Оригинальное исследование
DOI: https://doi.org/10.17816/0321-4443-631953 EDN: MZRQES

Влияние основного способа обработки почвы на её влаготемпературный режим

Ю.А. Семенихина[1, 2], С.И. Камбулов[1, 2], В.Б. Рыков[1, 2], Д.В. Рудой[2], А.Т. Рыбак[2], А.В. Ольшевская[2], С.В. Теплякова[2]

[1] Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия;
[2] Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В сельскохозяйственных зонах с недостаточным и неустойчивым увлажнением ощущается дефицит почвенной влаги. Для эффективного сбережения и накопления влаги и установления оптимального влаготемпературного режима почвы используют различные способы обработки почвы.

Цель работы — изучение влияния способа обработки почвы на её влаготемпературный режим.

Методы. Исследования влажности и температуры почвы, в почвенных горизонтах на глубине 30 и 55 см, провели на обыкновенном карбонатном тяжелосуглинистом чернозёме. Сравнивались четыре варианта основной обработки почвы: плоскорезную, послойную, отвальную и без обработки почвы. В ходе исследований учитывались метеорологические условия наблюдаемого периода.

Результаты. Установлено, что на глубине 30 см и 55 см почва на агрофоне без обработки (No-till) была наиболее увлажнённой и имела значения 40,40% и 69,79% влажности соответственно. Относительно неё влажность почвы на других агрофонах была снижена соответственно на 9,42% и 18,37% при плоскорезном способе, на 10,79% и 33,31% при послойном способе, на 16,32% и 30,88% при отвальном способе. Температурный режим почвы на глубине 30 см и 55 см на агрофоне без обработки был наиболее охлаждённый и имел значения 15,06 °C и 12,00 °C соответственно. Относительно него температура почвы на других агрофонах была повышена соответственно на 1,93% и 7,75% при плоскорезном способе, на 5,38% и 7,50% при послойном способе, на 6,91% и 6,83% при отвальном способе.

Заключение. Выявили, что наиболее стабильным влаготемпературным режимом почвы обладает агрофон без обработки почвы, что является преимуществом при внедрении данного вида обработки почвы в агроклиматических зонах с полузасушливым климатом.

Ключевые слова: обработка почвы; влажность почвы; температура почвы.

Как цитировать:
Семенихина Ю.А., Камбулов С.И., Рыков В.Б, Рудой Д.В., Рыбак А.Т., Ольшевская А.В., Теплякова С.В. Влияние основного способа обработки почвы на её влаготемпературный режим // Тракторы и сельхозмашины. 2025. Т. 92, № 1. С. 88–98. DOI: 10.17816/0321-4443-631953 EDN: MZRQES

Рукопись получена: 14.05.2024 **Рукопись одобрена:** 15.03.2025 **Опубликована online:** 24.03.2025

Статья доступна по лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2025

Original Study Article

DOI: https://doi.org/10.17816/0321-4443-631953 EDN: MZRQES

The influence of the main method of tillage on its moisture and temperature conditions

Yulia A. Semenikhina[1, 2], Sergei I. Kambulov[1, 2], Victor B. Rykov[1, 2], Dmitry V. Rudoy[2], Alexander T. Rybak[2], Anastasiya V. Olshevskaya[2], Svetlana V. Teplyakova[2]

[1] Agricultural Research Centre "Donskoy", Zernograd, Rostov Region, Russia;
[2] Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: In agricultural areas with insufficient and unstable moistening, the shortage of soil moisture has a clear impact. Various methods of tillage are used to conserve and accumulate moisture effectively and to establish an optimal moisture-temperature conditions of the soil.

AIM: Study of the influence of the methods of tillage on soil moisture and temperature conditons.

METHODS: Studies of soil moisture and temperature, in soil horizons at a depth of 30 and 55 cm, were carried out on ordinary carbonate heavy loamy chernozem. Four variants of main tillage were compared: flat-cut, layered, dump and without tillage. During the research, the meteorological conditions of the observed period were taken into account.

RESULTS: It was found that at a depth of 30 cm and 55 cm, the soil on the agricultural background without treatment (No-till) was the most humidified and had humidity values of 40.40% and 69.79% respectively. Relative to it, soil moisture in other agricultural backgrounds was reduced by 9.42% and 18.37% respectively with the flat-cutting method, by 10.79% and 33.31% with the layered method, by 16.32% and 30.88% with the dump method. The temperature condition of the soil at a depth of 30 cm and 55 cm on the agricultural background without treatment was the most cooled and had values of 15.06 °C and 12.00 °C, respectively. Relative to it, the soil temperature in other agricultural backgrounds was increased by 1.93% and 7.75% respectively with the flat-cutting method, by 5.38% and 7.50% with the layered method, by 6.91% and 6.83% with the dump method.

CONCLUSION: It was revealed that the agricultural background without tillage has the most stable moisture-temperature regime of the soil, which is an advantage when introducing this type of tillage in agroclimatic zones with a semi-arid climate.

Keywords: tillage; soil moisture; soil temperature.

To cite this article:
Semenikhina YuA., Kambulov SI, Rykov VB, Rudoy DV, Rybak AT, Olshevskaya AV, Teplyakova SV. The influence of the main method of tillage on its moisture and temperature conditions. *Tractors and Agricultural Machinery.* 2025;92(1):88–98. DOI: 10.17816/0321-4443-631953 EDN: MZRQES

Received: 14.05.2024 **Accepted:** 15.03.2025 **Published online:** 24.03.2025

moscow polytech
The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International license
© Eco-Vector, 2025
ECO•VECTOR

ОБОСНОВАНИЕ

Главная цель земледелия заключается в получении качественной продукции растениеводства с сохранением плодородия почвы [1].

Известно, что в полузасушливых условиях возделываемые сельскохозяйственные культуры в основном расходуют почвенную влагу, накопленную за счёт осадков осенне-зимне-весеннего периода. Однако, осадки, поступающие в летний период, бывают малозначительными, поэтому их сбережение является основной задачей [2].

