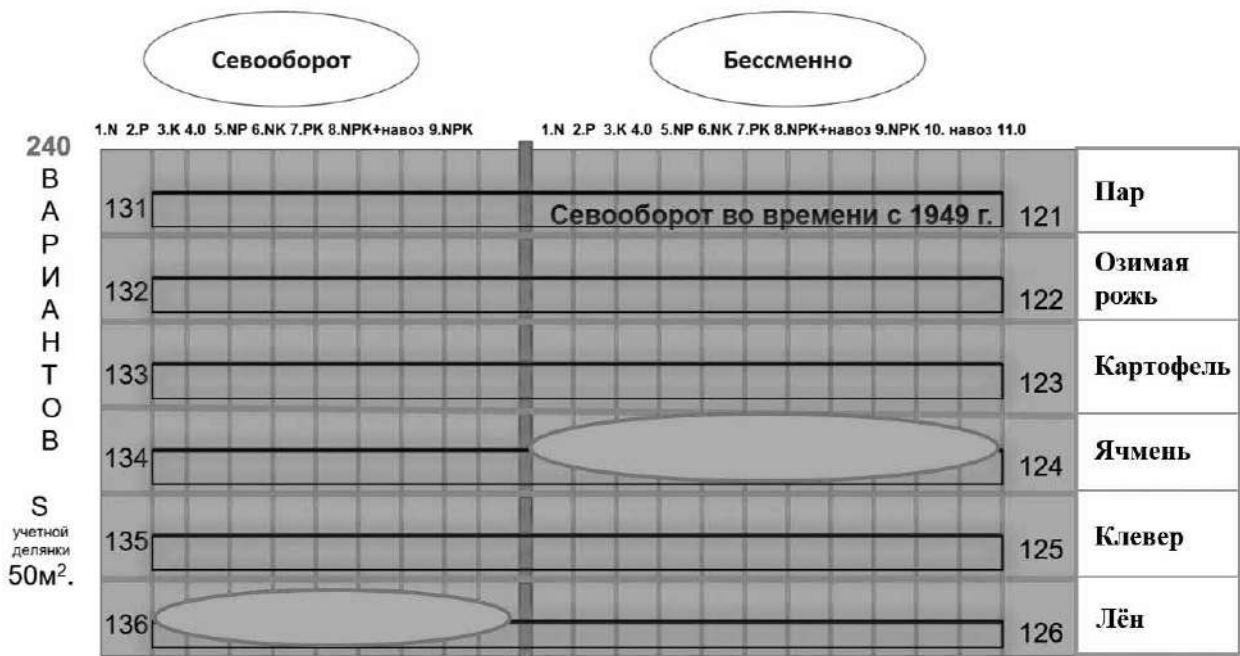


Рисунок 1. Схема Длительного полевого опыта

Длительный полевой опыт Тимирязевской академии, заложенный в 1912 году профессором А. Г. Дояренко, представляет собой уникальную научную платформу для изучения эволюции почвенного плодородия. Исследования сфокусированы на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах в пределах полей 124 и 136 этого стационара. Здесь исторически сложились контрастные агросистемы: с одной стороны участка культуры возделываются бессменно (чистый пар, озимая рожь, картофель, ячмень, клевер, лён), с другой – реализуется шестипольный севооборот с аналогичным набором культур.

Трехфакторная схема опыта включает: системы размещения культур (бессменные посевы в противовес севообороту), девять вариантов удобрения (от контроля до комбинаций NPK с навозом), а также фактор химической мелиорации (периодическое известкование с 1949 года). С этого времени общее число вариантов по всем возможным комбинациям трёх факторов составляет 80 шт. Минеральные удобрения вносятся в стандартизированных нормах с 1973 года: N – 100, P – 150, K – 120 кг/га. Исторически дозы были существенно ниже, однако в связи с необходимостью увеличения степени интенсификации производства были увеличены до текущих.

Определение агрофизических показателей осуществлялось по методике насыщения почвы водой в цилиндрах с использованием ненарушенных почвенных образцов. Пробы почвы отбирались в количестве 3 повторностей по диагонали делянки размещения каждого из вариантов. В лабораторных условиях проводилось капиллярное насыщение почвы.

В расчётах была использована плотность твёрдой фазы почвы, полученная на основе многолетних исследований полевого стационара, – 2,65 г/см<sup>3</sup>.

Капиллярное насыщение воспроизводит естественные процессы влагонакопления, а анализ вертикальной неоднородности проб отражает реальное распределение порового пространства в пахотном слое.

**Результаты и их обсуждение.** Во время проведения исследований строение пахотного слоя почвы определялось изучаемыми факторами (возделывание культуры – севооборот и бессменно, химическая мелиорация почвы – по извести и без извести, степень окультуренности почвы – варианты удобрений).

Полученные результаты демонстрируют заметное влияние способа возделывания культуры. Объем твердой фазы в пахотном слое при бессменном возделывании (52,1 %) оказался ниже, чем в севообороте (53,7 %) (рис. 2). Вероятнее всего, увеличение объема твердой фазы при возделывании ячменя в севообороте вызвано влиянием в большей степени рельефа, объяснимым периодическим переувлажнением, ведущим к переуплотнению при высыхании. Меньшее значение капиллярной пористости (на 1,6 %) в варианте с севооборотом в сравнении с бессменным возделыванием может быть признаком того, что в результате уплотнения, увеличения объема твёрдой фазы произошло частичное нарушение капиллярной структуры участка 136 поля. Важно отметить слабое различие в некапиллярной пористости (19,6 %) – сохранение этого показателя на фоне повышенной плотности и потенциального переувлажнения указывает на некоторую компенсаторную роль севооборота, но его значение все еще недостаточно оптимально для хорошей аэрации, особенно в условиях потенциального переувлажнения.



Рисунок 2. Соотношение объемов, занимаемых твердой фазой почвы и различными видами пор (%), при разном способе возделывания культуры

Проведение периодического известкования почвы оказало более существенное влияние на сложение пахотного слоя. При бессменном возделывании применение извести привело к снижению объема твердой фазы (с 53,1 % до 51,2 %) и за счёт этого снижения – к увеличению капиллярной пористости (с 27,1 % до 29,5 %) (рис. 3).

Этот результат четко указывает на мощный мелиоративный эффект известкования в условиях бессменного возделывания. Снижение объема твёрдой фазы и увеличение общей пористости (особенно капиллярной) обусловлено улучшением физико-химических свойств почвы, выражающимся в более благоприятном структурообразовании.



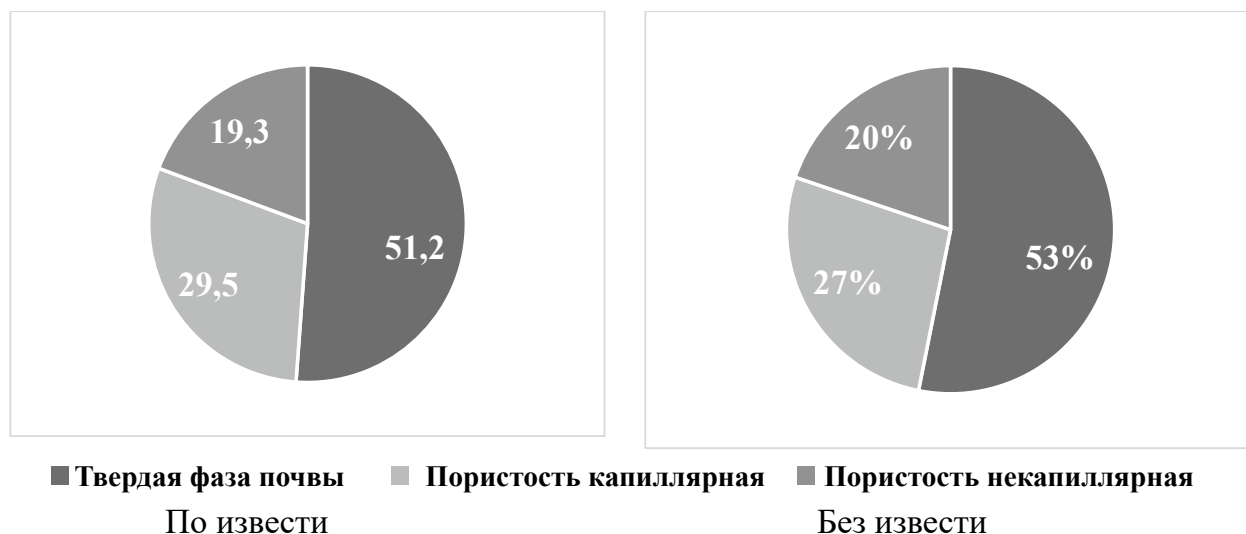


Рисунок 3. Влияние известкования почвы на соотношение объемов, занимаемых твердой фазой почвы и различными видами пор (%), при бессменном возделывании культуры

Незначительное изменение сложения при возделывании культуры в севообороте (53,5 % без извести, 53,8 % с известью) подтверждает сильное фоновое уплотнение из-за рельефных особенностей. Известкование, улучшающее структуру при прочих условиях, здесь не смогло преодолеть влияние аккумуляции наносов и переувлажнения (рис. 4).



Рисунок 4. Влияние известкования почвы на соотношение объемов, занимаемых твердой фазой почвы и различными видами пор (%), при возделывании культуры в севообороте

Ключевой положительный эффект известкования в данных условиях – увеличение объема некапиллярных пор. Несмотря на общую неблагоприятную обстановку (уплотнение, риск переувлажнения), известь стимулировала образование устойчивых агрегатов, увеличив объем макропор на 1,3 %.

Данные по сложению пахотного слоя (рис. 5) с усредненными показателями между факторами севооборот/бессменно и по извести/без извести позволяют получить общую картину влияния удобрений на изучаемый агрофизический показатель.

Оптимальная плотность сложения: варианты NPK (50,78 %) и NPK + навоз (50,84 %) демонстрируют наименьший объем твердой фазы среди вариантов, что соответствует оптимальному сложению. Это создает наиболее благоприятные условия для развития растений.

Вариант NPK характеризуется высокой капиллярной пористостью (29,63 %) (хорошая влагоудерживающая способность) и удовлетворительной некапиллярной пористостью (19,59 %) (достаточная аэрация). Это указывает на формирование хорошо оструктуренного, оптимального состояния почвы при сбалансированном минеральном питании.

NPK + навоз показывает результаты наибольшей некапиллярной пористости (22,98 %) при сохранении отличной плотности (50,84 %). Снижение капиллярной пористости (26,18 %) по сравнению с NPK не является негативным, так как оно компенсируется значительным ростом некапиллярной пористости.

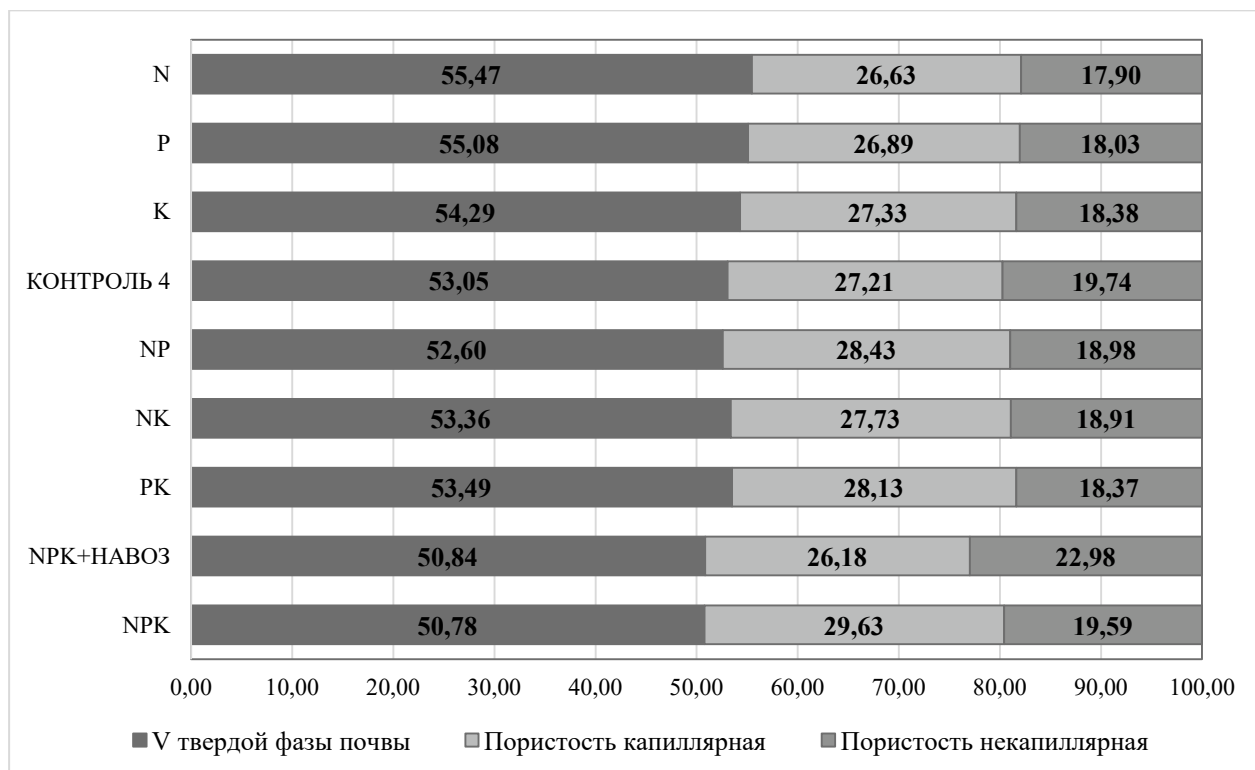


Рисунок 5. Структура пахотного слоя (%) в зависимости от применяемой системы удобрений

Это свидетельствует о формировании максимально оструктуренного состояния с преобладанием крупных, водостойких агрегатов, поскольку навоз является ценным источником стабилизирующей почвенное сложение органики. А сочетание с NPK обеспечивает питание для микробиоты и растений, поддерживая процесс структурообразования. В результате получается оптимальное соотношение пор с хорошими показателями аэрации при сохранении оптимальной влагоемкости и низкой плотности.

В условиях дисбаланса питательных элементов, напротив, происходит процесс деградации структуры. Значительное уплотнение при дефиците фосфора (N, NK) и прочих подобных радикальных вариантах: варианты N (55,47 %), P (55,08 %), K (54,29 %), NK (53,36 %) и NP (52,60 %) демонстрируют повышенный объем твердой фазы. Это критически ухудшает условия для развития корневой системы, аэрации и водопроницаемости. Наихудшие показатели у варианта N (55,47 %).

## Выводы

Системы удобрения продемонстрировали решающую роль в поддержании физического плодородия. Сбалансированные минеральные (NPK) и органоминеральные (NPK + навоз) схемы сформировали оптимальные агрофизические условия: сбалансированное соотношение объемов, занимаемых твердой фазой почвы, и капиллярной/некапиллярной пористости. Выявлено положительное влияние на оптимизацию строения пахотного слоя проведения известкования почвы как в севообороте, так и при бессменном возделывании. Влияние способа возделывания культуры нивелировалось за счет рельефа.

## Литература

1. Кувыркин В. С. Строение пахотного слоя под озимой пшеницей в зависимости от агроприемов. – 2022.
2. Краснова А. А., Маланичев С. А. Агрофизические показатели уровня плодородия почв // Аграрное образование и наука. – 2022. – № 4. – С. 8.
3. Structural state of soddy-podzolic soils under the influence of different cultivation systems / V. A. Nikolaev, M. A. Mazirov, A. I. Belenkov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 16–19 июня 2021 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Vol. Volume 839. – Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 42058. – DOI 10.1088/1755-1315/839/4/042058.
4. Николаев В. А., Воронов М. А. Влияние пожнивного зеленого удобрения и соломы на агрофизические свойства дерново-подзолистой почвы и урожайность полевых культур // Владимирский земледелец. – 2023. – № 4 (106). – С. 37 – 40.
5. Турусов В. И. и др. Изменение физических свойств почвы в посевах озимой пшеницы в зависимости от различных предшественников // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса. – 2021. – С. 660 – 662.
6. Лободяников А. Н. Изменение структурного состояния почвы в зависимости от удобрений и способов основной обработки почвы // сборник трудов конференции «Вопросы современной генетики, селекции и ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур», Белгород, 12 октября 2021 года. – 2021. – С. 295.
7. Кучиев С. Э., Цагараева Э. А., Цугкиева В. Б. Особенности строения пахотного слоя горно-луговых почв и его мониторинг в посевах различных культур // Горский государственный аграрный университет. – 2023. – С. 15.
8. Усманов Р. Р. Методика экспериментальных исследований в агрономии (с расчетами в программах Excel и Straz) / Р. Р. Усманов. – Москва : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2022. – 81 с. – ISBN 978-5-9675-1889-8. – EDN NYMYES.
9. Научные основы защиты почв от эрозии и дефляции / А. Я. Рассадин, Г. И. Баздырев, Н. С. Матюк [и др.]. – Москва : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2012. – 232 с. – ISBN 978-5-9675-0630-7. – EDN WYHQNМ.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

Я. В. Баадже

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева  
Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49  
E-mail: sunfloweryana@yandex.ru

Научный руководитель: И. А. Заверткин, кандидат с.-х. наук,  
и.о. заведующего кафедрой; доцент кафедры земледелия и методики опытного дела  
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева  
E-mail: izavyortkin@rgau-msha.ru

**Резюме.** Исследование показало, что эффективность удобрений в условиях бесменного возделывания льна-долгунца снижается по сравнению с севооборотом. При сравнении урожайности на известковом фоне и фоне без извести показано, что известкование кислых почв повышает эффективность минеральных удобрений и способствует увеличению урожайности льна.

**Abstract.** The research showed that the effectiveness of fertilizers in the continuous cultivation of flax (*Linum usitatissimum*) is reduced compared to crop rotation. A comparison of yields on limed versus unlimed soil demonstrated that liming acidic soils increases the efficiency of mineral fertilizers and promotes higher flax yields.

Лен-долгунец – одна из древнейших прядильных культур. В настоящее время лен-долгунец возделывают для получения высокопрочного натурального волокна. В стебле льна-долгунца содержится 18...33 % волокна (у масличного льна почти вдвое меньше). Льняное волокно отличается высокими технологическими свойствами и служит одним из главных сырьевых ресурсов текстильной промышленности России. Оно в 2 раза крепче хлопкового волокна, в 3 раза крепче шерстяного и незначительно уступает шелковой пряже [1]. Большое значение имеют семена льна. Масличность семян льна-долгунца составляет 35...39 %, льна масличного — 42...44 %, они содержат до 23 % белка. Из семян вырабатывают масло, которое используют главным образом для технических целей [2].

Для получения высококачественного волокна и масла необходимо обеспечить культуру питательными элементами в достаточном количестве, что ставит перед нами задачу определить наиболее оптимальные дозы удобрений.

**Цель исследований.** Обосновать эффективность применения различных систем удобрений на посевах льна-долгунца при выращивании в бесменной культуре и в севообороте, а также оценить влияние извести на урожайность получаемой продукции.

### Методика проведения исследований

Исследования проводились на Длительном полевом опыте кафедры земледелия и методики опытного дела РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева в 2024 году. Площадь делянок составляет 50 м<sup>2</sup>, из которых 25 м<sup>2</sup> – учетные. Поперек 6 полей бесменных культур наложено 11 вариантов удобрений: 1 – N; 2 – P; 3 – K; 4 – O<sub>4</sub>; 5 – NP; 6 – NK; 7 – PK; 8 – NPK + навоз; 9 – NPK; 10 – навоз; 11 – O<sub>11</sub> [3]. Аналогичные варианты, за исключением 10-го и 11-го, наложены

поперек полей севооборота. Один раз за ротацию (6 лет) на продольной половине каждого поля проводится известкование почвы.

Технология возделывания льна-долгунца сорта Тверской основывается на рекомендациях для Нечерноземной зоны с использованием необходимых сельскохозяйственных машин и оборудования. В 2024 году на бессменном участке лен находился на поле 126, на севооборотном участке – на поле 132 (табл. 1).

Таблица 1. Схема размещения культур Длительного опыта в 2024 году

| БЕССМЕННО  |                 |             |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
|------------|-----------------|-------------|---|-----|--|-----|--|-----|--|-----|--|-----|--|
|            |                 | 121         |   | 122 |  | 123 |  | 124 |  | 125 |  | 126 |  |
| 1          | O <sub>11</sub> |             |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| 2          | Навоз           |             | К |     |  | К   |  |     |  |     |  |     |  |
| 3          | NPK             |             | А | О   |  | А   |  | Я   |  | К   |  |     |  |
| 4          | NPK + навоз     |             | Р | З.  |  | Р   |  | Ч   |  | Л   |  |     |  |
| 5          | PK              | П           | Т |     |  | Т   |  | М   |  | Е   |  | Л   |  |
| 6          | NK              | А           | О | Р   |  | О   |  | Е   |  | В   |  | Е   |  |
| 7          | NP              | Р           | Ф | О   |  | Ф   |  | Н   |  | Е   |  | Н   |  |
| 8          | O <sub>4</sub>  |             | Е | Ж   |  | Е   |  | Ь   |  | Р   |  |     |  |
| 9          | К               |             | Л | Ь   |  | Л   |  |     |  |     |  |     |  |
| 10         | Р               |             | Ь |     |  | Ь   |  |     |  |     |  |     |  |
| 11         | N               |             |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
|            |                 | По извести  |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
|            |                 | Без извести |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| СЕВООБОРОТ |                 |             |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
|            |                 | 131         |   | 132 |  | 133 |  | 134 |  | 135 |  | 136 |  |
| 1          | NPK             |             |   |     |  |     |  |     |  | К   |  |     |  |
| 2          | NPK + навоз     | К           |   |     |  |     |  | О   |  | А   |  | Я   |  |
| 3          | PK              | Л           |   | Л   |  | П   |  | З.  |  | Р   |  | Ч   |  |
| 4          | NK              | Е           |   | Е   |  | А   |  |     |  | Т   |  | М   |  |
| 5          | NP              | В           |   | Н   |  | Р   |  | Р   |  | О   |  | Е   |  |
| 6          | O <sub>4</sub>  | Е           |   |     |  |     |  | О   |  | Ф   |  | Н   |  |
| 7          | К               | Р           |   |     |  |     |  | Ж   |  | Е   |  | Ь   |  |
| 8          | Р               |             |   |     |  |     |  | Ь   |  | Л   |  |     |  |
| 9          | N               |             |   |     |  |     |  |     |  | Ь   |  |     |  |

Учет продуктивных элементов льна-долгунца проводился в соответствии с Методическими указаниями по проведению полевых опытов со льном-долгунцом [4].

Биологическая урожайность рассчитывалась с использованием значений массы снопов, полученных при дробном учете, приведённых к стандартной влажности 16 % и переведенных в т/га.

### Результаты и их обсуждение

При анализе урожайных данных стоит также учитывать метеоусловия, характерные для вегетационного периода культуры. Участок, который занят Полевым длительным опытом, расположен на южной окраине Клинско-Дмитровской возвышенности, представленной моренной равниной, и имеет уклон в 1°. Превышение над уровнем реки Москвы составляет 60 м, а уровнем моря (Балтийского) – 162 м. Среднемноголетнее количество осадков состав-

ляет около 600 мм/год, из них 300 мм за май – август, а среднегодовая температура выше нуля составляет 4,1 °С. Почва участка – дерново-средне- и слабоподзолистая. Сумма активных температур составляет 1800 – 2000 °С [5].

На рисунке 1 в мае 2024 года наблюдается небольшое понижение температуры по сравнению со среднемноголетними данными в первой и второй декадах, в третьей декаде температура выше среднемноголетней. В июне 2024 года температура заметно выше средних значений. В июле 2024 года температура также превышает многолетние данные, в первой и второй декадах. В августе 2024 года температура превышает среднемноголетние данные во второй и третьей декадах. Увеличение температуры с мая, в июне и ходе июля – августа может свидетельствовать о смене климатических условий, что может оказать влияние на урожайность. Изменения в температурных режимах подчеркивают важность регулярного мониторинга климатических данных для успешного ведения сельского хозяйства и адаптации к возможным климатическим изменениям.

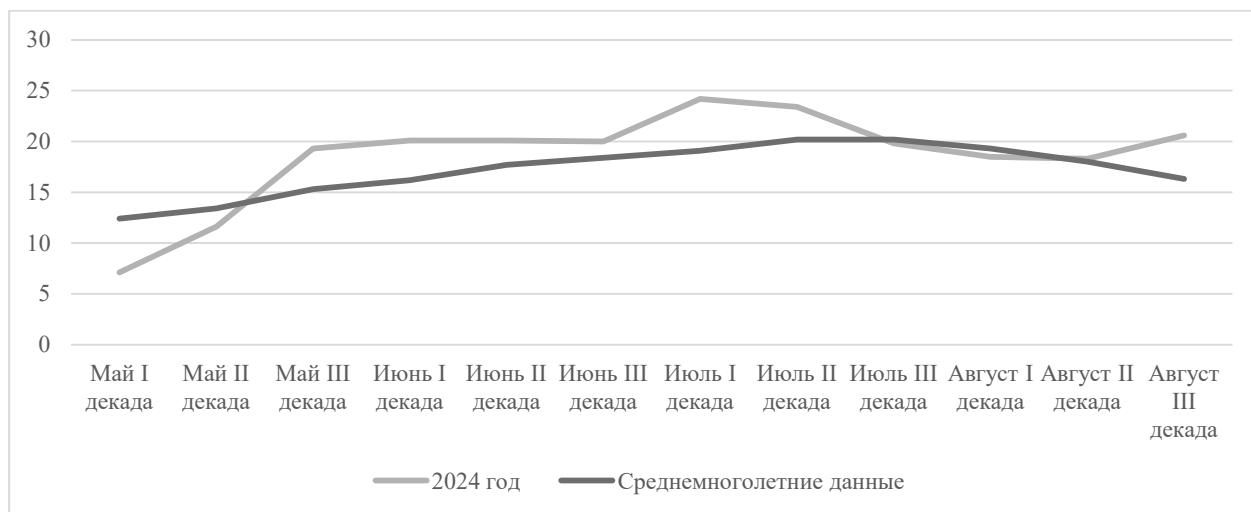


Рисунок 1. Динамика температуры воздуха за вегетационный период 2024 года

На рисунке 2 в мае осадки в 2024 году (вторая и третья декады) значительно ниже среднемноголетнего уровня. В первой и второй декадах июня отмечается аномально большое количество осадков, что резко превышает среднемноголетние данные. Осадки в июле остаются выше средних значений в первой и третьей декадах, но уже не так резко, как в июне. Осадки в августе вновь ниже среднемноголетних данных, хотя в первой декаде показатели находятся на уровне средней нормы. Распределение осадков неравномерное по месяцам и декадам, что может создать риски для возделывания культуры. Избыток влаги в июне и нехватка в других периодах может способствовать ухудшению качества волокна.

