

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ /
AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY, LAND IMPROVEMENT<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.2.328-338>

УДК 631.51:631.4

Эффективность ресурсосберегающих приемов обработки тёмно-серой лесной почвы в звене севооборота

© 2025. Д. А. Дементьев ✉, И. Ю. Иванова, А. А. Фадеев

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

В статье рассматривается воздействие различных агрегатов для основной осенней обработки тёмно-серой лесной почвы на её агрофизические показатели, продуктивность и экономическую эффективность звена севооборота. Опыт проводили в условиях Чувашской Республики в звене севооборота «яровая пшеница – горох – озимая рожь» (2022–2024 гг.). Варианты осенней обработки почвы: отвальная вспашка ПЛН-3-35 на глубину 20–22 см (контроль); безотвальные обработки – стерневая культивация КОС-3.0 на 14–16 см, дискование агрегатом БДМ-4-3,2 на 12–14 см; без осенней обработки. Предпосевную культивацию во всех вариантах опыта выполняли комбинированным орудием Паук-6 на 6–8 см. По значениям гидротермического коэффициента (ГТК) условия вегетации в 2022 году были оптимальными для возделывания культур (ГТК = 1,0), в 2023–2024 гг. – сильно засушливыми (ГТК = 0,6). Наибольший эффект среди вариантов осенней обработки почвы получен при безотвальной стерневой культивации: плотность почвы незначительно отличалась от вспашки; запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–30 см превышали контроль на 1,9–5,5 %; отмечен более высокий коэффициент структурности почвы (3,3) по сравнению с остальными вариантами опыта (3,0...2,7); продуктивность звена севооборота (8,53 т/га зерн. ед.) получена на уровне контроля (8,83 т/га зерн. ед.); рентабельность возделывания культур в звене севооборота составила 25,1 %, на 11,1 % выше контроля. Вариант опыта без осенней обработки почвы (предпосевная культивация комбинированным агрегатом Паук-6), несмотря на существенное снижение продуктивности звена севооборота (6,94 т/га зерн. ед.), выделился по рентабельности производства продукции (59,4 %) за счёт существенного сокращения прямых затрат. Кроме того, отмечено благоприятное влияние минимальной обработки на структуру почвы (доля фракций <0,25 мм на 58 % ниже, чем по вспашке) и сохранение запасов продуктивной влаги.

Ключевые слова: вспашка, минимальная обработка, структура почвы, ресурсосбережение, комбинированный агрегат

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № FNWE-2022-0005).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Дементьев Д. А., Иванова И. Ю., Фадеев А. А. Эффективность ресурсосберегающих приемов обработки тёмно-серой лесной почвы в звене севооборота. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025;26(2):328–338. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.2.328-338>

Поступила: 05.02.2025

Принята к публикации: 15.04.2025

Опубликована онлайн: 29.04.2025

The effectiveness of resource-saving methods of tillage of dark gray forest soil in the crop rotation link

© 2025. Dmitriy A. Dementyev ✉, Inga Yu. Ivanova, Andrey A. Fadeev

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The article examines the impact of various aggregates for primary autumn tillage of dark gray forest soil on its agrophysical parameters, productivity and economic efficiency of the crop rotation link. The experiment was carried out in the conditions of the Chuvash Republic in the "spring wheat – peas – winter rye" crop rotation (2022–2024). Autumn tillage variants were: moldboard ploughing with PLN-3-35 plow to a depth of 20–22 cm (control); nonmoldboard tillage - stubble cultivation with KOS-3.0 to 14–16 cm, disking with BDM-4-3.2 unit to 12–14 cm; without autumn tillage. Pre-sowing cultivation for all experimental variants was carried out with a combined Pauk-6 implement to 6–8 cm. According to the values of the hydrothermal coefficient (HTC), the vegetation conditions in 2022 were optimal for crop cultivation (HTC = 1.0), and in 2023–2024 they were severely arid (HTC = 0.6). The greatest effect among the autumn tillage variants was obtained with nonmoldboard stubble cultivation: the soil density slightly differed from plowing, and the reserves of productive moisture in the 0–30 cm soil layer exceeded the control by 1.9–5.5 %; a higher soil pedality coefficient (3.3) was noted compared to the other experimental variants (3.0...2.7); the productivity of the crop rotation link (8.53 t/ha grain units) was obtained at the control

level (8.83 t/ha grain units); the profitability of crop cultivation in the crop rotation link was 25.1 %, by 11.1 % above control. A variant of the experiment without autumn tillage (pre-sowing cultivation with a combined Pauk-6 unit), despite a significant decrease in the productivity of the crop rotation link (6.94 t/ha of grain units), stood out in terms of profitability of production (59.4 %) due to a significant reduction in direct costs. In addition, the beneficial effect of minimal tillage on the soil structure (the portion of fractions <0.25 mm is 58 % lower than after plowing) and the preservation of productive moisture reserves was noted.

Keywords: plowing, minimal tillage, soil structure, resource conservation, combined unit

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. FNWE-2022-0005).

The authors thank the reviewers for their contributions to the peer review of this work.

Conflict of Interest: the authors have declared no conflict of interest.