Как правило, в сельскохозяйственных зонах с недостаточным и неустойчивым увлажнением распространённо богарное земледелие, где ограниченность водного ресурса сопряжена с потеплением в связи с ростом среднегодовой приповерхностной температуры воздуха, особенно в летний период, когда фиксируются продолжительно высокие температуры с низкой влажностью воздуха. В подобных зонах возникающие периодические засухи приводят к дефициту почвенной влаги, что негативно сказывается на сельскохозяйственных растениях [3].

Поиски эффективного сбережения и использования почвенной влаги заключаются в попытке через структуру почвы повлиять на физические и химические процессы, протекающие в ней. Обработка почвы — наиболее распространённый метод оптимизации физико-химических свойств почвы [4]. На выбор способа обработки почвы оказывают влияние различные факторы: возделываемая культура, климатические и почвенные условия, агроландшафт, техническое обеспечение хозяйства и прочее.

Любой рассматриваемый способ обротки имеет свои преимущества и недостатки. Глубокая обработка снижает объёмную плотность почвы, увеличивает пористость и аэрацию пахотного слоя, борется с сорняками, но способствует быстрой испаряемости влаги. Отсутствие обработки почвы, особенно продолжительное, снижает испарение, сохраняет структуру почвы, но увеличивает плотность и твёрдость почвы, препятствует инфильтрации атмосферных осадков [5]. Для устранения последних недостатков на необрабатываемых сельскохозяйственных почвах вводят в севооборот культуры со стрежневой корневой системой, которая обеспечивает биологическое рыхление, формируя в почве инфильтрационные пути [6, 7]. Однако, сельхозтоваропроизводители растениеводческой продукции сравнительно недавно начали внедрять беспахотную систему земледелия на ограниченных площадях посевов [8, 9]. Поэтому возделывание сельскохозяйственных культур на необработанных почвах (нулевая технология) требует дальнейших исследований и наблюдений.

По-прежнему спорными остаются вопросы при выборе технологии возделывания сельскохозяйственных культур о периодичности рыхления почвы, способах для его осуществления. Целесообразность технологических почвообрабатывающих операций в засушливых условиях, прежде всего, заключается в увеличении водоудерживающей способности почвы при сохранении её стабильной температуропроводности [10–12].

Поэтому исследование влаготемпературного режима почвы в ходе применения традиционной и нулевой технологий возделывания сельскохозяйственных культур, отличающихся по способу обработки почвы, является актуальным и практически значимым.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель исследования заключается в изучении влияния способа обработки почвы на её влаготемпературный режим.

МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Изучение динамики влаготемпературного режима почвы проводили в 2023 году на опытных делянках ФГБНУ «АНЦ» Донской».

Продолжительность исследования

Длительность исследований составила 184 дня непрерывных наблюдений с 1 марта по 31 августа 2023 года.

Критерии соответствия

Основной способ обработки почвы обеспечивал агрофон под возделываемые культуры. Сравнивались четыре варианта обработки почвы проводили: плоскорезную — агрегатом УНС-3, послойную — агрегатом КАО-2, отвальную — плугом с оборотом пласта ПН-5-35, а вариант без обработки почвы на протяжении длительного срока с применением сеялки прямого посева «Дон 114».

Общая площадь всех опытных делянок составила 4,3 га, размеры каждой делянки — 20×90 метров.

Условия проведения

Почва опытного участка — чернозём обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый. Содержание в пахотном слое почвы гумуса — 3,2%, P2O5 — 19,0–24,5 мг/кг и K2O — 327–337 мг/кг, pH — 7,1.

Проведенные в рамках исследования процедуры

Стационарное исследование влажности и температуры почвы на делянках проводили с помощью автономного регистратора портативной метеостанции Watch Dog 1400 фирмы Spectrum Technologies, Inc (рис. 1), оснащённого датчиками влажности и температуры почвы.

DOI: https://doi.org/10.17816/0321-4443-631953

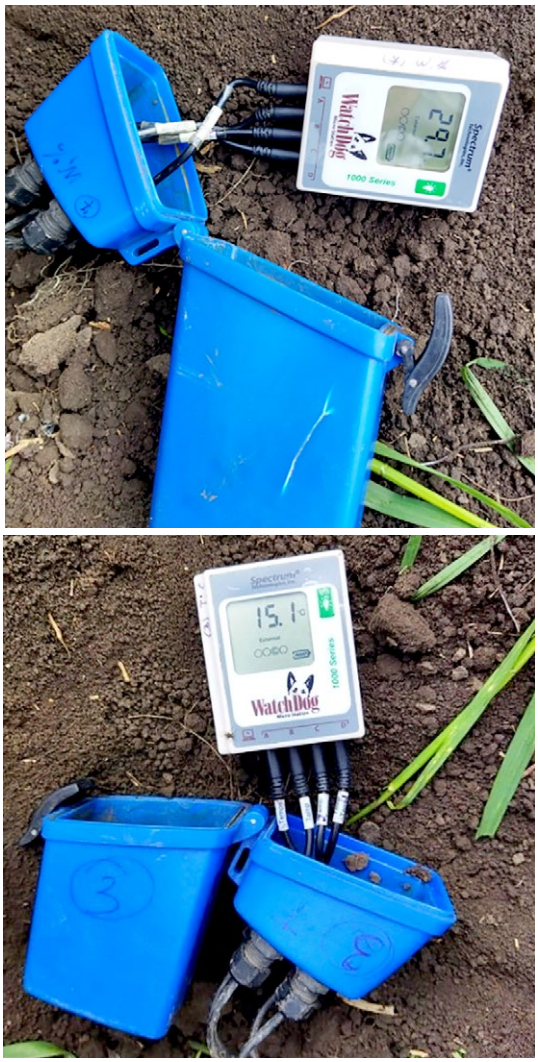

Рис. 1. Регистраторы метеостанции в полевых условиях, фиксирующие динамику: *a* — влажности почвы; *b* — температуры почвы.
Fig. 1. Weather station recorders in the field, recording the change of: *a* — soil moisture; *b* — soil temperature.