Рассчитав урожайность в бессменном посеве, мы видим довольно низкие значения (табл. 2). Из-за пониженной температуры в мае и недостатка осадков могло произойти замедление прорастания семян и появления всходов. Поздние и недружные всходы могут привести к неравномерному развитию растений в дальнейшем. В июне – в фазу быстрого роста культуры мы наблюдали аномально повышенное количество осадков. Переувлажнение почвы может привести к кислородному голоданию корней и развитию грибковых заболеваний. Избыток влаги также может способствовать снижению содержания и качества волокна в стеблях. Повышенная температура приводит к сокращению вегетационного периода, в результате чего стебли становятся более низкорослыми, с повышенной толщиной и усиленным ветвлением. При повышенной температуре также не происходит завязывание семян в достаточном количестве и снижение их массы [6].

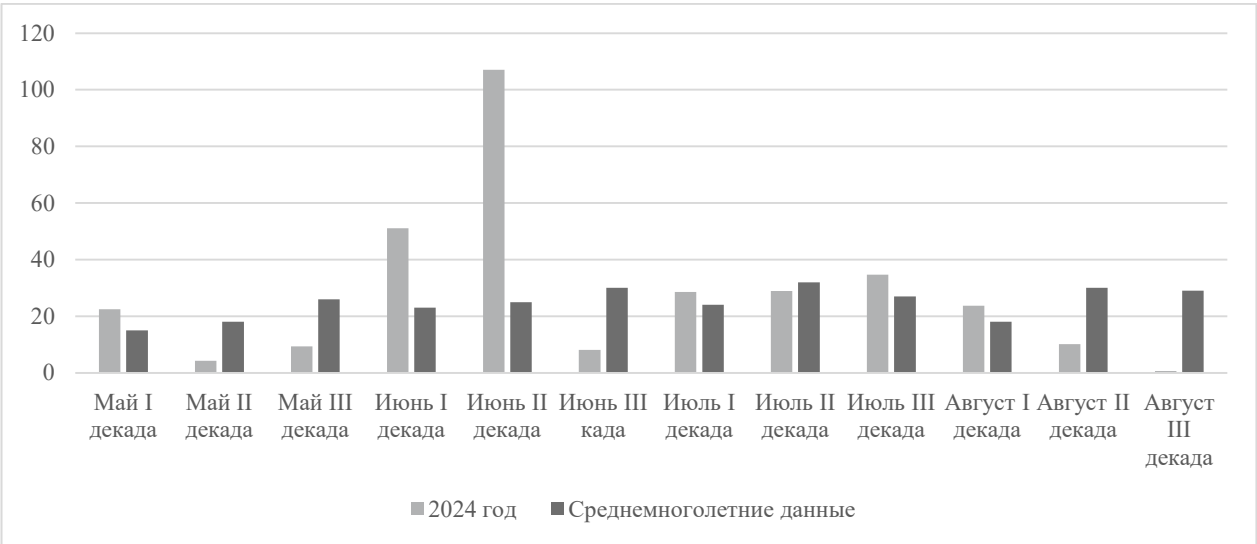


Рисунок 2. Динамика суммы осадков за вегетационный период 2024 года

Таблица 2. Расчет биологической урожайности в бессменном посеве

|                      | Название варианта | Среднее значение массы снопа, г | Биологическая урожайность, т/га |
|----------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| По известковому фону | Контроль 11       | 2,63                            | 0,11                            |
|                      | Навоз             | 1,27                            | 0,05                            |
|                      | NPK               | 3,23                            | 0,13                            |
|                      | Навоз + NPK       | 3,3                             | 0,13                            |
|                      | PK                | 1,43                            | 0,06                            |
|                      | NP                | 2,5                             | 0,10                            |
|                      | Контроль 4        | 5,59                            | 0,22                            |
|                      | K                 | 11,91                           | 0,48                            |
|                      | P                 | 3,09                            | 0,12                            |
|                      | N                 | 5,88                            | 0,24                            |
| На фоне без извести  | Контроль 11       | 3,68                            | 0,15                            |
|                      | Навоз             | 1,22                            | 0,05                            |
|                      | NPK               | 1,08                            | 0,04                            |
|                      | NPK + навоз       | 0,79                            | 0,03                            |
|                      | NK                | 0,73                            | 0,03                            |
|                      | NP                | 2,05                            | 0,08                            |
|                      | Контроль 4        | 3,09                            | 0,12                            |
|                      | K                 | 3,76                            | 0,15                            |
|                      | P                 | 3,46                            | 0,14                            |
|                      | N                 | 3,76                            | 0,15                            |

Минеральные удобрения в вариантах NPK, NP, N, P, K и NPK + навоз оказывают большее влияние на урожайность на известковом фоне. Это связано с тем, что на кислых почвах (без известкования) питательные вещества из минеральных удобрений могут быть менее доступны для растений.

Одним из важнейших определяющих урожайность факторов является бессменное возделывание культуры, что имеет крайне отрицательные последствия. Лен-долгунец негативно

реагирует на выращивание его по принципу монокультуры [7]. При длительном выращивании культуры на одном месте происходит накопление специфических заболеваний и вредителей. Заболевания снижают качество волокна, уменьшают длину волокон и ухудшают структуру ткани, ухудшая товарные свойства продукции. Также важную роль в современных системах земледелия играет регулирование фитосанитарного состояния посевов [8]. Бессменный посев создает благоприятные условия для развития устойчивых сорняков, адаптированных к условиям выращивания льна. Сорняки конкурируют с культурными растениями за свет, воду и питание, снижая общую урожайность. Повышенная численность сорняков требует больших затрат на гербицидную обработку, увеличивая расходы и экологические риски.

Возделывание культуры в севообороте в нашем случае оказывает положительный эффект на урожайность. В большинстве случаев на фоне извести мы наблюдаем увеличение урожайности по сравнению с фоном без извести (табл. 3).

*Таблица 3. Расчет биологической урожайности в севообороте*

| Варианты опыта | На известковом фоне | На фоне без извести |
|----------------|---------------------|---------------------|
|                | Урожайность, т/га   |                     |
| NPK            | 4,48                | 4,43                |
| NPK+ навоз     | 3,50                | 3,88                |
| PK             | 5,01                | 5,44                |
| NK             | 4,84                | 4,45                |
| NP             | 5,64                | 4,06                |
| Контроль 4     | 5,87                | 4,13                |
| К              | 5,94                | 3,27                |
| Р              | 6,69                | 4,18                |
| N              | 6,78                | 3,61                |

Особенно сильно этот эффект проявляется при использовании только азотных, фосфорных и калийных удобрений по отдельности (N, P, K) или их комбинации в варианте (NP).

Исключением является вариант NPK + навоз, где наблюдается понижение урожайности на известковом фоне. Это требует дополнительного анализа и исследования причин.

Предшественником льна-долгунца в 2023 году был клевер. Клевер как предшественник оказывает комплексное воздействие на плодородие почвы и урожайность последующих культур. Благодаря большой массе растительных остатков и высокой степени гумификации клевер является одной из основных почвоулучшающих культур [9].

## Выводы

1. При сравнении погодных условий вегетационного периода льна-долгунца за 2024 год со среднемноголетними данными можно сказать, что в основном температура воздуха была выше среднемноголетних значений. Повышенная температура приводит к сокращению вегетационного периода, в результате чего стебли становятся более низкорослыми с повышенной толщиной и усиленным ветвлением. Избыток влаги в июне и нехватка ее в других периодах может способствовать ухудшению качества волокна.

2. При анализе урожайности льна-долгунца в бессменном посеве мы видим крайне низкие значения по сравнению с заявленными в описании сорта Тверской. Значительное влияние



на урожайность оказывает такой фактор, как бессменное возделывание культуры, что имеет крайне отрицательные последствия. Лен-долгунец негативно реагирует на выращивание его по принципу монокультуры. При длительном выращивании культуры на одном месте происходит накопление специфических заболеваний, вредителей и сорняков, что значительно снижает урожайность и качество получаемой продукции. Минеральные удобрения в вариантах NPK, NP, N, P, K и NPK + навоз оказывают большее влияние на урожайность на известковом фоне. Это связано с тем, что на кислых почвах (без известкования) питательные вещества из минеральных удобрений могут быть менее доступны для растений.

3. Возделывание культуры в севообороте оказывает положительный эффект на урожайность. Предшественником льна-долгунца являлся клевер. В большинстве случаев на фоне извести мы наблюдаем увеличение урожайности по сравнению с фоном без извести. Особенно сильно этот эффект проявляется при использовании только азотных, фосфорных и калийных удобрений по отдельности (N, P, K) или их комбинации в варианте (NP).

4. Известкование оказывает положительное влияние на урожайность льна-долгунца при бессменном посеве и в севообороте. Это подтверждается тем, что практически во всех вариантах удобрения урожайность на известковом фоне выше, чем на фоне без извести.

## Литература

1. Коломейченко В. В. Растениеводство: Учебник. – М.: Агробизнесцентр, 2007. – 600 с.
2. Агробιοлогические основы производства и переработки льна-долгунца: Учебное пособие / С. Н. Глушаков, И. Н. Романова. – Смоленск: ФГОУ ВПО «Смоленский сельскохозяйственный институт», 2006. – 278 с.
3. Мазиров М. А. Длительный полевой опыт РГАУ-МСХА: сущность и этапы развития / М. А. Мазиров, А. Ф. Сафонов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 2. – С. 66 – 75.
4. Краткие методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом. – г. Торжок, 1956.
5. Илюшкова Е. М. Развитие многолетних опытов на примере длительного полевого опыта имени А. Н. Дояренко РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева / Е. М. Илюшкова // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К. А. Тимирязева : Сборник статей, Москва, 5 – 7 июня 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2023. – С. 137 – 141.
6. Глушаков С. Н., Романова И. Н. Рекомендации по возделыванию льна-долгунца в Смоленской области. – Смоленск, Изд-во ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2015. – 26 с.
7. Влияние предшественников, концентрации посевов льна-долгунца в севообороте на различных фонах минерального питания на урожайность и качество льнопродукции, продуктивность севооборотов и плодородие почвы / М. Н. Рысев, А. Д. Степин, Г. А. Кострова [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – № 11-2 (89). – С. 21 – 30.
8. Эффективность минеральных удобрений в формировании высокопродуктивных агрофитоценозов льна-долгунца, устойчивых к различным стресс-факторам / Ф. Алырчиков, З. К. Курбанова, И. А. Заверткин, М. Кузичева // Реализация методологических и методических идей профессора Б. А. Доспехова в совершенствовании адаптивно-ландшафтных систем земледелия: Материалы Международной научно-практической конференции. Коллективная монография. В 2-х томах, Москва-Суздаль, 26 – 29 июня 2017 года / Редколлегия: Г. Д. Золина, Л. И. Ильин [и др.]. Том 2. – Москва-Суздаль: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2017. – С. 178 – 183.
9. Земледелие / Г. И. Баздырев, В. Г. Лошаков, А. И. Пупонин и др.; под ред. А. И. Пупонина. – М.: КолосС, 2002, – 552 с.: ил. (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭМИССИЮ CO<sub>2</sub> ИЗ ГАЗОННЫХ ЭКОСИСТЕМ НА СКЛОНАХ

Н. А. Андрущук

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: lanos199@mail.ru

Научный руководитель: В. К. Гвоздь, ассистент кафедры экологии

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

**Резюме.** Газонные экосистемы в мелиоративных каналах играют значимую роль в углеродном балансе урбанизированных территорий, но эмиссия CO<sub>2</sub>, которая выделяется из почв под ними, существенно зависит от микроклиматических условий, формируемых экспозицией склона [1]. Целью исследования стала оценка рисков и перспектив управления эмиссией CO<sub>2</sub> на склонах мелиоративного канала северо-западной (СЗ) и юго-восточной (ЮВ) экспозиций под влиянием климатических факторов. Использован информационно-аналитический метод изучения научной литературы за 2020 – 2025 гг. Установлено, что ключевыми рисками усиления эмиссии CO<sub>2</sub> являются: повышенная температура почвы на склонах ЮВ экспозиции, стимулирующая микробную активность; снижение влажности почвы, вызывающее стресс у растений; экстремальные осадки, нарушающие аэрацию. Перспективы минимизации эмиссии – подбор засухоустойчивых травосмесей и инженерное террасирование склонов. Результаты подчеркивают необходимость учета экспозиции при проектировании городских ландшафтов для снижения углеродного следа.

**Abstract.** Lawn ecosystems in reclamation channels play a significant role in the carbon balance of urbanized areas, but the CO<sub>2</sub> emission from the soils beneath them is significantly influenced by the microclimatic conditions created by the slope exposure [1]. The aim of this study was to assess the risks and prospects of managing CO<sub>2</sub> emission on the slopes of a reclamation channel with north-west (NW) and south-east (SE) exposures, taking into account the influence of climatic factors. The study used an information and analytical method to analyze scientific literature from 2020 to 2025. It was found that the key risks of increased CO<sub>2</sub> emissions include: increased soil temperature on slopes with a south-eastern exposure, which stimulates microbial activity; decreased soil moisture, which causes stress in plants; and extreme precipitation, which disrupts aeration. The study suggests that the selection of drought-resistant grass mixtures and the engineering terracing of slopes can help minimize emissions. The results highlight the importance of considering exposure when designing urban landscapes.

Газоны в городских ландшафтах выполняют не только эстетическую функцию, но и участвуют в углеродном цикле, выступая как стоком, так и источником CO<sub>2</sub>. Интенсивность почвенного дыхания газонов определяется климатическими факторами, среди которых температура и влажность почвы являются ключевыми [2].

На склонах различной экспозиции формируются контрастные микроклиматические условия: Юго-Восточные склоны характеризуются повышенной инсоляцией, более высокими

температурами и риском засухи, а Северо-Западные склоны – более низкими температурами и высоким влагонакоплением [3].

Эти различия напрямую влияют на активность микроорганизмов и корневых систем – основных источников парниковых газов в газонной экосистеме [2].

В условиях глобального потепления, сопровождающегося ростом температур в России, проблема управления эмиссией парниковых газов из почв на городских территориях становится критически важной [4].

Цель исследования – на основе анализа современных научных данных оценить влияние климатических факторов на эмиссию  $\text{CO}_2$  из газонных экосистем на склонах СЗ и ЮВ экспозиций, выявить риски и предложить адаптационные стратегии.

**Методы и объекты исследования.** Объект исследования: климатические факторы (температура и влажность почвы) и их воздействие на эмиссию  $\text{CO}_2$  газонных экосистем на склонах СЗ и ЮВ экспозиций.

**Метод исследования.** Информационно-аналитический анализ научной литературы за 2020 – 2025 гг., включая рецензируемые статьи, монографии.

**Результаты исследования.** Оценка рисков усиления эмиссии  $\text{CO}_2$ . Климатические факторы повышают эмиссию  $\text{CO}_2$  через прямое воздействие на физиологические процессы в почве и растениях. Основные риски:

1. Повышенная температура почвы на ЮВ склонах. ЮВ экспозиция обеспечивает нагрев почвы на 2 – 5 °С выше, чем СЗ [3], что снижает микробную минерализацию органики и высвобождение  $\text{CO}_2$  [5].

2. Дефицит влаги и засухи. Интенсификация испарения на ЮВ склонах снижает влажность почвы, вызывая стресс у растений. В летний период на всех типах почв в поверхностных сухих горизонтах при ночном снижении температур наблюдается конденсация атмосферной парообразной влаги. В облачные дни и под пологом растительности прогрев почвы сокращается в 1,5 – 2 раза и более. В ночное время теплота вследствие излучения уходит в атмосферу, и почва в этот период содержит наибольшие запасы влаги [6]. Умеренный дефицит влаги временно усиливает эмиссию  $\text{CO}_2$ . При невысоком содержании влаги в почве (менее 40 % от объема почвы) отмечают положительную корреляцию между эмиссией  $\text{CO}_2$  и влажностью почвы. Это связано с тем, что увлажнение сухой почвы приводит к кратковременному всплеску эмиссии  $\text{CO}_2$ , который называют «эффектом Бирча» [7].

Перспективы управления эмиссией  $\text{CO}_2$ . Снижение углеродного следа газонов требует адаптации к локальным микроклиматическим условиям. Ключевые стратегии:

1. Подбор травосмесей с глубокой корневой системой для секвестрации углерода в почве.

Основной пул углерода в травяных экосистемах сосредоточен в почве. Виды с мощными корнями усиливают секвестрацию углерода в почве [8], также мелиоративные добавки на склонах способны повысить мощность корневой системы, тем самым секвестрацию углерода в почве [9].

2. Инженерное террасирование склонов.

Террасирование является широко известным приемом при снижении эрозионной опасности склонов под газонные решетки и геоматы во многих регионах России и зарубежья. Оно является эффективным средством уменьшения поверхностного стока атмосферных осадков и регулирования водно-воздушного режима почв, температурного режима [10].

## Выводы

1. Риски усиления эмиссии  $\text{CO}_2$  на газонных экосистемах склонов определяются климатическими факторами: температурным стрессом и засухами, наибольшая уязвимость характерна для ЮВ склонов, где эмиссия  $\text{CO}_2$  выше из-за прогрева почвы.

2. Перспективы минимизации эмиссии связаны с адаптационными мерами: подбором травосмесей и террасированием.

Результаты подчеркивают необходимость интеграции управления микроклиматическими факторами в программы озеленения городов. Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку математических моделей эмиссии CO<sub>2</sub> с учетом региональных сценариев изменения климата.

## Литература

1. Гвоздь В. К., Андрущук Н. А., Джанчаров Т. М. Экологический анализ влияния минерального удобрения и перлита на эмиссию CO<sub>2</sub> в газонной экосистеме на склоне северо-западной экспозиции // АгроЭкоИнфо. – 2025. – № 2 (68). – DOI 10.51419/202152215. – EDN RSNNZL.

2. Визирская М. М., Епихина А. С., Васенев В. И., Мазиров И. М., Эльвира А. И., Гусев Д., Тихонова М. В., Васенев И. И. Экологическая оценка роли городских газонов в формировании потоков парниковых газов // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. – 2013. – №5. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskaya-otsenka-roli-gorodskih-gazonov-v-formirovanii-potokov-parnikovyh-gazov> (дата обращения: 25.06.2025).

3. Юй М., Павлова Н. А., Дай Ч. Гидротермические условия почвы южного и северного склонов северо-восточного Дасиньянлина, Китай // Известия СО РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. – 2022. – № 4 (81). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gidrotermicheskie-usloviya-pochvy-yuzhnogo-i-severnogo-sklonov-severo-vostochnogo-dasinanlinya-kitay> (дата обращения: 22.06.2025).

4. Кулачкова С. А., Лебедь-Шарлевич Я. И., Можарова Н. В., Николаева А. М. Роль городских почв в регулировании эмиссии парниковых газов в атмосферу // Городские исследования и практики. – 2018. – № 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-gorodskih-pochv-v-regulirovanii-emissii-parnikovyh-gazov-v-atmosferu> (дата обращения: 29.06.2025).

5. Бузылев А. В., Тихонова М. В., Руденский А. И. Пространственно-временное распределение влажности и динамики эмиссии парниковых газов из верхних почвенных горизонтов в пойменных залежных землях Башмаковского района Пензенской области // АгроЭкоИнфо. – 2022. – № 6 (54). – DOI 10.51419/202126643. – EDN HJHVBМ.

6. Кулик Н. Ф. О возможности конденсации атмосферной парообразной влаги в почве // Бюл. Почв. ин-та. – 2016. – № 83. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-vozmozhnosti-kondensatsii-atmosfernoy-paroobraznoy-vlagi-v-pochve> (дата обращения: 29.06.2025).

7. Сушко С. В. Эмиссия двуокиси углерода и микробное дыхание почв разных экосистем подтайги и лесостепи : Московская и Курская области : автореферат дис. кандидата биологических наук : 03.02.13 / Сушко Софья Владимировна; [Место защиты: Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (МГУ)]. – Москва, 2019. – 25 с.

8. Калов Р. О., Гакаев Р. А. Место природных травяных экосистем в глобальном углеродном балансе // Проблемы региональной экологии. – 2022. – № 6. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mesto-prirodnih-travyanyh-ekosistem-v-globalnom-uglerodnom-balanse> (дата обращения: 29.06.2025).

9. Андрущук Н. А., Шабанов В. Б., Гвоздь В. К. Экологическая оценка дернины сеяного газона при использовании гранулированного удобрения и перлита // Журнал передовых исследований в области естествознания. – 2024. – № 21. – С. 44 – 47. – DOI 10.26160/2572-4347-2024-21-44-47. – EDN PRKOSN.

10. Шекихачев Ю. А., Шомахов Л. А., Каноков С. З. Агротехническая эффективность террасирования склонов и мульчирования почвы в горном садоводстве. – 2002. – 51 с.

# ДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНОЙ ШИРИНЫ МЕЖДУРЯДИЙ В ЛЕНТЕ ПРИ ШИРОКОРЯДНОМ СПОСОБЕ ПОСЕВА НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВАЙДЫ КРАСИЛЬНОЙ

Е. Ю. Зуйкова

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: helia.uydati@gmail.com

Научный руководитель: Е. Л. Маланкина, доктор с.-х наук, профессор,  
профессор кафедры овощеводства

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

**Резюме.** В статье рассматриваются изменения биометрических показателей Вайды красильной (*Isatis Tinctoria* L.) при возделывании с различной шириной междурядий в ленте. Приводятся данные о параметрах надземной и подземной частей растения и их соотношении. Культура возделывалась на песчаных почвах Калужской области.

**Abstract.** Abstract. This article is devoted to the biometric parameters changing of the tinctorial woad (*Isatis Tinctoria* L.) due to cultivation with different row spacing in the tape. The information about the above- and below-ground parts characteristics and their proportions is provided. The crop was grown on sandy soils of the Kaluga region.

Лекарственное и эфирно-масличное растениеводство как отрасль сельскохозяйственного производства характеризуется рядом особенностей: большое число видов, которые сильно отличаются по своей биологии, что затрудняет разработку их промышленной технологии и их выращивание в качестве сельскохозяйственных культур [1].

Одной из важнейших задач сельского хозяйства является обеспечение сырьём высокого качества других отраслей: фармацевтической, перерабатывающей и пищевой. В связи с этим важное значение приобретает организация высокопродуктивных агроценозов путем подбора культур и интродукции новых видов, которые наиболее полно используют биоклиматические ресурсы зоны. Требуется разработка ресурсосберегающих технологий, организация конвейерного выращивания нетрадиционных культур, при использовании экологически безопасных физических и биологических факторов. Создание технологий возделывания лекарственных растений является актуальной задачей для производителей. Решающими факторами в данном вопросе являются выбор региона выращивания, обоснованные агротехнические приёмы возделывания, сроки уборки.

Поэтому вопрос совершенствования структуры площадей за счёт таких крестоцветных культур, как Вайда красильная актуален для науки и практики сельского хозяйства Нечернозёмной зоны. Расширение площади её посевов, более полно использующих биоклиматические ресурсы зоны, оказывает положительное влияние на плодородие песчаных дерново-подзолистых почв.

Наши исследования проводились в 2024 году на песчаных почвах Дзержинского района Калужской области.

Варианты ширины междурядий в ленте составили:

1. Контроль – 7,5 см;
2. 10 см;
3. 15 см.

Схемы посева, соответствующие изучаемым вариантам опыта:

1. 7,5 см – 60 + 7,5 + 7,5;
2. 10 см – 55 + 10 + 10;
3. 15 см – 45 + 15 + 15.

| I      | II     | III    | IV     | V      | VI     |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10     | 15     | St 7,5 | 10     | St 7,5 | 15     |
| St 7,5 | 10     | 15     | St 7,5 | 15     | 10     |
| 15     | St 7,5 | 10     | 15     | 10     | St 7,5 |

*Рисунок 1. Схематический план размещения вариантов*

Полученные нами результаты биометрических измерений опираются на учётные площадки площадью  $1 \text{ м}^2 = 1,33 \text{ погонного м} \times 0,75 \text{ м}$ , при этом измерениям подвергались все растения, количество которых при уборке колебалось от 36 до 77 шт.

Развитие корневой системы как органа с многообразными синтетическими функциями занимает центральное место в физиологии растений, поскольку корни – это место синтеза разнообразных веществ, которые поступают из них в другие части растения и определяют регулирующее действие обмена веществ и продуктивность растительного организма [2].

Развитие корневых систем зависит от строения пахотного слоя, определяющегося способом обработки почвы, формирующим гомо- или гетерогенное строение пахотного слоя, поступлением и распределением растительных и пожнивных остатков предшественников, зависящим от применяемого приёма основной обработки почвы и технологии возделывания как исследуемой культуры, так и предшественника [3].

Длина корней и характер их распространения показывают способность корневой системы захватывать определённый объём почвы и создавать в нём условия, благоприятные для питания растений. В условиях вегетационного сезона 2024 г. существенных различий по изучаемым вариантам не наблюдалось (табл. 1).

Являющиеся лекарственным сырьем корни Вайды красильной в первый год жизни могут достигать в свежем виде массы 34,61 г, а в сухом – 17,85 г [4].

По результатам наших исследований в 2024 г. максимальная средняя масса корня в свежем виде составила 5,15 г в варианте междурядия 15 см. Отмечается тенденция увеличения средней массы корня Вайды красильной на 9 % с увеличением ширины междурядия с 7,5 см до 15 см.

Определённый нами в 2024 г. средний объём корня является расчётной характеристикой, полученной путём деления общего объёма корней с одной учётной площадки на количество растений с неё. Измерение объёма корней производилось с помощью вытесняемой воды в мерном цилиндре корневыми системами. Объём корневых систем пропорционален их массе. В наших исследованиях произошло незначительное увеличение объёма корня на 5 % при двукратном увеличении междурядия в ленте.

При определении массы стеблевой части растений нами отмечалось незначительное увеличение средней массы стебля с 0,68 г на контроле до 0,86 г в варианте с междурядковым расстоянием в ленте 15 см (табл. 2).