For citation: Dementyev D. A., Ivanova I. Yu., Fadeev A. A. The effectiveness of resource-saving methods of tillage of dark gray forest soil in the crop rotation link. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostok* = Agricultural Science Euro-North-East. 2025;26(2):328–338. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.2.328-338>

Received: 05.02.2025

Accepted for publication: 15.04.2025

Published online: 29.04.2025

Всё чаще приверженцы традиционного сельского хозяйства сталкиваются с нехваткой производственных ресурсов при низкой эффективности отрасли. По мнению отечественных и зарубежных исследователей, традиционная система земледелия часто характеризуется высокими темпами потребления энергии ископаемого топлива, чрезмерным использованием питательных веществ, деградацией почвы [1]. Агроклиматический потенциал большей части регионов России существенно ниже, чем в ведущих западных странах, поэтому сельское хозяйство имеет повышенную потребность в топливно-энергетических, технических и прочих ресурсах. В сравнении со странами-лидерами производительность труда в отрасли ниже, а энергоёмкость продукции выше. Это делает проблему ресурсосбережения в аграрном секторе особенно актуальной. Один из способов сокращения ресурсозатрат – это минимизация обработок почвы и внедрение комбинированных агрегатов [2]. Следует учитывать, что использование различных почвообрабатывающих агрегатов и орудий при создании благоприятных условий для возделывания культурных растений приводит к распылению почвы, развитию процессов эрозии и дефляции. Поэтому перед земледельцем, помимо получения урожая, стоит задача по сохранению почвенного ресурса. Кроме внедрения комбинированных агрегатов, желательно дополненных мульчирующими катками, этому способствует и внесение органического вещества, в том числе самого доступного – побочной продукции растениеводства, особенно зерновых культур [3, 4]. Минимизация обработки почвы существенно сокращает потери питательных элементов, фракций пыли и ила, улучшает водопроницаемость и водостойкость агрегатов, хотя доля глыбистых фракций при этом увеличивается [5].

Основные агротехнические факторы снижения отрицательного воздействия климатических условий – это обоснованные севообороты и рациональные технологии обработки почвы. Важно определить оптимальные варианты воздействия на почву для получения хороших урожаев и сокращения ресурсозатрат. Для изучения данного вопроса проведены исследования в различных агроклиматических условиях. Так, в опытах Ульяновского ГАУ решающим фактором при получении высокой урожайности являлась именно обработка почвы. Урожайность культур была наибольшей при комбинированной обработке, когда за 6-польную ротацию севооборота проводили 2 вспашки и безотвальную обработку, по сравнению с дискованием, безотвальным рыхлением и плоскорезной обработкой [6, 7]. В Самарской области при возделывании ячменя замена вспашки на поверхностное рыхление агрегатом ОПО-4,25 привела к прибавке урожайности на 14,6 %. Однако только лишь знание об увеличении или уменьшении продуктивности не даёт понимания, как обработки влияют на почву [8]. В опытах Курского федерального аграрного научного центра выявили, что при вспашке, несмотря на снижение плотности почвы в посевах сои, в структурно-агрегатном составе содержание частиц почвы менее 0,25 мм было почти в два раза больше, чем при комбинированной, поверхностной обработке или прямом посеве [9]. Похожий результат получили в исследованиях Башкирского НИИСХ на чернозёме в посевах яровой пшеницы [10] и Чувашского НИИСХ в зернопаропропашном севообороте на серой лесной почве [11], где вспашка увеличивала содержание пылеватых частиц, способствуя разрушению почвы сильнее, чем ресурсосберегающие технологии подготовки почвы.

При этом важно учитывать и экономическую составляющую. Так, на черноземах Воронежской области максимальный уровень рентабельности возделывания ячменя получен по вспашке, где урожайность на 5 % превысила вариант с безотвальной обработкой культиватором Top Down и на 19 % – вариант с двукратным дискованием [12]. Исследования З. М. Азизова с соавт. на черноземе южном Нижнего Поволжья продемонстрировали, что на озимой пшенице по уровню рентабельности, затратам труда, топлива и энергии наряду с ежегодной глубокой вспашкой наилучший результат обеспечивала комбинированная разноглубинная обработка почвы [13].

Таким образом, в разных почвенно-климатических условиях могут быть получены различные результаты. Актуальность исследований ресурсо- и почвосберегающих технологий на тёмно-серой лесной почве Чувашской Республики несомненна.

Цель исследования – изучить воздействие различных агрегатов для основной подготовки тёмно-серой лесной почвы на её агрофизические свойства, продуктивность и экономическую эффективность звена севооборота.

Научная новизна – сравнивается действие ресурсосберегающих приемов основной обработки почвы в звене севооборота с целью определения их эффективности на тёмно-серой лесной почве Чувашской Республики.

Материал и методы. В статье приводятся данные исследований за 2022–2024 гг., проведенных на тёмно-серой лесной тяжелосуглинистой почве в многолетнем стационарном опыте Чувашского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока.

Агрохимическая характеристика почвы участка следующая: гумус (по Тюрину) – 5,6 %; подвижный фосфор – 156,3 мг/кг и обменный калий – 59,0 мг/кг почвы (по Кирсанову); сумма поглощённых оснований (по Каппену) – 16,4 ммоль/100 г почвы; pH_{KCl} – 5,01.