Датчики влажности и датчики температуры закладывали в почвенных горизонтах на глубине 30 см и 55 см. Схема расположения регистраторов метеостанций и датчиков в почве по глубине представлена на рис. 2.

В табл. 1 представлена схема расположения метеостанций по их порядковому номеру на опытных делянках со структурой расположения датчиков в почвенных горизонтах.

Регистратор метеостанции измеряет температуру почвы в диапазоне от «минус 40 °С» до «плюс 85 °С» с точностью измерений ±0,6 °С, диапазон измеряемых значений относительной влажности при температуре почвы не более 25 °С находиться в диапазоне 10–90% с точностью измерений ±3%.

Таблица 1. Схема расположения метеостанций на опытных делянках в соответствии с применяемым способом обработки

Table 1. The layout of the weather stations on the experimental plots in accordance with the processing method used

Способ основной обработки почвы	Имя метеостанции (порядковый номер), запрограммированной на регистрацию:		Порт метеостанции / глубина расположения датчика, см
	температуры почвы	влажности почвы	
Плоскорезная (22–25 см)	16 649 (1)	16 654 (5)	A / 30 B / 55
Послойная (20–22 см)	16 650 (2)	16 657 (6)	A / 30 B / 55
Вспашка отвальная (20–22 см)	16 651 (3)	16 663 (7)	A / 30 B / 55
Без обработки почвы (No-till)	16 652 (4)	16 664 (8)	A / 30 B / 55

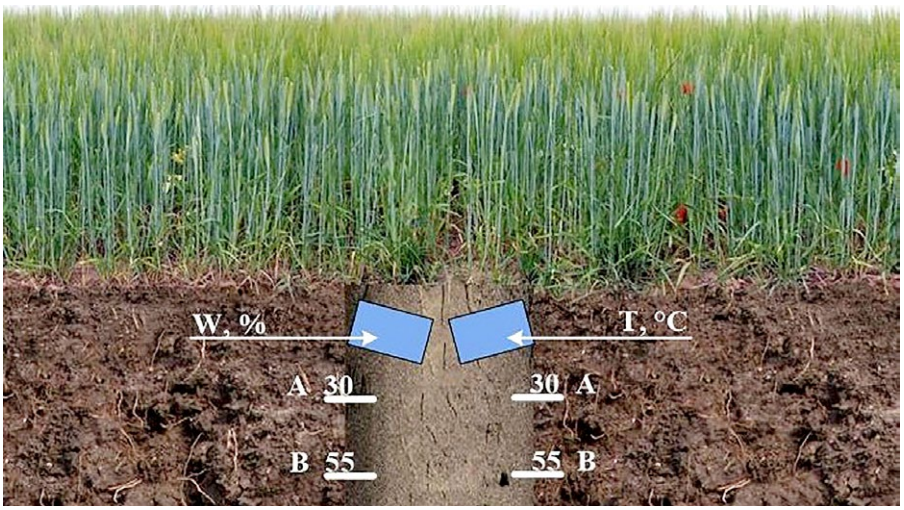

Рис. 2. Схема расположения метеостанций и датчиков влажности и температуры почвы на различной глубине.
Fig. 2. Location layout of weather stations and sensors of soil humidity and temperature at different depths.

Основной исход исследования

Основная работа с метеостанциями осуществлялась при помощи программного обеспеченья SpecWare 9 Basic. Посредством данной программы регистратор метеостанции был запрограммирован на сбор и хранение данных по температуре и по влажности почвы с шагом фиксации один час во внутренней памяти прибора. Извлечение данных осуществляли непосредственно в полевых условиях. Обработка полученных данных происходила в программах Excel и STATISTICA.

Влажность и температуру почвы рассматривали в совокупности с метеорологическими условиями наблюдаемого периода (табл. 2).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Таблица 2. Метеорологические условия за исследуемый период

Table 2. Meteorological conditions for the study period

Месяц	Сумма осадков, мм	Температура воздуха, °C	Влажность воздуха, %
Март	35,5	7,5	71,7
Апрель	82,4	11,3	73,4
Май	117,4	15,6	69,7
Июнь	37,0	20,4	66
Июль	51,7	23,6	59
Август	19,5	25,6	47,3

Объекты (участники) исследования

В ходе исследований были получены и проанализированы значения влажности почвы. На рис. 3 представлена динамика среднесуточной влажности почвы в почвенном горизонте 30 см и 55 см в зависимости от способа её обработки, с учётом среднесуточной влажности окружающего воздуха и количества осадков в течение дня.

Основные результаты исследования

Анализ рис. 3 показал, что режим влажности почвы в почвенном горизонте на глубине 30 см обладает высокой фильтрационной способностью, а на глубине 55 см формирован потенциал почвенной влаги, доступный для корневой системы растений в условиях недостаточного увлажнения и высоких температур воздуха. Из рис. 3 видно, что влажность почвы к началу наблюдений обладала устойчивым влагонакоплением с высокой влагопроводимостью, так как колебания влажности почвы при интенсивной фильтрации выпавших осадков были незначительными.

В табл. 3 представлены осреднённые за календарный месяц результаты по влажности почвы при различных способах обработки на различной глубине.

В результате анализа табл. 3 было выявлено, что характер влажности почвы на каждом варианте обработке почвы менялся в зависимости от осадков и структуры самой почвы, обработанной разными способами.

