

**Постмелиоративное состояние темно-каштановой почвы рисового севооборота**

© 2025 О. С. Безуглова ¹, А. В. Кушнарева ², С. Н. Горбов ¹, А. А. Омелянчук ²,
С. С. Тагивердиев ¹

¹ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», пр. Стачки 194/1, г. Ростов-на-Дону, 344090, Россия. E-mail: lola314@mail.ru

²Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области, пр. 40-летия Победы, 1а, г. Ростов-на-Дону, 344065, Россия. E-mail: avknadzor@list.ru

Цель исследования. Выявить изменения в состоянии и свойствах темно-каштановой почвы участка Пролетарской оросительной системы, выведенного из орошения под рис в 2003 году.

Место и время проведения. Ростовская область, Пролетарская оросительная система. Исследования проводили в 2002 и 2023–2024 гг.

Методы. В почвенных разрезах проведены морфометрические исследования (определение мощности и морфологическое описание генетических горизонтов). В почвенных образцах определили: рН водной суспензии, карбонаты; массовую долю органического вещества; содержание обменных натрия, кальция и магния, а также сульфатов гипса.

Основные результаты. За 20 лет постмелиоративного периода произошли изменения в морфологических и химических свойствах темно-каштановой почвы. После 2003 года участок использовался в полевом севообороте без орошения. Изменение водного режима с ирригационно-промывного, существовавшего при выращивании риса, на десуктивно-выпотной привело к накоплению в нижней части профиля сульфатов магния, натрия и кальция. Окарбоначивание почвенного профиля доказывают как значительное увеличение содержания карбонатов по всему почвенному профилю, так и наличие в почвенном профиле горизонта со скоплениями крупных карбонатных сгустков. В виде крупных друз на глубине 90–130 см появился гипс, а в почве залежного участка мелкие кристаллы гипса видны по всему профилю. Сульфатный состав залегающих на глубине 2,5 метра грунтовых вод обусловил процесс загипсовывания всего почвенного профиля. В нижней части профиля темно-каштановой почвы к процессу загипсовывания на обоих участках присоединяется слабое осолонцевание, а в почве бывшего рисового севооборота и сильная степень сульфатного засоления.

Заключение. Изменение ирригационно-промывного типа водного режима на десуктивно-выпотной в условиях семиаридного климата при условии близкого залегания к поверхности грунтовых вод гидрокарбонатно-сульфатного состава сопровождается окарбоначиванием, загипсованием, слабым осолонцеванием и глубоким засолением почвенного профиля темно-каштановых почв.

Ключевые слова: Ростовская область; Пролетарская оросительная система; темно-каштановая почва; постмелиоративное состояние; окарбоначивание; загипсование; осолонцевание.

Цитирование: 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. № 3. е328. DOI: [10.31251/pos.v8i3.328](https://doi.org/10.31251/pos.v8i3.328)

ВВЕДЕНИЕ

Длительное использование земель для выращивания риса приводит к значительным изменениям в свойствах почв (Du et al., 2023; Nascimento et al., 2026), обусловленным, прежде всего, высоким гидроморфизмом, связанным с продолжительным затоплением и неглубоким залеганием грунтовых вод. Это приводит к формированию специфических водно-физических свойств, благоприятных для выращивания риса, но вызывает ряд негативных последствий в состоянии этих почв (Кушнарева, Безуглова, 2023; Liu et al., 2024, 2025; Wen et al., 2025).

Прекращение орошения почв под рис вызывает также ряд изменений в их свойствах (Кушнарева, Безуглова, 2023; Nascimento et al., 2026). Так, в лугово-черноземной почве, выведенной из рисового севооборота под выращивание богарных культур, наблюдаются изменения физических (плотность сложения, общая пористость, аэрируемость) и химических (содержание подвижного фосфора, обменного магния, двух- и трехвалентного железа, углерода гуминовых кислот и фульвокислот, отношения Са:Mg и Сгк:Сфк), сближающие ее с аналогом неорошаемого участка (Гуторова, 2020; Кушнарева, Безуглова, 2024; Безуглова и др., 2024).

