

Оригинальная статья

УДК 631.67:556.12(574.1)

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-3-25-31>

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ ДОЖДЕВАНИЕМ НА ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ПОВОЛЖЬЯ

Л.А. Журавлева¹, О.М. Кузина^{2✉}, Ю.А. Мырксина³^{1,2,3} Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова; Москва, Российская Федерация¹ dfz@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-1168-4001² kuzina_om@rgau-msha.ru; ORCID: 0000-0001-9229-4306³ myrksina@rgau-msha.ru ORCID: 0000-0002-8023-3183

Аннотация. Длительное орошение со временем ухудшает состояние почв. Цель работы – исследование изменений физических и химических свойств почв под воздействием многолетнего орошения дождеванием и разработка конструктивно-технологических решений, направленных на минимизацию потенциальных негативных последствий орошения. Представлен анализ исследований влияния многолетнего орошения на характеристики почв. С целью минимизации негативного влияния орошения на почву была разработана технология, позволяющая регулировать норму полива по секторам, на основе фактического водопотребления. Экспериментальные исследования проводились при поливе кукурузы. Почва – каштановая среднесуглинистая. Сравнение выполнялось по результатам полива на трех участках: традиционный полив постоянной нормой, полив в соответствии с представленной расчетной методикой и полив усовершенствованными дождевателями. Проведенные сравнительные экспериментальные исследования продемонстрировали возможность снижения стока при поливе. Как показали исследования, традиционное дождевание демонстрирует значительные потери воды по причине поверхностного стока, который составляет около 10% от нормы полива. Это существенно уступает более эффективным методам: секторная технология снижает сток в 2,5 раза, а комбинация секторной технологии с усовершенствованными конструкциями спринклеров – почти в 3,2 раза. Получены результаты выноса питательных веществ из почвы и гумуса. Так, за период 2020-2024 гг. при поливе по разрабатываемой технологии вынос питательных элементов со стоком был сокращен в среднем в 2,3 раза; при поливе по разрабатываемой технологии и с оснащением дождевальных машин усовершенствованными конструкциями дождевателей – в 3 раза. В течение трехлетнего экспериментального периода при традиционном орошении потери гумуса составили 790 кг/га. Внедрение новой технологии полива позволило сократить эти потери до 336 кг/га. Наилучшие результаты были достигнуты при комбинированном использовании разрабатываемой технологии с разработанными дождевателями, что привело к минимизации потерь гумуса до 202 кг/га.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 25-26-00132).

Ключевые слова: дождевание, почва, поливная норма, гумус, сток, питательные вещества

Для цитирования: Журавлева Л.А., Кузина О.М., Мырксина Ю.А. Влияние орошения дождеванием на физические и химические свойства почв Поволжья. Природообустройство. 2026;Т.19(3):25-31. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-3-25-31>

Scientific article

INFLUENCE OF SPRINKLING IRRIGATION ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SOILS IN THE VOLGA REGION

L.A. Zhuravleva^{1✉}, O.M. Kuzina², Yu.A. Myrksina³^{1,2,3} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Institute of Land Reclamation, Water Management and Construction named after A.N. Kostyakov; Moscow, Russian Federation¹ dfz@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-1168-4001² kuzina_om@rgau-msha.ru; ORCID: 0000-0001-9229-4306³ myrksina@rgau-msha.ru ORCID: 0000-0002-8023-3183

Abstract. Long-term irrigation worsens the condition of the soil over time. The purpose of the research is to study changes in the physical and chemical properties of soils under the influence of long-term