Дополнительные результаты исследования

Оценивание влияния способа обработки почвы на режим влажности почвы было проведено на основе статистических расчётов по полученным данным, которые представлены в табл. 4.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ расчётных данных (см. табл. 3 и 4) выявил на глубине 30 см среднюю однородную изменчивость влажности почвы на всех агрофонах, поскольку коэффициент вариации находится в пределах 20,55–24,19%; для глубины 55 см в пределах 7,21–16,37%. Примечательно, что на агрофоне без обработки почвы коэффициент вариации ниже, чем на других агрофонах. Это свидетельствует о том, необработанной почве присуща стабильность режима влажности. Собранные и обработанные за 184 дня данные по влажности почвы на различных агрофонах выявили, что почва на глубине 30 см была менее увлажнённой, чем на глубине 55 см. Это объясняется тем, что в пахотном слое 0–30 см интенсивно идут процессы отчуждения почвенной влаги за счёт испарения и поглощения её корнями растений, чем в слое 30–55 см.

Резюме основного результата исследования

В результате анализа полученных данных по режиму влажности почвы было установлено, что на глубине 30 см и 55 см почва на агрофоне без обработки (No-till) была наиболее увлажнённой и имела значения 40,40% и 69,79% влажности соответственно. Относительно неё влажность почвы на других агрофонах была снижена соответственно на 9,42% и 18,37% при плоскорезном способе, на 10,79% и 33,31% при послойном способе, на 16,32% и 30,88% при отвальном способе.

Обсуждение основного результата исследования

На иссушение почвы значительное влияние оказывает влажность и температура воздуха, которые в летний период имеют продолжительные и высокие значения. Солнечная инсоляция и приземные суховеи оказывают существенное влияние на тепловой режим почвы. Сам тепловой процесс взаимозависим от влажности почвы. Это подтверждается таким физическим процессом как атмосферная ирригация, в результате которой происходит оседание росы в почве, при разнице температуры почвы и температуры атмосферного воздуха в течение суток [8].

При исследовании температуры почвы также учитывали температуру окружающего воздуха. Продолжительность исследований составила 184 дня.

На рис. 4 представлена динамика среднесуточной температуры почвы на глубине 30 см и 55 см

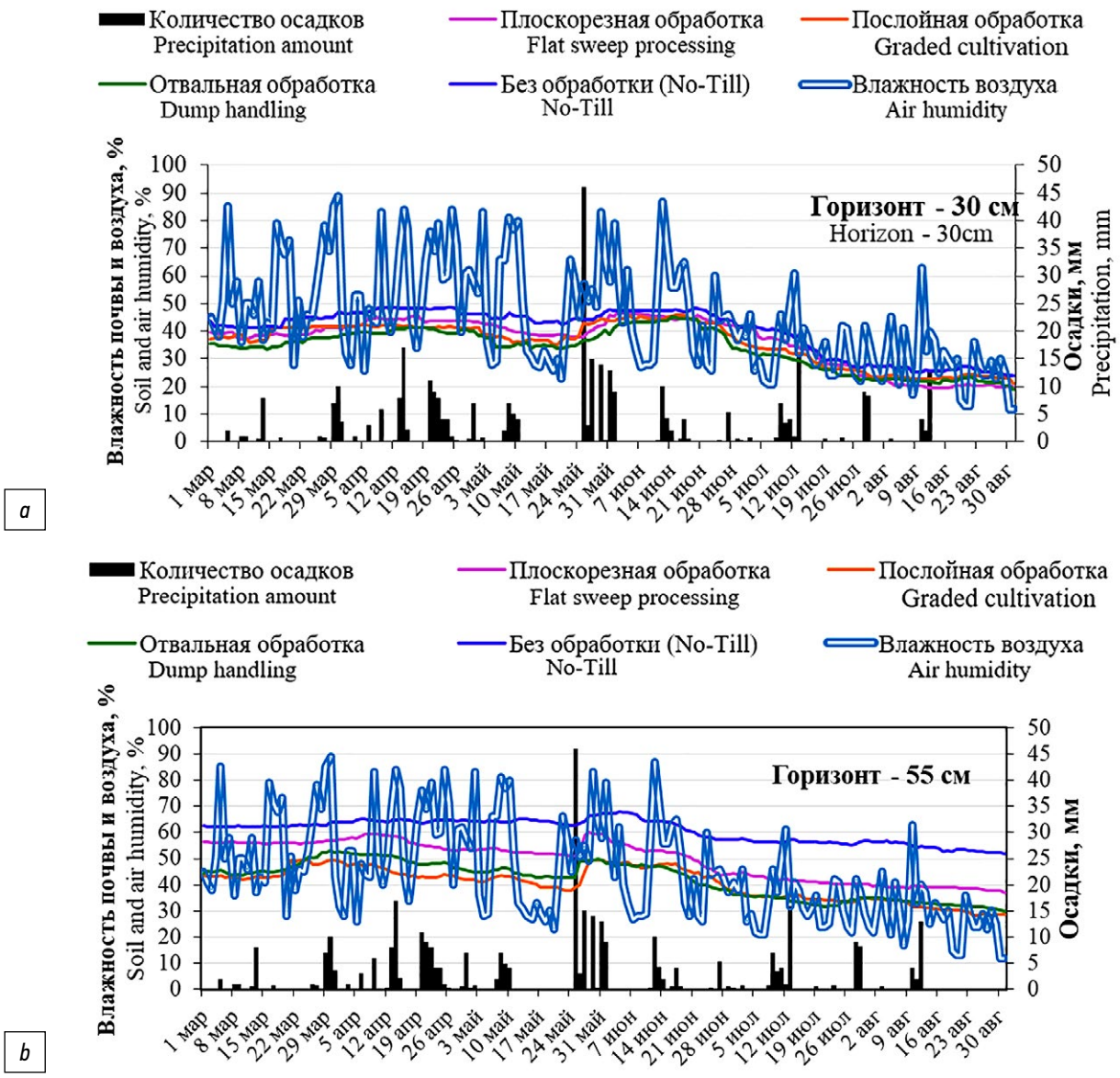

Рис. 3. Динамика влажности в почвенном горизонте на глубине 30 см и 55 см в зависимости от способа её обработки: *a* — в горизонте на глубине 30 см; *b* — в горизонте на глубине 55 см.

