УДК 631.47:631.67

DOI: 10.18522/2308-9709-2025-54-2

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ КУЛЬТУРЫ РИСА МЕТОДОМ ЗАТОПЛЕНИЯ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕМНО-КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ

Кушнарева А.В.[1], Безуглова О.С.[2*]

[1] Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области, Ростов-на-Дону, Россия

https://orcid.org/0009-0007-0363-3996

[2] Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

e-mail lola314@mail.ru

https://orcid.org/0000-0003-4180-4008

Аннотация. Орошение почв под рис методом затопления является весьма масштабным и довольно агрессивным вмешательством в гидрологию, химию и экологию почв. Поэтому изучение последствий такого орошения представляется весьма актуальным. Исследование темно-каштановой почвы рисового севооборота проводили в 2002 году и спустя 20 лет после прекращения орошения – в 2023 году. Изменения фиксировались уже на этапе полевых исследований. Морфологически они проявлялись в виде значительного повышения линии вскипания от 10% соляной кислоты (с 40 до 0 см), подъема уровня залегания горизонта скопления белоглазки (со 117 до 32 см), появления мельчайших кристаллов гипса по всему профилю почвы и формирование горизонта скопления новообразований гипса в виде крупных кристаллов, друз, ласточкиных хвостов с глубины 110 см.

Ключевые слова: профиль почвы, карбонаты, гипс, легкорастворимые соли

THE EFFECT OF FLOOD IRRIGATION IN RICE CULTIVATION ON THE MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF DARK CHESTNUT SOIL

Kushnareva A.V., Bezuglova O.S.

[1] Ministry of Natural Resources and Environment of the Rostov Region

[2] Southern Federal University

Abstract. Flood irrigation used in rice cultivation represents a large-scale and rather aggressive intervention in soil hydrology, chemistry, and ecology; therefore, assessing its consequences remains highly relevant. Dark chestnut soil under rice crop rotation was studied in 2002 and again in 2023, twenty years after irrigation had ceased. Noticeable changes were recorded already during field observations. Morphologically, they included a pronounced upward shift of the depth of effervescence with 10% HCl (from 40 cm to the surface), an upward shift of the horizon with carbonate accumulations (beloglazka) (from 117 cm to 32 cm), the occurrence of fine gypsum crystals throughout the soil profile, and the development—below 110 cm—of a gypsum accumulation horizon composed of large crystals and drusy aggregates, including swallowtail (twinned) forms**.**

Key words: soil profile, carbonates, gypsum, soluble salts

Введение. Морфологические свойства – первое с чем сталкивается почвовед при знакомстве с почвой. Отсюда чрезвычайно важное диагностическое значение морфологии почв. Окраска, сложение, структура, гранулометрический состав, их смена по профилю почвы дают информацию не только о свойствах почвы, но и о тех процессах, которые ее сформировали в прошлом и продолжают влиять на свойства и облик почвы на современном этапе почвообразования. Особенно важную роль в диагностике почвенных процессов играют новообразования. Недаром их наличию, или отсутствию, форме и составу уделяется такое большое внимание.

Рис – культура, в значительной степени влияющая на свойства почвы, так как затопление, при котором она возделывается, в значительной степени изменяет гидрологические условия, что обусловлено довольно быстрым подъемом уровня грунтовых вод. Скорость этого процесса зависит от глубины залегания грунтовых вод и свойств грунтов, прежде всего водно-физических. Имеет значение и наличие эффективной дренажной сети. Учитывая обычно высокую минерализацию грунтовых вод, можно ожидать проявление таких процессов, как вторичное засоление, либо осолонцевание почв.

Имеет значение и то, что в зоне аэрации лессовидных суглинков присутствуют легкорастворимые соли. При насыщении этой толщи водой происходит растворение реликтовых солей и образование минерализованных грунтовых вод. По расчетам при полном насыщении водой концентрация растворов может достигать 5–10 г/л в зоне черноземных степей и 25–30 г/л в зоне комплексных степей восточной части Ростовской области (Садименко, 1974).