По данным Н.Б. Хитрова с соавторами (2020), на четвертый год после прекращения орошения почвы лугово-каштановых солонцовых комплексов Присивашской низменности в Нижнегорском

районе Республики Крым, более 90% точек опробования были представлены незасоленными почвами до глубины 1,5–2 м, а в 80% случаев – незасоленными грунтами зоны аэрации; грунтовые воды вскрывались преимущественно на глубине 3,3–5,3 м.

Согласно исследованиям, проведенным на Генеральской ОС в Волгоградской области (Хитров и др., 2022), за 25 лет отсутствия орошения произошло понижение уровня грунтовых вод глубже 5 м и рассоление вторично засоленных почв, развитие ощелачивания верхних горизонтов современных почв. Однако в 2020 г. в некоторых почвах отмечено присутствие хлоридов кальция. Их наличие является критерием частичного сохранения следов вторичного засоления, возникшего к 1990-м годам.

В целом можно констатировать, что затопление почв на длительный срок приводит к созданию в них обстановки глубокого анаэробнозиса, влияющего на солевой состав, состав обменных катионов и направленность процессов гумусообразования, обуславливая изменение как запасов гумуса в почвах рисовых полей, так и его качественного состава (Осипов, 2016). Следовательно, выведение полей из состава рисовых севооборотов и изменение водно-воздушного и окислительно-восстановительного режимов сопровождается существенными преобразованиями состава и свойств почв.

Однако работ по постмелиоративному состоянию почв в настоящее время немного, вопрос малоизучен, в связи с чем целью данной работы стало выявление изменений в постмелиоративном состоянии темно-каштановой почвы Пролетарской оросительной системы, обусловленных выведением в 2023 году части полей из орошения под рис и использованием их для возделывания полевых культур без орошения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Территория исследования. Значительная часть Ростовской области находится в степной полусухой и сухой зонах, а юго-восток области относят к сухостепной очень сухой зоне, где распространены темно-каштановые и каштановые, часто засоленные и солонцеватые почвы и комплексы с солонцами в долинах рек Маныч и Сал. Почвенный покров в районах пограничных с Республикой Калмыкия занимают светло-каштановые почвы, залегающие преимущественно в комплексах с солонцами. Исследования проводили в Пролетарском районе Ростовской области в зоне распространения темно-каштановых почв, которые встречаются на Доно-Сальском междуречье, Сало-Манычском водоразделе. Обычно этот подтип каштановых почв представлен несолонцеватыми или солонцеватыми родами в комплексах с солонцами.

Рельеф. Комплексности почвенного покрова способствуют рельеф территории, хорошо выраженный микрорельеф и очень засушливый климат. На юго-восток области заходит возвышенность Ергени, вдоль долины Маныча выделяется невысокая Сало-Манычская гряда, остальная часть занята низменностями (Чибилев, 2017). Долина Маныча расположена в Донской сухостепной провинции, почвенный покров ее отличается ярко выраженной комплексностью, обусловленной влиянием как природных, так и антропогенных факторов. При этом ведущую роль играет засушливый климат и разные формы микрорельефа: неравномерное распределение находящихся в минимуме атмосферных осадков обуславливает разный режим поверхностного увлажнения. Способствует этому и солевой состав почвообразующих пород; свой вклад вносит распашка целинных земель и использование для орошения вод повышенной минерализации (Ильина, Сушко, 2019).

Рельеф территории зоны орошения сравнительно спокойный с небольшими уклонами поверхности. Система находится в долине р. Западный Маныч, для которой характерны близкий к поверхности уровень залегания грунтовых вод (2–7 м) и высокая их минерализация: до 73 г/л на первой надпойменной террасе и до 22 г/л – на второй надпойменной террасе реки Западный Маныч.

Климат. Согласно агроклиматическому районированию (Агроклиматические ресурсы ..., 1972) – район засушливый. В летний период (июнь – август) вероятность засух 25–50 %. Климатическое районирование относит территорию к Азовско-Донскому степному району. В июле средняя месячная температура воздуха 21°C, средняя максимальная/минимальная температура воздуха в июле 38°C/14°C. Средняя продолжительность теплого периода 250 дней, безморозного периода – 175 дней. Годовые значения суммарной солнечной радиации составляют 4800 МДж/м², наибольшие в июне и июле (680 МДж/м²), наименьшие – в январе 120 МДж/м². Средний годовой балл облачности менее 7. Средняя годовая относительная влажность воздуха 65 %, летом она опускается в среднем до 40–50 %, а в отдельные часы до 30–35 %.