Fig. 3. Change of moisture in the soil horizon at a depth of 30 cm and 55 cm, depending on the method of its treatment:: *a* — in the horizon at a depth of 30 cm; *b* — in the horizon at a depth of 55 cm.

Таблица 3. Результаты исследования влажности почвы при различных способах обработки почвы за исследуемый период на различной глубине, %

Table 3. Results of the study of soil moisture with different methods of tillage during the study period at different depths, %

Способ обработки почвы	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Среднее
Горизонт почвы 30 см							
Плоскорезный	39,20	43,84	40,17	44,60	31,75	20,33	36,65
Послойный	39,69	41,65	38,75	43,39	29,49	23,30	36,05
Отвальный	35,71	40,08	35,90	41,74	27,55	21,97	33,82
Без обработки	43,21	47,72	44,78	46,54	34,19	25,95	40,40
Горизонт почвы 55 см							
Плоскорезный	56,13	56,53	53,58	51,17	41,62	38,86	49,65
Послойный	45,17	44,98	42,00	45,51	34,97	31,16	40,63
Отвальный	46,77	49,57	45,17	44,06	34,11	32,65	42,06
Без обработки	62,59	64,43	64,40	62,68	56,43	54,18	60,79

Таблица 4. Описательная статистика относительной влажности почвы при различных способах её обработки на различной глубине, %

Table 4. Descriptive statistics of relative soil moisture in different methods of its processing at different depths, %

Способ обработки почвы	Число наблюдений	Среднее арифметическое ± ошибка среднего	Размах (минимум – максимум)	Дисперсия	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации, %	Отклонение относительное, %	Отклонение абсолютное, %
Горизонт почвы 30 см								
Плоскорезный	184	36,65±0,65	19,26–46,90	78,23	8,84	24,19	9,42	-3,76
Послойный	184	36,05±0,56	21,11–45,92	58,08	7,62	21,18	10,79	-4,35
Отвальный	184	33,82±0,54	18,94–44,80	53,56	7,32	21,69	16,32	-6,58
Без обработки	184	40,40±0,61	24,04–47,84	68,65	8,29	20,55	–	–
Горизонт почвы 55 см								
Плоскорезный	184	49,65±0,54	37,12–59,95	53,81	7,34	14,79	18,37	-11,16
Послойный	184	40,63±0,45	28,15–49,44	38,05	6,17	15,2	33,21	-20,18
Отвальный	184	42,06±0,51	30,12–52,95	47,26	6,87	16,37	30,88	-18,76
Без обработки	184	60,79±0,32	52,01–67,91	19,18	4,38	7,21	–	–

в зависимости от способа её обработки, с учётом температуры окружающего воздуха.

Анализ графических зависимостей показал, что изменение температуры почвы за период наблюдений обусловлено с сезонным изменением температуры воздуха. Динамичность режима температуры почвы при всех способах обработки почвы соответствует изменениям метеорологических факторов (см. табл. 2) и наиболее ярко выражена на глубине 30 см. По мере снижения глубины исследования, в горизонте почвы 55 см, температурный режим почвы менялся плавно вследствие наибольшего проявления свойства инертности почвы.

В табл. 5 представлены осреднённые за календарный месяц результаты по температуре почвы при различных способах обработки на различной глубине.

Анализ табл. 5 показал, что наибольший прогрев почвы наблюдался в летние месяцы на всех вариантах обработки почвы. По мере снижения глубины снижалась и температура почвы.

Оценивание влияния способа обработки почвы на режим температуры почвы было проведено на основе статистических расчётов полученных данных, которые представлены в табл. 6.

В результате анализа расчётных данных по температуре почвы (см. табл. 5 и 6) выявили ее высокую изменчивость на всех сравниваемых вариантах с плоскорезной, послойной и отвальной обработках и без обработки почвы (No Till), поскольку коэффициент вариации для глубины 30 см находится в пределах 44,22–47,23%; для глубины 55 см в пределах 42,27–50,34%.

В результате анализа полученных данных по режиму температуры почвы было установлено, что на глубине 30 см и 55 см почва на агрофоне без обработки была наиболее охлаждённой и имела значения 15,06 °C и 12,00 °C соответственно. Относительно неё температура почвы на других агрофонах была повышена соответственно на 1,93% и 7,75% при плоскорезном способе, на 5,38% и 7,50% при послойном способе, на 6,91% и 6,83% при отвальном способе.

Таким образом, аккумуляция теплоты почвы наиболее интенсивнее и продолжительнее происходила на обработанных агрофонах различными способами, чем на агрофоне без обработки почвы. Это объясняется тем, что существенное влияние на температурный режим почв оказывает режим влажности почвы, что подтвердилось корреляционным анализом по их взаимосвязи при различных способах обработки почвы. Полученные коэффициенты корреляции приведены в табл. 7.

В результате проведённого корреляционного анализа взаимосвязи между температурой почвы и её влажностью на глубине 30 см выявили высокую обратную взаимосвязь на агрофонах с при плоскорезной (r=-0,86), послойной (r=-0,73), отвальной (r=-0,81) обработках почвы, а также ин агрофоне без обработки (r=-0,71). На глубине 55 см корреляционным анализом также выявили высокую обратную взаимосвязь при всех способах обработки почвы: при плоскорезном способе r=-0,86, при послойном способе r=-0,73, при отвальном способе r=-0,81 и на агрофоне без обработки почвы (No-Till) r=-0,71. Таким образом, повышение влажности почвы приводит к снижению температурного режима в почве.