Длительное пребывание почв под слоем воды приводит к значительному накоплению солей в верхней полуметровой толще почв. Общее содержание водорастворимых солей увеличивается в 2–3 раза. Изменяется и тип засоления. Он становится хлоридно-сульфатным, что связано, в первую очередь, с контактирующим влиянием поливных хлоридно-сульфатных вод. Под влиянием рисосеяния в течение 2–3 лет засоленные почвы становятся практически не засоленными, а тип засоления меняется с сульфатно-хлоридно-натриевого на сульфатно-кальциево-натриевый (Тур, 1978).

Изменяется содержание и состав поглощенных катионов (Чернов, 1988). Почвенный поглощающий комплекс (ППК) темно-каштановых почв характеризуется высокой степенью насыщенности кальцием и магнием. (Лозовицкий, Ткаченко, 1992). Однако в верхних горизонтах орошаемых и богарных почв наблюдается уменьшение по сравнению с материнской породой содержания кальция и магния, что свидетельствует о значительной подвижности этих элементов и физико-химическом их выщелачивании. На глубине до 40 см преобладает магний, ниже – кальций.

В условиях орошения темно-каштановых почв процессы физико- химического выветривания выражены слабо, но все же преобладают над аккумулятивными (Лозовицкий, Ткаченко, 1992). В почвенно-поглощающем комплексе (ППК) происходит накопление магния и натрия (Безуглова и др., 1995; Миронченко, 2012). Отношение CaO : MgO может быть показателем интенсивности воздействия гидроморфизма.

Наиболее неблагоприятные явления при ирригации – осолонцевание почв и содопроявление в грунтовых водах и почвах. Причины появления соды при орошении, следующие: миграция соды, имевшейся ранее в грунтовых водах, возникновение соды в результате обменных реакций и освобождения натрия из ППК или процессов

сульфатредукций на рисовых полях. В ряде случаев сода грунтовых вод имеет глубинное происхождение и может мигрировать к поверхности с подземными водами; спорадически сода появляется в водоемах и оросительной сети, по-видимому, в результате жизнедеятельности микроорганизмов (водорослей). Появление следов соды двууглекислой, реже нормальной, в почвах на глубине 50–60 см – обычное явление, обусловленное рассолонцеванием почв. В небольших количествах (до 0,5 мг/дм) сода отмечается и в грунтовых водах (Новикова, 1975, 2004; Приходько, 1996; Кушнарева, Безуглова, 2023).

Таким образом, затопление почв на длительный срок, создание в них в этот период обстановки глубокого анаэробиозиса существенно влияет на солевой состав и состав обменных катионов.

Цель работы – изучение влияния культуры риса за годы орошения и в постмелиоративный период на морфологические свойства темно-каштановой почвы.

Объекты исследований. Исследование темно-каштановой почвы (чернозем текстурно-карбонатный по Классификации и диагностике почв России, 2004) вели на Пролетарской оросительной системе (ОС). Построенная в 1960 г., и полностью сданная в эксплуатацию в мае 1965 года, Пролетарская ОС отвечает за водоподачу на северные рисовые чеки площадью более 20 тыс. га. Вода в систему подается самотеком из Донского магистрального канала через шлюз-регулятор в Пролетарский распределитель протяженностью 83 км и пропускной способностью 54 $м^3/с$ (Сенчуков, 2022). Средняя оросительная норма для Пролетарского массива составляет 22,0–23,5 тыс. $м^3$ /га (Пономаренко, Бреева, 2016). До освоения под орошение значительная часть земель использовалась под малопродуктивные выпасы, частично под пашню. Широкое освоение земель вызвало определенные трудности в связи со сложными природными условиями: относительно близким уровнем залегания минерализованных грунтовых вод и засушливым климатом.

Территория Пролетарской оросительной системы характеризуется резко континентальным климатом, с недостаточным количеством атмосферных осадков, довольно значительной амплитудой колебания температуры воздуха и преобладанием юго-восточных сухих ветров (Агроклиматические ресурсы..., 1972).