Схема опыта приведена в таблице 1. Варианты основной осенней обработки почвы различались способами (отвальная, безотвальная) и приемами: вспашка ПЛН-3-35 на глубину 20–22 см; культивация комбинированным стерневым культиватором KOS-3.0 на 14–16 см; дискование агрегатом БДМ-4-3,2 на 12–14 см. В схему опыта введен вариант без основной

осенней обработки. В качестве контрольного варианта принята традиционная отвальная обработка почвы. Систему обработки почвы завершала весенняя предпосевная культивация комбинированным орудием Паук-6 с глубиной воздействия 6–8 см (единая по всем изучаемым вариантам).

Опыт заложен в трех повторностях. Делянки размещены систематически. Общая площадь каждой элементарной делянки – 420 м² (6 м x 70 м), учетная – 100 м².

Исследовательскую работу проводили в звене севооборота: яровая пшеница сорт Архат (2022 г.) – горох сорт Гунтер (2023 г.) – озимая рожь сорт Графиня (2024 г.).

Культуры возделывали по рекомендациям для данного региона¹. Зерновые высевали сеялкой СЗ-5,4 с нормой высева 5 млн всхожих семян на га. Урожай убирали комбайном Samro 500. Побочную продукцию оставляли в поле.

Общую скважность почвы определяли в слое 0–30 см, отбирая образцы буром Некрасова каждые 10 см. Агрегатный состав определяли сухим разделением на фракции по методу Н. И. Саввинова². Закладку полевого опыта и обработку данных методом дисперсионного анализа проводили по методике Б. А. Доспехова³.

В исследуемый период наблюдались следующие агрометеорологические условия. В 2022 году выпавшие осадки за апрель и май значительно превышали среднееголетние значения, при этом май был холодным. Июнь и июль характеризовались оптимальными для роста и развития растений температурными показателями. Несмотря на то, что за июнь выпала лишь половинная норма осадков, почва была насыщена влагой, выпавшей за предыдущий период. В июле осадков зафиксировано 164 % от нормы при среднемесячной температуре воздуха на уровне 20,4 °С. Очень стрессовым для растений сложился август – самый жаркий и засушливый месяц. За весь период выпало лишь 3 мм осадков, при этом температурный режим отличался повышенными показателями – 21,9 °С, что на 4,2 °С выше нормы. Гидротермический коэффициент (ГТК) за май – август составил 1,0.

В 2023 году апрель выдался сухим и жарким, за счёт чего почва очень быстро высохла. Только в конце мая прошли дожди, по сумме

¹ Система земледелия Чувашской Республики на 1996–2000 годы. Чебоксары, 1996. 240 с.

² Самофалова И. А., Лобанова Е. С. Почвоведение: лабораторный практикум. Пермь, 2021. 140 с.

³ Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: «Колос», 1973. 336 с.

осадков чуть превышающие среднесезонные показатели. Июнь и первая декада июля также были засушливыми. За весь август выпало лишь 13 мм осадков. ГТК за сезон составил 0,6, что свидетельствует о существенном недостатке увлажнения.

В зимний период 2023-2024 гг., несмотря на появление устойчивого снежного покрова лишь в третьей декаде ноября, сильных морозов не наблюдали, и высокий снежный покров позволил перезимовать посевам озимых благополучно. С первой же декады апреля снег быстро стаял, и почва прогрелась до положительных температур. Затем во вторую и третью декады апреля выпало 75 мм осадков. Влага в почве, накопленная с осенними осадками, весенними паводковыми водами и апрельскими дождями, дала возможность озимой культуре перенести дальнейшую летнюю засуху без критического ущерба в отличие от яровых. Май был холодным и первая декада дождливая, далее до конца июля условия отличались самым дефицитом осадков. С середины мая до конца первой декады августа ГТК составил лишь 0,6. Сроки уборки зерновых были сорваны из-за того, что в начале августа пошли ливневые

дожди, которые продолжались с перерывами около двух недель. Подсыхание почвы заняло почти неделю, что сдвинуло начало уборки более чем на три недели. Такие условия позволили озимым получить хорошее развитие в начале вегетации, но прирост урожая проходил в очень неблагоприятных условиях. Задержка уборки из-за ливней привела к прорастанию отдельных зёрен в колосе на корню.

Результаты и их обсуждение. Для развития корневой системы растений очень важным показателем является плотность почвы. Для серых лесных почв со средне- и тяжелосуглинистым составом для зерновых культур оптимальной считается плотность 1,0–1,3 г/см³ [14]. Между тем, ряд исследователей считает, что оптимальной плотностью посевного слоя почвы является 1,3–1,4 г/см³, а над семенами почва должна быть рыхлой (без уплотнения) – 0,95–1,00 г/см³ [15].

Переуплотнение приводит к уменьшению воздухопроницаемости и содержания доступной влаги в корнеобитаемом слое. В таблице 1 указана объёмная масса почвы в опыте в начале и конце ротации звена севооборота.