Основное влагосодержание почвы зависит от метеорологических факторов, испарения, транспирации влаги посредством корневой системы растительности и прочего. Функция почвы накапливать, сохранять и отчуждать влагу определяется структурой почвы, которую формируют различные способы обработки почвы. Поэтому нами был проведен линейный корреляционный анализ взаимосвязи между полученными в ходе исследований, влажностью и температурой почвы с метеорологическими факторами (см. табл. 2). Полученные коэффициенты корреляции приведены в табл. 8.

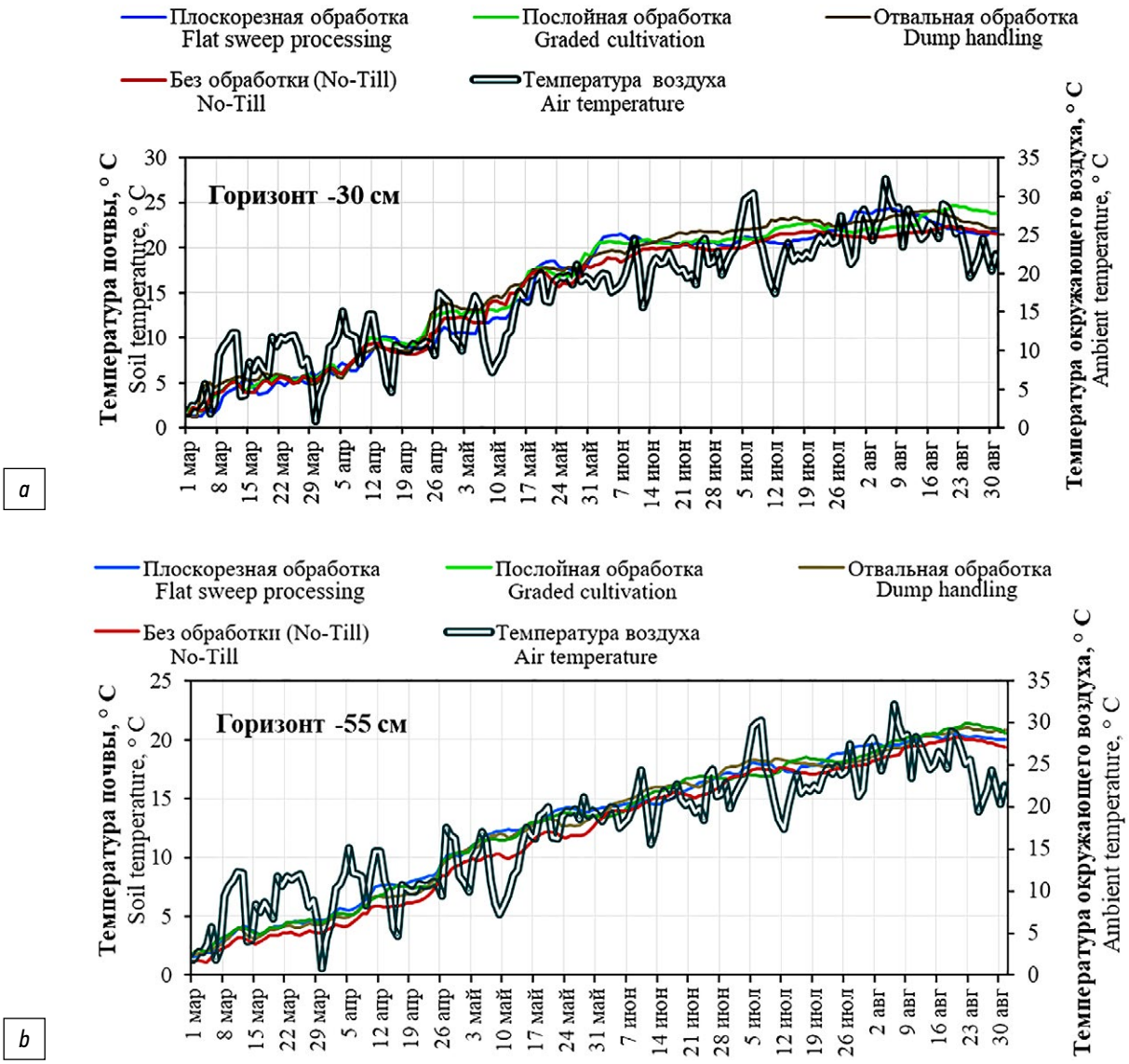

Рис. 4. Динамика температуры в почвенном горизонте на глубине 30 см и 55 см в зависимости от способа её обработки: *a* — в горизонте на глубине 30 см; *b* — в горизонте на глубине 55 см.

Fig. 4. Change of temperature in the soil horizon at a depth of 30 cm and 55 cm, depending on the method of its processing: *a* — in the horizon at a depth of 30 cm; *b* — in the horizon at a depth of 55 cm.

Таблица 5. Результаты исследования температуры почвы при различных способах обработки почвы на различной глубине, °С

Table 5. Results of the study of soil temperature with different methods of tillage at different depths, °C

Способ обработки почвы	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Среднее
Горизонт почвы 30 см							
Плоскорезный	3,97	8,58	14,64	20,68	21,30	22,91	15,35
Послойный	4,54	9,44	15,42	20,58	21,83	23,33	15,86
Отвальный	4,91	9,10	15,95	20,69	22,62	23,26	16,09
Без обработки	4,33	8,67	15,00	19,50	21,12	21,69	15,05
Горизонт почвы 55 см							
Плоскорезный	3,64	7,59	12,81	15,32	18,10	20,05	12,92
Послойный	3,73	7,17	12,51	15,56	17,83	20,48	12,88
Отвальный	3,46	6,98	12,32	15,82	18,06	20,18	12,80
Без обработки	2,87	6,17	11,07	14,95	17,40	19,46	11,99

Таблица 6. Описательная статистика температуры почвы при различных способах её обработки на различной глубине, °C

Table 6. Descriptive statistics of soil temperature for different methods of processing at different depths, °C