Тем не менее, в целом почвенно-климатические условия изучаемой территории: температурный режим, близость источников воды (Веселовское, Манычское водохранилища, Донской магистральный канал) создают благоприятные условия для развития рисосеяния.

Для изучения изменения свойств темно-каштановых почв зоны действия Пролетарской ОС при орошении проводились исследования почв на территории опытно-производственного хозяйства «Пролетарское». Почвы участка, на котором были заложены полевые опыты, темно-каштановые солонцеватые в комплексе с солонцами до 25%. В почвенных разрезах проведены морфометрические исследования, а именно, определение мощности и морфологическое описание генетических горизонтов.

Характер изменений, происходящих в орошаемых почвах, свидетельствует о том, что черноземы и каштановые почвы обладают повышенной селективностью к поглощению натрий-ионов. Поэтому даже при очень низком значении коэффициента адсорбции натрия (SAR) орошаемой воды (меньше 1,0) в почвах активно накапливается обменный натрий, причем не только в зоне орошения, но и в почвах прилегающих территорий (Дюшофур 1970).

Именно поэтому в 2002 году для получения достоверных данных об изменениях морфологических показателей почвы под рисом контрольный разрез был заложен в непосредственной близости на старозалежном участке. Таким образом в 2002 году было заложено 2 разреза. Через два года после проведенных исследований участок был выведен из состава рисового севооборота и на нем стали возделываться полевые культуры. В 2023 году были заложены разрезы (рис. 1,2) в непосредственной близости от мест заложения разрезов в 2002 году. Кроме того были привлечены литературные данные, опубликованные П.А. Садименко (1966) и В.И. Степовым (1997), т.к. эти исследователи в свое время закладывали разрезы на этом же рисовом поле, и на прилегающей залежи в непосредственной близости от тех мест, где проводились и наши исследования.

Рисунок 1. Профиль темно-каштановой почвы в постмелиоративный период

Апах (0–18/18). Сухой, буровато-серый с каштановым оттенком, среднесуглинистый, пылевато-крупно-глыбистый, рыхлый, очень мелкие кристаллы гипса (блеск на солнце), вскипание сильное, сильно корешковат, переход постепенный.

А подпах (18–32/14). Свежий, буровато-серый, плотный, пористый, легкосуглинистый, комковато-порошисто-глыбистый, очень мелкие кристаллы гипса (блеск на солнце), вскипание бурное, сильно корешковат, переход резкий.

В са (32–55/23). Свежий, светло-бурый с белесыми пятнами многочисленной белоглазки, плотный, легкосуглинистый, корешковат, затеки гумуса по трещинам и ходам червей, вскипание бурное, переход постепенный.

ВС (55–90/35). Влажный, темно-бурый, вскипание бурное, очень плотный, мелкопористый, мелкокорешковатый, затеки гумуса по ходам корней, кротовина, переход постепенный.

$C_{CaCO3/CaSO4}$ (90–130/40). Сырой, коричневато-бурый с крупными белесыми пятнами скоплений карбонатов, по краям которых скопления кристаллов гипса, а внутри – друзы гипса, вскипание бурное, очень плотный, влажный, мелкопористый, мелкокорешковатый, затеки гумуса по ходам корней, кротовина, переход постепенный.

Полевые исследования показали, что почва подвергается изменениям не только непосредственно на поле, орошаемом для целей рисосеяния, но и на прилегающем участке залежи (рис.2). В частности, на глубине 140см и ниже отмечен горизонт скопления легкорастворимых солей.

Рисунок 2. Профиль темно-каштановой почвы на залежном участке (2023 г.)

Ад (0–15/15). Вскипание слабое, дернина.

А (15–35/20). Сухой, буровато-серый, среднесуглинистый, пылевато-комковатый, уплотнен, вскипание слабое, сильно корешковат переход постепенный.