Таблица 1. Действие различной ширины междурядий на биометрические показатели корневой системы Вайды красильной

| Показатель                           | Вариант                | Повторность |      |      |      |      |      | Среднее |
|--------------------------------------|------------------------|-------------|------|------|------|------|------|---------|
|                                      |                        | I           | II   | III  | IV   | V    | VI   |         |
| Средняя длина корня, см              | 7,5                    | 25,6        | 20,5 | 30,6 | 25,0 | 21,2 | 18,7 | 23,6    |
|                                      | 10                     | 22,9        | 15,9 | 28,6 | 14,1 | 20,1 | 17,7 | 19,9    |
|                                      | 15                     | 28,1        | 24,9 | 27,7 | 29,4 | 25,3 | 25,5 | 26,8    |
|                                      | HCP <sub>05</sub> 5,0  |             |      |      |      |      |      |         |
| Средняя масса корня, г               | 7,5                    | 5,67        | 3,10 | 8,69 | 3,41 | 4,17 | 3,34 | 4,73    |
|                                      | 10                     | 4,54        | 2,26 | 5,03 | 8,75 | 3,48 | 5,79 | 4,97    |
|                                      | 15                     | 4,97        | 4,70 | 5,56 | 5,68 | 4,18 | 5,79 | 5,15    |
|                                      | HCP <sub>05</sub> 2,25 |             |      |      |      |      |      |         |
| Средний объём корня, см <sup>3</sup> | 7,5                    | 4,8         | 2,9  | 7,1  | 2,8  | 3,1  | 3,1  | 4,0     |
|                                      | 10                     | 3,5         | 1,3  | 5,2  | 5,1  | 3,5  | 4,4  | 3,8     |
|                                      | 15                     | 4,0         | 2,7  | 4,3  | 5,7  | 3,6  | 4,9  | 4,2     |
|                                      | HCP <sub>05</sub> 1,7  |             |      |      |      |      |      |         |

Таблица 2. Действие различной ширины междурядий на биометрические показатели стеблевой части Вайды красильной

| Показатель                 | Вариант                | Повторность |      |      |       |      |      | Среднее |
|----------------------------|------------------------|-------------|------|------|-------|------|------|---------|
|                            |                        | I           | II   | III  | IV    | V    | VI   |         |
| Средняя масса стебля, г    | 7,5                    | 0,96        | 0,59 | 0,92 | 0,52  | 0,65 | 0,45 | 0,68    |
|                            | 10                     | 0,49        | 0,26 | 0,95 | 2,14  | 0,47 | 1,13 | 0,91    |
|                            | 15                     | 0,40        | 0,85 | 1,47 | 0,84  | 0,86 | 0,74 | 0,86    |
|                            | HCP <sub>05</sub> 0,57 |             |      |      |       |      |      |         |
| Средний диаметр стебля, мм | 7,5                    | 4,04        | 6,86 | 8,72 | 6,47  | 6,11 | 4,39 | 6,10    |
|                            | 10                     | 6,68        | 6,08 | 4,06 | 11,78 | 5,82 | 6,90 | 6,89    |
|                            | 15                     | 6,64        | 5,52 | 9,20 | 5,72  | 5,82 | 5,75 | 6,44    |
|                            | HCP <sub>05</sub> 2,43 |             |      |      |       |      |      |         |

Увеличение среднего диаметра стеблевой части не имело существенных различий, при этом наибольшее увеличение отмечалось в варианте с междурядным расстоянием в ленте в 10 см.

Для повышения качества сырья, получаемого из Вайды красильной, можно прибегнуть к раздельной уборке надземной и подземной частей. При этом листовая зачастую опушённая часть не будет загрязняться частичками почвы. Литературные источники содержат достаточный объём информации о скашивании и стравливании скотом Вайды красильной в первый год жизни в фазе розетки [5].

Нами установлено существенное увеличение длины листа при увеличении междурядного расстояния до 15 см, составившее 6,7 см (табл. 3).

Таблица 3. Действие различной ширины междурядий на биометрические показатели листовой части Вайды красильной

| Показатель                  | Вариант                | Повторность |      |      |      |      |      | Среднее |
|-----------------------------|------------------------|-------------|------|------|------|------|------|---------|
|                             |                        | I           | II   | III  | IV   | V    | VI   |         |
| Длина листа, см             | 7,5                    | 15,0        | 7,6  | 16,8 | 16,4 | 9,3  | 11,1 | 12,7    |
|                             | 10                     | 14,6        | 14,9 | 17,8 | 21,0 | 15,3 | 15,1 | 16,4    |
|                             | 15                     | 17,0        | 16,8 | 22,7 | 23,7 | 17,7 | 18,4 | 19,4    |
|                             | НСР <sub>05</sub> 3,9  |             |      |      |      |      |      |         |
| Средняя масса листьев, г    | 7,5                    | 1,86        | 2,87 | 6,92 | 2,30 | 2,90 | 1,97 | 3,14    |
|                             | 10                     | 1,74        | 1,37 | 3,23 | 5,52 | 1,88 | 3,20 | 2,82    |
|                             | 15                     | 2,56        | 2,09 | 5,39 | 4,15 | 2,79 | 3,37 | 3,39    |
|                             | НСР <sub>05</sub> 1,94 |             |      |      |      |      |      |         |
| Среднее кол-во листьев, шт. | 7,5                    | 8           | 4    | 6    | 3    | 5    | 4    | 5       |
|                             | 10                     | 8           | 7    | 8    | 13   | 7    | 10   | 9       |
|                             | 15                     | 6           | 7    | 10   | 9    | 7    | 8    | 8       |
|                             | НСР <sub>05</sub> 2    |             |      |      |      |      |      |         |

Также происходит существенное увеличение среднего количества листьев в варианте с междурядием 10 см – на 4 листа и при междурядии 15 см – на 3 листа.

Следует уточнить, что листья, имеющие длину с черешком менее 5 см, не учитывались при подсчёте, но масса их была учтена при взвешивании. Изучаемые варианты различных схем высева в год исследований не оказали существенного влияния на среднюю массу листьев с одного растения.

Таким образом, нами установлено, что в 2024 г. на дерново-подзолистых песчаных почвах изучаемые схемы посева существенно увеличивали количество листьев: при схеме посева 55 + 10 + 10 – на 80 % и на 60 % – при схеме посева 45 + 15 + 15.

Доказано существенное увеличение длины листа – с 12,7 до 19,4 см, или на 53 %, при увеличении междурядного расстояния до 15 см.

## Литература

1. Богомолов С. А., Маланкина Е. Л., Козловская Л. Н. Сравнительное изучение некоторых биохимических и морфологических особенностей хемотипов *Origanum vulgare* L. – Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – Вып. 2. – С. 77 – 85.
2. Степанов А. Ф. Влияние биологических препаратов на прорастание семян, рост и развитие вайды красильной / А. Ф. Степанов, А. В. Милашенко, Н. А. Прохорова // Омский научный вестник. – 2012. – № 2 (114). – С. 179 – 184.
3. Баздырев Г. И. Агрономическая эффективность почвозащитных обработок и средств химизации при длительном использовании на склоновых землях / Г. И. Баздырев, И. А. Заверткин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 2. – С. 6 – 18.
4. Ступина Л. А. Вайда Красильная (*ISATIS TINCTORIA* L.) в Приобье Алтая / Л. А. Ступина, Н. В. Чернецова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2019. – № 10-1 (37). – С. 160 – 163.
5. Вайда красильная в кормопроизводстве Западной Сибири / А. Ф. Степанов, А. В. Милашенко, Д. О. Тищенко, А. С. Гарагуль. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, 2010. – 256 с.



## ДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНЫХ УДОБРЕНИЙ НА АГРОФИТОЦЕНОЗ ПОСЕВОВ КЛЕВЕРА

А. С. Дёмкина

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: demkinaarish@gmail.com

Научный руководитель: И. А. Заверткин, доцент кафедры земледелия

и методики опытного дела РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

**Аннотация.** В статье рассмотрены результаты полевых исследований по изучению действия удобрений на урожайность клевера лугового. Опыт проводился на дерново-подзолистой почве в условиях полевой опытной станции РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева. Показано, что применение органических и минеральных удобрений увеличивает продуктивность агрофитоценоза клевера.

**Ключевые слова:** клевер луговой, удобрения, урожайность, сорные растения.

**Abstract.** The article discusses the results of field studies on the effect of fertilizers on the yield of red clover. The experiment was conducted on sod-podzolic soil at the field experimental station of the Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev. It was shown that the use of organic and mineral fertilizers increases the productivity of the red clover agrophytocenosis.

В современных условиях постоянного роста населения планеты актуализируется вопрос его обеспечения продуктами питания растительного и животного происхождения, что не может быть осуществлено без применения удобрений согласно научно-обоснованным нормативным показателям их внесения. При этом особенно актуальным становится вопрос о применении инновационных удобрений и препаратов, которые позволят увеличить их эффективность с учетом более высокой их экологичности и безопасности воздействия на окружающую среду [1].

В длительном опыте, заложенном А. Г. Дояренко в 1912 г., клевер развивается под покровом ячменя в первый год жизни как на севооборотном участке длительного опыта, так и на участке севооборота во времени, введённом на 121 поле в варианте чистого пара по фону извести в 1949 г. Наличие покровной культуры приводит к некоторой изреженности его травостоев [2].

В 2024 г. на 121 поле после перезимовки отмечалась незначительная изреженность травостоя. Продуктивность агрофитоценоза определялась в фазу бутонизации начала цветения клевера срезанием 4 учётных площадок по 1 м<sup>2</sup> с каждой делянки. После чего производилось разделение по видовому составу и взвешивание массы в зелёном виде. Также оценивались биометрические параметры растений и степень засоренности посевов.

Вредоносность сорных растений определяется их обилием, интенсивностью роста и развития, скоростью нарастания биологической массы, эффективностью применения мер борьбы с ними [3].

В 2024 г. в посевах клевера применялись как противозлаковый гербицид Миура, так и Базагран против двудольных. Максимальный вклад в продуктивность агрофитоценоза сор-

ными растениями отмечается в вариантах навоз и NPK + навоз (табл. 1). Это объясняется большим потенциальным запасом семян сорных растений в верхнем слое почвы и меньшей его плотностью из-за оструктуренности, а соответственно и большей возможной глубины для прорастания семян сорных растений.

*Таблица 1. Действие удобрений на продуктивность агрофитоценоза клевера, по результатам первого укоса*

| Варианты удобрений          | Масса абсолютно сухого вещества, т/га |         |       |
|-----------------------------|---------------------------------------|---------|-------|
|                             | клевер                                | сорняки | сумма |
| Контроль 11                 | 1,43                                  | 0,03    | 1,46  |
| Навоз                       | 3,27                                  | 1,40    | 4,67  |
| NPK                         | 3,49                                  | 0,54    | 4,03  |
| Навоз + NPK                 | 4,00                                  | 1,48    | 5,48  |
| PK                          | 3,92                                  | 0,65    | 4,57  |
| NK                          | 3,23                                  | 0,32    | 3,55  |
| NP                          | 3,79                                  | 0,08    | 3,87  |
| Контроль 4                  | 2,75                                  | 0,17    | 2,92  |
| К                           | 3,23                                  | 0,20    | 3,43  |
| Р                           | 2,97                                  | 0,21    | 3,18  |
| N                           | 3,79                                  | 0,38    | 4,17  |
| Среднее                     | 3,35                                  | 0,50    | 3,85  |
| Стандартная ошибка          | 0,26                                  | 0,15    | 0,35  |
| Стандартное отклонение      | 0,87                                  | 0,50    | 1,17  |
| Дисперсия выборки           | 0,75                                  | 0,25    | 1,37  |
| Уровень надежности (95,0 %) | 0,58                                  | 0,34    | 0,79  |

В районах достаточного увлажнения для бесперебойного поступления кормов наиболее рационально использование многолетних бобовых трав, которые благодаря хорошей отавности позволяют наладить снабжение скота травянистыми кормами [4]. При этом необходимо поддерживать посевы в чистом от сорняков состоянии. В нашем опыте в составе агрофитоценоза после применения гербицидов остались устойчивые к ним виды Ромашка непахучая – *Matricaria inodora*, Хвощ полевой – *Equisetum arvense*. И вновь возшли после обильного выпадения осадков: Звездчатка средняя – *Stellaria media*; Марь белая – *Chenopodium album*; Василек синий – *Centaurea cyanus*; Осот полевой – *Sonchus arvensis*.

Гербициды практически не оказывали влияния на накопление общей биомассы посевами клевера и лишь незначительно изменяли соотношение структурных компонентов, которое проявлялось в увеличении доли основной продукции и снижении биомассы сорняков [5]. В наших исследованиях проявилась та же тенденция, но высокую массу абсолютно сухого вещества сорных растений можно объяснить только недостаточной развитостью клевера и наличием свободных экологических ниш для роста и развития сорняков. Так, наибольшая доля сорных растений отмечается в варианте навоз – 29 % и Навоз + NPK – 27 % (табл. 2).

На фоне известки проявилось последствие минеральных удобрений при использовании органоминеральной системы удобрения с полными дозами NPK [6]. Так как севооборот во времени полностью расположен на известкованном фоне, то на контрольных вариантах отмечается не только снижение продуктивности клевера, но и снижение массы сорных растений и их доли в общей продуктивности агрофитоценоза.

Таблица 2. Действие удобрений на соотношение компонентов агрофитоценоза клевера, по результатам первого укоса

| №  | Варианты удобрений | Соотношение, % |         |
|----|--------------------|----------------|---------|
|    |                    | клевер         | сорняки |
| 1  | Контроль 11        | 98,1           | 1,9     |
| 2  | Навоз              | 70,1           | 29,9    |
| 3  | NPK                | 86,7           | 13,3    |
| 4  | Навоз + NPK        | 73,0           | 27,0    |
| 5  | PK                 | 85,8           | 14,2    |
| 6  | NK                 | 91,0           | 9,0     |
| 7  | NP                 | 98,1           | 1,9     |
| 8  | Контроль 4         | 94,0           | 6,0     |
| 9  | K                  | 94,3           | 5,7     |
| 10 | P                  | 93,3           | 6,7     |
| 11 | N                  | 90,9           | 9,1     |

Фитоценотически сбалансированные агрофитоценозы могут быть созданы на основе технологического формирования пространственной структуры путем оптимизации соотношения компонентов, при которых возможно снижение напряженности конкурентных взаимодействий, способствующего повышению продуктивности растений без дополнительного привлечения ресурсов [7]. В результате длительного использования агрофитоценоза без перезалужения происходит переформирование состава травостоя в зависимости от технологических систем ухода и режима отчуждения наростшей массы.

Таким образом, наибольшую продуктивность посевов клевера обеспечивала органоминеральная система удобрений Навоз + NPK. Наименьший вклад сорных растений в продуктивность агрофитоценоза отмечается в варианте без удобрений  $O_{11}$  – 1,9 % от массы вследствие его большей влагообеспеченности.

## Литература

1. Ибиев Г. З. Мировой рынок минеральных удобрений и его влияние на зерновую отрасль / Г. З. Ибиев, О. А. Савоськина, С. И. Чебаненко // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 12. – С. 97 – 102.
2. Заверткин И. А. Действие удобрений и известкования на урожайность клевера бессменно и в севообороте / И. А. Заверткин // Научное наследие А. Г. Дояренко – основа в разработке систем земледелия будущего. К 150-летию со дня рождения профессора Алексея Григорьевича Дояренко: Коллективная монография. – Суздаль-Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр»; 2024. – С. 214 – 218.
3. Баздырев Г. И. Агрономическая эффективность почвозащитных обработок и средств химизации при длительном использовании на склоновых землях / Г. И. Баздырев, И. А. Заверткин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 2. – С. 6 – 18.
4. Шалыгина А. А. Агрофитоценозы клевера лугового с разными сроками созревания лесостепной зоны РСО – Алания / А. А. Шалыгина // Горное сельское хозяйство. – 2022. – № 1. – С. 16 – 19.
5. Баздырев Г. И. Действие технологий обработки почвы и систем гербицидов на продуктивность культур полевого севооборота / Г. И. Баздырев, И. А. Заверткин // Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивной земледелии: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 1 – 31 января, 2010 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2010. – С. 167 – 180.

6. Бортник Т. Ю. Продуктивность звена «ячмень + клевер – клевер 1 и 2 года пользования» при возделывании по последствию различных систем удобрения / Т. Ю. Бортник, К. С. Клековкин, А. Ю. Карпова // Пермский аграрный вестник. – 2022. – № 2 (38). – С. 57 – 64.

7. Золотарев В. Н. Оценка взаимодействия видов многолетних мятликовых трав (POACEAE) с клевером ползучим (TRIFOLIUM REPENS L.) в смешанных агрофитоценозах в контексте биологизации семеноводства / В. Н. Золотарев // Адаптивное кормопроизводство. – 2020. – № 4. – С. 46 – 66.

8. Тебердиев Д. М. Урожайность и плодородие дерново-подзолистой почвы при различных системах удобрения сенокоса / Д. М. Тебердиев, А. В. Родионова, С. А. Запывалов // Адаптивное кормопроизводство. – 2023. – № 2. – С. 16 – 22.

УДК 004.413.4, 712.2.025, 338.43

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВОУЛУЧШАЮЩИХ ДОБАВОК ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ГАЗОНОВ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

И. К. Козельский

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: ikozelskii@mail.ru

Научный руководитель: В. К. Гвоздь, ассистент кафедры экологии

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

**Резюме.** Газонные экосистемы в городских условиях играют важную роль в поддержании экологического баланса, однако их эффективность зависит от качества почвы и применяемых почвоулучшающих добавок. Целью исследования стала оценка влияния различных почвенных добавок (перлит, биоуголь, компост) на эмиссию CO<sub>2</sub>, водно-физические свойства почвы и устойчивость газонных трав в условиях городской среды. Использован информационно-аналитический метод изучения научной литературы. Установлено, в гумидном климате оптимальны: керамзит + перлит (акцент на дренаж), в аридном климате: вермикулит + гидрогели, в умеренном климате: компост + вермикулит в равных пропорциях. Для мегаполисов особо рекомендуются перлит, биоуголь и вермикулит как наиболее устойчивые к техногенным нагрузкам и способные сорбировать загрязняющие вещества. Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации городского озеленения с учетом экологических требований.

**Abstract.** Lawn ecosystems in urban environments play an important role in maintaining the ecological balance, but their effectiveness depends on the quality of the soil and the use of soil-improving additives. The aim of this study was to evaluate the impact of various soil additives (perlite, biochar, and compost) on CO<sub>2</sub> emissions, soil water and physical properties, and the sustainability of lawn grasses in urban environments. The study used an information and analytical method of reviewing scientific literature. It has been established that in a humid climate, the optimal combination is expanded clay + perlite (with a focus on drainage), while in an arid climate, the optimal combination is vermiculite + hydrogels, and in a temperate climate, the optimal combination is

*compost + vermiculite in equal proportions. For megacities, perlite, biochar, and vermiculite are particularly recommended as they are more resistant to anthropogenic stress and have the ability to absorb pollutants. The results of this study can be used to optimize urban greening while considering environmental requirements.*

Современные города сталкиваются с рядом экологических проблем, включая деградацию почвенного покрова, снижение биоразнообразия и увеличение выбросов парниковых газов [1].

В этих условиях особую значимость приобретают зеленые насаждения, в частности, газонные экосистемы, которые выполняют не только эстетическую, но и важную экологическую функцию. Газоны способствуют поглощению CO<sub>2</sub>, регулируют температурный режим, уменьшают эрозию почвы и улучшают качество городского воздуха [2].

Однако городские почвы часто характеризуются высокой степенью уплотнения, низким содержанием органического вещества и нарушенным водно-воздушным режимом, что негативно сказывается на развитии газонных трав. В связи с этим актуальной задачей является поиск эффективных методов улучшения почвенных характеристик с использованием современных почвоулучшающих добавок [3].

Среди наиболее перспективных добавок выделяют:

Перлит – улучшает аэрацию и влагоудерживающую способность почвы [4];

Биоуголь и торф – способствуют накоплению органического углерода и повышению плодородия [5];

Компост – обогащает почву питательными веществами и стимулирует микробную активность [5].

Цель исследования – комплексная оценка влияния различных почвенных добавок на агрофизические свойства почвы и продуктивность газонных трав в условиях городской среды.

**Методы и объекты исследования.** Объект исследования: почвенные добавки, широко используемые в газоноведении.

**Метод исследования.** Информационно-аналитический анализ научной литературы, включая рецензируемые статьи, монографии.

**Результаты исследования.**

1. Влияние почвенных добавок на эмиссию CO<sub>2</sub>.

Проведенные исследования показали, что внесение почвоулучшающих добавок оказывает значительное влияние на динамику выделения углекислого газа из почвы: перлит способствует снижению эмиссии CO<sub>2</sub> [6].

Этот эффект объясняется улучшением аэрации почвы и мощности корневой системы [7].

Внесение биоугля приводит к увеличению содержания органического углерода в почве, однако в первые месяцы после применения наблюдается кратковременный рост эмиссии CO<sub>2</sub> из-за активизации микробного разложения. В долгосрочной перспективе (через 6 – 12 месяцев) эмиссия стабилизируется [8].

Совместное внесение компоста и азотных удобрений является подходящим вариантом для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и снижения её экологической безопасности, поскольку это не приводит к увеличению выбросов парниковых газов и вымыванию NO<sub>3</sub><sup>-</sup> и P. Внесение компоста значительно увеличивает надземную биомассу и урожайность зерновых, особенно при двойном внесении компоста, когда разброс между повторными опытами был особенно низким [9].

2. Снижение содержания тяжёлых металлов в почве.

Почвоулучшающие добавки способны снижать дополнительно содержание тяжёлых металлов в почве (торф, перлит) [10].

## Выводы

Применение почвоулучшающих добавок (перлит, биоуголь, компост) позволяет оптимизировать газонные экосистемы в городских условиях. Перлит наиболее эффективен для снижения эмиссии CO<sub>2</sub> и улучшения аэрации. Биоуголь и компост способствуют накоплению органического вещества, но требуют контроля влажности.

## Литература

1. Пердаев Э. Х., Овезов К. Х. Экология городских сред и пути улучшения окружающей среды мегаполисов // Инновационная наука. – 2024. – № 3-1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologiya-gorodskih-sred-i-puti-uluchsheniya-okruzhayuschey-sredy-megapolisov> (дата обращения: 29.06.2025).
2. Чомаева М. Н. Роль зеленых насаждений для городской среды // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – № 4-3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-zelenyh-nasazhdeniy-dlya-gorodskoy-sredy> (дата обращения: 29.06.2025).
3. Александров Н. А., Гвоздь В. К., Джанчаров Т. М., Степанов А. В. Экологическая оценка качественных характеристик газонных травостоев на урбанизированных дерново-подзолистых почвах в условиях экологического стационара РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева // АгроЭкоИнфо. – 2022. – № 3(51). – DOI 10.51419/202123312. – EDN UUURSX.
4. Старовойтова О. А., Старовойтов В. И., Шабанов Н. Э., Манохина А. А. Урожайность сортов картофеля при влагосберегающей технологии в зависимости от применения водных абсорбентов // Картофелеводство: Материалы науч.-практ. конф. / под ред. С. В. Жеворы. – М.: ФГБНУ ВНИИКХ, 2017. – С. 60 – 66.
5. Мазиров И. М. Газон. Создание и уход. – Москва: ЛитРес; Самиздат, 2019. – 107 с.
6. Гвоздь В. К., Андрущук Н. А., Джанчаров Т. М. Экологический анализ влияния минерального удобрения и перлита на эмиссию CO<sub>2</sub> в газонной экосистеме на склоне северо-западной экспозиции // АгроЭкоИнфо. – 2025. – № 2 (68). – DOI 10.51419/202152215. – EDN RSNZL.
7. Андрущук Н. А., Шабанов В. Б., Гвоздь В. К. Экологическая оценка дернины сеяного газона при использовании гранулированного удобрения и перлита // Журнал передовых исследований в области естествознания. – 2024. – № 21. – С. 44 – 47. – DOI 10.26160/2572-4347-2024-21-44-47. – EDN PRKOSN.
8. Материалы международного научного семинара «Биоуголь: свойства, применение в сельском хозяйстве, влияние на почвы, растения и окружающую среду». ФГБНУ АФИ, Санкт-Петербург, Россия, 8 декабря 2020 г. – СПб.: ФГБНУ АФИ, 2020. – 123 с.
9. Li, Zhijie & Reichel, Rüdiger & Cao, Xinyue & Pütz, Thomas & Küpper, Werner & Meulendick, Philipp & Kerui, Zhao & Endenich, Manuel & Brüggemann, Nicolas. (2022). Effects of compost incorporation on greenhouse gas emissions, N retention, and crop yield at two different P levels: results from a two-year lysimeter experiment with silty loam soil. 10.21203/rs.3.rs-2081133/v1
10. Шаламов Д. И., Гвоздь В. К. Экологическая оценка влияния тяжёлых металлов и аллелотоксичности в почвах влаголюбивых культур в условиях экологического стационара РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К. А. Тимирязева : Сборник статей, Москва, 5 – 7 июня 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. – С. 179 – 184. – EDN TKVWJB.

# ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ПРИЁМОВ ВНЕСЕНИЯ ПОЖНИВНОГО СИДЕРАТА И СОЛОМЫ НА ПОЧВЕННУЮ ПЛОТНОСТЬ В ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЦРНЗ РФ

**М. А. Воронов**

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: m.voronov@rgau-msha.ru

Научный руководитель: Н. С. Матюк, профессор кафедры земледелия и методики  
опытного дела РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

**Резюме.** В условиях Нечерноземной зоны полевого опыта Тимирязевской академии проведена оценка роли систем обработки при различной глубине на плотность сложения дерново-подзолистой почвы в посевах озимой пшеницы.

**Abstract.** In the conditions of the Non-Chernozem zone, the field experience of the Timiryazev Academy evaluated the role of systems of tillage at different depths on the density of sod-podzolic soil in winter wheat crops.

Ведущим фактором деградации дерново-подзолистых почв является дегумификация, проявляющаяся в сокращении запасов гумуса, интенсификации минерализации органического вещества по сравнению с его гумификацией и разрушении агрономически ценной структуры [1]. К активизации этих процессов приводит совокупное влияние интенсивной агротехники: механических нагрузок от сельскохозяйственной техники, увеличения доли пропашных культур в севообороте и, что особенно значимо, дисбаланса в питании растений.

К ухудшению плодородия дерново-подзолистых почв приводит деградация их физического состояния [3], обусловленная совокупным воздействием двух факторов: механического уплотнения при использовании сельскохозяйственной техники и деструктивного влияния климатических явлений.

Воспроизводство почвенного плодородия невозможно без поддержания бездефицитного баланса гумуса и элементов минерального питания. Эффективным инструментом для решения этой задачи служит переход к биологизированным [2] и ресурсосберегающим системам земледелия, которые обеспечивают оптимизацию процессов трансформации органических остатков и создают условия для интенсивной гумификации.

Наши исследования были выполнены на стационарном опыте, заложенном в 2008 году на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Опыт был организован кафедрой земледелия и методики опытного дела РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева.

Оценка эффективности дифференцированных по способу и глубине систем обработки в зернопропашном севообороте проводилась в соответствии с утвержденной методикой полевого опыта.

Чередование культур в севообороте производится по следующей схеме: однолетние травы → озимая пшеница с пожнивным посевом сидерата → картофель → ячмень.

Установлено, что увеличение глубины заделки органических остатков до 20 – 22 см в условиях ежегодной отвальной обработки ослабляет их непосредственное влияние на плотность сложения верхней (0 – 10 см) части пахотного горизонта. Тем не менее, последующее их включение в верхние слои в ходе очередной обработки обеспечивает продолжительный положительный эффект, сохраняющийся в течение всего вегетационного периода.