sprinkling irrigation and to develop design and technological solutions aimed at minimizing the potential negative consequences of irrigation. An analysis of studies of the effect of perennial irrigation on soil characteristics is presented. In order to minimize the negative impact of irrigation on the soil, a technology has been developed that allows you to adjust the irrigation rate by sector, based on actual water consumption. Experimental studies were carried out when watering corn. The soil is chestnut medium loamy. The comparison was made based on the results of irrigation in three areas: traditional irrigation at a constant rate, irrigation in accordance with the presented calculation method and improved sprinklers. Comparative experimental studies have demonstrated the possibility of reducing runoff during irrigation. Comparative experimental studies have demonstrated the possibility of reducing runoff during irrigation. As studies have shown, traditional sprinkling shows significant water losses due to surface runoff, which is about 10% of the irrigation rate. This is significantly inferior to more efficient methods: sector technology reduces runoff by 2.5 times, and the combination of sector technology with improved sprinkler designs by almost 3.2 times. The results of the removal of nutrients from the soil and humus are given. For the period 2020-2024, with irrigation according to the developed technology, the removal of nutrients with runoff was reduced by an average of 2.3 times; when watering according to the developed technology and equipping sprinklers with improved sprinkler designs – 3 times. During the three-year experimental period, humus loss was 790 kg/ha with traditional irrigation. The introduction of the new irrigation technology made it possible to reduce these losses to 336 kg/ha. The best results were achieved by combining the developed technology with the developed sprinklers, which led to the minimization of humus losses to 202 kg/ha.

The study was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation (project No 25-26-00132).

Keywords: sprinkling, soil, irrigation rate, humus, runoff, nutrients

For citation: Zhuravleva L.A., Kuzina O.M., Myrksina Yu.A. Influence of sprinkling irrigation on the physical and chemical properties of soils in the Volga region. *Prirodoobustroystvo*. 2026;19(3):25-31. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-3-25-31>

Введение. В России, согласно информации Департамента мелиорации, в 2024 г орошалась площадь 4,67 млн га, и к 2030 г. планируется увеличить площадь орошаемых земель на 1/4 от этого уровня [1].

Орошение значительно влияет на почву, изменяя химический состав, физические свойства и активность микроорганизмов. В черноземах и темно-каштановых почвах многократные поливы разрушают структуру почв, уплотняют ее.

Необходимо учитывать процессы деградации почв, их засоление и эрозию, возникающие в результате длительных многолетних поливов и переполивов.

Цель исследований: изучение изменений физических и химических свойств почв под воздействием многолетнего орошения дождеванием и разработка конструктивно-технологических решений, направленных на минимизацию потенциальных негативных последствий орошения.

Материалы и методы исследований. Влияние длительного орошения на почвенные характеристики стало предметом исследований широкого круга ученых. Например, в результате многолетних исследований на Алейской оросительной системе выявлено, что южные

черноземы под воздействием орошения трансформируются в лугово-черноземные почвы. В течение первых 20 лет орошения физические свойства почв оставались приемлемыми, хотя их плотность увеличилась на 6-8% по сравнению с неорошаемыми участками. Однако после 50 лет орошения уплотнение достигло 1,45 г/см³, а содержание гумуса снизилось на 30%, что объясняется минерализацией и вымыванием гумуса в более глубокие слои почвы [2].

Содержание гумуса при длительном орошении различных типов почв представлено на рисунке 1 [3].

В обычных черноземах степной зоны, орошаемых пресной водой, содержание гумуса в верхнем слое почвы является низким, составляя 3,4%. На участках с богарным земледелием уровень гумуса несколько выше – 3,7%.

При богарном земледелии тип гумуса – гуматный, тогда как при орошении – гуматно-фульватный, что свидетельствует о начале процесса дегумификации [4]. При поливе минерализованной водой этот процесс является более ярко выраженным.

Согласно исследованиям авторов после некоторого снижения содержания гумуса может

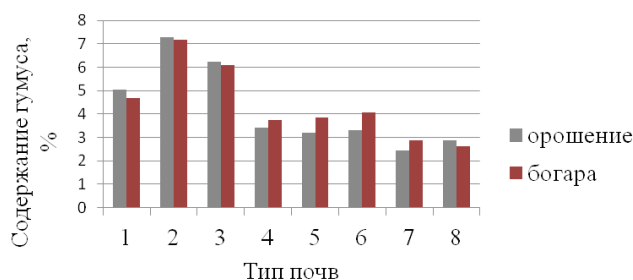


Рис. 1. Содержание гумуса при длительном орошении различных типов почв:

1 – серая лесная почва; 2 – чернозем типичный; 3 – чернозем обыкновенный ЦЧО; 4 – чернозем обыкновенный, орошаемый пресной водой; 5 – чернозем обыкновенный; чернозем, орошаемый слабоминерализованной водой; 6 – чернозем южный; 7 – солонец; 8 – темно-каштановая почва

Fig. 1. Humus content during long-term irrigation of various types of soils:

1 – gray forest soil, 2 – typical, 3 – common chernozem, 4 – common chernozem irrigated with fresh water, 5 – common chernozem irrigated with low-mineralized water, 6 – southern chernozem, 7 – solonets, 8 – dark chestnut soil

происходить постепенная стабилизация, а в отдельных случаях – и повышение уровня, связанное поступлением в почву пожнивных остатков [5].

При длительном орошении темно-каштановых почв и внесении удобрений (500 кг/га минеральных и 40 т/га навоза крупного рогатого скота) содержание гумуса увеличивается. Тип гумуса из фульватно-гуматного переходит в гуматный [4]. Следует отметить, что для получения более точных данных необходим ряд исследований влияния полива без компенсационного внесения удобрений.

Преобразование органического вещества на орошаемых землях определяется не только типом почвы и степенью ее влажности, но и качеством поливной воды, графиком поливов, типом и количеством вносимых удобрений. При этом поливная вода и режим орошения, способствующие накоплению кальция в почве, могут привести к ускоренному образованию гумуса и уменьшению его подвижности.

Большинство исследователей наблюдают при орошении значительные преобразования почвенной структуры: повышение плотности и механической прочности, снижение пористости.

При многолетнем орошении также наблюдаются заметные изменения гранулометрического состава почвы. Каштановые среднесуглинистые почвы, например, теряют тонкодисперсные

частицы по причине вымывания в большей степени, чем легкие суглинки [6].

На агрегатном уровне негативные последствия многолетних поливов проявляются в увеличении глыбистости, уменьшении межагрегатной и агрегатной пористости. При орошении слабоминерализованной и минерализованной водой меняется объем мезопор.

Орошение, особенно переполив, приводит к трансформации гидрологического режима и водного баланса, накоплению влаги, повышению уровня грунтовых вод непосредственно как на орошаемых, так и на близлежащих территориях.

Исследования мелиоративных режимов орошаемых на протяжении 25-50 лет черноземов и каштановых почв показывают процессы ошелачивания, осолонцевания, обесструктурирования, явления элювиально-иллювиального характера во многих регионах страны и даже взаимоусиление процессов [7].

Уровень концентрации водорастворимых солей в орошаемых почвах определяется минеральным составом воды, используемой для полива, составом и расположением грунтовых вод. Процесс вторичного засоления и осолонцевания при этом имеет циклический характер за счет чередования влажных и сухих лет [8].

Интенсивный полив приводит к существенным изменениям в составе питательных веществ почвы. В верхних слоях наблюдается снижение общего и доступного азота, фосфора.

Согласно исследованиям [2] орошение в течение более 20 лет вызвало уменьшение азота на 18%, а при орошении на протяжении 50 лет – на 56%. При длительном поливе также зафиксировано снижение подвижного фосфора на 18%, причем содержание обменного калия при орошении увеличилось почти на 40% по сравнению с контролем при орошении в течение более 20 лет.

Как показывают исследования, изменения в почве, деградация почв при длительном, тем более обильном многолетнем орошении, являются неизбежным процессом. Тем не менее можно подобрать конструктивные и технологические решения полива с возможностью восстановления свойств почв и компенсации негативных изменений.