В (35–50/15). Свежий, темно-бурый, легкосуглинистый, порошисто-мелкокомковатый, плотный, тонкопористый, вскипание бурное, сильно корешковат, переход постепенный.

ВС (50–60/10). Свежий, темно-бурый, но светлее предыдущего, легкосуглинистый, плотный, тонкопористый, встречаются корешки, вскипание бурное, мелкие редкие пятна белоглазки, переход постепенный.

С са (60–90/30). Свежий, бурый с белыми пятнышками белоглазки, бурное вскипание, плотный, легкосуглинистый, корешковат, переход постепенный.

С (90–140/50). Влажный, буровато-палевый лессовидный суглинок, вскипание бурное, плотный, мелкопористый, переход постепенный.

С sa (140–145/дно). Влажный, светло-палевый, уплотнен, мелкопористый, легкосуглинистый, налеты белых солей.

Результаты исследований. Объект привлекал внимание исследователей и раньше. В частности, П.А. Садименко (1966) описал почву на залежном участке еще до строительства оросительной системы в 1952 году. Затем В.И. Степовой (1997), изучая влияние орошения под рис на свойства темно-каштановой почвы, также закладывал

разрезы как на залежи, так и на рисовом поле. Так как все разрезы закладывались на одном поле и, судя по описаниям, поблизости друг от друга, можно проследить динамику основных параметров морфометрических данных (табл. 1).

Таблица 1. Динамика морфометрических параметров темно-каштановой почвы залежного участка и на рисовом поле

Показатель	Старозалежь				Рисовый севооборот			
Год	1952	1990	2002	2023	1977	1990	2002	2023
Автор	П.А.Сади-менко, 1966	В.И.Сте-повой, 1997	А.В.Кушнарева		В.И.Степовой, 1997		А.В.Кушнарева	
Мощность А+ВС, см	51	68	68	60	40	56	60	90
Глубина вскипания, см	35	41	С поверхности слабое		40	40	С поверхности интенсивное	
Глубина появления белоглазки, см	51	41	54	60	43	46	117	32
Глубина залегания л-р солей, см	119	-	94	90	113	-	117	90
Глубина залегания крупных друз гипса, см	Не вскрыт				Не вскрыт			мелкие кристаллы с поверхности, со 110 - друзы

Приведенные в таблице данные свидетельствуют, что нахождение в непосредственной близости к старозалежному участку орошаемого поля, вероятно, послужило причиной подъема уровня грунтовой воды и на участке с залежью, о чем может свидетельствовать появление ближе к поверхности легкорастворимых солей (со 119 см до начала орошения, до 94 см в 2002 г.). Как следствие усиливается испарение, повышается карбонатность, почва начинает вскипать с поверхности. В то же время начало появления горизонта белоглазки опускается ниже, что также может быть обусловлено более благоприятным режимом влажности. Следует отметить, что для неорошаемых темно-каштановых почв Донской провинции, к которой относится юго-восточная часть Ростовской области, залегание карбонатов чаще всего приурочено к глубине 40–60 см, а гипс залегает глубже 170 см. В 2023

году, спустя 20 лет после прекращения режима орошения под рис, вскипание от 10% HCl остается поверхностным. Залегание легкорастворимых солей приурочено к той же глубине, что и в старозалежной почве, но заметно выше, чем в почве под рисом во время режима орошения. Наиболее заметные изменения произошли с новообразованиями карбонатов и гипса. Значительно ближе к поверхности (с 32 см) формируется горизонт скопления белоглазки, и мелкие кристаллы гипса появляются уже в пахотном горизонте, образуя гипсоносный горизонт начиная со 110 см (рис. 3). В то же время, на залежном участке гипс не вскрыт, а белоглазка появляется глубже – только в гор. BC с 60 см.

Рисунок 3. Скопления новообразований гипса в виде друз, ласточкиных хвостов и более мелких кристаллов на глубине 110–130 см в темно-каштановой почве, выведенной из рисового севооборота в 2003 году.