Установлена зависимость вертикального распределения органического вещества от применяемой системы обработки почвы. Анализ показал, что традиционная отвальная обработка приводит к его резкой аккумуляции в промежуточном слое 10 – 20 см (78,8 % от общего пула). При этом в нижележащем горизонте (20 – 30 см) накопилось 14,9 % органики, преимущественно в форме корневых остатков, а доля поверхностных остатков не превышала 6,3 %.

Результаты исследований показали, что системы обработки почвы оказывают значимое влияние на динамику её плотности. Применение традиционной отвальной технологии с ежегодной вспашкой на 20 – 22 см и предпосевной культивацией обеспечивало рыхлое сложение пахотного горизонта (1,14 – 1,21 г/см<sup>3</sup>) непосредственно после проведения обработок. В течение вегетационного периода под культурами (однолетние бобово-злаковые травы, озимая пшеница) наблюдалось прогрессирующее уплотнение почвы до равновесного состояния (1,30 – 1,35 г/см<sup>3</sup>), обусловленное воздействием атмосферных осадков и сил гравитации (табл. 1).

*Таблица 1. Влияние систем обработки разной интенсивности на плотность сложения почвы под посевами однолетних трав и озимой пшеницы, г/см<sup>3</sup>*

| Вариант обработки | Слой почвы, см | Однолетние травы, 2020 г. |             | Озимая пшеница, 2021 г. |             |             |             |             |
|-------------------|----------------|---------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                   |                | Н                         | К           | До                      | ПО          | Н           | С           | К           |
| Традиционная      | 0 – 10         | 1,18                      | 1,28        | 1,32                    | 1,06        | 1,20        | 1,28        | 1,33        |
|                   | 10 – 20        | 1,24                      | 1,30        | 1,34                    | 1,22        | 1,32        | 1,31        | 1,37        |
|                   | 20 – 30        | 1,30                      | 1,35        | 1,38                    | 1,28        | 1,34        | 1,37        | 1,40        |
|                   | <b>0 – 20</b>  | <b>1,21</b>               | <b>1,29</b> | <b>1,33</b>             | <b>1,14</b> | <b>1,26</b> | <b>1,30</b> | <b>1,35</b> |
|                   | <b>0 – 30</b>  | <b>1,26</b>               | <b>1,32</b> | <b>1,36</b>             | <b>1,21</b> | <b>1,30</b> | <b>1,34</b> | <b>1,38</b> |
| Прямой посев      | 0 – 10         | 1,25                      | 1,27        | 1,28                    | 1,24        | 1,20        | 1,32        | 1,35        |
|                   | 10 – 20        | 1,32                      | 1,33        | 1,35                    | 1,28        | 1,24        | 1,35        | 1,39        |
|                   | 20 – 30        | 1,34                      | 1,38        | 1,40                    | 1,35        | 1,36        | 1,40        | 1,42        |
|                   | <b>0 – 20</b>  | <b>1,28</b>               | <b>1,30</b> | <b>1,32</b>             | <b>1,26</b> | <b>1,22</b> | <b>1,34</b> | <b>1,37</b> |
|                   | <b>0 – 30</b>  | <b>1,31</b>               | <b>1,38</b> | <b>1,36</b>             | <b>1,30</b> | <b>1,29</b> | <b>1,37</b> | <b>1,40</b> |

В таблицах приняты следующие сокращения: До – до посева, ПО – после обработок, Н – начало вегетации, С – середина вегетации, К – конец вегетации.

Реализация технологии прямого посева, предусматривающей мульчирующий слой из растительных остатков, сопровождалась специфической динамикой плотности почвы, существенно отличающейся от отвальной системы. Наиболее значимые изменения отмечались в посевном слое (0 – 10 см), где исходные значения плотности (1,22 – 1,27 г/см<sup>3</sup>) систематически превышали фоновые показатели при вспашке. К фазе уборки озимой пшеницы в данном горизонте фиксировалась максимальная плотность – 1,33 – 1,35 г/см<sup>3</sup>, что свидетельствует о прогрессирующем уплотнении в условиях отсутствия механического рыхления.



В нижележащей части пахотного горизонта (10 – 20 см) динамика носила двухфазный характер. На начальных этапах вегетации, особенно под озимой пшеницей, наблюдалось разрыхление (до 1,20 – 1,24 г/см<sup>3</sup>), обусловленное структурообразующей деятельностью корневых систем. Однако к завершению вегетационного цикла происходила компенсация этого эффекта, и плотность стабилизировалась на уровнях 1,34 – 1,37 г/см<sup>3</sup>, достигая значений, сопоставимых с равновесным состоянием при традиционной системе (табл. 1).

Наибольшая степень уплотнения подпахотного горизонта (20 – 30 см) отмечена в вариантах с прямым посевом, где оно на 8 – 12 % превышало показатели при отвальной обработке. Данный феномен обусловлен повышенными удельными нагрузками от ходовых систем сельскохозяйственной техники в условиях отсутствия периодического глубокого рыхления. Полученные результаты свидетельствуют о фундаментальном влиянии технологий обработки на формирование физического состояния всего почвенного профиля.

Исследование систем обработки почвы показало статистически значимое снижение плотности сложения (на 0,04 – 0,06 г/см<sup>3</sup>) в поверхностном горизонте (0 – 10 см) в варианте с минимальной технологией (3 приема за ротацию) по сравнению с традиционной системой (10 приемов). Установлено, что данный положительный эффект коррелирует с повышенным содержанием растительных остатков картофеля, выполняющих роль мульчирующего слоя.

Основным источником наблюдаемого явления выступает минимизация деструктивного механического воздействия на почвенную структуру. В условиях минимальной обработки сохраняется устойчивость почвенных агрегатов, тогда как интенсивное многократное вмешательство при традиционной технологии провоцирует разрушение макроагрегатов, приводящее к их распылению и последующему уплотнению поверхностного горизонта под влиянием гравитационных сил и осадков.

## Литература

1. Доспехов Б. А., Панов И. М., Пупонин А. И. Минимальная обработка почвы в Нечерноземной зоне / Сборник докладов Международной научной конференции «Агротехнологии XXI века» – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2007. – С. 179 – 196.
2. Савоськина О. А. Накопление растительных и пожнивных остатков в зависимости от технологии возделывания полевых культур / О. А. Савоськина, И. А. Заверткин, С. И. Чебаненко // АгроЭкоИнфо. – 2015. – № 2(18). – С. 1.
3. Баздырев Г. И. Возможности и проблемы минимализации обработки почвы при длительном ее использовании / Г. И. Баздырев, И. А. Заверткин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2008. – № 4. – С. 4 – 16.

# ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ФИТОСАНИТАРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ИНТЕНСИВНОСТИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ МОСКВЫ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

М. А. Константинов<sup>1</sup>, Г. И. Соловьев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: konstanta.m.00@mail.ru

Научный руководитель: Плескачев Ю. Н., д. с. н., профессор

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

**Аннотация.** Изучена отзывчивость сортов озимой пшеницы на уровни минерального питания и средства защиты растений. Проведен фитомониторинг посевов на наличие сорняков, болезней и вредителей до и после использования средств защиты растений. Дана экономическая эффективность технологий разной степени интенсивности.

**Abstract.** The responsiveness of winter wheat varieties to mineral nutrition levels and plant protection products has been studied. Phytomonitoring of crops for weeds, diseases, and pests has been conducted before and after the use of plant protection products. The economic efficiency of technologies of varying degrees of intensity has been assessed.

**Введение.** Сельское хозяйство является одной из основных отраслей экономики нашей страны. В связи со сложными отношениями на мировой арене со странами Европы и санкциями, направленными, в частности, против нашего народа, правительство РФ ставит перед сельхозтоваропроизводителями важную задачу, а именно, обеспечение продовольственной безопасности нашей Родины.

Производство зерна занимает лидирующие позиции в агропромышленном секторе. Прогресс, которого достигли наши аграрии, не может не радовать, ведь Россия за последние 20 лет превратилась из страны импортера в одного из главных экспортеров зерновой продукции, а урожайность каждый год только растет. Это обусловлено применением новейших сортов, устойчивых к вредителям и заболеваниям, выведенных нашими селекционерами, разработкой и применением интенсивных и высокоинтенсивных технологий возделывания, а также использованием отечественных агротехнологических орудий и машин [1, 2].

Для получения высоких и качественных урожаев сельскохозяйственной продукции должно быть соблюдено множество факторов, влияющих на рост и развитие растения. Но если одни из показателей одинаковы для всех (свет, тепло, температура, водно-физические показатели почвы), то другие можно корректировать. Верно подобранный сорт, подходящий для районирования в данной почвенно-климатической зоне, внесение минеральных удобрений в правильные фенологические фазы, а также корректно подобранные препараты для борьбы с болезнями, вредителями и сорняками помогают добиться наивысших и стабильных показателей урожайности [3].

Повышение урожайности озимой пшеницы во многом зависит от эффективной защиты растений от болезней, вредителей и сорняков, которые могут значительно снизить урожай и ухудшить его качество, а в некоторых случаях даже привести к гибели посевов. Степень вредоносности этих болезней сильно зависит от погодных условий и методов возделывания культуры. В различных регионах России вредоносность одних и тех же болезней может значительно различаться [4, 5].

Распространение болезни и воздействие патогена на озимую пшеницу – это сложный интегральный показатель биологического процесса. Он объединяет момент образования симптомов, известных как проявление инфекции, начиная с внедрения и прорастания спор в растения-хозяев и заканчивая образованием новых спор, включая частоту передачи инфекции и ее попадания на растения, а также условия окружающей среды, которые влияют на скорость этого процесса [6, 7].

Повреждение посевов озимой пшеницы вредителями и болезнями – это не только экономический ущерб для сельского хозяйства, но и угроза продовольственной безопасности. Поэтому необходимо применять комплекс мер по борьбе с болезнями растений, включая профилактические методы, применение современных средств защиты растений и развитие устойчивых сортов. Академик Захаренко подчеркивает, что только совместными усилиями научных и практических работников можно справиться с этой проблемой и обеспечить стабильный урожай зерна пшеницы [8, 9].

**Материалы и методика исследований.** Опыт проводился на опытных полях Федерального исследовательского центра «Немчиновка» в деревне Соколово Новомосковского административного округа на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Почва характеризовалась слабокислой реакцией почвенной среды (рН КСl 5,3 – 5,5), по содержанию подвижного фосфора соответствует высокому уровню (195 – 275 мг/кг), а обеспеченность подвижным калием является повышенной (130 – 156 мг/кг).

*Таблица 1. Технологии возделывания*

| Технология возделывания | Основное внесение      | Подкормка                                                                                  |
|-------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Базовая                 | $N_{30}P_{60}K_{90}$   | $N_{60}$ – весной в кушение                                                                |
| Интенсивная             | $N_{30}P_{90}K_{120}$  | $N_{60}$ – весной в кушение<br>$N_{30}$ – в фазу выхода в трубку                           |
| Высокоинтенсивная       | $N_{30}P_{120}K_{180}$ | $N_{60}$ – весной в кушение<br>$N_{30}$ – в фазу выхода в трубку<br>$N_{30}$ – в колошение |

При базовой технологии система защиты проводилась только осенью с применением гербицида (659 г/кг дикамба + 41 г/кг триасульфурон) + инсектицида (диметоатит 400 г/л), обработка регулятором роста (тринексапак-этил 250 г/л) по прогнозу.

При интенсивной технологии весной в фазу выхода в трубку применяли гербицид (метсульфурон-метил 70 г/кг + тифенсульфурон-метил 680 г/кг) и инсектицид (диметоатит 400 г/л) + фунгицид (пропиконазол 250 г/л + ципроконазол 80 г/л) + ретардант (тринексапак-этил 250 г/л).

На высокоинтенсивной технологии осенью всходы опрыскивали баковой смесью пестицидов: метсульфурон-метил 70 г/кг + тифенсульфурон-метил 680 г/кг + диметоатит 400 г/л + тринексапак-этил 250 г/л. Весной в фазу выхода в трубку применяли фунгицид (тебуконазол 225 г/л) и ретардант (тринексапак-этил 250 г/л). Защита колоса – азоксистробин 125 г/л + флутриафол 125 г/л + гамма-цигалотрин 60 г/л.

Повторность опыта – трехкратная. Площадь делянки – 72 м<sup>2</sup>, учетная площадь – 56 м<sup>2</sup>. Размещение делянок в эксперименте – систематическое. Посев осуществлялся сеялкой «Amazon D9-40» нормой высева 5 млн всхожих семян на гектар. Фенологические наблюдения производились в течение всего вегетационного периода в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.

**Результаты исследования и наблюдения.** Для достижения высоких и качественных урожаев огромную роль играет соблюдение севооборота, правильно подобранный сорт и агротехнологические мероприятия, выполняемые на протяжении всего периода от подготовки поля к посеву до уборки урожая, но все же повышение урожайности сортов озимой пшеницы обусловлено увеличением интенсивности технологий, а ее нивелирование зависит от климатических факторов.

*Таблица 2. Урожайность сортов озимой пшеницы*

| Сорт            | Технология | Урожайность | Прибавка<br>к базовой технологии |
|-----------------|------------|-------------|----------------------------------|
|                 |            |             | т/га                             |
| Московская 40   | 1          | 7,44        | –                                |
|                 | 2          | 8,67        | 1,23                             |
|                 | 3          | 9,71        | 2,27                             |
| Московская 27   | 1          | 8,61        | –                                |
|                 | 2          | 9,93        | 1,32                             |
|                 | 3          | 12,12       | 3,51                             |
| Немчиновская 85 | 1          | 8,18        | –                                |
|                 | 2          | 9,17        | 0,99                             |
|                 | 3          | 11,28       | 3,1                              |

*Примечание:* 1 – базовая, 2 – интенсивная, 3 – высокоинтенсивная технологии.

В таблице 2 мы можем наблюдать, что при соблюдении всех факторов и благоприятных погодных условиях урожайность возрастает с интенсивностью технологии. Так, на варианте с сортом озимой пшеницы Московская 40 прибавка продукции составила 1,23 – 2,27 т/га на интенсивной и высокоинтенсивной технологии по отношению к базовой. Урожайность Московская 27 колеблется от 8,61 до 12,12 т/га. А у сорта Немчиновская 85 наивысшая урожайность была получена на высокоинтенсивной технологии – 11,28 т/га. Таким образом, при увеличении норм минерального питания и средств защиты растения увеличивается и выход готовой продукции. На варианте Московская 40 прибавка составляла от 16,5 % до 30,5 %, а на сорте Немчиновская 85 прибавка на интенсивной технологии была 12,1 %. Наивысшую прибавку в урожайности можно наблюдать на варианте с сортом Московская 27 при высокоинтенсивной технологии возделывания – 40,7 %.

Снижение урожайности озимой пшеницы обуславливается ухудшением фитосанитарной обстановки на полях из-за увеличения доли зерновых культур в севооборотах и изменения технологии их выращивания в сторону минимальной обработки почвы, что приводит к повышению засоренности семенного фонда. Наиболее опасные для зерновых культур заболевания в России включают головневые болезни (твердая и пыльная ржавчина), септориоз, корневые гнили, мучнистую росу, фузариоз колоса и снежную плесень, которые при нарушении технологии выращивания или при благоприятных погодных условиях могут привести к серьезным потерям урожая.

*Таблица 3. Поврежденность растений в контроле и биологическая эффективность фунгицидов на сортах озимой пшеницы*

| Болезни         | Московская 40 |           |            |             | Московская 27 |           |             |             | Немчиновская 85 |             |             |             |
|-----------------|---------------|-----------|------------|-------------|---------------|-----------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
|                 | к             | 1         | 2          | 3           | к             | 1         | 2           | 3           | к               | 1           | 2           | 3           |
| Корневая гниль  | 5,5 – 5,8     | 1,3 – 1,2 | 0,5 – 0,4  | 0,33 – 0,23 | 6,7 – 7,4     | 1,7 – 1,6 | 1,4 – 1,3   | 1,2 – 0,7   | 5,4 – 6,2       | 1,3 – 1,2   | 0,5 – 0,4   | 0,4 – 0,3   |
| Мучнистая роса  | 12,3 – 16,3   | 3,1 – 1,1 | 1,9 – 1,9  | 0,7 – 0,5   | 14,3 – 19,7   | 4,0 – 4,7 | 3,2 – 3,9   | 2,6 – 2,6   | 11,8 – 15,9     | 2,7 – 3,3   | 1,4 – 1,3   | 1,2 – 0,6   |
| Снежная плесень | 11,7 – 18,7   | 2,5 – 3,4 | 1,1 – 1,3  | 0,7 – 0,9   | 13,2 – 21,7   | 3,0 – 4,3 | 2,6 – 3,7   | 2,1 – 2,4   | 11,5 – 17,3     | 2,5 – 2,9   | 1,2 – 1,2   | 0,9 – 0,7   |
| Фузариоз        | 1,7 – 1,9     | 0,2 – 0,2 | 0,12 – 0,1 | 0,05 – 0,04 | 1,9 – 2,1     | 0,3 – 0,3 | 0,25 – 0,2  | 0,15 – 0,11 | 1,6 – 2,2       | 0,2 – 0,2   | 0,13 – 0,13 | 0,08 – 0,04 |
| Септориоз       | 4,2 – 7,8     | 0,6 – 0,6 | 0,25 – 0,4 | 0,13 – 0,16 | 6,1 – 10,4    | 0,8 – 0,8 | 0,55 – 0,52 | 0,31 – 0,31 | 4,5 – 8,1       | 0,45 – 0,57 | 0,5 – 0,65  | 0,32 – 0,2  |

*Примечание:* К – контроль (без обработки); 1 – базовая, 2 – интенсивная, 3 – высокоинтенсивная технологии.

В результате исследований по выращиванию различных сортов озимой пшеницы было обнаружено, что наиболее часто встречающимися болезнями являются снежная плесень (от 11,5 % до 21,7 %), мучнистая роса (от 12,3 % до 19,7 %) и септориоз (от 4,2 % до 10,4 %). Среди вредителей наиболее распространены цикадки (от 16,4 % до 26,6 %), вредные черепашки (от 4,2 % до 7,8 %) и шведские мухи (от 0,6 % до 2,2 %). Применение фунгицидов привело к уменьшению уровня заражения болезнями, и биологическая эффективность этих препаратов достигала 98 %.

Для сохранения запрограммированной урожайности необходимо бороться не только с болезнями зерновых культур, но и с их вредителями. В научной литературе имеется множество сведений о том, что рациональное применение инсектицидов в борьбе с вредителями озимых зерновых культур может влиять на качество и количество получаемой продукции. В наших опытах инсектицидные препараты обеспечивали уверенную защиту растений озимой пшеницы до конца вегетативного периода. Их биологическая эффективность при интенсивной и высокоинтенсивной технологиях равнялась 72 – 98 %.

*Таблица 4. Поврежденность растений в контроле и биологическая эффективность инсектицидов на сортах озимой пшеницы, %*

| Вредители              | Московская 40 |         |         |         | Московская 27 |         |         |         | Немчиновская 85 |         |         |         |
|------------------------|---------------|---------|---------|---------|---------------|---------|---------|---------|-----------------|---------|---------|---------|
|                        | К             | 1       | 2       | 3       | К             | 1       | 2       | 3       | К               | 1       | 2       | 3       |
| Клоп вредная черепашка | 4,5 – 7,0     | 78 – 81 | 76 – 82 | 90 – 93 | 4,7 – 7,8     | 75 – 79 | 75 – 80 | 89 – 82 | 4,2 – 6,7       | 77 – 83 | 75 – 81 | 91 – 95 |
| Шведская муха          | 0,6 – 2,2     | 73 – 75 | 83 – 87 | 77 – 81 | 1,2 – 1,5     | 72 – 74 | 80 – 85 | 79 – 82 | 0,7 – 2,1       | 74 – 77 | 84 – 88 | 79 – 81 |
| Цикадки                | 17,4 – 25,7   | 75 – 76 | 90 – 94 | 91 – 96 | 19,5 – 26,6   | 73 – 76 | 89 – 93 | 93 – 98 | 16,4 – 23,4     | 74 – 75 | 91 – 94 | 92 – 97 |
| Другие вредители       | 1,8 – 2,3     | 87 – 90 | 90 – 93 | 92 – 94 | 1,8 – 2,1     | 86 – 89 | 90 – 92 | 91 – 94 | 1,6 – 2,5       | 85 – 87 | 89 – 92 | 92 – 95 |

*Примечание:* К – контроль (без обработки); 1 – базовая, 2 – интенсивная, 3 – высокоинтенсивная технологии.

Биологическая эффективность гербицидов при использовании базовых приемов оценивалась в 92 – 95 %, при использовании интенсивных приемов – 95 – 98 %, при использовании высокоинтенсивных приемов – 98 – 99 %.

Таблица 5. Эффективность гербицидов в посевах озимой пшеницы

| Вариант                  | Число сорняков, шт./м <sup>2</sup> |                 |               | Биологическая эффективность, % |               |
|--------------------------|------------------------------------|-----------------|---------------|--------------------------------|---------------|
|                          | до обработки                       | после обработки | перед уборкой | после обработки                | перед уборкой |
| Контроль (без обработки) | 232                                | 239             | 197           | —                              | —             |
| Базовая                  | 235                                | 18              | 11            | 92                             | 95            |
| Интенсивная              | 237                                | 12              | 4             | 95                             | 98            |
| Высокоинтенсивная        | 241                                | 5               | 2             | 98                             | 99            |

Применение увеличенных доз калийных и фосфорных, а также подкормка азотосодержащими удобрениями в комплексе с правильно выстроенной системой защиты растений от сорняков, болезней и вредителей и при благоприятных погодных условиях позволяет достигать качественных и количественных урожаев. С увеличением интенсивности возделывания увеличивается и выходная продукция, что, в свою очередь, отражается на экономических составляющих всего предприятия.

Таблица 6. Экономическая эффективность возделывания сортов озимой пшеницы по технологиям

| Сорт              | Технология | Урожайность, т/га | Оценка урожая, руб./га | Затраты на возделывание, руб./га | Условный чистый доход, руб./га |
|-------------------|------------|-------------------|------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Немчиновская 85   | 1          | 8,18              | 89980                  | 49314                            | 40666                          |
|                   | 2          | 9,17              | 100870                 | 55334                            | 45536                          |
|                   | 3          | 11,28             | 124080                 | 59480                            | 64600                          |
| Московская 27     | 1          | 8,61              | 94700                  | 49314                            | 45386                          |
|                   | 2          | 9,93              | 109203                 | 55334                            | 53869                          |
|                   | 3          | 12,12             | 133320                 | 59480                            | 73840                          |
| Московская 40     | 1          | 7,44              | 81840                  | 49314                            | 32526                          |
|                   | 2          | 8,67              | 95370                  | 55334                            | 40036                          |
|                   | 3          | 9,71              | 106810                 | 59480                            | 47330                          |
| НСР <sub>05</sub> |            | 0,20              |                        |                                  |                                |

Примечание: 1 – базовая, 2 – интенсивная, 3 – высокоинтенсивная технологии.

Из таблицы 6 можно сделать вывод, что с увеличением интенсивности возрастают и затраты на производство зерна, но также изменяется и урожайность в зависимости от интенсификации производства, что, в свою очередь, позволяет повысить условный чистый доход. Наибольший показатель был получен при высокоинтенсивной технологии (47 330 – 73 840 руб./га).

## Выводы

Исходя из представленных результатов исследования, можно сделать вывод, что с ростом интенсивности технологии наблюдается прибавка урожайности озимой пшеницы по всем сортам. Так, на варианте с сортом Немчиновская 85 прибавка по высокоинтенсивной технологии составила 3,1 т/га по отношению к базовой, а наибольшая прибавка урожайности была получена на опыте с озимой пшеницей Московская 27 и равнялась 12,12 т/га при высокоинтенсивной технологии. Таким образом, с повышением интенсивности возделывания увеличивается и урожайность, что, в свою очередь, повышает чистый доход.

## Литература

1. Ахметгареев Р. Ф. и др. Интенсификация сельскохозяйственного производства – основа продовольственной обеспеченности региона // Экономика сельского хозяйства России. – 2020. – № 3. – С. 81 – 84.
2. Костин В. И., Ерофеева Е. Н. Адаптация популяции озимой пшеницы к абиотическим факторам среды в осенне-зимне-весенний период под действием природных регуляторов роста // Вестник Алтайского гос. аграрного ун-та. – 2010. – № 6 (68). – С. 9 – 13.
3. Ваулина Г. И. Эффективность минеральных удобрений и других средств химизации при возделывании разных сортов зерновых культур на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве в условиях Центрального района Нечерноземной зоны: дис... д-ра с.-х. наук. – М.: ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова, 2007. – С. 131 – 140.
4. Сандухадзе Б. И., Журавлева Е. В., Кочетыгов Г. В. Озимая пшеница Нечерноземья в решении продовольственной безопасности Российской Федерации. – М.: ООО «НИПКЦ Восход-А», 2011. – 156 с.
5. Воронов С. И. Влияние способов обработки почвы на засаренность и продуктивность озимой пшеницы / С. И. Воронов, В. В. Бородачев, Ю. Н. Плескачев, М. П. Басакин, К. В. Шиянов // Аграрная Россия. – 2020. – № 9. – С. 3 – 7.
6. Опытное дело в полеводстве / под ред. Г. Ф. Никитенко. – М.: Россельхозиздат, 1982. – С. 43 – 48.

УДК 550.4.02 : 553.661 : 631.4 : 634.8 (497.11)

## ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ И МИГРАЦИИ МЕДИ В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ НА ВИНОГРАДНИКЕ И ЗАЛЕЖИ В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. А. Кузов

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: kuzovkoly@gmail.com

Научный руководитель: Андреева И. В., кандидат биол. наук, доцент кафедры  
экологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

E-mail: i.andreeva@rgau-msha.ru

**Резюме.** Исследован характер накопления и пространственного распределения меди и других тяжелых металлов в чернозёме обыкновенном под 20-летним виноградником и залежной почве в сравнении с фоновой почвой лесополосы в условиях Ростовской области. Установлено в 2,0 – 2,6 раза более высокое накопление меди в слое 0 – 30 см почвы виноградника по сравнению с фоном с максимальной аккумуляцией элемента в поверхностном горизонте нижней части пологого склона (до 95,3 мг/кг).

**Abstract.** Researches were conducted on accumulation and spatial distribution of copper and other heavy metals in 20-year-old vineyards on the ordinary chernozem, fallow soil as well as on reference forest plot in the Rostov region. The results showed that copper accumulation was 2,0 – 2,6 times higher in 0 – 30 cm soil layer in the vineyard compared to the reference plot, with maximum accumulation observed in surface layer of the shallow slope's lower part (up to the 95,3 mg kg<sup>-1</sup>).