График на рисунке 2 иллюстрирует кривые безнапорного впитывания для разных типов грунтов в обобщенной форме, то есть критические значения, превышение которых

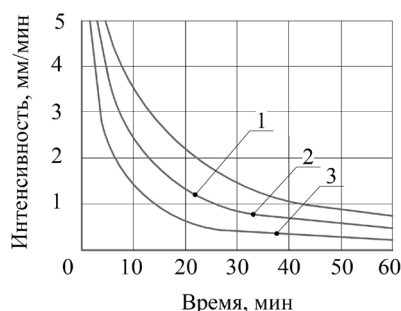


Рис. 2. Кривые безнапорного впитывания: 1 – черноземные почвы; 2 – темно-каштановые почвы; 3 – светло-каштановые почвы [9, 10]

Fig. 2. Non-pressure absorption curves: 1 – chernozem soils, 2 – dark chestnut soils, 3 – light chestnut soils [9, 10]

приведет к образованию стока [9, 10]. Зависимость интенсивности полива от времени напрямую отражает режим работы дождевальной техники и применяемую технологию орошения, что подтверждено экспериментальными исследованиями при поливе широкозахватными дождевальными машинами ДМ Фрегат, Кубань-ЛК1.

Очевидно, что технологии полива, связанные с выдачей дробных норм полива, импульсный, прерывистый полив, мелкодисперсное дождевание позволяют снизить негативное влияние, а конструктивные решения дождевальных машин и самих дождевателей, обеспечивающих мелкокапельное распыливание дождя и низкую интенсивность, также представляют интерес с позиции экологически безопасного полива.

Существенным препятствием для широкого внедрения экологически безопасных методов и средств полива является комплекс факторов. К ним относятся высокие потребности сельскохозяйственных культур в воде, потери влаги вследствие испарения и сноса ветром мелких дождевых частиц, а также ряд других технологических ограничений, которые сужают круг доступных и эффективных решений.

Согласно результатам исследований, проведенных в Поволжье, староорошаемые почвы в ближайшем будущем столкнутся с деградацией: ожидается сокращение содержания гумуса на 3-8%, а также общее ухудшение агрофизических и химических характеристик пахотного слоя [11].

Длительное орошение почв приводит к уплотнению верхних слоев суглинистых и глинистых почв, в результате чего их объемная масса возрастает до 1,30-1,40 г/см³. На богарных землях (без искусственного полива) этот показатель составляет лишь 1,05-1,10 г/см³ [11].

Таким образом, плотность сложения, порозность, содержание гумуса при многолетних поливах связаны с технологией дождевания и применяемой дождевальной техникой.

Низкая результативность оросительных мероприятий в засушливых регионах Поволжья в значительной степени связана с игнорированием фундаментальных подходов к регулированию водного баланса почв. При проведении полива критически важно предотвращать образование стока. Величина поливной нормы, не приводящей к поверхностному стоку, определяется такими факторами, как скорость подачи воды, проницаемость грунта и интенсивность распыления при дождевании.

С целью минимизации негативного влияния орошения на почву была разработана технология, позволяющая корректировать норму полива по секторам, с основой на фактическом водопотреблении, применение которой показало эффективность [12, 13].

Скорость движения широкозахватной дождевальной машины V , м/с, –

$$V = \frac{\pi L}{1800 n t_i}, \quad (1)$$

где n – количество участков (секторов); L – длина машины, то есть радиус поливного круга, м.

Время первого полива –

$$t_i = \begin{cases} \frac{s_i m}{q - 0,5 s_i E_i}, & \text{при } i = (k-1)n + 1; \\ \frac{T_{i-1}(q + 0,5 s_i E_{i-1})}{q - 0,5 s_i E_i}, & \text{при } i \neq (k-1)n + 1, \end{cases} \quad (2)$$

где m – поливная норма; E_i – среднечасовое водопотребление, м³/га; q – расход машины, м³/ч; s_i – площадь сектора; i – порядковый номер полива; k – номер полива поля.

Поливная норма –

$$m = \frac{360 q t_i}{\pi L^2 \alpha}, \quad (3)$$

где α – угол сектора полива, град.