Лабораторные исследования подтвердили наличие процессов окарбоначивания и загипсовывания в темно-каштановой почве, выведенной из рисового севооборота, что является следствием близкого залегания к поверхности минерализованных грунтовых вод и смены ирригационно-промывного водного режима, действовавшего на рисовой системе, на десуктивно-выпотной в постмелиоративный период (Безуглова и др., 2025).

Темно-каштановая почва залежного участка таких коренных трансформаций не испытала, тем не менее наличие карбонатов с поверхности, что не характерно для каштановых и темно-каштановых почв Донской провинции, свидетельствует об усилении восходящих токов влаги, и миграции вместе с ними гидрокарбонатов кальция.

Заключение. Морфологический метод исследования еще в полевых условиях позволил идентифицировать наличие существенных изменений в строении и свойствах темно-каштановой почвы участка, выведенного из-под режима орошения под рис. Окарбоначивание почвенного профиля привело к формированию уже в подпахотном слое горизонта со скоплением белоглазки, а процесс загипсовывания сопровождается появлением мелких кристаллов гипса по всему профилю, достигая максимума проявления на глубине 110 см и ниже.

Благодарности и финансирование

Работа выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета ("Приоритет 2030")".

Список литературы

Агроклиматические ресурсы Ростовской области. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1972. – 251 с.

Безуглова О.С., Кушнарева А.В., Горбов С.Н., Омелянчук А.А., Тагивердиев С.С. Постмелиоративное состояние темно-каштановой почвы рисового севооборота // Почвы и окружающая среда. – 2025. Том 8. No 3. e328. DOI: 10.31251/pos.v8i3.328

Безуглова О.С., Степовой В.И., Ковалева И.Г. Влияние орошения на химические свойства темно-каштановой почвы// Почвоведение. 1995. № 5. – С.602—607.

Дюшофур Ф. Основы почвоведения. Эволюция почв (Опыт изучения динамики почвообразования). Перевод с франц. М.: Мир, 1970. – 591 с.

Кушнарева А.В., Безуглова О.С., Влияние орошения на свойства почв. Обзор // Живые и биокосные системы. – 2023. – № 46; URL: https://jbks.ru/archive/issue-46/article-4; DOI: 10.18522/2308-9709-2023-46-4.

Лозовицкий П. С., Ткаченко И. Т. Влияние орошения на свойства и плодородие тёмно-каштановых почв // Почвоведение. – 1992. №5. – С. 75–85.

Мироненко М. С. Обеспеченность темно-каштановых почв элементами питания при освоении их в рисовых севооборотах [Электронный ресурс] // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2012. – № 4(08). – 14 с. – Режим доступа: http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=131&id=135

Новикова А. В. Засоленные почвы, их распространение в мире, окультуривание и вопросы экологии. Харьков, 2004. – 119 с.

Новикова А. В. Прогнозирование вторичного засоления почв при орошении. Киев: Урожай, 1975. – 184 с.

Пономаренко Т.С., Бреева А.В. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия // Научно-практический журнал. – 2016. Выпуск № 1(61). – С. 23–28.

Приходько В. Е. Орошаемые степные почвы: функционирование, экология, продуктивность. М.: Интеллект. 1996. – 168 с.

Садименко П.А. Проблемы и перспективы орошения на Северном Кавказе. - Ростов-на-Дону., 1974. – 43 с.

Садименко П.А. Почвы юго-восточных районов Ростовской области, изд-во Ростовского университета, 1966. – 128 с.

Сенчуков Г.А., Пономаренко Т.С. Моделирование процессов водораспределения на Пролетарской оросительной системе // Мелиорация и гидротехника. – 2022. Т. 12, № 1. С. 141–156. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-141-156.

Степовой В.И. Перспективы возделывания риса на Дону по экологически безопасной и ресурсосберегающей технологии// Автореф.дис.докт. с.-х.н. Краснодар, 1997. – 50 с.

Тур Н.С. Особенности возделывания риса на засоленных землях. Кранодарское книжное издательство, 1978. – С. 112.