Таблица 1 – Изменение плотности почвы за ротацию звена севооборота в зависимости от приёмов основной обработки почвы /

Table 1 – Change in soil density in the crop rotation link depending on the methods of basic tillage

Вариант основной обработки почвы / Basic tillage variant		Слой почвы, см / Soil layer, cm	Плотность почвы, г/см ³ / Soil density, g/cm ³	
			в начале ротации / at the beginning of rotation	в конце ротации / at the end of the rotation
Отвальная / Moldboard tillage	вспашка (контроль) / plowing (control)	0–10	0,93	1,01
		10–20	0,97	1,07
		20–30	1,18	1,21
Безотвальная / Nonmoldboard tillage	культивация / cultivation	0–10	0,96	1,03
		10–20	1,02	1,10
		20–30	1,24	1,26
	дискование / disking	0–10	0,97	1,05
		10–20	1,14	1,07
		20–30	1,25	1,28
Без основной обработки / Without basic tillage		0–10	0,99	1,15
		10–20	1,17	1,19
		20–30	1,28	1,30

Верхний слой почвы 0–10 см, за счёт воздействия на него комбинированного агрегата Паук-6 во всех вариантах до посева имел значение меньше 1,0 г/см³, но по вспашке отмечена наименьшая объёмная масса. Значения

плотности почвы после проведения осенью культивации и дискования незначительно отличались от контроля. Наибольшее уплотнение наблюдали в варианте без осенней подготовки почвы, когда, кроме предпосевной культи-

вазии на глубину семенного ложа, не проводили никаких дополнительных обработок. Особенно это заметно в слое 10–20 см, где плотность в сравнении с контролем увеличилась на 0,20 г/см³ в начале ротации и на 0,12 г/см³ в конце ротации, в слое 20–30 см – на 0,10 и 0,09 г/см³ соответственно. Плотность почвы – это динамический показатель, который зависит от множества факторов, по нему можно судить о том, что вспашка оказывает самое положительное воздействие на данный показатель. Во всех вариантах основной обработки плот-

ность почвы снижалась в сравнении с вариантом без основной подготовки.

Не менее важен и такой лимитирующий для сельскохозяйственных культур фактор, как содержание в почве продуктивной влаги. В большинстве регионов именно она максимально влияет на итоговую урожайность. В течение ротации общая тенденция изменения влаги на всех культурах была идентичная, динамика её запасов в пахотном слое на примере яровой пшеницы приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние приемов основной обработки почвы на динамику запасов продуктивной влаги в посевах яровой пшеницы, мм (2022 г.) /

Table 2 – The influence of basic tillage techniques on the dynamics of productive moisture reserves in spring wheat crops, mm (2022)

<i>Слой почвы, см / Soil layer, cm</i>	<i>После посева / After sowing</i>	<i>% от контроля / % of the control</i>	<i>Колошение – цветение / Earing–flowering</i>	<i>% от контроля / % of the control</i>	<i>После уборки / After harvesting the grain</i>	<i>% от контроля / % of the control</i>
Вспашка (контроль) / Plowing (control)						
0–10	16,8	100	16,7	100	9,6	100
10–20	18,8	100	21,7	100	12,2	100
20–30	18,1	100	19,6	100	12,5	100
Сумма / Total	53,7	100	58,0	100	34,3	100
Культивация / Cultivation						
0–10	16,6	98,8	18,3	109,6	10,2	106,3
10–20	17,9	95,2	21,6	99,5	13,1	107,4
20–30	18,8	103,9	19,2	98,0	12,9	103,2
Сумма / Total	53,3	99,3	59,1	101,9	36,2	105,5
Дискование / Disking						
0–10	16,6	98,8	16,3	97,6	8,5	88,5
10–20	18,1	96,3	19,5	89,9	12,4	101,6
20–30	17,9	98,9	17,7	90,3	11,0	88,0
Сумма / Total	52,6	98,0	53,5	92,2	31,9	93,0
Без основной обработки / Without basic tillage						
0–10	16,1	95,8	17,1	102,4	9,5	99,0
10–20	17,7	94,1	21,5	99,1	12,7	104,1
20–30	17,8	98,3	20,5	104,6	12,7	101,6
Сумма / Total	51,6	96,1	59,1	101,9	34,9	101,7

Вопрос сохранения продуктивной влаги почвы в последние годы стоит очень остро. Современные высокопродуктивные сорта, техника и технологии потенциально могут

обеспечивать получение сельхозпродукции на уровне ведущих мировых производителей. Но фактическое состояние основных факторов роста часто не может обеспечить все потребности

растений, а высокоурожайные сорта требуют и большого количества ресурсов, в т. ч. влаги. Задача земледельца – максимально приблизиться к удовлетворению этих потребностей. Минимизация обработки почвы способна решить задачу излишнего испарения столь ценного ресурса как почвенная влага.