**Введение.** Агрогенная нагрузка на почву, вызванная интенсивным виноградарством, проявляется в развитии различных деградиационных процессов, снижающих способность почвы выполнять свои экологические функции. Одним из наиболее частых последствий многолетнего выращивания виноградных насаждений во всех исторических винодельческих зонах мира является накопление в почве меди как следствие длительного применения медьсодержащих фунгицидов (бордоской жидкости, сульфата, оксихлорида, гидроксида меди и т. д.) [1]. Установлено, что уровень накопления меди в почве зависит от длительности применения средств защиты растений, а также от физико-химических свойств почвы и ландшафтных условий [2 – 4]. Виноград отличается высокой адаптивностью к разным типам почв – от бедных песчаных и вулканических до богатых гумусом черноземов. В последнем случае вследствие известного сродства меди к органическому веществу можно ожидать закрепления элемента в гумусово-аккумулятивном горизонте черноземных почв [5].

Ростовская область – один из самых северных регионов мира, пригодных для промышленного виноградарства, где практикуют в том числе укрывной способ культивирования винограда с акцентом на местные автохтонные сорта, наилучшим образом приспособленные к локальным почвенно-климатическим условиям. Цель наших исследований состояла в сравнительной агроэкологической оценке накопления меди и других тяжелых металлов (цинка, никеля, свинца и кобальта) в черноземе обыкновенном, карбонатном, среднесиловом, тяжело-суглинистом на лёссовидных суглинках под виноградником, залежной почве после выращивания винограда и фоновой почве лесополосы с определением характера профильного распределения элемента (от 0 до 45 см) и его пространственной дифференциации в почве в пределах пологого (порядка 2 – 3°) склона. Виноградник заложен на опытном поле ВНИИВиВ (г. Новочеркасск) в 2005 году и относится к насаждениям среднего возраста в фазе активной продуктивности. На винограднике проводится оценка пригодности сортов для выращивания в южных регионах России.

**Результаты исследования.** Показатель pH в исследуемой почве варьировал от 7,0 до 8,5 ед. и возрастал с глубиной. Содержание органического вещества находилось в диапазонах 3,91 – 5,96 % в горизонтах от 0 до 30 см со снижением в горизонте 30 – 45 см до 2,62 – 3,12 %. Необходимо отметить, что по среднему содержанию органического вещества в изучаемых почвах объекты исследования располагались в следующем ряду по убыванию: лесополоса (5,39 %) > виноградник (3,83 %) > залежь (3,56 %).

Результаты определения валового содержания тяжелых металлов в почве на глубине 0 – 5, 5 – 15, 15 – 30, 30 – 45 см, отобранной в рядах винограда, залежи и в лесополосе в качестве фона, представлены в таблице 1.

В почве виноградника диапазон варьирования содержания меди составил в верхней части склона 44,0 – 88,1 мг/кг, в средней части склона – 23,3 – 90,6 мг/кг, в нижней части склона – 25,1 – 95,3 мг/кг. В постагрогенной почве валовое содержание меди колебалось от 28,0 до 82,8 мг/кг, что практически укладывалось в указанные выше диапазоны для почвы действующего виноградника.

Наиболее контрастными значения валового содержания меди оказались между почвой виноградника и залежи и фоновой почвой лесополосы. Содержание меди в фоновой почве варьировало в диапазоне от 23,6 мг/кг в горизонте 30 – 45 см до 43,4 мг/кг в поверхностном горизонте, что в среднем вдвое ниже, чем в агрогенной и постагрогенной почве. Выявленная разница между почвой под действующим и бывшим виноградником и ее природным аналогом указывает на агрогенный привнос меди в почву с медьсодержащими пестицидами – эффективными и недорогими препаратами, повсеместно применяемыми в плантационных многолетних агроэкосистемах в течение почти 150 лет.



*Таблица 1. Валовое содержание тяжелых металлов (мг/кг)  
в почве виноградника, залежи и лесополосы*

| Объект исследования                   | Горизонт, см | Cu   | Zn   | Ni   | Pb   | Co   |
|---------------------------------------|--------------|------|------|------|------|------|
| Фон (лесополоса)                      | 0 – 5        | 43,4 | 66,8 | 42,3 | 54,7 | 11,7 |
|                                       | 5 – 15       | 36,4 | 64,7 | 46,1 | 60,9 | 12,3 |
|                                       | 15 – 30      | 24,3 | 55,0 | 41,3 | 51,1 | 10,8 |
|                                       | 30 – 45      | 23,6 | 53,9 | 40,6 | 51,1 | 10,7 |
| Виноградник<br>(верхняя часть склона) | 0 – 5        | 87,3 | 66,3 | 43,0 | 53,4 | 11,4 |
|                                       | 5 – 15       | 88,1 | 67,3 | 47,7 | 53,7 | 11,5 |
|                                       | 15 – 30      | 85,3 | 70,5 | 50,7 | 57,1 | 12,7 |
|                                       | 30 – 45      | 44,0 | 63,8 | 46,5 | 57,8 | 12,1 |
| Виноградник<br>(средняя часть склона) | 0 – 5        | 62,2 | 57,9 | 40,5 | 52,1 | 10,9 |
|                                       | 5 – 15       | 90,6 | 63,2 | 41,4 | 51,9 | 11,2 |
|                                       | 15 – 30      | 57,6 | 57,7 | 43,0 | 54,0 | 11,4 |
|                                       | 30 – 45      | 23,3 | 51,4 | 39,7 | 50,5 | 10,5 |
| Виноградник<br>(нижняя часть склона)  | 0 – 5        | 95,3 | 76,2 | 45,9 | 55,9 | 12,3 |
|                                       | 5 – 15       | 92,4 | 77,7 | 47,7 | 60,5 | 12,7 |
|                                       | 15 – 30      | 83,4 | 72,3 | 43,7 | 54,8 | 11,6 |
|                                       | 30 – 45      | 25,1 | 56,6 | 41,2 | 52,0 | 11,0 |
| Залежь                                | 0 – 5        | 82,8 | 63,6 | 44,0 | 53,1 | 11,5 |
|                                       | 5 – 15       | 82,6 | 62,7 | 43,0 | 53,8 | 11,2 |
|                                       | 15 – 30      | 76,7 | 57,9 | 38,4 | 47,4 | 10,2 |
|                                       | 30 – 45      | 28,0 | 47,2 | 40,3 | 56,1 | 13,4 |

По данным таблицы 1, накопление меди в агрогенной и постагрогенной почве наблюдалось, главным образом, в горизонтах 0 – 5 см, 5 – 15 и 15 – 30 см, в горизонте 30 – 45 см ее содержание снижалось в 2,0 – 3,9 раза и приближалось к фоновому уровню. Такое распределение меди было схожим с отмеченным ранее распределением по профилю почвы содержания органического вещества, что косвенно указывает на тесную связь с ним данного элемента. В почве нижней части склона под виноградником среднее содержание меди было максимальным по сравнению с другими частями склона и составило 74,1 мг/кг, что в 2,3 раза выше, чем в фоновой почве. Корреляционный анализ подтвердил наличие достоверного различия по данному показателю между почвой виноградника и фоновой почвой ( $p = 0,032$ ).

По характеру профильного распределения цинка фоновая и постагрогенная почвы были схожи. Почва виноградника верхней и, в особенности, нижней части склона отличалась более высоким накоплением цинка – на 11,5 и 17,6 % соответственно по сравнению с почвой лесополосы, что, возможно, связано с дополнительным поступлением цинка в почву действующего виноградника вследствие применения средств защиты растений из класса дитиокарбаматов, содержащих данный металл в составе действующего вещества.

Диапазоны варьирования валового содержания меди, свинца и кобальта в исследуемых почвах были аналогичными фоновой почве, что свидетельствует о геогенном характере их накопления и распределения в верхних горизонтах почв агроэкосистемы и отсутствии агрогенных или антропогенных источников их поступления.

Превышения установленных нормативных значений ни по одному из исследуемых металлов выявлено не было, однако валовое содержание меди оказалось наиболее близким к нему (95,3 мг/кг при ОДК для суглинистых почв с нейтральной реакцией среды 132 мг/кг).

## Выводы

1. Установлено статистически значимое накопление меди в слое 0 – 30 см чернозема обыкновенного карбонатного под действующим и бывшим виноградником, где среднее валовое содержание элемента было в 2,0 – 2,6 раза выше, чем в фоновой почве лесополосы. Это указывает на агрогенное происхождение данного элемента в почве действующего ампелоце-ноза и залежной почве предположительно в результате многолетнего применения медьсодер-жащих фунгицидов.

2. Выявлена слабая миграция меди по склону с зонами рассеяния в его средней части и незначительной концентрации – в нижней. В целом, радиальная миграция меди по профилю обыкновенного чернозема на опытном поле ВНИИВиВ существенно превосходила ее лате-ральную миграцию в пределах пологого склона.

3. По результатам проведенных исследований рекомендуется организация системы мо-ниторинга за содержанием меди в почве под виноградными насаждениями с периодичностью 3 – 5 лет для предотвращения экологических рисков.

## Литература

1. Lamichhane J. R., Osdaghi E., Behlau F., Köhl J., Jones J., Aubertot J.-N. Thirteen decades of antimicrobial copper compounds applied in agriculture. A review // *Agronomy for Sustainable Development*. – 2018. – V. 38. – DOI 10.1007/s13593-018-0503-9.

2. Pavlovic M. A review of agribusiness copper use effects on environment // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2011. V. 17. № 4. P. 491 – 500.

3. Brunetto G., Bastos de Melo G. W., Terzano R., Del Buono D., Astolfi S., Tomasi N., Pii Y., Mimmo T., Cesco S. Copper accumulation in vineyard soils: Rhizosphere processes and agronomic practices to limit its toxicity // *Chemosphere*. 2016. V. 162. P. 293 – 307. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.07.104.

4. Андреева И. В., Габечая В. В. Медь в почве агроэкосистем виноградников: современный взгляд на проблему // *Агрохимия*. – 2024. – № 11. – С. 56 – 80. – DOI 10.31857/S0002188124110084.

5. Бауэр Т. В., Минкина Т. М., Манджиева С. С., Чаплыгин В. А., Невидомская Д. Г., Сушкова С. Н., Бакоев С. Ю. Фоновое содержание и состав соединений цинка, меди и свинца в черноземе обыкновенном естественных ландшафтов в Ростовской области // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. – 2015. – № 4 (20). – С. 186 – 199.

УДК 631.84

## ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И ДОЗ АЗОТНОЙ ПОДКОРМКИ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Л. С. Шейкина

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Научный руководитель: Н. С. Матюк, профессор кафедры земледелия и методики  
опытного дела РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

**Резюме.** Использование чистого пара, идущего после ячменя и подсолнечника, а так-же гороха в качестве предшественников озимой пшеницы в сочетании с различными дозами

азотной подкормки оказали разноплановое влияние на засоренность посевов, рост и развитие растений и урожайность в условиях Курской области на тяжелосуглинистых черноземах.

**Abstract.** *The use of clean steam following barley and sunflower, as well as peas as precursors to winter wheat in combination with various doses of nitrogen fertilization had a diverse effect on crop weediness, plant growth and development, and yield in the Kursk region on heavy loamy chernozems.*

Выращивание озимой пшеницы связано с определенными особенностями, поскольку она зимует в стадии кушения [1]. В связи с этим, для успешного выращивания она требовательна к предшествующим культурам [3]. Основным требованием для успешного проведения зимовки озимой пшеницы и получения высокого урожая является формирование одновременных и крепких всходов. В зоне недостаточного и нестабильного увлажнения наилучшим предшественником будут чистые пары. В указанной зоне они способствуют накоплению и сохранению влаги, сокращают количество сорняков, повышают содержание нитратов и других питательных элементов в почве [2, 4]. Чистые пары не только способствуют повышению урожайности пшеницы, но также обеспечивают получение качественного зерна, соответствующего стандартам для сильных сортов пшеницы.

Цель исследований заключалась в оценке роли предшественников, систем обработки почвы и доз азотной подкормки в изменении уровня засоренности посевов озимой пшеницы, темпов роста и развития растений и урожайности в условиях производства Курской области.

Для реализации поставленной цели решали следующие вопросы: изучить структуру посевных площадей хозяйства и разработать предложения по их совершенствованию; проанализировать технологии выращивания озимой пшеницы после различных предшественников; провести фенологические наблюдения за ростом и развитием озимой пшеницы, количественный учет засоренности посевов, оценить эффективность применения гербицидов и уровень урожайности.

Исследования выполнены в хозяйстве ООО «Агропромтехника», которое имеет более двух тысяч га посевных площадей, основная продукция этого хозяйства – зерно в основном озимой пшеницы и ячменя.

Почвенный покров хозяйства представлен в большинстве черноземами выщелоченными. Гранулометрический состав обрабатываемого слоя – тяжелосуглинистый с содержанием физической глины более 52 % в пахотном слое и 56 % – в материнской породе. Они имеют довольно высокое содержание гумуса в пахотном слое, которое колеблется на разных полях севооборота в пределах 4,3 – 5,5 %. Мощность пахотного слоя составляет 28 – 35 см, сумма поглощенных оснований – 32 – 33 мг-экв/100 г почвы, рН – 6,2 – 6,4, содержание подвижного фосфора по Кирсанову – 65 – 70, обменного калия – 82 – 90 мг/кг почвы.

Исходя из специализации хозяйства на производстве зерновых, зернобобовых и масличных культур, в структуре посевных площадей более 25 % занимает озимая пшеница, по 10 – 12 % яровой ячмень и гречиха, подсолнечник занимает 13,7 % и чистый пар, который является основным предшественником озимой пшеницы, – 21,4 процента (табл. 1).

Озимая пшеница высевается после различных предшественников, но основные площади размещаются после чистого пара, идущего после подсолнечника и ячменя. В хозяйстве использовался сорт озимой пшеницы Московская 39, который имеет следующую характеристику: масса 1000 зерен – 34 – 42 грамма, средняя урожайность по Центральному региону – 2,86 т/га, максимальная урожайность – 5,94 т/га была получена на сортоучастке в Курской области. Относится к среднеспелым, длина вегетационного периода – 305 – 308 дней, зимостойкость хорошая, высота растений – 91 – 100 см, устойчив к полеганию, пыльной, твердой головне и септориозу, но восприимчив к бурой ржавчине и мучнистой росе.

Таблица 1. Структура посевных площадей хозяйства «Агропромтехника»

| № п/п                | Культура       | Площадь посева |            |
|----------------------|----------------|----------------|------------|
|                      |                | га             | % от общей |
| 1                    | Озимая пшеница | 540,2          | 25,9       |
| 2                    | Ячмень         | 253,0          | 12,2       |
| 3                    | Подсолнечник   | 285,4          | 13,7       |
| 4                    | Гречиха        | 223,3          | 10,7       |
| 5                    | Горох          | 238,0          | 11,4       |
| 6                    | Соя            | 91,8           | 4,5        |
| 7                    | Чистый пар     | 444,0          | 21,3       |
| 8                    | Сенокосы       | 0,8            | 0,3        |
| Общая площадь посева |                | 2086,5         | 100,0      |

Основная обработка почвы определялась предшественником озимой пшеницы и базировалась на вспашке на глубину 25 – 28 см после ее размещения по чистому пару после подсолнечника и ячменя. При посеве озимой пшеницы после гороха применялось двухкратное дискование на глубину 10 – 12 см при сохранении таких же технологических приемов предпосевной обработки и ухода за посевами. Минеральное удобрение под озимую пшеницу вносили осенью – аммофоска 60 – 70 NPK (кг действующего вещества). Для подкормки использовали аммиачную селитру в разных дозах – 30 и 60 кг/га д.в., в зависимости от предшественника.

Для посева использовались семена озимой пшеницы собственного производства с высокоурожайных участков после урожая элиты, т. е. первой репродукции. Протравливали семена в хозяйстве смесью фунгицидов и инсектицида (Клад + протектор + Акиба с добавлением в смесь гумистима). Посев озимой пшеницы производится во второй декаде сентября, чтобы культура успела до зимы пройти фазу кущения и закалки. Способ посева – обычный строчный с шириной междурядий 15 см, глубина заделки семян – 4 – 5 см, так как почва влажная и обработанная (табл. 2).

Таблица 2. Технологическая схема выращивания озимой пшеницы в хозяйстве по чистому пару после подсолнечника и ячменя, а также гороха

| Виды работ                                | Качество выполнения, см/кг                 | Орудия, агрегаты, машины (марка)               | Агротехнические сроки проведения работ |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Измельчение стеблей подсолнечника         | Поверхностно                               | MTЗ 2022,3 + БПД                               | 10 – 20 октября                        |
| Вспашка                                   | 25 – 28                                    | К-701 и ПНО                                    | 20 – 30 октября                        |
| Дискование после гороха                   | 10 – 12 см в два следа                     | JohnDear8320r+БПД Certoc                       | 18 – 20 августа                        |
| Культивация                               | 8 – 12                                     | JohnDear8320r и Top                            | В летний период                        |
| Предпосевная культивация                  | 6 – 8 см                                   | down TD 500                                    | по мере появления всходов сорняков     |
| Посев с одновременным внесением удобрений | 4 – 5 см, 5 млн семян/га NPK <sub>70</sub> | JohnDear8320r + <b>primera DMC 9000 RSDM68</b> | 20 – 22 сентября                       |
| Обработка посевов гербицидами             | Агритоке 50 % в.к. 1,3 л/га                | MTЗ 2022.3 + ОП Amazone                        | 30 сентября                            |
| Внесение подкормки                        | N <sub>30,60</sub>                         | JohnDear6155M + MBY-6                          | 2 мая                                  |
| Уборка                                    | 8 – 10 высота                              | ACROS 585, ACROS 585, PCM-161                  | 5 августа                              |

Установлено, что при посеве озимой пшеницы по чистому пару после подсолнечника из-за переноса вспашки на весенний период численность многолетних сорняков возрастала на 57 % по сравнению с его обработкой в осенний период и в 2 раза по сравнению с горохом. Обработка посевов гербицидами проводилась в фазу весеннего кущения до начала фазы выхода в трубку препаратом Агритокс 50 % в.к. в дозе 1,3 л/га по препарату.

Учет количества сорных растений через тридцать дней после обработки посевов гербицидами показал, что численность малолетников независимо от предшественников была ниже экономического порога вредоносности для озимых зерновых (25 – 35 шт./м<sup>2</sup>) и составляла 19 – 20 шт./м<sup>2</sup>. При этом количество многолетних сорных растений в посевах озимой пшеницы было выше этого критерия и составляло 5 – 8 шт./м<sup>2</sup>.

Расчет технической эффективности применения гербицида показал, что количество малолетников в среднем снизилось на 69 – 74 %, а многолетних – на 66 процентов (табл. 3). При этом более высокая его эффективность отмечалась на двудольных сорных растениях (75 – 82 %) и более низкая – на однодольных (50 – 70 %).

При посеве озимой пшеницы после чистого пара по подсолнечнику из-за переноса вспашки на весенний период численность многолетних сорняков возрастает на 57 % по сравнению с его обработкой в осенний период и в 2 раза по сравнению с горохом (табл. 3).

Учет количества сорных растений через тридцать дней после обработки посевов гербицидами показал, что численность малолетников независимо от предшественников была ниже экономического порога вредоносности для озимых зерновых (25 – 35 шт./м<sup>2</sup>) и составляла 19 – 20 шт./м<sup>2</sup>. При этом количество многолетних сорных растений в посевах озимой пшеницы было выше этого критерия и составляло 5 – 8 шт./м<sup>2</sup>.

Расчет технической эффективности применения гербицида показал, что количество малолетников в среднем снизилось на 69 – 74 %, а многолетних – на 66 процентов (табл. 3). При этом более высокая его эффективность отмечалась на двудольных сорных растениях (75 – 82 %) и более низкая – на однодольных (50 – 70%) (табл. 3).

Внесение различных доз азотной подкормки с учетом накопления биологического азота в почве после уборки предшественников озимой пшеницы оказало существенное влияние на рост, развитие растений, а также формирование элементов структуры урожая (табл. 4). Перед уборкой наибольшее число растений (455 шт./м<sup>2</sup>) отмечали при посеве озимой пшеницы по чистому пару с двойной дозой азотной подкормки и уменьшалось на 6,1 % при размещении ее по гороху и на 11,2 % – по чистому пару с одинарной дозой (30 кг/га д.в.).

Таблица 3. Техническая эффективность гербицида Агритокс, %

| Сорные растения         | Предшественники |                            |                                |
|-------------------------|-----------------|----------------------------|--------------------------------|
|                         | Горох           | Чистый пар<br>после ячменя | Чистый пар<br>по подсолнечнику |
| Ромашка непахучая       | 86              | 70                         | 74                             |
| Пикульник обыкновенный  | 77              | 82                         | 74                             |
| Метлица полевая         | 60              | 82                         | 69                             |
| Фиалка полевая          | 62              | 60                         | 63                             |
| Ярутка полевая          | 71              | 74                         | 71                             |
| Малолетние, в среднем   | 71              | 74                         | 71                             |
| Сурепка обыкновенная    | 50              | 67                         | 66                             |
| Пирей ползучий          | 30              | 50                         | 47                             |
| Одуванчик лекарственный | 80              | 83                         | 81                             |
| Бодяк полевой           | 67              | 50                         | 72                             |
| Многолетники, в среднем | 57              | 62                         | 66                             |

Такая же закономерность отмечалась и по числу продуктивных стеблей и продуктивной кустистости. Количество зерен в колосе и общая урожайность определялись уровнем азотного питания растений в период вегетации, и урожайность была наиболее высокой (5,12 т/га) при размещении озимой пшеницы по чистому пару с дозой азотной подкормки 60 кг/га д.в. Уменьшение дозы подкормки в 2 раза при посеве по тому же предшественнику в полном объеме не обеспечивало потребности растений в этом элементе питания, что привело к снижению урожайности на 0,89 т/га, а по гороху – на 1,24 т/га (табл. 4).

*Таблица 4. Влияние предшественников и доз азотной подкормки на структуру урожая и урожайность озимой пшеницы, т/га*

| <b>Предшественники,<br/>дозы азота,<br/>кг/га д.в.</b> | <b>Число<br/>растений,<br/>шт./м<sup>2</sup></b> | <b>Число<br/>продуктивных<br/>стеблей,<br/>шт./м<sup>2</sup></b> | <b>Продуктив-<br/>ная<br/>кустистость</b> | <b>Число<br/>зерен<br/>в колосе,<br/>шт.</b> | <b>Урожай-<br/>ность,<br/>т/га</b> |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|
| Горох, 50                                              | 432                                              | 1490                                                             | 3,45                                      | 33                                           | 3,88                               |
| Чистый пар, 30                                         | 407                                              | 1310                                                             | 3,22                                      | 41                                           | 4,23                               |
| Чистый пар, 60                                         | 455                                              | 1661                                                             | 3,65                                      | 45                                           | 5,12                               |

## Выводы

В условиях Курской области на выщелоченном черноземе наиболее высокую урожайность (5,12 т/га) зерна обеспечивало размещение ее по чистому пару, который идет после подсолнечника с дозой азотной подкормки 60 кг/га д.в.

## Литература

1. Эффективность систем обработки и удобрений под озимую пшеницу в условиях Центрального района Нечерноземной зоны / В. А. Шевченко, О. Зоде, Н. С. Матюк, С. С. Солдатова // Плодородие. – 2010. – № 2 (53). – С. 42 – 44. – EDN LMBUDH.
2. Матюк Н. С. Роль азотных подкормок в повышении плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивности севооборотов / Н. С. Матюк, Н. В. Малахов // Доклады ТСХА : Материалы Международной научной конференции, Москва, 6 – 8 декабря 2016 года. Выпуск 289, Часть 3. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К. А. Тимирязева, 2017. – С. 16 – 18. – EDN YSHWAI.
3. Оценка сортов зерновых культур по показателям качества семян и стрессоустойчивости / О. В. Павлова, Л. А. Марченкова, Р. Ф. Чавдарь [и др.] // Владимирский земледелец. – 2021. – № 2 (96). – С. 52 – 57. – DOI 10.24412/2225-2584-2021-2-52-57. – EDN KHMtBN.
4. Ваулина Г. И. Роль состава, доз минеральных удобрений и погоды в создании урожая и качества зерна интенсивных сортов озимой пшеницы / Г. И. Ваулина, О. В. Тимофеев, С. Н. Коломиец // Бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии им. Д. Н. Прянишникова. – 2003. – № 119. – С. 37 – 39. – EDN WONXYN.

## ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТИ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

А. В. Копытина

ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет –  
МСХА имени К. А. Тимирязева

Научный руководитель: Р. Р. Усманов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,  
доцент кафедры земледелия и методики опытного дела ФГБОУ ВО Российский  
государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева

**Резюме.** В Длительном стационарном опыте РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева дана оценка роли систем удобрений разной интенсивности на формирование структурных компонентов габитуса растений и урожайность картофеля.

**Abstract.** In a long-term field experiment conducted by the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, the role of fertilizer systems of varying intensity on the formation of structural components of plant habit and potato yield was assessed.

Базой для проведения данного эксперимента послужил один из старейших агрономических объектов в мире – Длительный полевой опыт Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева. Этот уникальный исследовательский стационар был заложен в 1912 году выдающимся учёным и исследователем профессором А. Г. Дояренко и с тех пор не прекращает функционировать как действующая площадка для фундаментальных и прикладных агроэкологических исследований. В 2012 году опыт официально вошёл в международный реестр долгосрочных стационарных опытов, подтвердив свою научную значимость и преемственность, так как его продолжительность превысила 100 лет. На протяжении всей истории своего существования данный стационар служит модельной системой для анализа сложных процессов, происходящих в почве при длительном использовании сельскохозяйственных земель.

Целью исследований являлось проведение сравнительного анализа влияния удобрений и известкования на основные агрохимические показатели плодородия почвы, рост, развитие и урожайность картофеля, выращиваемого бессменно при дробном внесении удобрений в условиях вегетационного периода 2024 года.

Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая с разной степенью окультуренности по вариантам удобрения и известкования.

Агрометеорологические условия вегетационного периода 2024 года были очень благоприятными для картофеля сорта «Жуковский ранний», что выражалось в теплой и влажной первой половине лета, отсутствии критических отклонений температуры и хорошем увлажнении в период активного клубнеобразования.

В качестве объекта исследований в данной работе использован сорт картофеля «Жуковский ранний» (*Solanum tuberosum* L.), зарегистрированный в государственном реестре с 1993 года и допущенный к возделыванию в большинстве агроклиматических регионов России, включая Центральный, Северо-Западный, Волго-Вятский, ЦЧО, Урал, Сибирь и Дальний Восток.

Сорт относится к раннеспелой группе: период от всходов до технической спелости составляет 50 – 60 дней, что делает его пригодным для выращивания в короткий вегетационный

период и получения ранней продукции. Направление использования – столовое, что обуславливает соответствующие вкусовые и товарные характеристики.