При следующих поливах:

$$t_i = \begin{cases} \frac{s_i (m - 0,5 E_{i-n} t_{i-n})}{q - 0,5 s_i E_i}, & \text{при } i = (k-1)n + 1; \\ \frac{T_{i-1}(q + 0,5 s_i E_{i-1}) - 0,5 s_i (E_{i-n-1} t_{i-n-1} + E_{i-n} t_{i-n})}{q - 0,5 s_i E_i}, & \text{при } i \neq (k-1)n + 1. \end{cases}$$

Экспериментальные исследования проводились при поливе кукурузы.

Почва – каштановая среднесуглинистая. Диапазон pH в слое 0,0-0,4 м на участках проведения исследований – 6,8-7,0, то есть почва преимущественно слабокислая, среда ближе к нейтральной. Содержание гумуса горизонта А – 3,9-4,6%.

Сравнение выполнялось по результатам полива на трех участках.

Первый участок – традиционный полив постоянной нормой. Удобрения не вносились. Норма полива – 400 м³/га.

Второй участок – полив в соответствии с зависимостями, определяемыми по следующей методике.

Третий участок – полив по предложенной методике; на дождевальной машине установлены двухдефлекторные дождеватели [13].

Анализ показал, что химический состав почв на всех трех орошаемых участках почти не различается.

Фактическая поливная норма определялась с помощью почвенных дождемеров, расставленных по длине дождевальной машины.

Нижний предел влагоемкости НВ был принят за 70% согласно рекомендациям [14-16].

Результаты и их обсуждение. Величина поверхностного стока при поливах определялась на 5 стоковых площадках на каждом опытном поле. Результаты экспериментальных исследований приведены на рисунке 3.

По данным за 2022 г., традиционная технология дождевания привела к поверхностному стоку в объеме около 10% от поливной нормы. Это в 2,5 раза больше, чем при секторной технологии, и почти в 3,2 раза больше, чем при использовании в дополнение к секторной технологии спринклеров с двойным дефлектором. Практически аналогичные результаты можно было наблюдать в 2023 и 2024 гг.

Интенсивный поверхностный сток от полива приводит к деградации почвы через смыв. Этот процесс не только разрушает структуру почвы, но и обедняет ее, уносит питательные вещества и гумус (рис. 4).

За период 2020-2024 гг. при поливе дождевальной машиной по разрабатываемой технологии вынос питательных элементов со стоком был сокращен в среднем в 2,3 раза, при поливе по разрабатываемой технологии и с оснащением дождевальных машин усовершенствованными конструкциями дождевателей – в 3 раза.