В таблице 2 показана динамика содержания доступной влаги в слое почвы 0–30 см в посевах яровой пшеницы. Так как последующие годы исследований имели схожую ситуацию по данному показателю, в статье приведена динамика только по одной культуре. В период отборов почвы от посева до фазы «цветение – колошение» достаточное количество осадков способствовало насыщению влагой её нижних слоёв. Согласно данным таблицы 2, после посева преимущество по запасам продуктивной влаги в слое 0–20 см имел вариант с наилучшей водопроницаемостью – вспашка, когда интенсивная обработка привела к лучшему крошению почвенных агрегатов и увеличению пористости. В дальнейшем наиболее оптимальной себя показала культивация комбинированным агрегатом KOS-3.0, при которой в период «колошение – цветение» и перед уборкой запасы влаги в слое почвы 0–30 см превышали контроль на 1,9–5,5 %. Чуть меньше превышение над контролем показал вариант без основной обработки – на 1,9 и 1,7 % в те же периоды отбора. Это частично можно объяснить пониженной всхожестью культур и соответственно меньшей продуктивностью звена севооборота в этом варианте, что привело к сокращению затрат влаги на транспирацию. При дисковании отмечена самая низкая влагосберегающая способность почвы – на 0,1–7,8 % ниже контроля. Таким образом, по сохранению запасов продуктивной влаги в слое почвы 0–30 см культивация является наиболее эффективным приемом основной подготовки темно-серой лесной почвы под посев яровой пшеницы. Культивация комбинированным агрегатом KOS-3.0 также способствовала повышению запасов продуктивной влаги в слое почвы 0–30 см в посевах гороха на 2,7–8,3 %, озимой ржи – на 3,4–6,9 % относительно контроля.

Одна из причин, влияющих на накопление влаги в почве – это её структурно-агрегатный состав, поэтому земледельцу важно правильно выбрать систему обработки почвы для сокращения разрушающего механического воздействия на почву.

Из данных таблицы 3 видно, что коэффициент структурности во всех вариантах опыта показывает отличное агрегатное состояние – более 1,5. Однако динамика структурно-агрегатного состава позволяет более подробно оценить изменения, происходящие в почве при выборе варианта ее основной обработки.

Здесь нужно указать, что контроль (вспашка) по коэффициенту структурности превышает только вариант с применением комбинированного стернового культиватора KOS-3.0 как в начале ротации, так и по ее завершении. Следует отметить, что наибольшие изменения структурно-агрегатного состояния почвы за ротацию произошли по вспашке – к концу ротации звена севооборота в этом варианте увеличилось количество крупных агрегатов >10 мм (на 1,8 %) и частиц <0,25 мм (на 2,2 %) за счёт уменьшения доли агрономически ценной фракции 0,25–10 мм. При исключении основной обработки почвы значительных изменений за ротацию не отмечено, однако минимальное содержание микроагрегатов в почве данного варианта свидетельствует о том, что сокращение механического воздействия способствует сохранению крупных структурных агрегатов. Дискование из всех приемов основной подготовки почвы отличалось невысокой способностью к крошению глыбистых частиц >10 мм.

Урожайность культур – один из основных показателей деятельности сельхозпроизводителей. В зависимости от почвенно-климатических условий одни и те же технологии показывают себя по-разному. В условиях темно-серой лесной почвы Чувашской Республики лучший результат получили по вспашке (табл. 4). Однако культивация комбинированным агрегатом KOS-3.0 позволила получить продуктивность в звене севооборота лишь на 3,4 % ниже, чем в контроле, что входит в пределы ошибки опыта. Продуктивность звена севооборота в вариантах с дискованием была значительно ниже контроля.

Вариант без осенней обработки привёл к значительному сокращению урожайности на 1,89 т/га зерн. ед., что на 21,4 % ниже контроля. Но при этом стоит помнить, что данный вариант не требует дополнительных затрат на ГСМ, зарплату тракториста, амортизацию и прочих в отличие от вариантов с основной подготовкой почвы. Это, в свою очередь, влияет на итоговую рентабельность и доход предприятия (табл. 5).

Таблица 3 – Влияние приемов основной обработки на структурно-агрегатный состав почвы в начале и конце ротации звена севооборота /
Table 3 – The influence of basic tillage techniques on the structural and aggregate composition of the soil at the beginning and end of rotation of the crop rotation link

Прием основной обработки почвы / Basic tillage method	Структурные агрегаты, % / Structural aggregates, %						Коэффициент структурности / The coefficient of soil pedality	
	>10 мм	% от контроля / % of the control	0,25–10 мм	% от контроля / % of the control	< 0,25 мм	% от контроля / % of the control	K	% от контроля / % of the control
В начале ротации / At the beginning of rotation								
Вспашка (контроль) / Plowing (control)	17,5	100,0	77,8	100,0	4,7	100,0	3,0	100,0
Культивация / Cultivation	20,8	118,9	75,2	96,7	4,0	85,1	3,3	110,0
Дискование / Disking	20,1	114,9	76,2	97,9	3,7	78,7	2,7	90,0
Без основной обработки / Without basic tillage	22,4	128,0	74,2	95,4	3,4	72,3	2,9	96,7
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	1,4	-	1,8	-	0,1	-	-	-
В конце ротации / At the end of the rotation								
Вспашка (контроль) / Plowing (control)	19,3	100,0	73,8	100,0	6,9	100,0	2,8	100,0
Культивация / Cultivation	19,8	102,6	76,5	103,7	3,7	53,6	3,3	115,6
Дискование / Disking	21,2	109,8	75,0	101,6	3,8	55,1	3,0	106,5
Без основной обработки / Without basic tillage	22,8	118,1	74,3	100,7	2,9	42,0	2,9	102,6
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	1,1	-	1,9	-	1,8	-	-	-

Таблица 4 – Влияние приемов основной обработки почвы на продуктивность звена севооборота «яровая пшеница – горох – озимая рожь» (2022–2024 гг.) /
Table 4 – The influence of basic tillage techniques on the productivity of the "spring wheat – peas – winter rye" crop rotation link (2022–2024)