Чернов Н.М. Гидрохимические особенности трансформации почв плавней дельты Дуная в условиях рисовых оросительных систем: Автореф. дис. канд .б. н. М.: МГУ, 1988. – 25 с.

References

Agro-climatic resources of the Rostov region. Leningrad : Gidrometeoizdat, 1972. – 251 p.

Bezuglova O.S., Kushnareva A.V., Gorbov S.N., Omelyanchuk A.A., Tagiverdiev S.S. Post-Amelioration State of Dark-Chestnut Soil in Rice Crop Rotation // Soils and Environment. – 2025. Vol. 8. No. 3. e328. DOI: 10.31251/pos.v8i3.328

Bezuglova O.S., Stepovoy V.I., Kovaleva I.G. Influence of Irrigation on the Chemical Properties of Dark-Chestnut Soil // Soil Science. – 1995. No. 5. – Pp. 602-607.

Dyushofur F. Fundamentals of Soil Science. Soil Evolution (Experience in Studying the Dynamics of Soil Formation). Transl. from French. Moscow: Mir, 1970. – 591 p.

25. Kubiëna W. L. The Soils of Europe. Madrid; London: Tho Moscow, 1970. – 591 p.

Kushnareva A.V., Bezuglova O.S., Influence of Irrigation on Soil Properties. Review // Living and Biocosmic Systems. – 2023. No. 46; URL: https://jbks.ru/archive/issue-46/article-4; DOI: 10.18522/2308-9709-2023-46-4.

Lozovitsky P. S., Tkachenko I. T. Effect of irrigation on the properties and fertility of dark chestnut soils // Soil science. 1992. No. 5. –P. 75–85.

Mirochenko M. S. Provision of dark chestnut soils with nutrients during their development in rice crop rotations [Electronic resource] // Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems: electronic periodical publ. / Rus. Research Institute of Land Reclamation Problems. – Electronic journal. – Novocherkassk: RosNIIPM, 2012. – No. 4(08). – 14 p. – Access mode: http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=131&id=135

Novikova A. V. Saline soils, their distribution in the world, cultivation and environmental issues. Kharkov, 2004. –119 p.

Novikova A. V. Forecasting secondary soil salinization under irrigation. Kyiv: Urozhai, 1975. – 184 p.

Ponomarenko T. S., Breeva A. V. Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture // Scientific and practical journal. 2016. Issue No. 1(61). – pp. 23–28.

Prikhodko V. E. Irrigated steppe soils: functioning, ecology, productivity. Moscow: Intellect. 1996. – 168 p.

Sadimenko P. A. Problems and Prospects of Irrigation in the North Caucasus. Rostov-on-Don, 1974. – 43 p.

Sadimenko P.A. Soils of the Southeastern Districts of the Rostov Region, Rostov University Press, 1966. – 128 p.

Senchukov G.A., Ponomarenko T.S. Modeling Water Distribution Processes in the Proletarian Irrigation System // Land Reclamation and Hydraulic Engineering. – 2022, Vol. 12, No. 1. – Pp. 141–156. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-141-156.

Stepovoy V.I. Prospects for Rice Cultivation in the Don Region Using Environmentally Safe and Resource-Saving Technology // Abstract of a Doctor of Agricultural Sciences (Agricultural Sciences). Krasnodar, 1997. – 50 p.

Tur N.S., “Characteristics of Rice Cultivation on Saline Lands.” Krasnodar Book Publishing House, 1978. – P. 112.

Chernov N.M. Hydrochemical Features of Soil Transformation in the Danube Delta Floodplains under Rice Irrigation Systems: Abstract of a Cand. Sci. (Biology) Dissertation. Moscow: Moscow State University, 1988. – 25 p.

Статья поступила в редакцию 8 ноября 2025 г.

Поступила после доработки 15 ноября 2025 г.

Принята к печати 3 декабря 2025 г.

Received 8, November, 2025

Revised 15, November, 2025

Accepted 3, December, 2025