Наши исследования показали, что густота стояния растений картофеля в фазу полных всходов варьировала в зависимости от вариантов удобрений и наличия известкования. Наибольшие ее значения отмечены при внесении полного минерального удобрения в сочетании с органикой (NPK + Н – 64 – 62 тыс./га) и навоза (62 – 54 тыс./га), что свидетельствует о положительном влиянии органических веществ на выживаемость растений. Минимальные значения (44 – 42 тыс./га) зафиксированы в контрольном варианте без удобрений (О11), что указывает на снижение энергии прорастания клубней, следовательно, и всхожести. Также прослеживается устойчивая тенденция к повышению густоты стояния при известковании, особенно в вариантах с азотом и фосфором (N – 62 против 58; P – 58 против 50), что может быть связано с улучшением кислотного режима и доступности элементов питания.

Анализ высоты растений картофеля, проведённый по результатам учёта в два разных срока (3 и 25 июля), показал значительную разницу в развитии растений в зависимости от применяемых удобрений. Наибольшая средняя высота была зафиксирована в вариантах с комплексным внесением минеральных удобрений в сочетании с органикой (NPK + Н), где высота достигала 46 см уже 3 июля. Также высокие значения показали варианты с внесением навоза и полным минеральным питанием (NPK). Контрольные варианты (О11 и О4) демонстрировали наименьшие средние значения и более широкий доверительный интервал, что свидетельствует о меньшей однородности развития растений. Таким образом, применение сбалансированных минеральных удобрений и органики способствует активному росту растений на ранних стадиях вегетации и обеспечивает большую стабильность по высоте.

Лучшее распределение массы клубней по фракциям показали комплексные минеральные и органоминеральные удобрения (особенно NPK + Н и Навоз), обеспечивая не только высокую урожайность, но и высокий выход товарных клубней.

Доля мелкой фракции при этих вариантах была незначительной, что подтверждает высокую эффективность агрофонов.

Контрольные участки подтвердили, что отсутствие питания резко снижает массу и количество клубней, сдвигая структуру урожая в сторону средней или нестандартной фракции.

Наибольшая доля крупных клубней (> 60 мм) по количеству наблюдалась в вариантах НК (30,0 %) и Контроль О11 (25,0 %), а по массе — также в этих вариантах (50,1 % и 54,7 % соответственно). Однако в контрольном варианте (О11) при высоком выходе крупных клубней по количеству наблюдается значительное снижение доли клубней среднего размера по массе, что может свидетельствовать о нестабильности фракционного состава при дефиците питания.

Наиболее сбалансированным по соотношению массы и количества клубней среднего размера (30 – 60 мм) оказался вариант NP, где 90,9 % клубней по количеству и 71,0 % по массе приходилось на эту категорию. При этом мелких клубней в данном варианте не отмечено, что свидетельствует о высокой товарности продукции. Удобрения типа NPK и NPK + Н, а также внесение навоза обеспечили формирование клубней преимущественно в среднем и крупном диапазоне масс, при умеренной доле мелочи. Вариант навоза показал высокую равномерность распределения при минимальной доле мелких клубней (1,3 % по массе).

В контрольном варианте О4, напротив, выявлено значительное преобладание клубней малой фракции (42,9 % по числу и 10,5 % по массе), при отсутствии крупных фракций, что демонстрирует низкий уровень обеспеченности растений питанием.

В опытах по изучению действия различных удобрений на структуру урожая картофеля сорта «Жуковский ранний» были получены математически доказуемые различия в урожайности и структуре клубней (табл. 1).



*Таблица 1. Влияние фона питания на густоту стояния растений, урожайность и фракционный состав клубней*

| Удобрения    | Густота, тыс./га | Масса клубней с куста, г | Биологическая урожай-ть, т/га | Фракционный состав клубней, % |            |             |
|--------------|------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------|-------------|
|              |                  |                          |                               | более 60 мм                   | 60 – 30 мм | менее 30 мм |
| N            | 60               | 85,5                     | 35,1                          | 31                            | 66         | 4           |
| P            | 54               | 50,0                     | 24,3                          | 38                            | 57         | 5           |
| K            | 50               | 37,2                     | 19,1                          | 26                            | 67         | 7           |
| Контроль, О4 | 48               | 14,3                     | 15,1                          | 0                             | 90         | 10          |
| NP           | 60               | 22,0                     | 19,3                          | 29                            | 71         | 0           |
| NK           | 49               | 12,4                     | 30,0                          | 50                            | 48         | 2           |
| PK           | 54               | 92,4                     | 37,4                          | 37                            | 55         | 8           |
| NPK + H      | 62               | 93,3                     | 56,3                          | 42                            | 54         | 4           |
| NPK          | 57               | 40,5                     | 42,2                          | 44                            | 52         | 4           |
| Навоз        | 58               | 67,1                     | 50,3                          | 38                            | 60         | 2           |
| Контроль О11 |                  | 65,4                     | 11,4                          | 55                            | 45         | 0           |

Установлено, что средняя масса клубней с куста значительно варьировала: наивысшее значение отмечено при совместном внесении полного минерального ( $N_{100}P_{150}K_{120}$ ) удобрения и навоза в дозе 20 т/га и составила 893,3 грамма. Высокие значения также зафиксированы при использовании одного навоза (867,1 г) и только NPK (740,5 г), что подчёркивает эффективность как комплексного минерального питания, так и органических источников элементов. Наименьшая масса клубней с куста наблюдалась на контрольных делянках (265,4 и 314,3 г) и в варианте с однокомпонентным калийным удобрением – 237,2 грамма.

Среднее количество клубней на одно растение было максимальным в вариантах NPK + навоз (16,5 шт.), а также при использовании NPK и PK (по 15 шт.). Минимальные значения (4 – 6 клубней на растение) наблюдались при отсутствии удобрений и при внесении ограниченного набора элементов (NP), что связано с дефицитом калия и неблагоприятными условиями для формирования генеративных органов. Средняя масса одного клубня была наибольшей в вариантах с навозом (61,9 г) и NK (61,2 г), что может быть связано с меньшей нагрузкой на куст (меньшее количество клубней при хорошем питании). Наименьшая масса клубней была у контрольного варианта О4 (29,9 г), что свидетельствует о низкой обеспеченности растений питательными веществами.

### **Выводы**

1. Наивысшие значения всех основных показателей продуктивности (масса с куста (893,3 г), густота перед уборкой (63 тыс./га), а следовательно и биологическая урожайность (56,3 т/га)) отмечены при совместном внесении NPK и навоза (вариант NPK + H).
2. Варианты с только органическим (навоз) или минеральным (NPK) удобрением также обеспечили высокий потенциальный урожай – 50,3 и 42,2 т/га соответственно.
3. Средний уровень урожайности (в пределах 24 – 35 т/га) наблюдался при применении однокомпонентных удобрений (N, P) или их комбинаций без калия (NP). Это подчёркивает важную роль калийного элемента в питании картофеля, особенно на фоне других макроэлементов.
4. Наименьшие значения урожайности были получены в вариантах с односторонним внесением калийного удобрения (11,9 т/га) и на контрольных участках без удобрений (О4 – 15,1 и О11 – 11,4 т/га). Это свидетельствует о недостаточности природного плодородия почвы и низкой обеспеченности элементами питания, особенно для интенсивных раннеспелых сортов.

## Литература

1. Васильев А. А. Влияние приемов агротехники картофеля на формирование урожая и пригодность клубней к переработке / А. А. Васильев, О. В. Гордеев, Р. Р. Латыпов // АПК России. – 2019. – Т. 26. – №. 1. – С. 43 – 53.
2. Матюк Н. С. Изменение плодородия при разных технологиях обработки почвы питания и урожайность культур севооборота / Н. С. Матюк, В. А. Николаев, Л. И. Щигрова // Агрохимический вестник. – 2019. – N 2. – С. 13.
3. Старовойтова О. А. Влияние ширины междурядий на температуру, влажность, плотность почвы и урожайность картофеля / О. А. Старовойтова, Н. Э. Шабанов // Вестник ФГОУ ВПО Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина. – № 4 (74). – 2016. – С. 34 – 38.
4. Шитикова А. В. Формирование урожая и качество клубней картофеля в зависимости от уровня минерального питания / А. В. Шитикова, А. С. Черных // Плодородие. – 2013. – № 2. – С. 12 – 13, 49.
5. Заверткин И. А. Варьирование урожайности картофеля в длительном полевом опыте / И. А. Заверткин, А. С. Курачева // Доклады ТСХА : Сборник статей, Москва, 2 – 4 декабря 2020 года. Выпуск 293, Часть IV. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2021. – С. 207 – 209. – EDN JORPCO.

УДК 631.51

## МИСКАНТУС ГИГАНТСКИЙ – НЕПРИХОТЛИВАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА ДЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

О. М. Раевская

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: gulova1994@gmail.com

Научный руководитель: И. А. Заверткин, кандидат с.-х. наук, доцент,  
и.о. заведующего кафедрой земледелия и методики опытного дела

**Резюме.** В данной статье мы отобрали актуальность внедрения Мискантуса гигантского как биоэнергетической культуры, который также является и ценным источником химических веществ. Собрали информацию относительно выращивания Мискантуса гигантского как аналога лесополос.

**Abstract.** In this article, we have shown the relevance of the introduction of *Miscanthus giganteus* as a bioenergy crop, which is also a valuable source of chemicals. We have collected information on the cultivation of *Miscanthus giganteus* as an analogue of forest belts.

Мискантус – травянистый многолетник семейства Мятликовых подсемейства Просо-вые. Впервые в качестве садового образца он был собран в 1930-х годах благодаря высоким стеблям. Высота растений варьирует от 1 до 3 метров (рис. 1) в зависимости от вида и условий произрастаний, а продолжительность жизни в среднем 18 – 20 лет без потери продуктивности [1].

В России зарегистрировано четыре сорта мискантуса: Сорановский (вида *Sinensis*), Камис, Фортис и Верум (все три – вида *Giganteus*). С точки зрения производства упомянутый

вид неприхотлив, в высоту может вырастать до 3 м. Обхват одного куста может достигать 1,2 м. Корневище взрослого растения вырастает до диаметра 50 – 70 см и уходит в почву на 30 см, но сильнее не разрастается.



*Рисунок 1. Мискантус в полевых условиях*

Мискантус достигает зрелости уже на третий год и следующие 20 лет производит максимальный объем биомассы. Примерно с 23 года начинает увядать и через 2 – 4 года полностью вырождается, тогда высаживают новые растения. Мискантус требует ухода только в первый год после высадки, когда молодое корневище может угнетаться сорняками.

Так как мискантус *Giganteus* является стерильным видом (семена у растения могут формироваться, но, как у всех триплоидных гибридов, они полностью стерильны), размножают его в основном небольшими частями корневищ – ризомами (рис. 2), также возможно микроклональное размножение, но данный способ пока не нашел перспектив в сельскохозяйственной практике [1]. Для его выращивания нет острой необходимости использовать удобрения и стимуляторы роста, к почвам не требователен. Для посадки, ухода, сбора и хранения мискантуса можно применять универсальную технику. Агрокультура устойчива к вредителям, зимостойка, может выращиваться в регионах со среднегодовой температурой +3 – 5 °С.



*Рисунок 2. Ризома мискантуса гигантского*

С одного растения можно получить килограмм биомассы, а с гектара – 18 – 22 т биомассы, которая содержит 42 – 44 % целлюлозы. Урожай сухой массы каждый год достигает до 12 – 18 т/га [3]. Это значительно превышает объёмы, получаемые от лесных насаждений, которые, к тому же, требуют много времени на восстановление. В сравнение пример: 1 га плантаций мискантуса за 50 лет даёт 680 тонн сухой биомассы (320 тонн целлюлозы), а 1 га осиновой рощи за 50 лет – 320 тонн влажной древесины (40 тонн целлюлозы). Сбор и хранение мискантуса требуют меньше ресурсов по сравнению с древесиной, которую нужно обрабатывать и высушить. Мискантус собирают с поля уже сухим в весенний период.

С учетом рассчитанного удвоения рисков полегания в январе за последнее десятилетие от сочетания оттепелей и штормового ветра наибольший шанс на выращивание в промышленных масштабах получил мискантус гигантский. Дополняя его культуру устойчивыми к перезимовке генотипами мискантуса китайского, хозяйства могут обеспечивать диверсификацию экономики органического производства [4].

Отмечено, что за многолетний опыт выращивания мискантуса в других странах вид не стал инвазивным, растения не выходили за чёткую линию посадки. Таким образом, контролировать распространение мискантуса не нужно.

Растение предпочитает умеренно влажный климат Центральной России, но выращивать его можно и в более южных, и в более северных широтах. Сегодня мискантус растёт в Калининградской, Калужской, Московской и Тульской областях, опытное поле есть в Удмуртии.

На данный момент основным способом использования сырья мискантуса является биоэнергетика. Его солому можно сжигать как в естественном виде, так и перерабатывать в гранулы или брикеты [5]. Также мискантус используют для производства: мульчи, подстилок для скота, наполнителей матов для животных, арболитовых плит и блоков, «зелёного» бетона для 3D-печати зданий, экологически безопасной посуды, упаковок из картона и других продуктов.

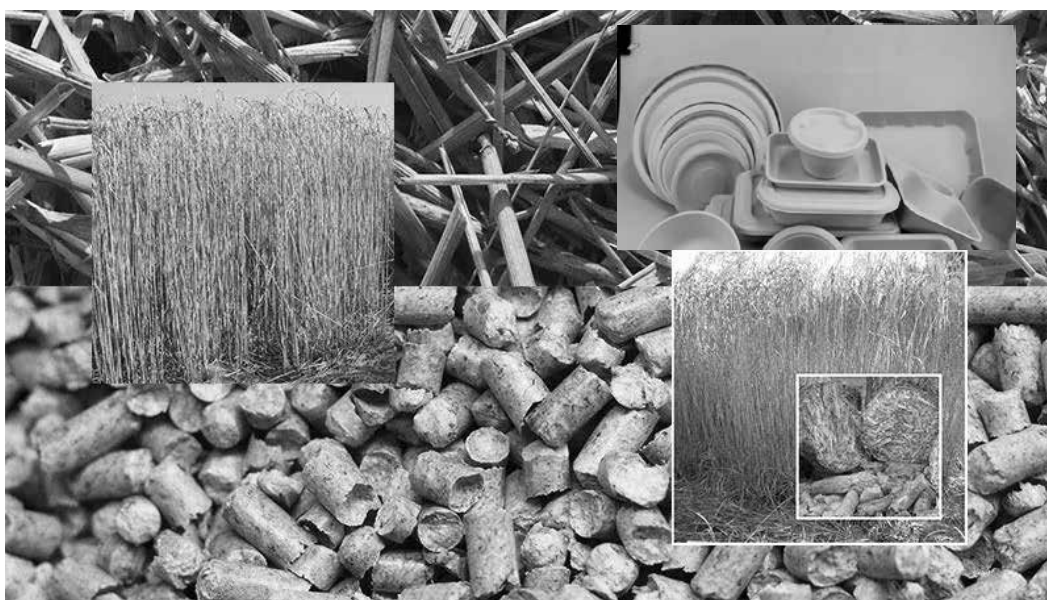


*Рисунок 3. Производственные ниши мискантуса*

Измельченная солома мискантуса гигантского используется в сельском хозяйстве для мульчирования почвы для поддержания влажности, предотвращения эрозии и подавления роста сорняков. Высокий уровень содержания углерода и азота делают мискантус неблагоприятной средой для микроорганизмов, что позволяет применять его в качестве чистой подстилки для домашней птицы, крупного рогатого скота, свиней, лошадей и других домашних животных.

Растительность всех видов является мощным противоэрозионным фактором [6]. Аграрии создают из мискантуса аналог лесополос и используют его для борьбы с деградацией земель. Растение удерживает влагу, защищает почву от водной и ветровой эрозии, улучшает её структуру и обогащает углеродом. Трёхметровая плотная стена мискантуса будет стоять вокруг поля 11 месяцев в году, так как после осеннего сбора урожая за 1 – 2 месяца вновь вырастают высокие побеги.

Ещё один способ использования растения – посадка культуры на неиспользуемых сельхозземлях, за которые штрафуются организации. На второй год роста про мискантус можно почти забыть, а когда земля потребуется – выкопать растение несложно.

Возможности использования мискантуса гигантского поражают своим разнообразием, что еще раз подчёркивает его универсальность и востребованность в современной промышленности. Эта трава не только приносит пользу человеку, но и способствует сохранению экологического баланса, что делает ее ценным ресурсом в борьбе за устойчивое развитие.

Вопрос введения в севооборот новых агрокультур интересен многим сельхозпроизводителям, особенно на территориях, где выращивать основную продукцию растениеводства – зерновые и масличные – невыгодно из-за низкого урожая. Ведь и без того небольшая прибыль «съедается» действующими экспортными пошлинами. Одной из альтернатив может стать злаковое растение мискантус. Аграрии и ученые, которые занимаются его производством и исследованием, считают, что у данной позиции огромные перспективы. Однако пока рынки сбыта еще не развиты, что, несомненно, сдерживает рост площадей и энтузиазм производителей.

## Литература

1. Recent Advances in Miscanthus Macromolecule Conversion: A Brief Overview. / Mironova, G. F.; Budaeva, V. V.; Skiba, E. A.; Gismatulina, Y. A.; Kashcheyeva, E. I.; Sakovich, G. V. *Int. J. Mol. Sci.* 2023, 24, 13001.
2. Химический состав российского Мискантуса и качество целлюлозы, полученной из него // *Химия в интересах устойчивого развития* / Ю. А. Гисматулина, В. В. Будаева. – Т. 21. – № 5. – 2013. – С. 539 – 544.
3. Growth and agronomy of miscanthus giganteus for biomass production. / E. Anderson, R. Arundale, M. Maughan, A. Oladeinde, A. Wycilso, and T. Voigt. 2011. – С. 167 – 179 с.
4. Хохлов Н. Ф. Перспективы и особенности возделывания технической культуры мискантус в Центральном районе Нечерноземной зоны РФ / Н. Ф. Хохлов // *Приоритеты системы научного обеспечения АПК: Сборник по материалам научных конференций, п. Челюскинский, 2 июня 2022 года.* – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская академия кадрового обеспечения агропромышленного комплекса», 2022. – С. 298 – 309.
5. A concise review of biochar application to agricultural soils to improve soil conditions and fight pollution. *Journal of environmental management.* / Shaaban, M., Van Zwieten, L., Bashir, S., Younas, A., Núñez-Delgado, A., Chhajro, M. A., ... & Hu, R. (2018). 228, С. 429 – 440.
6. Научные основы защиты почв от деградации / С. И. Зинченко, Н. С. Матюк, М. А. Мазиров [и др.]. – Суздаль-Иваново: ПресСто; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», 2022. – 316 с.

## ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ В УСЛОВИЯХ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ АО «БАШМАКОВСКИЙ ХЛЕБ»

А. В. Резакина

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49

Научный руководитель: А. В. Бузылёв, ст. преподаватель кафедры экологии

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

**Резюме.** Рассматривается возможность сокращения дозировки гербицидов, с целью экологизации технологии защиты посевов сои в условиях чернозёмных почв Пензенской области. Результаты демонстрируют возможность достижения 60 % рентабельности применения экологизированной дозировки Цериакс Плюс.

**Abstract.** The possibility of reducing the dosage of herbicides is considered, with the aim of greening the technology of protecting soybean crops in the conditions of chernozem soils of the Penza region. The results demonstrate the possibility of achieving 60% profitability of using the greened dosage of Ceriax Plus.

В условиях современного сельского хозяйства, ужесточающего требования к экологическому качеству сельскохозяйственной продукции, неотъемлемой частью растениеводства становится разработка экологически безопасных технологий. Пензенская область, являясь одним из важных аграрных регионов России, сталкивается с рядом вызовов, связанных с необходимостью экологизации возделывания сои. Эта культура обладает высоким экспортным потенциалом и маржинальностью, а также одновременно способна улучшать качество почв сельхозтоваропроизводителей. Однако её успешное выращивание требует интенсивной защиты от вредителей и болезней [1].

Проблема химической защиты растений в агроэкологии остаётся одной из самых острых. Традиционные методы, основанные на использовании синтетических пестицидов, могут приводить к негативным последствиям для экосистемы, здоровья человека и качества продукции. В частности, в рассматриваемом регионе интенсификация сельского хозяйства и увеличение использования химических средств защиты растений (СЗР) приближаются к критическому уровню, в связи с чем необходимо обратить особое внимание на экологически безопасные альтернативы, способные минимизировать негативное воздействие на окружающую среду [2].

**Проблематика исследования.** В последние десятилетия вопрос экологической безопасности стал центральным в глобальной повестке дня, особенно в контексте развития сельского хозяйства. Программа развития сельского хозяйства до 2035 года ставит перед собой амбициозные цели, направленные на обеспечение устойчивого производства продуктов питания, защиту природных ресурсов и снижение негативного воздействия на окружающую среду. Одним из ключевых аспектов этой программы является внедрение экологически безопасных технологий и практик, которые помогут не только повысить продуктивность сельского хозяйства, но и сохранить экосистемы для будущих поколений [3].

Соя как одна из ключевых культур в сельском хозяйстве играет важную роль в производстве кормов, масла и получении белка. Однако, как и любая другая сельскохозяйственная культура,

она подвержена воздействию различных вредителей и болезней. Без применения современных средств защиты потери урожая могут достигать 30 – 50 %. Особенно актуально стоит вопрос борьбы с сорной растительностью, которая в первый месяц вегетации активно конкурирует с культурой, существенно снижая её урожайность. Эффективная химическая защита сои становится необходимостью для обеспечения стабильных урожаев и качества продукции [4].

Современные подходы химизации растениеводства базируются на системе интегрированной защиты растений, предполагая разумное сочетание химических, биологических и агротехнических методов [5].

В интегрированную систему включают комбинированные баковые смеси, позволяющие эффективно контролировать численность вредителей, возникновение болезней и развитие сорной растительности [3].

Объект и методы исследования.

Исследования проводились на товарном поле АО «Башмаковский хлеб», расположенном в Башмаковском районе Пензенской области. В рамках поля М-20 площадью 90 га (рис. 1).

Участок находится в верхней трети водораздельного холма с абсолютной отметкой высот 219 – 220 м, уклон и мезорельеф невыраженные.

Почвенный покров представлен мощным гумусным глинистым выщелоченным чернозёмом незеродированный на лёссовидных глинах. Черноземы характеризуются богатыми агрохимическими и благоприятными агрофизическими свойствами, полностью подходящими для возделывания сои [1].

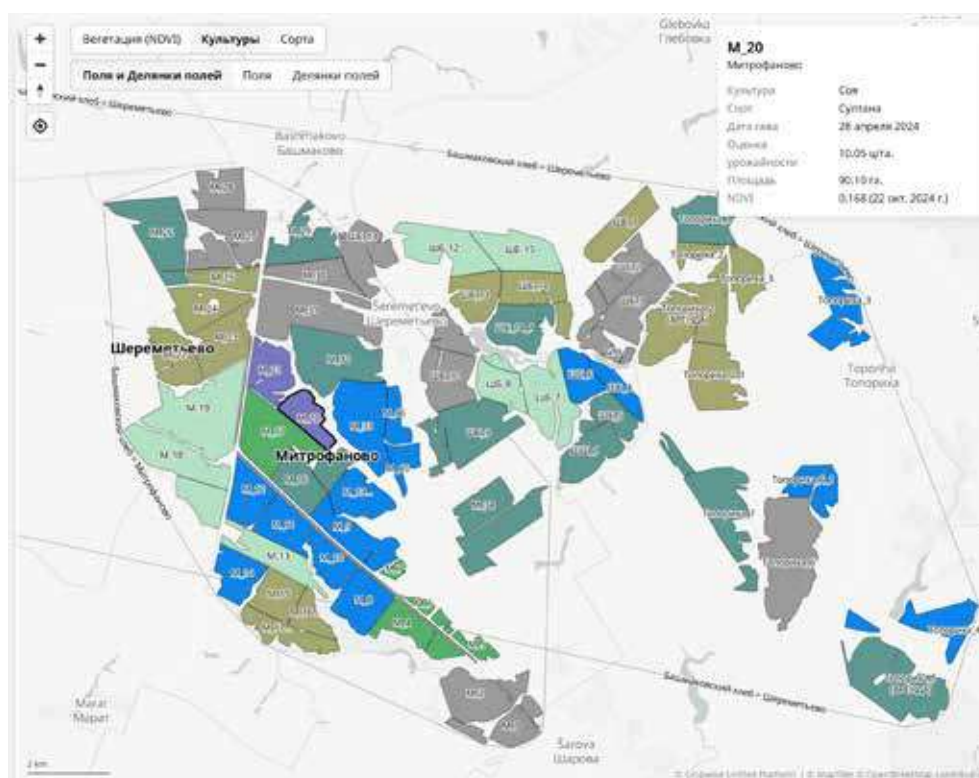


Рисунок 1. Аэрофотоснимок эрозионных проявлений юго-восточной оконечности агроэкосистемы «Митрофаново»

В качестве тестовой культуры выступала масличная соя сорта Султана, возделываемая в хозяйстве в год проведения исследований, – полудетерминантное раннеспелое прямостоячее растение средней высоты с фиолетовыми цветками. Семена среднего размера с содержанием белка 37,5 %, при среднем сборе 5,9 ц/га. Среднее содержание жира в семенах – 23,6 %, средний сбор масла – 3,8 ц/га. Высота прикрепления нижнего боба – 12,0 см.



Зарегистрирована средняя урожайность по стандартной технологии – 18,2 ц/га. При интенсивной технологии возделывания – 31,2 ц/га.

*Схема опыта.* В южной половине поля было выделено 12 полос проходки (технологических полос), площадь каждой составляла 2 га. Полосы 1, 12 – контроль без внесения СЗР, полосы 2 – 3, 4 – 5, 6 – 7, 8 – 9, 10 – 11 – апробируемые СЗР в концентрации 100 % нормы и 50 % нормы соответственно.

Защитных и разделительных полос в рамках достигнутого с агрономом хозяйства соглашения предусмотрено не было. Перекрытие при опрыскивании контролировалось системой автопилотирования John Deere и не превышало 1,5 %.

*Полевые методы* включали идентификацию и базовое описание встречаемости (включая обилие) сорной растительности по всей площади поля; разбивку пробных площадей по 3 штуки в каждой полосе испытаний. Размер пробных площадей – 1 м<sup>2</sup>, зафиксированных напочвенными метками. Дополнительно применялась методика сетки Раменского, также стационарно установленной в виде напочвенной сети из лески с размером ячеек 100 см<sup>2</sup> [6]. Учёт численности сорных растений производился с интервалом каждые 5 дней с 28 апреля (сев) по 24 августа (уборка).

*Лабораторные исследования* были нацелены на анализ базовых изменений агроэкологического качества почвенного покрова и заключались в контроле кислотности пахотного горизонта почвы (ГОСТ Р 58594-2019) с той же периодичностью [6].