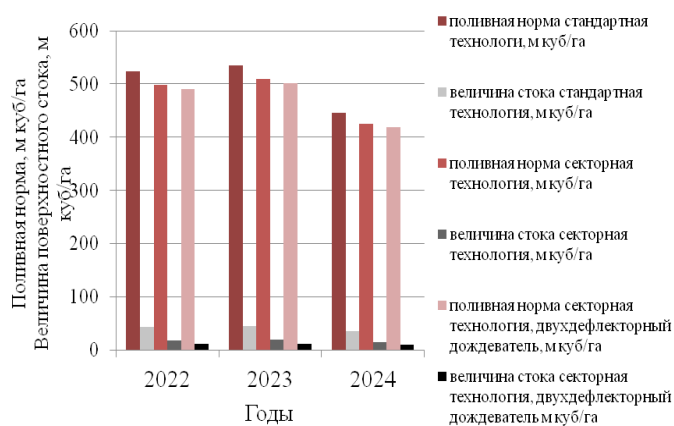


Рис. 3. Поливная норма и поверхностный сток за один полив по годам

Fig. 3. Irrigation rate and surface runoff for one irrigation by years

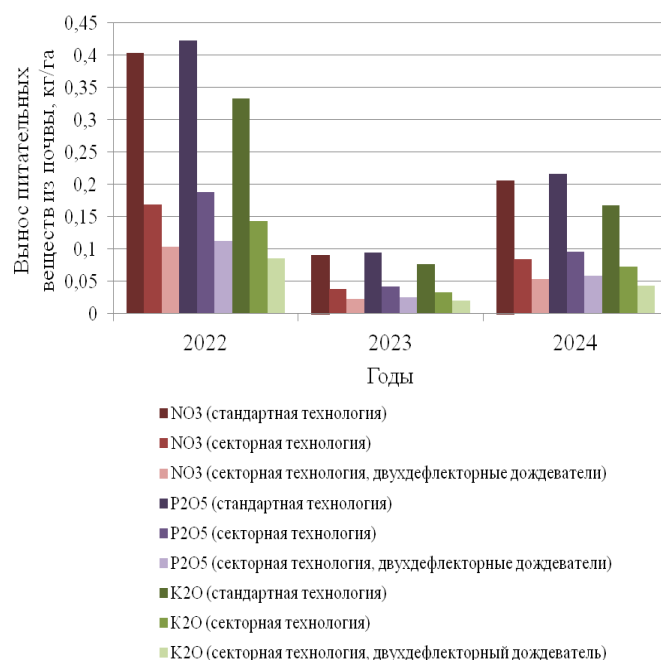


Рис. 4. Результаты выноса питательных веществ из почвы

Fig. 4. Results of removal of nutrients from the soil

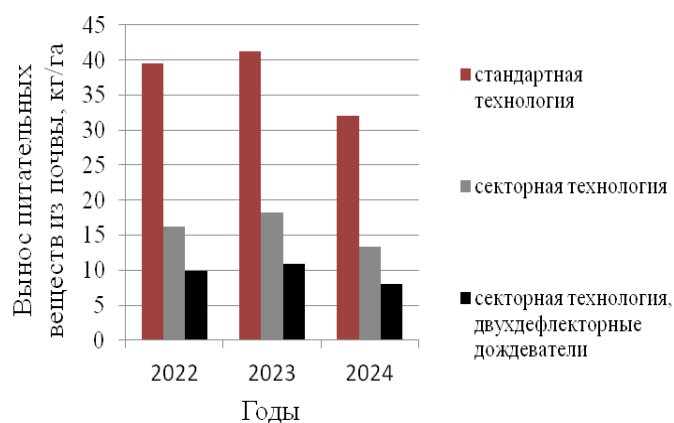


Рис. 5. Результаты выноса гумуса

Fig. 5. Results of humus removal

Анализ результатов показал также значительную разницу в потерях гумуса в зависимости от способа полива. За трехлетний период использование стандартной дождевальной машины приводит к потерям в 790 кг/га. Применение разрабатываемой технологии полива снизило этот показатель до 336 кг/га. Наиболее эффективным оказалось сочетание разрабатываемой технологии с установленными дождевателями, когда потери гумуса составили всего 202 кг/га (рис. 5).

Располагая информацией об объемах вымывания гумуса и питательных веществ при каждом поливе, можно произвести расчеты совокупных потерь за сельскохозяйственный сезон или многолетний период.