Прием основной обработки почвы / Basic tillage method	Продуктивность звена севооборота, т/га зерн. ед. / Productivity of the crop rotation link, t grain units from 1 ha	Отклонение от контроля, ± / Deviation from control, ±	
		т/га зерн. ед. / t grain units from 1 ha	%
Вспашка (контроль) / Plowing (control)	8,83	-	-
Культивация / Cultivation	8,53	-0,30	-3,4
Дискование / Disking	7,99	-0,84	-9,5
Без основной обработки / Without basic tillage	6,94	-1,89	-21,4
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,73	-	-

При расчёте рентабельности использовали актуальные цены на зерно в годы проведения опыта, прямые затраты на семенной материал, ГСМ, пестициды, зарплату тракториста. В таблице приведены средние показатели в расчёте на 1 га. Из расчёта хорошо

видно, что несмотря на то, что выход зерна в варианте без основной обработки существенно меньше, чем по вспашке за счёт значительного сокращения прямых затрат, условно чистый доход (на 6,1 тыс. руб./га) и рентабельность (на 45,4 %) выше контроля.

Таблица 5 – Влияние приемов основной обработки почвы на экономические показатели возделывания культур в звене севооборота /

Table 5 – The influence of basic tillage techniques on the economic performance of crop cultivation in the crop rotation link

Прием основной обработки почвы / Basic tillage method	Стоимость продукции / The cost of product	Производственные затраты / Production costs	Условно чистый доход / Conditional net income	Рентабельность, % / Profitability, %
	тыс. руб. на 1 га / thousand rubles per 1 ha			
Вспашка (контроль) / Plowing (control)	37,6	33,0	4,6	14,0
Культивация / Cultivation	34,9	27,9	7,0	25,1
Дискование / Disking	33,4	27,6	5,8	20,9
Без основной обработки / Without basic tillage	28,6	17,9	10,7	59,4

Среди вариантов с основной обработкой почвы культивация показала наиболее оптимальный результат, который позволил получить близкую к контролю урожайность, но экономически оказался более эффективным. Сокращение производственных затрат дало ощутимый эффект в увеличении условно чистого дохода и рентабельности на 11,1 %. Сокращение выхода продукции при дисковании привело к снижению рентабельности в сравнении с культивацией на 4,2 %, но уменьшение прямых затрат по сравнению со вспашкой увеличило рентабельность на 6,9 %.

Заключение. Исследования ресурсосберегающих приемов основной обработки темносерой лесной почвы в звене севооборота «яровая пшеница – горох – озимая рожь» по сравнению с традиционной вспашкой выявили следующие данные по их эффективности.

Несмотря на то, что при вспашке на глубину 20–22 см почва в слое 0–30 см приобретает более рыхлое состояние (0,93–1,18 г/см³ в начале и 1,01–1,21 г/см³ в конце ротации звена севооборота) и обеспечивается наибольшая продуктивность культур – 8,83 т/га зерн. ед., данный прием негативно сказывается на структурно-агрегатном состоянии почвы – к концу ротации увеличилось количество крупных агрегатов >10 мм (на 1,8 %) и частиц <0,25 мм (на 2,2 %) за счёт уменьшения доли агрономически ценной фракции 0,25–10 мм. Этот показатель свидетельствует о том, что вспашка действует на структуру почвы разрушающим образом. Помимо этого, за счёт наибольших производственных затрат рентабельность возделывания

культур звена севооборота при вспашке самая низкая – 14,0 %.

В качестве самой эффективной в опыте отмечена стерневая обработка комбинированным культиватором KOS-3.0 на 14–16 см. Плотность почвы незначительно отличалась от вспашки, при этом запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–30 см, начиная с середины вегетации, превышали контроль на 1,9–5,5 %. Структурно-агрегатный состав почвы отличался от контроля меньшим количеством частиц почвы <0,25 мм и более высокими значениями коэффициента структурности по сравнению с остальными вариантами. Продуктивность звена севооборота при осенней культивации почвы несущественно отличалась от контрольного варианта. При этом за счёт сокращения затрат на обработку почвы получена максимальная (по вариантам осенней обработки) рентабельность возделывания культур в звене севооборота – 25,1 %, что на 11,1 % выше, чем по вспашке.

Самую высокую рентабельность возделывания культур в опыте получили в варианте без применения осеннего воздействия на почву (предпосевная культивация комбинированным агрегатом Паук-6) – 59,4 %. Несмотря на самый низкий выход зерновых единиц по звену севооборота, затраты на возделывание культур здесь также были наименьшими, что привело к получению максимального условно чистого дохода – 10,7 тыс. руб./га. Выявлено положительное влияние данного способа посева на структуру почвы в сравнении с представленными вариантами осенней обработки. Из-за невы-

сокой механической нагрузки (только предпосевная подготовка почвы) глыбистых частиц почвы (более 10 мм) было на 4,9 % больше, чем в контроле, доля частиц менее 0,25 мм, включающих пылеватую фракцию, составила лишь 42,0 % от вспашки в конце ротации звена севооборота, что являлось самым низким значением в опыте. По содержанию продуктивной влаги в корнеобитаемом слое этот вариант также превышал контроль с периода колошения и до уборки яровой пшеницы.