Способ обработки почвы	Число наблюдений	Среднее арифметическое ± ошибка среднего	Размах (минимум – максимум)	Дисперсия	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации, %	Отклонение относительное, %	Отклонение абсолютное, °C
Горизонт почвы 30 см								
Плоскорезный	184	15,35±0,53	1,30–24,40	52,60	7,25	47,23	1,93	0,26
Послойный	184	15,87±0,52	1,80–24,60	49,72	7,05	44,44	5,38	0,81
Отвальный	184	16,10±0,52	1,20–24,20	50,69	7,12	44,22	6,91	1,04
Без обработки	184	15,06±0,49	1,30–22,30	44,67	6,68	44,38	–	–
Горизонт почвы 55 см								
Плоскорезный	184	12,93±0,43	1,59–20,70	34,37	5,86	45,32	7,75	0,93
Послойный	184	12,90±0,44	1,90–21,40	35,82	5,99	46,41	7,50	0,9
Отвальный	184	12,82±0,45	1,70–21,00	36,71	6,06	42,27	6,83	0,82
Без обработки	184	12,00±0,45	1,10 - 20,20	36,49	6,04	50,34	-	-

Таблица 7. Коэффициенты линейной корреляции r между влажностью почвы и температурой почвы при различных способах обработки почвы

Table 7. Coefficients of linear correlation r between soil moisture and soil temperature at various tillage methods

Способ обработки почвы	Коэффициент корреляции
Горизонт почвы 30 см	
Плоскорезный	-0,51
Послойный	-0,55
Отвальный	-0,50
Без обработки (No-Till)	-0,57
Горизонт почвы 55 см	
Плоскорезный	-0,86
Послойный	-0,73
Отвальный	-0,81
Без обработки (No-Till)	-0,71

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате исследований влияния различных способов обработки почвы на динамику влажности и температуры почвы и их сравнения было выявлено, что наиболее стабильным влаготемпературным режимом почвы обладает агрофон без обработки почвы, так как почва при нём была наиболее увлажнённая и охлаждённая на протяжении всего периода наблюдений, что является преимуществом при внедрении данного вида обработки почвы в агроклиматических зонах с полузасушливым климатом.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Ю.А. Семенихина — сбор и анализ литературных источников, формальный анализ, проведение исследования, создание черновика рукописи; С.И. Камбулов — руководство исследованием, концептуализация, методология; В.Б. Рыков — проведение исследования, анализ и систематизация экспериментальных данных; Д.В. Рудой — администрирование проекта, формирование идеи, формулировка развитие ключевых целей и задач; А.В. Ольшевская — администрирование проекта, сбор и анализ литературных источников, редактирование статьи; А.Т. Рыбак — анализ и систематизация экспериментальных данных; С.В. Теплякова — редактирование статьи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям *ICMJE* (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Раскрытие интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведённым исследованием и публикацией настоящей статьи.

Источники финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions. Yu.A. Semenikhina — collection and analysis of literary sources, formal analysis, research, creation of a draft manuscript; S.I. Kambulov — research management, conceptualization, methodology; D.V. Rudoy — project administration, idea formation, formulation and development of key objectives and tasks; A.V. Olshevskaya — project administration, collection and analysis of literary sources, editing the manuscript; A.T. Rybak — analysis and systematization of experimental data; S.V. Teplyakova — editing the manuscript. All authors confirm their authorship compliance with the ICMJE international criteria (all authors made a significant contribution to the conceptualization, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Disclosure of interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding sources. This study was not supported by any external sources of funding.

Таблица 8. Коэффициенты линейной корреляции r между влажностью и температурой почвы и метеорологическими факторами
Table 8. Coefficients of linear correlation r between soil moisture and temperature and meteorological factors

Способ обработки почвы	Влажность почвы, % / Влажность воздуха, %	Влажность почвы, % / Сумма осадков, мм	Температура почвы, °C / Температура воздуха, °C
Горизонт почвы 30 см			
Плоскорезный	r = 0,52	r = -0,13	**r = 0,90**
Послойный	r = 0,55	r = -0,15	**r = 0,90**
Отвальный	r = 0,53	r = -0,16	**r = 0,91**
Без обработки (No-Till)	r = 0,55	r = -0,14	**r = 0,90**
Горизонт почвы 55 см			
Плоскорезный	r = 0,59	r = -0,16	**r = 0,91**
Послойный	r = 0,56	r = -0,17	**r = 0,91**
Отвальный	r = 0,61	r = -0,15	**r = 0,91**
Без обработки (No-Till)	r = 0,55	r = -0,20	**r = 0,91**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Arkhipov AS, Dolgopolova NV. Tillage as a means of increasing fertility in crop rotation. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy.* 2022;(2):6–13. (In Russ.) EDN: PFKRBS

2. Senichev EI. Features of winter wheat harvest formation during dump and zero tillage. *Legumes and cereals.* 2023;(7):54–59. EDN: LZSTAH (In Russ.)

3. Semenikhina YA, Kambulov S, Podlesniy D, et al. The efficiency of the system tillage during of the cultivation crops. *E3S Web of Conferences.* 2021;273. doi: 10.1051/e3sconf/202127305011

4. Kambulov SI, Semenikhina YuA, Demina EB. The influence of basic tillage techniques on pea productivity. *Grain farming of Russia.* 2022;14(3):82–88. (In Russ.) doi: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-82-88

5. Antonov VG. The effectiveness of long-term use of minimal methods of tillage in crop rotations / V.G. Antonov, A.P. Ermolaev. *Agrarian science of the Euro-North-East.* 2018;(4):87–92. (In Russ.) doi: 10.30766/2072-9081.2018.65.4.87-92

6. Kislov AV, Glinushkin AP, Kashcheev AV. Agroecological foundations of increasing the sustainability of agriculture in the steppe zone. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex.* 2018;32(7):9–13. (In Russ.) doi: 10.24411/0235-2451-2018-10702