Список использованных источников

1. Библиодосье: Круглый стол / Комитет Государственной Думы по аграрным вопросам. По информационно-библиографическим ресурсам Управления библиотечных фондов (Парламентской библиотеки). Официальные материалы. Москва, 2025.
2. Шуравилин А.В., Вуколов Н.Г., Пивень Е.А. Свойства и плодородие почв при многолетнем орошении // Плодородие. 2008. № 1. С. 19-21
3. Несват А.П. Влияние орошения на водно-физические свойства темно-каштановых почв // Агрономия и лесное хозяйство. 2011. № 4. С. 57-58. EDN: PAXRPT
4. Щедрин В.Н., Докучаева Л.М., Юркова Р.Е. Негативные почвенные процессы при регулярном орошении различных типов почв // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 2 (30). С. 1-21. EDN: XODEYP
5. Скуратов Н.С. Эколого-мелиоративное регулирование плодородия орошаемых черноземов: Пособие для специалистов. Новочеркасск: Южный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации. 2001. 190 с.
6. Боронина Н.Ю., Мякий П.А., Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М. Влияние орошения на гранулометрию агропочв // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 8. С. 52-58. EDN: VNBRGQ
7. Приходько В.Е., Манахов Д.В. Почвенные процессы на разных структурных уровнях организации и диагностика их изменений при орошении // Вестник Московского университета. Серия 17 «Почвоведение». 2010. № 2. С. 8-17
8. Кушнарева А.В., Безуглова О.С. Влияние орошения на свойства почв: Обзор // Живые и биокосные системы. 2023. № 46. DOI: 10.18522/2308-9709-2023-46-4. EDN: FHZAHV
9. Журавлева Л.А., Якобсон Б.Б. Технично-технологические решения и рекомендации по сохранению плодородия почв, подверженных водной эрозии: Монография. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2024. 115 с.
10. Ларионова А.М. Припитуемая способность почв при поливах дождеванием: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: ФГУП НИИССБ «Прогресс», 2004. 40 с.
11. Шадских В.А., Кизжаева В.Е., Романова Л.Г. К вопросу влияния орошения на плодородие почв степной с сухостепной зон Поволжья // Техника и технологии. Орошаемое земледелие. 2019. № 4. С. 46-49. EDN: QNTBZT
12. Журавлева Л.А., Соловьев В.А. Совершенствование технологических приемов полива дождевальными машинами кругового действия «Каскад» // Мелиорация. 2019. № 1 (87). С. 78-82. EDN: EWYNEM

Выводы

Результаты проведенных исследований указывают на то, что деградация почв, спровоцированная длительным орошением, представляет собой закономерный и труднообратимый процесс.

Многолетнее орошение приводит к ухудшению физико-химических, водно-физических и теплофизических показателей.

Для минимизации негативных последствий и восстановления продуктивности земель требуется разработка комплексных инженерно-технологических стратегий.

Проведенные экспериментальные исследования продемонстрировали эффективность при уменьшении стока, что позволило снизить вынос питательных веществ и гумуса из почвы.

References

1. Bibliodosiye. State Duma Committee on Agrarian Issues, "Round Table". On the information and bibliographic resources of the Department of Library Collections (Parliamentary Library). Official materials. Moscow. 12. 2025.
2. Shuravilin A.V., Vukolov N.G., Piven E.A. Properties and fertility of soils in multi-year irrigation // Fertility. № 1. 2008. P. 19-21.
3. Nesvat A.P. Influence of irrigation on the water-physical properties of dark chestnut soils // Agronomy and forestry. 2011. № 4. P. 57-58. EDN: PAXRPT
4. Shchedrin V.N., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E. Negative soil processes in regular irrigation of various types of soils // Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. № 2(30). 2018. P. 1-21. EDN: XODEYP
5. Skuratov N.S. Ecological and reclamation regulation of the fertility of irrigated black earths. Manual for specialists. Novocherkassk. South scientific research institute of hydraulic engineering and land reclamation. 2001. 190 p.
6. Boronina N.Yu., Myagky P.A., Tatarintsev V.L., Tatarintsev L.M. The influence of irrigation on the granulometry of agricultural soils // Bulletin of the Altai State Agrarian University. № 8. 2018. P. 52-58. EDN: VNBRGQ
7. Prihodko V.E., Manakhov D.V. Soil processes at different structural levels of organization and diagnostics of their changes during irrigation // Bulletin of the Moscow University. Ser 17. Soil science. 2010. № 2. P. 8-17.
8. Kushnareva A.V., Bezuglova O.S., Effect of irrigation on soil properties. Review // "Living and bioinert systems". 2023. № 46; DOI: 10.18522/2308-9709-2023-46-4 EDN: FHZAHV
9. Zhuravleva L.A., Yakobson B.B. Technical and technological solutions and recommendations for the preservation of fertility of soils subject to water erosion: monograph. MOSCOW: FSBEI HE RGAU_MSHA. 2024. 115 p
10. Larionova A.M. Impregnating ability of soils during sprinkling irrigation. Abstract of the Dissertation of candidate of technical sciences. Moscow, FGUP NIISB Progress Publ., 2004. 40 p.
11. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E., Romanova L.G. On the issue of irrigation influence on the fertility of steppe soils from the dry steppe zones of the Volga region // Technics and Technologies. Irrigated agriculture. № 4. 2019. P. 46-49. EDN: QNTBZT
12. Zhuravleva L.A., Soloviev V.A. Improvement of technological methods of irrigation with circular sprinkler machines "Kaskad" // Land reclamation. 2019. № 1 (87). P. 78-82. EDN: EWYNEM

13. Журавлева Л.А., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С., Кузина О.М. Ресурсосбережение при проектировании и эксплуатации широкозахватных дождевальных машин: Монография. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. 237 с.