Дискование агрегатом БДМ-4-3,2 на 12–14 см в качестве приема осенней обработки почвы не имело каких-либо преимуществ.

Таким образом, в условиях Чувашской Республики оптимальным приемом основной обработки темно-серой лесной почвы в звене севооборота «яровая пшеница – горох – озимая рожь» является стерневая культивация комбинированным стерневым культиватором типа КОС-3.0 на глубину 14–16 см, при которой снижается отрицательное механическое воздействие на почву, сохраняется продуктивность звена севооборота на уровне традиционной отвальной вспашки, повышается рентабельность производства зерновых культур.

Список литературы

1. Турин Е. Н. Преимущества и недостатки системы земледелия прямого посева в мире (Обзор). Таврический вестник аграрной науки. 2020;(2):150–168. DOI: <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2020-2-22-150-168> EDN: WGAZVP
2. Торики В. Е., Погонишев В. А., Погонишева Д. А. Ресурсосбережение в сфере сельского хозяйства. Аграрный вестник Верхневолжья. 2021;(1):24–32. DOI: <https://doi.org/10.35523/2307-5872-2021-34-1-24-32> EDN: DTNXJC
3. Белоусов С. В. Агротехнологические системы земледелия в сохранении плодородия почвы. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2023;(187):1–13. DOI: <https://doi.org/10.21515/1990-4665-187-003> EDN: TNQRPP
4. Камбулов С. И., Пархоменко Г. Г., Семенихина Ю. А., Божко И. В. Использование мульчирующих катков в конструкции комбинированных почвообрабатывающих агрегатов. Таврический вестник аграрной науки. 2020;(3):113–121. DOI: <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2020-3-23-113-121> EDN: VPMXAP
5. Комиссаров М. А., Клик А. Влияние нулевой, минимальной и классической обработок на эрозию и свойства почв в Нижней Австрии. Почвоведение. 2020;(4):473–482. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X20040073> EDN: RTNHNJ
6. Тойгильдин А. Л., Подсёвалов М. И., Тойгильдина И. А., Аюпов Д. Э., Мустафина Р. А. Бобовые предшественники, обработка почвы и защита растений в агротехнологиях яровой пшеницы среднего Поволжья. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021;(5):77–88. DOI: <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2021-5-77-88> EDN: ZDYOMZ
7. Тойгильдин А. Л., Подсёвалов М. И., Мустафина Р. А. Оценка эффективности обработки почвы и защиты растений на зерновых бобовых культурах в условиях лесостепной зоны Поволжья. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021;(1(53)):68–73. DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-1-68-73> EDN: KGSXKG
8. Горянин О. И., Мадякин Е. В., Пронович Л. В., Джангабаев Б. Ж., Яковлева Н. А. Технологии возделывания ярового ячменя в засушливых условиях Поволжья. Достижения науки и техники АПК. 2020;34(9):42–47. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10908> EDN: CBFOFK
9. Дубовик Д. В., Дубовик Е. В., Морозов А. Н., Шумаков А. В. Влияние способов основной обработки на агрофизические свойства почвы, урожайность и качество сои. Земледелие. 2022;(2):43–48. DOI: <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-2-43-46> EDN: SRVOOV
10. Каипов Я. З., Акчурин Р. Л., Султангазин З. Р., Шакирьянов А. Х. Влияние ресурсосберегающих обработок на агрофизические свойства обыкновенного чернозема и урожайность яровой пшеницы в предгорной степи Южного Урала. Земледелие. 2020;(1):40–43. DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10111> EDN: NZTIGG
11. Антонов В. Г. Влияние минимальных способов основной обработки почвы на структурно-агрегатный состав серой лесной почвы в Чувашской Республике. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):733–742. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.733-742> EDN: LCXZWB
12. Несмеянова М. А., Дедов А. В., Коротких Е. В. Влияние приемов основной обработки почвы на ее плодородие, засоренность посевов и урожайность ячменя. Земледелие. 2022;(4):8–11. DOI: <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-4-8-11> EDN: ZGADNP

13. Азизов З. М., Архипов В. В., Имашев И. Г. Отзывчивость сортов озимой пшеницы на системы приёмов основной обработки почвы в сочетании с применением азотного удобрения в условиях Нижнего Поволжья. *Земледелие*. 2023;(3):17–21. DOI: <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-3-17-21> EDN: VFGZQC

14. Зинченко С. И. Влияние приемов основной обработки в зернотравяном севообороте на плотность сложения серой лесной почвы. *Земледелие*. 2023;(3):21–26. DOI: <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-3-21-26> EDN: FKTDY

15. Дорохов А. С., Сибирёв А. В., Аксенов А. Г., Мосяков М. А. Экспериментальные исследования по разработке автоматизированной системы регулирования плотности почвы посевной машины. *Агроинженерия*. 2021;(2(102)):9–15. DOI: <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-2-9-15> EDN: EQNZJY

References

1. Turin E. N. Advantages and disadvantages of no-till farming around the world (Review). *Tavrisheskiy vestnik agrarnoy nauki* = Taurida herald of the agrarian sciences. 2020;(2):150–168. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2020-2-22-150-168>