*Геостатистическая обработка* данных проводилась с применением стандартных статистических возможностей Microsoft Excel.

**Анализ и результаты.** В проводимых исследованиях участвовали следующие гербициды:

- «Азорро» (действующее вещество: карбендозим + азоксистробин).
- «Ланцея» (действующее вещество: метрибузин).
- «Феразим Грин» (действующее вещество: флуфенакет).
- «Цериакс Плюс» (действующее вещество: имазамокс + имазапир).
- «Эвклид» (действующее вещество: пентазон).

Каждый препарат применялся в соответствии с рекомендациями производителя, с учетом нормы внесения, которая варьировалась от 1 до 3 литров на гектар в зависимости от препарата, и в экологизированной, сокращённой до 50 % дозировке.



Рисунок 2. Посевы сои до и после гербицидной обработки



Опрыскивание проводилось с применением навесного опрыскивателя Kverneland iXter с возможностью дифференцированного внесения. При обработке строго соблюдались рекомендуемые фенофазы развития сои и погодные условия.

Результаты показали, что использование гербицидов в рекомендуемой дозировке значительно снижает количество сорняков. Например, применение «Цериакс Плюс» обеспечило контроль над сорняками на уровне 92 %, в то время как более щадящий и экологичный «Эвклид» показал максимальную эффективность лишь 85 % (табл. 1).

*Таблица 1. Почвенные характеристики анализируемого участка*

| Гербицид            | Эффективность защиты, % |           | Урожайность, ц/га |           |
|---------------------|-------------------------|-----------|-------------------|-----------|
|                     | 100 % дозы              | 50 % дозы | 100 % дозы        | 50 % дозы |
| <b>Азорро</b>       | 80                      | 42        | 28                | 16        |
| <b>Ланцея</b>       | 78                      | 47        | 27                | 18        |
| <b>Феразим Грин</b> | 75                      | 54        | 26                | 20        |
| <b>Эвклид</b>       | 85                      | 71        | 29                | 22        |
| <b>Цериакс Плюс</b> | 92                      | 80        | 30                | 29        |

Приведённые в таблице данные наглядно демонстрируют ранжирование препаратов по эффективности применения как в полной, так и в экологичной дозировке.

Отмечается, что Имазамокс + Имазапир (СЗР Цериакс Плюс) даже при 50 % дозировке позволяет контролировать сорные растения на более чем 80 %, что недостижимо многим СЗР при опрыскивании в рекомендуемой производителем концентрации.

Рентабельность применения гербицидов оценивалась условно на основе полученных данных об урожайности и стоимости препаратов и в варианте с 50 % внесения Цериакс Плюс составляла 60 %. Стандартная рентабельность применения гербицидов в хозяйстве, по статистическим данным, не превышала 48 – 52 %. Это подтверждает экономическую целесообразность применения экологизированной технологии.

## Выводы

В процессе исследования были рассмотрены традиционные методы химической защиты сои, включая использование синтетических гербицидов и их экологизированный вариант внесения. Выявлены преимущества экологизированного применения, такие как высокая эффективность некоторых препаратов при чётком соблюдении агрономических сроков, что должно благотворно сказываться на экосистему и качество продукции.

Результаты показали, что переход на экологически безопасные технологии может быть не только выгодным с точки зрения экологии, но и экономически оправданным. Наивысшая условная рентабельность при максимальной эффективности применения была достигнута при 50 % дозировке гербицида «Цериакс Плюс» (60 %).

## Литература

1. Адаптивные агротехнологии возделывания полевых культур / В. А. Шевченко, Н. С. Матюк, В. Д. Полин, В. А. Николаев. – Москва : ВНИИ гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, 2020. – 233 с.
2. Yield variability of soybean varieties in the NonChernozem zone / N. V. Zarenkova, A. V. Shitikova, B. T. V T Negassi [et al.] // Vol. 66, 2023. – P. 05006. – DOI 10.1051/bioconf/20236605006.
3. Наилучшие доступные почво- и углеродсберегающие технологии природопользования, экологического мониторинга и контроля / И. И. Васенев, Н. А. Александров, И. В. Андреева [и др.]. – Москва : РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2023. – 240 с.

4. Фитосанитарный мониторинг производственных посевов зерновых культур в условиях ЦЧЗ / О. А. Савоськина, С. И. Чебаненко, А. В. Шитикова [и др.] // АгроЭкоИнфо. – 2022. – № 6 (54). – DOI 10.51419/202126625.

5. Evaluation of the effect of different doses of biochar application on the yield of soybean cultivar sculptor in the conditions of agroecological station of K.A. Timiryazev / M. Tikhonova, Y. Zhigaleva, E. Iliushkova, E. Tallar // 4 – 06 октября 2023 года. Том 85, 2024. – С. 01061. – DOI 10.1051/bioconf/20248501061.

6. Рабочая тетрадь для выполнения практических и лабораторных работ по дисциплине «Сельскохозяйственная экология»: учебно-методическое пособие / Е. Б. Таллер, Д. В. Морев, А. М. Ярославцев [и др.]. – 2-е издание, исправленное и дополненное. – Калуга: Российский государственный аграрный университет, 2025. – 59 с.

УДК 628.4

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

А. А. Талалай

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Научный руководитель: А. А. Манохина, доктор с.-х. наук, доцент,

профессор кафедры механизации сельского хозяйства

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева,

М. Н. Ахилбеков, кандидат техн. наук, доцент, доцент кафедры водных ресурсов,  
землепользования и агротехники

Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова

Казахстан, X08K9X5, г. Шымкент, пр. Тауке-хана, 5

**Резюме.** В статье приведен анализ технологий и оборудования для рециклинга продукции растениеводства. Результаты исследований подтвердили перспективность переработки отходов растениеводства для различных направлений.

**Abstract.** The article provides an analysis of technologies and equipment for recycling crop production. The research results have confirmed the prospects of processing crop waste for various areas.

По прогнозам экспертов, к 2050 г. количество образующихся отходов в мире возрастет до 3,4 млрд т, в России ежегодно образуется около 70 млн т отходов, и их количество растет, поскольку большая часть отправляется на свалку [1]. Подобные свалочные полигоны загрязняют атмосферу, поверхностные слои почвы, подземные воды и грунт, негативно влияют на растительный и животный мир, ухудшают качество жизни населения близлежащих территорий, выводят землю из хозяйственного оборота [2, 3].

На увеличение объемов переработки отходов направлена реализация отраслевой программы «Применение вторичных ресурсов и вторичного сырья из отходов в сфере сельского хозяйства на 2022 – 2030 годы», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации 29 декабря 2022 г., ответственным исполнителем которой является Минсельхоз России [4].

Основными видами отходов растениеводческого подкомплекса АПК, используемых для производства твердого, жидкого или газообразного биотоплива, являются солома, сечка и шелуха зерновых и крупяных культур, лузга, стебли и листья сельскохозяйственных растений, стержни початков кукурузы и оболочка кукурузных зерен, костра льна и др. Самый технологичный вид твердого биотоплива – топливные гранулы, позволяющие в несколько раз сократить расходы на транспортировку и хранение, значительно повысить эффективность и автоматизировать технологию сжигания. Топливные гранулы лучше всех остальных видов топлива по экологическим показателям, а по эффективности могут составить конкуренцию природному газу. Пеллеты – один из основных видов топливных гранул, отличаются достаточно большой теплотворной способностью и невысокой стоимостью. По данным UNECE/FAO TIMBER database, мировое производство пеллет продолжает расти и в 2021 г. составило 50 млн т.

К распространенным видам твердого топлива относятся также топливные брикеты, производство которых возможно несколькими способами: на гидравлических прессах сверхвысокого давления (неустойчивы к влаге, длительной перевозке, для них необходима качественная плотная упаковка или они должны быть реализованы вблизи от места производства); с помощью гидравлических или кривошипно-шатунных прессов [5] (основным связующим воздействием является высокое давление, после соответствующей обработки топливный брикет приобретает форму цилиндра, которые также не выдерживают силовых нагрузок и должны реализовываться рядом с местом производства); механическая обработка сырья шнековыми прессами, при которой сочетаются два фактора – высокое давление и термическая обработка. Благодаря этому лигнин, содержащийся в сырье, становится своеобразным клеем, который формирует брикет в плотное изделие. Обычная форма изделия при таком способе – четырех-, шести- или восьмигранник с отверстием посередине. Брикет обладает высокой прочностью к механическим воздействиям, что позволяет перевозить его на большие расстояния, не боится влаги, хорошо хранится. Компания НПК «АТЕК» начала серийный выпуск компактной линии малой производительности для гранулирования в брикеты растительных отходов – соломы, лузги подсолнечника, гречихи и др.

Компания «Жаско» предлагает технологическое оборудование для переработки в топливные брикеты отходов растениеводства и предприятий перерабатывающей промышленности. На установке УБО-2 производят брикеты из лузги подсолнечника, шелухи, соломы, опилок и других отходов растениеводства. В основе технологии – процесс непрерывного прессования в обогреваемой матрице. Связующие элементы – вещества, содержащиеся в клетках. Брикет формируется шнеком, создающим удельное давление до 200 МПа в нагреваемой формирующей втулке. В результате контакта с нагретыми стенками поверхность и внутреннее отверстие вдоль оси брикета обугливаются, что создает защитный гидрофобный слой и улучшает условия горения брикета. Непрерывно выходящий шестигранный брус с гранью шириной 35 мм раскаивается на брикеты требуемой длины [6].

С помощью пиролиза из отходов растениеводства можно производить жидкое топливо, получившее название «бионефть», – промежуточный продукт, который применяется для производства автомобильного топлива, используется вместо мазута в котельных, и газообразное топливо – пиролизный газ. В настоящее время интенсивно развивается технология быстрого пиролиза, позволяющая при умеренных температурах (450 – 550 °С) получать до 70 – 80 % жидкого топлива от массы сухого вещества.

Уникальная установка получения бионефти из растительных отходов построена в Татарстане. На механосборочном предприятии ООО «ОНХ-Холдинг» в г. Нижнекамске (ООО «ОНХ-Строй») изготовлена и проведена сборка блочно-модульной перемещаемой установки быстрого пиролиза биомассы FP-50 для получения бионефти (сырье для получения биотоплив второго поколения) и биочара (высокэкологичный мелкодисперсный древесный уголь –

компонент удобрений, материал для улучшения свойств почв) по лицензии канадской фирмы «ABRI-Tech».

В ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разработана установка для производства жидкого и газообразного топлива из органического сырья: соломы, лузги подсолнечника, гречневой шелухи, опилок по данной технологии. Суточная производительность установки – 1 т перерабатываемого сырья с получением 400 – 500 кг жидкого и газообразного топлива. Основными недостатками данного типа топлива являются наличие в составе неразложившихся фрагментов лигнина, высокое содержание органических кислот, отсутствие компонентов качественных топлив нефтяного происхождения – аренов и алкенов. В ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разработана технология каталитической деполимеризации биомассы растительного происхождения. Процесс заключается в термическом растворении твердой биомассы в присутствии доноров водорода с участием катализатора. Основным продуктом термического растворения – жидкий субстрат, который можно перерабатывать в моторное топливо.

Образование в продуктах вредного компонента – кислоты – может быть уменьшено введением восстановительных веществ – доноров водорода.

Еще один востребованный вид биотоплива, который можно получить из растительных отходов, – биоэтанол – этанол, изготавливаемый из биомассы или биологически разлагаемых компонентов отходов. Топливный этанол отличают от пищевого спирта отсутствие в составе воды и метод производства – укороченная дистилляция, содержание в составе метанола и сивушных масел, бензина.

В ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева модернизирована технология использования тепловой энергии, выделяемой в процессе компостирования органических отходов. Основывается она на том, что при биотермическом аэробном разложении в результате процессов жизнедеятельности аэробных мезофильных и термофильных бактерий из органических отходов можно получить около 15 тыс. кДж теплоты в расчете на 1 кг кислорода. Оптимальным предложен следующий состав слоя компостной смеси: примерно 25 % – азотистые компоненты и 75 % – углеродистые, которые должны быть тщательно перемешаны, чтобы избежать гниения смеси. Компостная насыпь объемом около 20 м<sup>3</sup> со змеевиковым теплообменником длиной 200 м обеспечивает температуру воды 50 – 60 °С на выходе при ее расходе 2 – 4 л/мин и температуре входящей воды 10 °С [7].

Для получения газа из ботвы перспективны газогенераторные (пиролизные) установки. Главное отличие газогенератора для утилизации ботвы от такого же аппарата, но предназначенного для сжигания древесины, в том, что топливо подается небольшими порциями, поддерживая оптимальный режим тления. Еще один способ переработки ботвы в газ связан с перегниванием: ботву смешивают с экскрементами любых животных [8] и помещают в относительно теплую среду без доступа кислорода. Микроорганизмы, делая из органики перегной, во время своей жизнедеятельности выделяют метан, являющийся горючим газом, пригодным для использования в большинстве устройств, работающих на газе. Такие газогенераторы изготавливают в виде герметичных камер из пластика или нержавеющей стали, куда загружают водный раствор органических материалов. Под воздействием воды начинается процесс гидролиза, т. е. распад полисахаридов, из которых и состоит большая часть листа, на простые сахара, пригодные для питания микроорганизмов. Жидкое топливо получают путем разложения сложных полисахаридов, из которых состоит ботва [9], на моносахариды (глюкозу) с последующим сбраживанием и дистилляцией. Конечным результатом этих процессов являются разнообразные спирты, которые тоже можно использовать в качестве топлива. Если рассмотреть примерный видовой состав отходов в полеводстве, то видно, что основная доля отходов приходится на солому. Поэтому именно у данного вида отходов большие перспективы в переработке на биотопливо. При урожайности 40 ц/га можно получить с 1 га количество органического топлива, эквивалентное 1,5 т жидкого топлива, а 5 кг соломы по количеству

выделенного тепла эквивалентны 1,6 кг жидкого топлива. По данным исследователей [10], основной технологией переработки соломы и стеблей в энергоносители может стать биогазовая, которая обеспечивает производство биометана, возврат в почву макро- и микроэлементов, способствующих раскислению почв и образованию гумуса.

Сложность переработки соломы состоит в большом количестве хлора, азота, которые в процессе сжигания вызывают повышенную эмиссию оксидов азота, кремния и калия, усложняющих эксплуатацию установок.

В России уже активно формируются и реализуются новые принципы управления отходами, включающие в себя приоритет переработки над сжиганием и размещением отходов на полигонах; постепенный запрет размещения на полигонах определенных видов отходов, содержащих полезные компоненты; расширенную ответственность производителей и утилизационный сбор, предназначенный для создания инфраструктуры для переработки; новую структуру региональных операторов и многокомпонентные территориальные схемы в области рационального обращения с отходами. Внедрение представленных технологий полностью соответствует указанным эффективным принципам управления отходами.

## Литература

1. Федотова О. В. Загрязнение земель твердыми коммунальными (бытовыми) отходами как проблема XXI века / О. В. Федотова, Т. С. Демичева // Вестн. Белгородского юр. ин-та МВД России имени И. Д. Путилина. – 2019. – № 2. – С. 10 – 14.
2. Павленков М. Н. Проблемы развития сферы твердых коммунальных отходов муниципального образования / М. Н. Павленков, П. М. Воронин // Вестн. Кемеровского гос. ун-та. Сер.: Политические, социологические и экономические науки. – 2018. – № 3. – С. 130 – 139.
3. Savoskina O. A. The manifestation of diseases and phytophages of weeds associated with the cultivation of flax, the possibility of their use as biological plant protection agents / O. A. Savoskina, S. I. Chebanenko, I. A. Zaverkin, A. V. Shitikova, N. A. Kudryavtsev // В сборнике: BIO WEB OF CONFERENCES. International Scientific-Practical Conference «Modern Trends of Science, Innovative Technologies in Viticulture and Winemaking» (MTSITVW2023). EDP Sciences, 2023. – С. 04001.
4. Паспорт отраслевой программы «Применение вторичных ресурсов и вторичного сырья из отходов в сфере сельского хозяйства на 2022–2030 годы» [Электронный ресурс]. – URL: [https://mex.gov.ru/upload/iblock/e07/f6\\_wjyoqjpjdx2u4glp7rw9etw4ryainz.pdf?ysclid=ll66p46y7a911845287](https://mex.gov.ru/upload/iblock/e07/f6_wjyoqjpjdx2u4glp7rw9etw4ryainz.pdf?ysclid=ll66p46y7a911845287).
5. Чепурина Е. Л. Основы методики проектирования систем технического сервиса / Е. Л. Чепурина, Д. Л. Севостьянова // Технический сервис машин. – 2019. – № 3 (136). – С. 73 – 80.
6. Оборудование для брикетирования [Электронный ресурс]. – URL: <https://jasko.ru/product/oborudovanie-dlya-briketirovaniya/linii-briketirovaniya/les/>.
7. Пляка В. И. Перспективные технологии рециклинга растительного сырья: учеб. пособие / В. И. Пляка, А. И. Панов, А. А. Манохина, С. М. Михайличенко. – Москва, 2024. – 104 с.
8. Баздырев Г. И. Агрономическая эффективность почвозащитных обработок и средств химизации при длительном использовании на склоновых землях / Г. И. Баздырев, И. А. Заверткин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 2. – С. 6 – 18.
9. Хутинаев О. С. Выращивание мини-клубней картофеля и топинамбура в условиях водно-воздушной культуры с использованием искусственного освещения / О. С. Хутинаев, В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, А. А. Манохина, Н. Э. Шабанов, О. С. Колесова // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». – 2018. – № 4 (86). – С. 7 – 14.
10. Голубев И. Г. Рециклинг отходов в АПК: справ. / И. Г. Голубев, И. А. Шванская, Л. Ю. Коноваленко, М. В. Лопатников – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 296 с.

# ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ЗАСОРЕННОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯЧМЕНЯ ПИВОВАРЕННОГО В УСЛОВИЯХ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**В. А. Баронова**

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

E-mail: veronikabaronova38@gmail.com

Научный руководитель: О. В. Тимофеев, к. с.-х. н., доцент кафедры земледелия и методики опытного дела ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

**Резюме.** В работе представлена оценка влияния различных приемов основной обработки почвы на засоренность посевов ячменя пивоваренного в условиях Орловской области. Показана взаимосвязь между приемом обработки почвы и урожайностью ячменя.

**Abstract.** The paper presents an assessment of the influence of various methods of primary soil cultivation on the weed infestation of brewing barley crops in the Oryol region. The relationship between the method of soil cultivation and barley yield is shown.

В современных условиях интенсификации сельскохозяйственного производства особое значение приобретает оптимизация основных элементов технологии возделывания зерновых культур, в том числе способов основной обработки почвы [1, 2]. В контексте возделывания ячменя пивоваренного вопрос оптимального способа основной обработки почвы приобретает особую актуальность, так как сорные растения не только снижают урожайность, но и существенно ухудшают качество зерна, что критически важно для пивоваренной промышленности [3].

В этой связи был заложен опыт по изучению влияния различных способов основной обработки почвы на засоренность посевов и урожайность пивоваренного ячменя. Исследования проводили на полях СХП «Знаменское-1», входящего в состав Холдинга «Авангард-Агро», в Орловской области. Направление деятельности – выращивание растениеводческой продукции. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, содержание гумуса – 5 %. Для исследования использовали сорт пивоваренного ячменя Травелер французской селекции от компании Secobra Recherches, норма высева составляет 200 кг/га.

Схема опыта включала три варианта основной обработки почвы:

1. Вспашка на глубину 20 – 23 см. (плуг Gregoire Besson SPML B9 7+1);
2. Чизельная обработка на глубину 23 – 25 см (глубокорыхлитель V&N TerraDig XS 9);
3. Дискование на глубину 16 – 18 см (борона дисковая Доминанта Д-620 ПСМ).

Опыт заложен в трехкратной повторности на площади 30 га, варианты расположены методом неорганизованных повторений, площадь каждого варианта составляет 3 га.

Определение численности и видового состава сорняков проводилось инструментальным методом [4]. Помимо сорной растительности учитывалось наличие падалицы озимой пшеницы, так как для ячменя пивоваренного 1 класса примесь озимой пшеницы по ГОСТ 5060-86Р 54078-2010 не должна превышать 2 % [5].

Уборка осуществлялась прямым комбайнированием при восковой спелости ячменя и влажности зерна не более 14 %.

Погодные условия перед посевом ячменя сложились недостаточно благоприятные. Общее количество апрельских осадков составило 42 мм при норме 45 мм, их неравномерное распределение – с затяжными дождями в первой половине месяца – привело к переувлажнению почвы и вынужденному переносу сроков сева на 7 – 10 дней позже обычного. Однако последующие погодные условия позволили в значительной степени компенсировать последствия позднего сева. Май с температурой +14,2 °С (на 0,7 °С выше нормы) обеспечил дружные всходы, а аномально тёплый июнь (+18,6 °С, +1,3 °С выше нормы) способствовал активному кущению и выходу растений в трубку. Особенно значимым стало влияние жаркого июля со средней температурой +21,3 °С (на 1,5 °С выше нормы) и периодами повышения до +30...+35 °С (рис. 1). С одной стороны, это ускорило созревание ячменя, компенсируя поздний старт вегетации, с другой – вызвало тепловой стресс у растений, что могло сказаться на наливе и впоследствии крупности зерна. Важную роль сыграло и распределение осадков в течение вегетационного периода. Июньские ливни (95 мм при норме 70 мм) поддержали оптимальную влагообеспеченность в критически важные фазы развития – выход в трубку и колошение (рис. 2). Июльские осадки также превысили средненоклетний показатель и составили 88 мм при норме 78 мм. Благоприятным фактором стала сухая погода в августе (62 мм при норме 65 мм) в период уборки, что позволило убрать ячмень в оптимальные сроки.

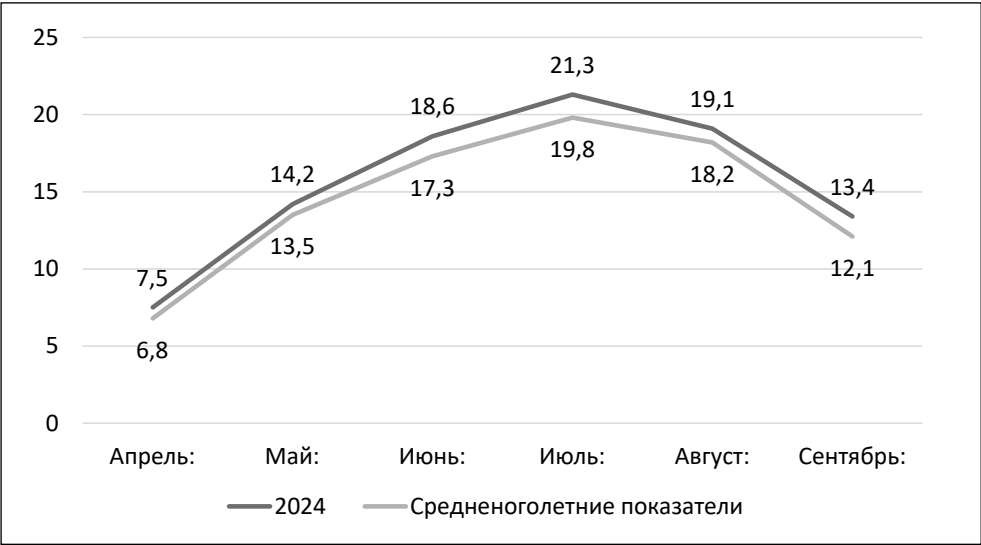


Рисунок 1. Температура, °С

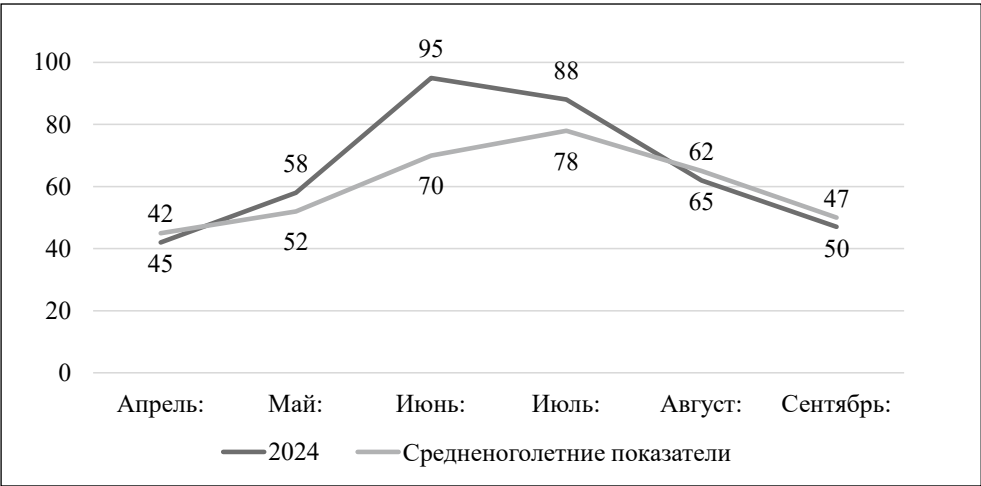


Рисунок 2. Количество осадков, мм

Учет засоренности показал, что на варианте с проведением вспашки численность сорных растений составила 25 шт./м<sup>2</sup>, из которых 23 приходились на малолетние и лишь 2 – на многолетние виды. Такой эффект объясняется тем, что глубокая отвальная обработка полностью переворачивает пласт почвы, заделывая семена и корневища сорняков на значительную глубину, где их прорастание затруднено. Кроме того, вспашка эффективно подавляет падалицу предшествующей культуры (пшеницы), о чём свидетельствует минимальное количество её всходов – всего 1 шт./м<sup>2</sup> (рис. 3).

Глубокое безотвальное рыхление, несмотря на большую глубину воздействия, оказалось наименее эффективным в борьбе с сорняками. Общая засорённость здесь достигла 47 шт./м<sup>2</sup>, причём на малолетние виды пришлось 32 шт./м<sup>2</sup>, а на многолетние – 10 шт./м<sup>2</sup>. Падалица пшеницы также присутствовала в значительном количестве – 5 шт./м<sup>2</sup>. Подобная картина связана с тем, что рыхление, не переворачивая пласт, выносит семена сорняков из глубоких слоёв в верхние, создавая благоприятные условия для их прорастания. Особенно заметно это проявилось в отношении многолетних сорняков, чьи корневища, будучи разрезанными орудиями рыхления, дают обильную поросль.

Дискование заняло промежуточное положение по влиянию на засорённость. Общее количество сорняков составило 30 шт./м<sup>2</sup>, из которых 15 были малолетними, 8 – многолетними и 7 – падалицей пшеницы. Интересно, что по малолетним сорнякам этот способ показал лучший результат по сравнению даже со вспашкой (15 против 23 шт./м<sup>2</sup>). Это можно объяснить тем, что мелкая обработка подрезает сорняки в верхнем слое, предотвращая их дальнейшее развитие. Однако против многолетних видов дискование менее эффективно, чем вспашка, так как не обеспечивает должного подавления их корневой системы. Кроме того, значительное количество падалицы пшеницы – 7 шт./м<sup>2</sup>, указывает на то, что дискование оставляет часть семян в зоне прорастания.