7. Lenentkin AM, Shirobokov PE, Lenentkina LA. Zero, minimum or dump tillage. *Agriculture.* 2016;(3):9–13. (In Russ.) EDN: VWBIOD

8. Lukyanov VA, Pruschik IA. Density and hardness of typical chernozem against the background of different agrotechnologies and methods of soil cultivation. *Perm Agrarian Bulletin.* 2022(4):29–37. (In Russ.) doi: 10.47737/2307-2873_2023_41_29

9. Cheverdin YuI, Saprykin SV, Cheverdin AYu, Ryabtsev AN. Transformation of physical indicators of agrogenic chernozems. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex.* 2016;31(7):5–11. (In Russ.) EDN: YKUTFB

10. Romanov VN, Ivchenko VK, Ilchenko IO, Lugantseva MV. The influence of basic tillage techniques in crop rotation on the dynamics of humidity and agrophysical properties of leached chernozem. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex.* 2018;32(5):32–34. (In Russ.) doi: 10.24411/0235-2451-2018-10508

11. Smetanin VI, Bedretdinov GH. Multifunctional two-tier dehumidification and humidification system. *Environmental management.* 2022;(5):22–27. (In Russ.) doi: 10.26897/1997-6011-2022-5-22-27

12. Semenikhina YuA, Kambulov SI. The influence of methods of basic tillage on the moisture-temperature regime of the soil and the yield of winter wheat. *Melioration and hydraulic engineering.* 2021;11(3):182–193. (In Russ.) doi: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-182-193

13. Kambulov SI, Semenikhina YuA. Moisture-temperature regime of soil during cultivation of winter wheat. *Scientific life.* 2019;14(3):269–278. (In Russ.) doi: 10.26088/INOB.2019.91.29681

14. Semenikhina YuA, Kambulov SI, Parkhomenko GG, et al. Methods of tilling under conditions of insufficient and unstable moistening during winter wheat cultivation. *E3S Web of Conferences.* 2020;175. doi: 10.1051/e3sconf/202017509008

ОБ АВТОРАХ

*** Теплякова Светлана Викторовна,**
канд. техн. наук,
доцент кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса»;
адрес: Россия, 344003, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1;
ORCID: 0000-0003-4245-1523;
eLibrary SPIN: 5088-2149;
e-mail: svet-tpl@yandex.ru

AUTHORS' INFO

*** Svetlana V. Teplyakova,**
Cand. Sci. (Engineering),
Associate Professor of the Technologies and Equipment for Processing Agricultural Products Department;
address: 1 Gagarina sq, Rostov-on-Don, Russia, 344003;
ORCID: 0000-0003-4245-1523;
eLibrary SPIN: 5088-2149;
e-mail: svet-tpl@yandex.ru

Семенихина Юлия Александровна,
канд. техн. наук,
доцент кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса»;
ORCID: 0000-0003-1088-2425;
eLibrary SPIN: 9459-8131;
e-mail: semenixina1982@mail.ru

Камбулов Серей Иванович,
д-р техн. наук, профессор,
профессор кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса»;
ORCID: 0000-0001-8712-1478;
eLibrary SPIN: 3854-2942;
e-mail: kambulov.s@mail.ru

Рыков Виктор Борисович,
д-р техн. наук., профессор,
профессор кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса»;
ORCID: 0000-0003-1358-9312;
eLibrary SPIN: 8328-6310;
e-mail: rykov.vd@gmail.com

Рудой Дмитрий Владимирович,
д-р техн. наук, доцент,
декан факультета «Агропромышленный»;
ORCID: 0000-0002-1916-8570;
eLibrary SPIN: 3297-3460;
e-mail: rudoy.d@gs.donstu.ru

Ольшевская Анастасия Владимировна,
канд. техн. наук,
доцент кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса»;
ORCID: 0000-0001-8318-3938;
eLibrary SPIN: 8026-6860;
e-mail: oav.donstu@gmail.com

Рыбак Александр Тимофеевич,
д-р техн. наук., профессор,
профессор кафедры Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса;
ORCID: 0000-0001-9950-3377;
eLibrary SPIN: 5860-0038;
e-mail: 2130373@mail.ru

Yulia A. Semenikhina,
Cand. Sci. (Engineering),
Associate Professor of the Technologies and Equipment for Processing Agricultural Products Department;
ORCID: 0000-0003-1088-2425;
eLibrary SPIN: 9459-8131;
e-mail: semenixina1982@mail.ru

Sergey I. Kambulov,
Dr. Sci. (Engineering), Professor,
Professor of the Technologies and Equipment for Processing Agricultural Products Department;
ORCID: 0000-0001-8712-1478;
eLibrary SPIN: 3854-2942;
e-mail: kambulov.s@mail.ru

Viktor B. Rykov,
Dr. Sci. (Engineering), Professor,
Professor of the Technologies and Equipment for Processing Agricultural Products Department;
ORCID: 0000-0003-1358-9312;
eLibrary SPIN: 8328-6310;
e-mail: rykov.vd@gmail.com

Dmitry V. Rudoy,
Dr. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Dean of the Agroindustrial Faculty;
ORCID: 0000-0002-1916-8570;
eLibrary SPIN: 3297-3460;
e-mail: rudoy.d@gs.donstu.ru

Anastasia V. Olshevskaya,
Cand. Sci. (Engineering),
Associate Professor of the Technologies and Equipment for Processing Agricultural Products Department;
ORCID: 0000-0001-8318-3938;
eLibrary SPIN: 8026-6860;
e-mail: oav.donstu@gmail.com

Alexander T. Rybak,
Dr. Sci. (Engineering), Professor,
Professor of the Technologies and Equipment for Processing Agricultural Products Department;
ORCID: 0000-0001-9950-3377;
eLibrary SPIN: 5860-0038;
e-mail: 2130373@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author