2. Torikov V. E., Pogonyshchev V. A., Pogonyshcheva D. A. Resource saving in the field of agriculture. *Agrarnyy vestnik Verkhnevolzh'ya* = Agrarian Journal of Upper Volga Region. 2021;(1):24–32. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.35523/2307-5872-2021-34-1-24-32>

3. Belousov S. V. Agrotechnological systems of agriculture in the preservation of soil fertility. *Politematicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2023;(187):1–13. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.21515/1990-4665-187-003>

4. Kambulov S. I., Parkhomenko G. G., Semenikhina Yu. A., Bozhko I. V. Use of mulching rollers designed for a combined tillage unit. *Tavrisheskiy vestnik agrarnoy nauki* = Taurida herald of the agrarian sciences. 2020;(3):113–121. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2020-3-23-113-121>

5. Komissarov M. A., Klik A. The impact of no-till, conservation, and conventional tillage systems on erosion and soil properties in Lower Austria. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2020;(4):473–482. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X20040073>

6. Toygildin A. L., Podsevalov M. I., Toygildina I. A., Ayupov D. E., Mustafina R. A. Legume precursors, tillage and plant protection in agrotechnologies of spring wheat of the middle Volga region. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2021;(5):77–88. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2021-5-77-88>

7. Toygildin A. L., Podsevalov M. I., Mustafina R. A. Efficiency evaluation of soil tillage and plant protection of grain legumes in the conditions of the forest-steppe zone of the Volga region. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2021;(1(53)):68–73. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-1-68-73>

8. Goryanin O. I., Madyakin E. V., Pronovich L. V., Dzhangabaev B. Zh., Yakovleva N. A. Technologies for the cultivation of spring barley under arid conditions of the Volga region. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2020;34(9):42–47. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10908>

9. Dubovik D. V., Dubovik E. V., Morozov A. N., Shumakov A. V. Influence of tillage methods on soil agrophysical properties, soybean yield and quality. *Zemledelie*. 2022;(2):43–48. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-2-43-46>

10. Kaipov Ya. Z., Akchurin R. L., Sultangazin Z. R., Shakirzyanov A. Kh. Impact of resource-saving treatments on agro-physical properties of ordinary chernozem and yield of spring wheat in the foothills steppe of the Southern Urals. *Zemledelie*. 2020;(1):40–43. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10111>

11. Antonov V. G. The effect of minimum methods of primary tillage on the structural and aggregate composition of gray forest soil in the Chuvash Republic. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(6):733–742. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.733-742>

12. Nesmeyanova M. A., Dedov A. V., Korotkikh E. V. Influence of tillage methods on soil fertility, crops infestation and barley yield. *Zemledelie*. 2022;(4):8–11. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-4-8-11>

13. Azizov Z. M., Arkhipov V. V., Imashev I. G. Responsiveness of winter wheat varieties to the systems of methods of basic tillage in combination with the use of nitrogen fertilizer under the conditions of the Lower Volga region. *Zemledelie*. 2023;(3):17–21. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-3-17-21>

14. Zinchenko S. I. Influence of basic tillage methods in grain-grass crop rotation on the density of grey forest soil. *Zemledelie*. 2023;(3):21–26. DOI: <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-3-21-26>

15. Dorokhov A. S., Sibirev A. V., Aksenov A. G., Mosyakov M. A. Experimental studies on the development of an automated system for regulating the soil density used in a seeding machine. *Agroinzheneriya* = Agricultural Engineering (Moscow). 2021;(2(102)):9–15. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-2-9-15>

Сведения об авторах

✉ **Дементьев Дмитрий Алексеевич**, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник, Чувашский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Центральная, д. 2, Цивильский район, п. Опытный, Чувашская Республика, Российская Федерация, 429911, e-mail: chniish@mail.ru,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8571-8059>, e-mail: tymondem@mail.ru

Иванова Инга Юрьевна, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, Чувашский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Центральная, д. 2, Цивильский район, п. Опытный, Чувашская Республика, Российская Федерация, 429911, e-mail: chniish@mail.ru,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0792-1721>

Фадеев Андрей Анатольевич, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, Чувашский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Центральная, д. 2, Цивильский район, п. Опытный, Чувашская Республика, Российская Федерация, 429911, e-mail: chniish@mail.ru,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0834-1681>

Information about the authors

✉ **Dmitriy A. Dementyev**, PhD in Agricultural Science, researcher, Chuvash Research Agricultural Institute – Branch of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Tsentralnaya str., 2, Tsvilsky district, Opytny settlement, Chuvash Republic, Russian Federation, 429911, e-mail: chniish@mail.ru,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8571-8059>, e-mail: tymondem@mail.ru

Inga Yu. Ivanova, PhD in Agricultural Science, senior researcher, Chuvash Research Agricultural Institute – Branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Tsentralnaya str., 2, Tsvilsky district, Opytny settlement, Chuvash Republic, Russian Federation, 429911, e-mail: chniish@mail.ru,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0792-1721>

Andrey A. Fadeev, PhD in Agricultural Science, senior researcher, Chuvash Research Agricultural Institute – Branch of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Tsentralnaya str., 2, Tsvilsky district, Opytny settlement, Chuvash Republic, Russian Federation, 429911, e-mail: chniish@mail.ru,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0834-1681>

✉ – Для контактов / Corresponding author