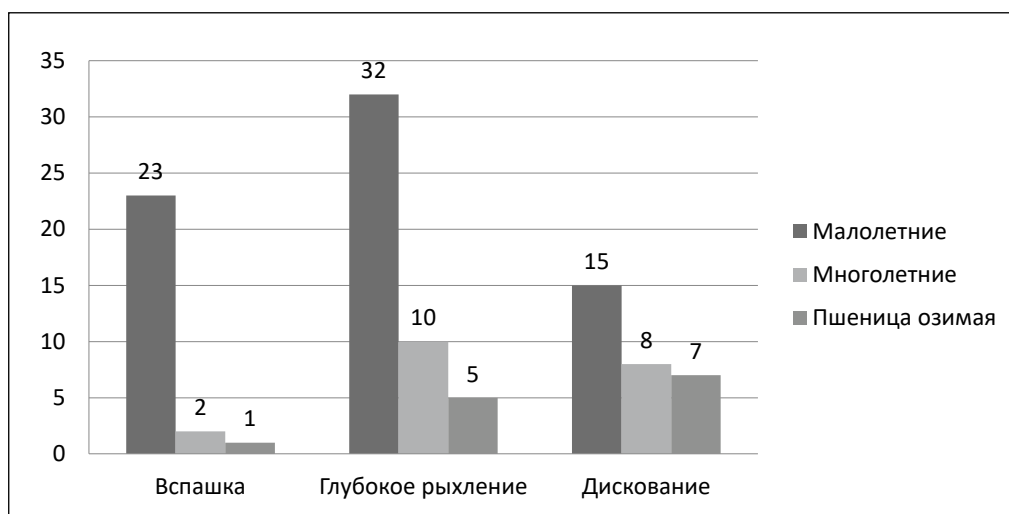


Рисунок 3. Влияние приемов основной обработки почвы на засоренность ячменя, шт./м<sup>2</sup>

Проведенные исследования выявили существенные различия в урожайности пивоваренного ячменя в зависимости от применяемой системы основной обработки почвы. Наибольшая урожайность получена при обработке дискованием – 3,04 т/га, наименьшая – 2,65 т/га при проведении глубокого рыхления почвы (рис. 4).

Для объективной оценки достоверности различий между вариантами был проведен дисперсионный анализ с расчетом наименьшей существенной разницы (НСР). Сравнение средних значений урожайности показало, что разница между дискованием и вспашкой (0,07 т/га) не достигает порога статистической достоверности (НСР<sub>05</sub> = 0,24 т/га). В то же время пре-



имущество дискования перед глубоким рыхлением (0,39 т/га) и вспашки перед глубоким рыхлением (0,32 т/га) является статистически значимым. Эти результаты свидетельствуют о том, что с агрономической точки зрения дискование и вспашка обеспечивают сопоставимые результаты, тогда как глубокое рыхление в данных условиях оказалось менее эффективным.

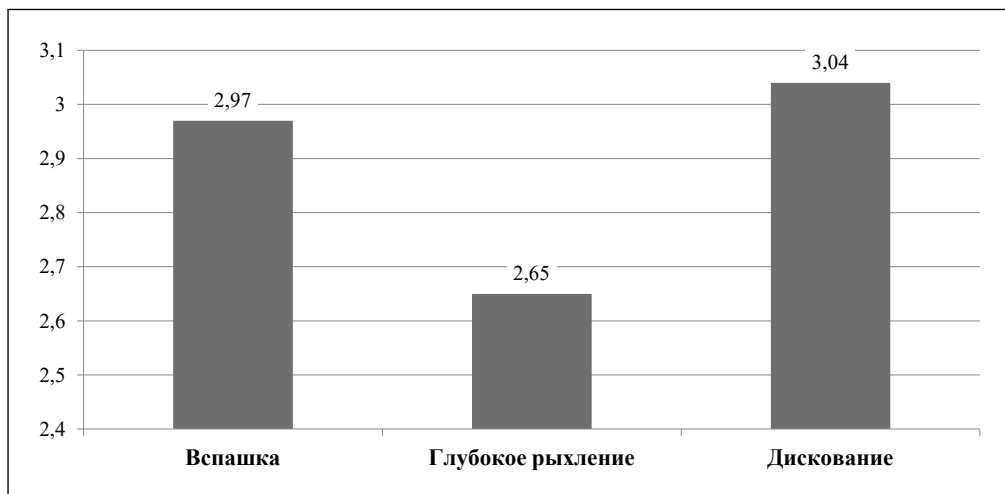


*Рисунок 4. Влияние приемов основной обработки почвы на урожайность ячменя, т/га, 2024 г.*

Таким образом, можно сделать вывод, что приемы основной обработки почвы оказывают различное влияние на степень засоренности посевов ячменя. Наибольшая засоренность отмечена на варианте с проведением глубокого безотвального рыхления почвы на глубину 23 – 25 см – 47 шт./м<sup>2</sup>. Наилучшим приемом основной обработки почвы при выращивании ярового ячменя сорта Травелер на черноземе выщелоченном в условиях Орловской области показала себя вспашка на глубину 20 – 23 см, при проведении которой была получена высокая урожайность – 2,97 т/га в сочетании со снижением засоренности посева многолетними сорными растениями.

## Литература

1. Воронов М. А. Анализ влияния способов основной обработки на сложение и структуру дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы // Научное наследие А. Г. Дояренко – основа в разработке систем земледелия будущего: К 150-летию со дня рождения профессора Алексея Григорьевича Дояренко. – Суздаль-Москва, 2024. – С. 337 – 340.
2. Баздырев Г. И. Агрономическая эффективность почвозащитных обработок и средств химизации при длительном использовании на склоновых землях / Г. И. Баздырев, И. А. Заверткин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 2. – С. 6 – 18.
3. Баздырев Г. И. Почвозащитные обработки почвы и гербициды при возделывании ячменя на склонах / Г. И. Баздырев, И. А. Заверткин // Плодородие. – 2005. – № 2 (23). – С. 34 – 35.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Альянс, 2018. – 351 с.
5. ГОСТ 5060-2021 Ячмень пивоваренный. Технические условия. – М.: Российский институт стандартизации, 2021 – 9 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Матюк Н. С., Мазиров М. А., Усманов Р. Р. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЖИЗНИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОФЕССОРА, АКАДЕМИКА РАСХН А. И. ПУПОНИНА.....</b>                                     | <b>4</b>  |
| <b>Матюк Н. С., Заверткин И. А., Усманов Р. Р. НАУЧНЫЙ ВКЛАД АКАДЕМИКА А. И. ПУПОНИНА В РАЗРАБОТКУ ОСНОВНЫХ ЗВЕНЬЕВ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ.....</b>     | <b>11</b> |
| <b>Матюк Н. С., Савоськина О. А., Заверткин И. А. ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ОКУЛЬТУРИВАНИИ .....</b>                          | <b>24</b> |
| <b>НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ</b>                                                                                                   |           |
| <b>Гулимов К. Х., Баходиров З. А., Ахмедов А. У. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОРОШАЕМЫХ И БОГАРНЫХ СЕРОЗЕМОВ ПАРКЕНТСКОГО РАЙОНА ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ (УЗБЕКИСТАН).....</b> | <b>32</b> |
| <b>Беленков А. И. РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ОПЫТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ СУХОСТЕПНОЙ И НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОН .....</b>                                             | <b>36</b> |
| <b>Гюлалыев Ч. Г. ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ КОЭФФИЦИЕНТАМИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И ВЛАГОПРОВОДНОСТИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДИЕНТА.....</b>                                | <b>41</b> |
| <b>Бузылёв А. В., Мазиров М. А., Тихонова М. В. ВЫБОР ОСНОВНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....</b>              | <b>46</b> |
| <b>Полин В. Д. РОЛЬ ИНТЕНСИВНОСТИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ПРОДУКТИВНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В РАЗЛИЧНЫХ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ .....</b>                                   | <b>51</b> |
| <b>Арефьева В. А. ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИЗУЧЕНИЯ МАССОВЫХ ДАННЫХ В АГРОБИЗНЕСЕ.....</b>                                                                                 | <b>55</b> |
| <b>Железова С. В., Юцис А. Э. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ И АГРОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ПОЧВЕННЫХ СВОЙСТВ ПРИ ЗАКЛАДКЕ ВИНОГРАДНИКА.....</b>  | <b>59</b> |
| <b>Плескачёв Ю. Н., Анишко М. Ю., Новосельцев С. Н. ВЛИЯНИЕ ПРИЁМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НА СТРУКТУРУ УРОЖАЯ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО .....</b>      | <b>62</b> |
| <b>Анишко М. Ю., Огурцова А. Л. БАЗОВАЯ, ИНТЕНСИВНАЯ И ВЫСОКОИНТЕНСИВНАЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ.....</b>                                                            | <b>65</b> |
| <b>Замятин С. А., Манишкин С. Г. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ОВСА ОТ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ MARI FERTI.....</b>                                       | <b>68</b> |
| <b>Савоськина О. А., Чебаненко С. И., Тараканов Р. И. РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЛЬНОСОЛОМЫ ПРИ РАЗНЫХ УРОВНЯХ ИНТЕНСИВНОСТИ.....</b>                                   | <b>73</b> |
| <b>Алдошин Н. В., Цыгуткин А. С. ОБРАБОТКА ПОЧВЫ НА РАЗНУЮ ГЛУБИНУ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР .....</b>                                                       | <b>78</b> |
| <b>Гудимо В. В., Джафаров В. В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО.....</b>                                                                 | <b>81</b> |
| <b>Персикова Т. Ф., Мурзова О. В., Валеяша Е. Ф. МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ МЕЖДУ ТУРАМИ АГРОХИМИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ .....</b>                      | <b>85</b> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Бекбанов Б. А., Турдышев Б. Х., Нагыметов О. Н. ПРИМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ ПОД ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЕЙ ПРИ ДВУХЪЯРУСНОЙ И ОБЫЧНОЙ ВСПАШКЕ .....</b>                                                                                              | <b>89</b>  |
| <b>Солодун В. И., Амакова Т. В., Рябинина О. В. ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТОВ ПРИ РАЗНЫХ СИСТЕМАХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ЛЕСОСТЕПИ ПРЕДБАЙКАЛЬЯ .....</b>                                                                                              | <b>92</b>  |
| <b>Тимофеев О. В. СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ГЕНОТИПОВ МИСКАНТУСА В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ ПОЛОСЫ РОССИИ.....</b>                                                                                                                                                             | <b>96</b>  |
| <b>Царева М. В. ОЦЕНКА БАЛАНСА ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ЗЕРНО-ПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ ПРИ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ УДОБРЕНИЙ .....</b>                                                                                                                                 | <b>98</b>  |
| <b>РЕГУЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ В СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ</b>                                                                                                                                         |            |
| <b>Кильдюшкин В. М., Моргачева С. Г., Животовская Е. Г., Лукьянова Е. Н. ВЛИЯНИЕ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И АГРОМЕЛИОРАНТА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ.....</b>                                        | <b>103</b> |
| <b>Перевертгин К. А., Васильев Т. А. РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ УЧЁТА РИСКОВ ДЛЯ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД КАК ПОДСИСТЕМЫ ПРОЕКТА «ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ПОЧВЫ» .....</b>                                                                                               | <b>105</b> |
| <b>Касатиков В. А., Шабардина Н. П. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ФЕКТИВНОСТЬ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ РАЗЛИЧНЫХ АГРОХИМИКАТОВ НА АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛЕВОГО АГРОЦЕНОЗА, УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР .....</b>                                                                    | <b>109</b> |
| <b>Ташкузиев М. М., Мустафаева С. Ч., Бердиев Т. Т., Усанбаев Н. Х. ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ФОРМ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ФОСФОРИТОВ КИЗИЛКУМОВ НА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ НА ПРЕВРАЩЕНИЕ И ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДОСТУПНЫХ РАСТЕНИЯМ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ .....</b>  | <b>116</b> |
| <b>Броварова О. В., Перовский И. А., Шушков Д. А., Бурцев И. Н., Веселков Е. А., Игнатъев Г. В. ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В КАЧЕСТВЕ МЕЛИОРАНТОВ ДЛЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВ .....</b> | <b>123</b> |
| <b>Замятин С. А., Манишкин С. Г. ВЛИЯНИЕ ВИДОВ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ.....</b>                                                                                                                                                               | <b>127</b> |
| <b>Зинченко С. И., Зинченко М. К., Рыжова Л. Е., Князева И. В. СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНЫЙ СОСТАВ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В ЗЕРНОТРАВЯНОМ СЕВООБОРОТЕ ПОД ЯЧМЕНОМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ .....</b>                                                     | <b>131</b> |
| <b>Замятин С. А., Манишкин С. Г., Габдуллин В. Р. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ИХ КОМБИНАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ МАРИЙСКОГО РЕГИОНА .....</b>                                            | <b>135</b> |
| <b>Мокина М. С., Морев Д. В. ОЦЕНКА ПРОФИЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ЛОКАЛЬНО НАРУШЕННЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ Халикулов Ш. Т., Мазиров М. А., Рагимов А. О. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА РГАУ-МСХА ИМЕНИ К. А. ТИМИРЯЗЕВА.....</b>     | <b>140</b> |

## **ТЕПЛОМЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ И УРОЖАЙНОСТЬ ТАБАКА**

|                                                                                                                                                                                                |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Зинченко С. И., Рыжова Л. Е., Князева И. В. СТРУКТУРА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В ЗЕРНОТРАВЯНОМ СЕВООБОРОТЕ ПОД ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМА ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ.....</b>                | <b>150</b> |
| <b>Рагимов А. О., Мазиров М. А. ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР АГРОФИТОЦЕНОЗА ПРИ РАЗЛИЧНОМ УРОВНЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ .....</b>                                                       | <b>154</b> |
| <b>Белопухов С. Л., Абрамов М. В., Головань Н. С. ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА ПРИ РАЗНЫХ СИСТЕМАХ ПИТАНИЯ .....</b> | <b>162</b> |
| <b>Плескачѳв Ю. Н., Тютюма Н. В., Старцев С. В., Шеремет П. Н. ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И УРОЖАЙНОСТЬ БИОМАССЫ КАПУСТЫ В ОВОЩНЫХ СЕВООБОРОТАХ .....</b>                                     | <b>165</b> |
| <b>Новиков А. А., Лысенко И. И. БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВОЙ КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ .....</b>                     | <b>168</b> |
| <b>Шентерова Е. М. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ПОЧВ НА МЕСТЕ ГАРИ ЛЕСОВ КОВРОВСКОГО РАЙОНА ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ.....</b>                                                              | <b>171</b> |
| <b>Замятин С. А., Манишкин С. Г. ВОЗДЕЙСТВИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УДОБРЕНИЙ НА СТРУКТУРУ ПОЧВЕННОЙ МИКРОБИОТЫ.....</b>                                                                                | <b>174</b> |
| <b>Сѳмина Н. И., Галаганов П. А. ВЛИЯНИЕ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПОДСОЛНЕЧНИКА .....</b>                                                  | <b>177</b> |
| <b>Анишко М. Ю., Рогачѳв М. В. ПРОДУКТИВНОСТЬ ТОМАТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОЛИАРНЫХ ПОДКОРМОК В СЕВЕРНОМ ПРИКАСПИИ .....</b>                                                                      | <b>181</b> |
| <b>Баматов И. М., Андросов П. А., Подолян Е. Н., Даудов И. Л. ПРИМЕНЕНИЕ ЛИСТОВЫХ ПОДКОРМОК ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ.....</b>                                                                | <b>184</b> |
| <b>Зинченко М. К., Автономова И. Н. МИКРОБИОМ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ СО ВТОРЫМ ГУМУСОВЫМ ГОРИЗОНТОМ В АГРОЛАНДШАФТАХ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЬЯ.....</b>                                                 | <b>188</b> |
| <b>Джалилова Г. Т., Рахматов Х. Н. ГИС-МОНИТОРИНГ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛУГОВО-АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЕМ.....</b>                                              | <b>192</b> |
| <b>РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ – ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ СБАЛАНСИРОВАННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ</b>                                                                                                |            |
| <b>Чернов О. С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЛАГИ ЗЕРНОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ В АГРОЭКОСИСТЕМАХ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЬЯ .....</b>                                                                                      | <b>197</b> |
| <b>Мельченко А. И., Погорелова В. А. МИГРАЦИЯ ТЕХНОГЕННОГО РАДИОНУКЛИДА В ЗВЕНЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕПИ «ПОЧВА – ДРЕВЕСНОЕ РАСТЕНИЕ» .....</b>                                                            | <b>204</b> |
| <b>Баракаев И. Р., Баракаев Н. Р., Ражабов А. Р. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СЕПАРИРОВАНИЯ ЗЕРНА .....</b>                                                                     | <b>208</b> |
| <b>Гвоздь В. К., Шаламов Д. И., Андрушук Н. А. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ И РИСКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЛАГОЛЮБИВЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА УРБОЭКОСИСТЕМ .....</b>                            | <b>216</b> |
| <b>Ахмедов М. И., Шарипов О. Б. ХАРАКТЕРИСТИКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ИНТЕНСИВНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ОРОШАЕМЫХ ПОЧВАХ БУХАРСКОГО ОАЗИСА.....</b>                                               | <b>219</b> |

|                                                                                                                                                                                            |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Фенова О. А., Викулина Е. В., Булатова С. А. НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОРТА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ, АДАПТИРОВАННЫЕ К УСЛОВИЯМ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ РФ И РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....</b>     | <b>224</b> |
| <b>Шарипов О. Б., Одилов Ш. Э. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ БУХАРСКОГО ОАЗИСА.....</b>                                                                              | <b>230</b> |
| <b>Мазиров М. А., Рагимов А. О., Рагимова К. О. ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ .....</b>                                                                           | <b>233</b> |
| <b>Воронов М. А. ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ И СВОЙСТВ ПАХОТНОГО СЛОЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ .....</b> | <b>236</b> |
| <b>Апаева Н. Н., Манишкин С. Г. ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛИРОВАННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО МОРКОВИ СТОЛОВОЙ .....</b>                                                      | <b>238</b> |
| <b>Замятин С. А., Манишкин С. Г., Габдуллин В. Р. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ ИЗ КУРИНОГО ПОМЕТА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ БЕЛОКОЧАННОЙ КАПУСТЫ.....</b>                     | <b>242</b> |
| <b>Винокуров И. Ю. ВЛИЯНИЕ ГИДРОХЛОРИДА ХИТОЗАНА И ГЛИЦИНА НА ПАРАМЕТРЫ НИТРИФИКАЦИИ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЯ .....</b>                                                       | <b>246</b> |
| <b>Михайлова М. Ю. СЕРНЫЙ БЕНТОНИТ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО В ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН .....</b>                                            | <b>250</b> |
| <b>ГЛОБАЛЬНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА, ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭКОСИСТЕМЫ</b>                                                                                                                             |            |
| <b>Фенова О. А., Викулина Е. В., Булатова С. А. КОНКУРСНОЕ СОРТОИСПЫТАНИЕ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В ФГБНУ «ВЕРХНЕВОЛЖСКИЙ ФАНЦ» .....</b>                                             | <b>254</b> |
| <b>Серёгин И. А. ПРИМЕНЕНИЕ ИОТ-СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ФАР ДЛЯ ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОГО БАЛАНСА АГРОЭКОСИСТЕМ.....</b>                                                                            | <b>259</b> |
| <b>Александров Н. А., Ярославцев А. М. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВНУТРИСЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ВАЛОВОЙ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ПОСЕВОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ .....</b>        | <b>261</b> |
| <b>Жигалева Я. С. ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ЛУГОВОГО СКЛОНА ПРИТОКА Р. БЕЛОЗЕРКА.....</b>                                                                                       | <b>265</b> |
| <b>Илюшкова Е. М. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОЙ ТАЙГИ НА ПРИМЕРЕ ЦЛГПБЗ.....</b>                              | <b>269</b> |
| <b>Корсикова С. А., Сапожников П. М. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ РЕГИОНОВ СИБИРИ .....</b>                                              | <b>273</b> |
| <b>Шехтер К. П., Сапожников П. М. ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА .....</b>                                                               | <b>277</b> |
| <b>Сапожников П. М., Мазиров М. А., Аникин Н. А. АНАЛИЗ КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ВЛАДИМИРСКОЙ И НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТЕЙ .....</b>                                  | <b>280</b> |
| <b>НАУКА – МОЛОДЫМ</b>                                                                                                                                                                     |            |
| <b>Абрамкина К. А., Сиренко Д. В. НАУЧНЫЙ ПУТЬ А. И. ПУПОНИНА – ПРИМЕР САМООТВЕРЖЕННОГО СЛУЖЕНИЯ АГРАРНОЙ НАУКЕ .....</b>                                                                  | <b>284</b> |

|                                                                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Семин А. А.</b> ВКЛАД АГРОНОМИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА ТИМИРЯЗЕВСКОЙ АКАДЕМИИ В ПОБЕДУ В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ .....                                                                                                | 289 |
| <b>Аракелян В. Р.</b> НАУКА НА СЛУЖБЕ РОДИНЕ.....                                                                                                                                                                      | 293 |
| <b>Большев Н. А.</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ .....                                                                                             | 296 |
| <b>Гололобов С. Н.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ .....                                                                                                                                        | 301 |
| <b>Капленко А. Н.</b> ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ГИБРИДОВ ПЕРЦА СЛАДКОГО В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ .....                                                                                             | 307 |
| <b>Куртукова К. Р.</b> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОБУСОВ НА ВОЗДУШНУЮ СРЕДУ Г. МОСКВЫ.....                                                                                                                                   | 310 |
| <b>Гвоздь В. К., Козельский И. К., Курбонов С. Б.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ И ПЕРЛИТА НА СОДЕРЖАНИЕ МЕДИ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОЧНОГО СКЛОНА.....                                               | 314 |
| <b>Калякина А. И.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ В УСЛОВИЯХ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА РГАУ – МСХА ИМЕНИ К. А. ТИМИРЯЗЕВА .....                                    | 317 |
| <b>Широкова А. В.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ В УСЛОВИЯХ ЛОКАЛЬНО-ЗАГРЯЗНЕННОГО УЧАСТКА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА РГАУ-МСХА ИМЕНИ К. А. ТИМИРЯЗЕВА ..... | 321 |
| <b>Кономанин М. П.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭМИССИИ CO <sub>2</sub> ИЗ РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ ПОЧВ ПРИ ВНЕСЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И ФОСФОГИПСА .....                                                                    | 325 |
| <b>Соломатин М. М.</b> МЕТОДЫ БОРЬБЫ С МУЧНИСТЫМ ЧЕРВЕЦОМ В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА .....                                                                                                                          | 328 |
| <b>Abakar Ousmane Mahamat.</b> THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS AND MANURE ON THE YIELD OF SEEDLESS POTATOES IN A LONG-TERM FIELD EXPERIMENT .....                                                                    | 331 |
| <b>Кротов А. А.</b> СТРОЕНИЕ ПАХОТНОГО СЛОЯ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ ФАКТОРОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ.....                                                                                       | 334 |
| <b>Баадже Я. В.</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА .....                                                                                                                             | 340 |
| <b>Андрущук Н. А.</b> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭМИССИЮ CO <sub>2</sub> ИЗ ГАЗОННЫХ ЭКОСИСТЕМ НА СКЛОНАХ.....                                                                                           | 346 |
| <b>Зуйкова Е. Ю.</b> ДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНОЙ ШИРИНЫ МЕЖДУРЯДИЙ В ЛЕНТЕ ПРИ ШИРОКОРЯДНОМ СПОСОБЕ ПОСЕВА НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВАЙДЫ КРАСИЛЬНОЙ.....                                                                   | 349 |
| <b>Дёмкина А. С.</b> ДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНЫХ УДОБРЕНИЙ НА АГРОФИТОЦЕНОЗ ПОСЕВОВ КЛЕВЕРА .....                                                                                                                               | 353 |
| <b>Козельский И. К.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВОУЛУЧШАЮЩИХ ДОБАВОК ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ГАЗОНОВ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ .....                                                                                                | 356 |
| <b>Воронов М. А.</b> ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ПРИЁМОВ ВНЕСЕНИЯ ПОЖНИВНОГО СИДЕРАТА И СОЛОМЫ НА ПОЧВЕННУЮ ПЛОТНОСТЬ В ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЦРНЗ РФ .....                                                            | 359 |

|                                                                                                                                                                                                                      |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Константинов М. А., Соловьев Г. И. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ФИТОСАНИТАРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ИНТЕНСИВНОСТИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ МОСКВЫ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....</b> | <b>362</b> |
| <b>Кузов Н. А. ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ И МИГРАЦИИ МЕДИ В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ НА ВИНОГРАДНИКЕ И ЗАЛЕЖИ В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ .....</b>                                                                      | <b>367</b> |
| <b>Шейкина Л. С. ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И ДОЗ АЗОТНОЙ ПОДКОРМКИ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ.....</b>                                                                                  | <b>370</b> |
| <b>Копытина А. В. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТИ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ .....</b>                                                                                                                    | <b>375</b> |
| <b>Раевская О. М. МИСКАНТУС ГИГАНТСКИЙ – НЕПРИХОТЛИВАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА ДЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ.....</b>                                                                                                          | <b>378</b> |
| <b>Резакина А. В. ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ В УСЛОВИЯХ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ АО «БАШМАКОВСКИЙ ХЛЕБ».....</b>                                                                | <b>383</b> |
| <b>Талалай А. А. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА .....</b>                                                                                                                   | <b>386</b> |
| <b>Баронова В. А. ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ЗАСОРЕННОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯЧМЕНЯ ПИВОВАРЕННОГО В УСЛОВИЯХ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ .....</b>                                                              | <b>390</b> |

*Научное издание*

12+

**Научно-практическое наследие А. И. Пупонина –  
основа разработки и совершенствования  
адаптивно-ландшафтных систем земледелия**

*Коллективная монография*

***К 85-летию со дня рождения академика РАСХН  
Анатолия Ивановича Пупонина***

Ответственные за выпуск:  
Е. В. Викулина, М. А. Воронов

Макет, верстка, обложка: ООО «ПресСто»

Подписано в печать 15.12.2025. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Усл. печ. л. 46,5. Тираж 50 экз. Заказ 8686. Изд. № 233

Издательско-полиграфический комплекс «ПресСто»  
153025, г. Иваново, ул. Дзержинского, 39, строение 8  
Тел.: 8-930-330-26-30. E-mail: [pressto@mail.ru](mailto:pressto@mail.ru)