14. Технический регламент по управлению и корректировке объемов воды для орошения (На примере Ростовской области). Коломна: ИП Воробьев О.М., 2015. 58 с.

15. Павленко В.Н., Юшкин Д.А. Суммарное водопотребление кукурузы в межфазные периоды роста и развития растений // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 10. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.100.10.022>

16. Коновалова Г.В. Усовершенствованные приемы возделывания кукурузы на зерно при орошении дождеванием на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья: Дис. ... канд. с.-х. наук. Саратов, 2016. 201с.

13. Zhuravleva L.A., Apatenko A.S., Sevryugina N.S., Kuzina O.M. Resource Saving in the Design and Operation of Wide-Span Sprinkler Machines: Monograph. Moscow, RSAU-MSHA Publ., 2023. 237 p.

14. Technical Regulations for Water Management and Adjustment for irrigation (On the example of the Rostov region). – Kolomna: IP Vorobyov O.M., 2015. 58 p. ISBN 978-5-9906885-2-0.

15. Pavlenko V.N., Yushkin D.A. Total water consumption of corn in interphase periods of plant growth and development // International Research Journal. 2020. № 10. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.100.10.022>

16. Konovalova G.V. Improved methods of corn cultivation for grain during sprinkling irrigation on light chestnut soils of the Lower Volga region: Dissertation of candidate of agricultural sciences: 06.01.01, 06.01.02: defended 29.09.2016 / Konovalova Galina Viktorovna. – Saratov, 2016. – 201.

Информация об авторах

Лариса Анатольевна Журавлёва, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры сельскохозяйственного строительства; ORCID: 0000-0002-1168-4001; Scopus: 57204785451; PIIID: WOS Research ID: AAO-7123-2020; dfz@yandex.ru

Оксана Михайловна Кузина, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных мелиораций, ORCID: 0000-0001-9229-4306; kuzina_om@rgau-msha.ru

Юлия Александровна Мырксина, канд. эконом. наук, доцент кафедры бухгалтерского учета, финансов и налогообложения, ORCID: 0000-0002-8023-3183, myrksina@rgau-msha.ru

Information about the authors

Iarisa A. Zhuravleva, DSs (Tech), associate professor, professor of the department of agricultural construction; ORCID: 0000-0002-1168-4001; Scopus: 57204785451; RSCI ID: WOS Research ID: AAO-7123-2020; dfz@yandex.ru

Oksana M. Kuzina, senior lecturer, department of agricultural land reclamation, ORCID: 0000-0001-9229-4306; kuzina_om@rgau-msha.ru

Yulia A. Myrksina, CSs (Econ), associate professor, department of accounting, finance and taxation, ORCID: 0000-0002-8023-3183, myrksina@rgau-msha.ru

Вклад авторов

Л.А. Журавлева – проведение теоретических исследований, участие в проведении полевых опытов, обработка их результатов
О.М. Кузина – поиск и анализ литературных источников, а также статистических данных
Ю.А. Мырксина – редакция и оформление текстового и графического материалов статьи.

Поступила в редакцию / Received 25.03.2026

Поступила после доработки и рецензирования / Received 19.05.2026

Принята к публикации / Accepted 19.05.2026

Contribution of the authors

L.A. Zhuravleva – conducting theoretical research, participating in field experiments, and processing their results
O.M. Kuzina – search and analysis of literary sources, as well as statistical data.
Yu.A. Myrksina – editing and design of the text and graphic materials of the article.