Ближайшая репрезентативная метеостанция к Пролетарскому району находится в соседнем Мартыновском районе Ростовской области. За последние тридцать лет длительных наблюдений в

периоды 1961–1990 и 2016–2020 гг. на Мартыновской метеостанции установлено, что сумма атмосферных осадков в исследуемой зоне в указанные периоды оставалась равной 243 мм. Однако дефицит увлажнения увеличился с 542 до 709 мм (Безуглова и др., 2022). При этом коэффициент увлажнения снизился с 0,31 до 0,26. За указанный период испаряемость увеличилась с 785 до 952 мм.

Несмотря на то, что количество осадков в разные периоды оставалось равным, испаряемость возросла и значительно превышает сумму атмосферных осадков: усредненный показатель в период 2016–2020 гг. вырос почти в 4 раза. Основное количество осадков выпадает зимой (январь 40 мм) и в теплый период (в мае, июне средняя месячная сумма 60–70 мм). Самые сухие месяцы апрель и август–сентябрь (35 мм). Средняя продолжительность сухих периодов (максимальное число последовательных дней в году с осадками менее 1 мм) составляет 10–20 дней, а максимальная 75 дней. Наиболее неблагоприятные погодно-климатические явления для сельскохозяйственного Пролетарского региона: холодная весна и весенние заморозки, промерзание почвы при отсутствии снежного покрова, волны жары, засуха (особенно весенняя), высыхание травы и ландшафтные пожары, уменьшение стока р. Маныч, ветровая эрозия, частые пыльные бури (Nazarenko, 2023; Zhidkova et al., 2020).

Почвы. Почвенный покров территории отличается значительной пестротой и комплексностью, так как она расположена на стыке двух почвенных зон – черноземов южных и темно-каштановых почв. Почвообразующими породами служат карбонатные и карбонатно-сульфатные лессовидные суглинки и глины, а также глинистые и тяжелосуглинистые отложения аллювиального происхождения (Попов, 2018; Кушнарева, Омелянчук, 2024). Территория района исследований находится в зоне каштанового типа почвообразования. Основным фон составляют темно-каштановые почвы (Классификация ..., 1977), что соответствует черноземам текстурно-карбонатным по классификации почв России (2004) и *Haplic Kastanozems (Pachic)* по международной классификации IUSS Working Group WRB (2022). Почвы нередко образуют комплексы с солонцами от 10 до 50% и лугово-каштановыми почвами – до 10%. Мощность горизонтов А+В составляет 45–55 см, на рисовых чеках за счет планирования поверхности гумусовая толща чаще всего не превышает 35–40 см, в окраске преобладают серовато темно-каштановые тона, буряющие книзу. Дифференциация гумусовых горизонтов более четкая, чем в черноземах, отмечается значительная уплотненность профиля, трещиноватость гор. В. Содержание гумуса в пахотном слое от 3,2 до 4,0 % с уменьшением в подпахотных горизонтах до 1,7 %. По гранулометрическому составу темно-каштановые почвы этой территории преимущественно глинистые и тяжелосуглинистые. Где-то здесь

Среди темно-каштановых почв встречаются несолонцеватые и слабосолонцеватые разновидности почв; поглощенный натрий составляет от 2,8 до 6,0% от суммы поглощенных оснований в подпахотном горизонте В. Почти повсеместно почвы засолены, тип засоления сульфатный, хлоридно-сульфатный или сульфатно-хлоридный со «следами» соды.

Пролетарская оросительная система. Почвенно-климатические условия изучаемой территории: температурный режим, близость источников воды (Веселовское, Манычское водохранилища, Донской магистральный канал) создают благоприятные условия для развития рисосеяния. Эта зона недостаточного и неустойчивого увлажнения, поэтому всегда считалась перспективной в отношении оросительных мелиораций.

За водоподачу на северные рисовые чеки площадью более 20 тыс. га отвечает Пролетарская оросительная система (ОС), которая является одной из наиболее водоемких в Ростовской области (Сенчуков, Пономаренко, 2022). Она была построена в 1960 г., а полностью сдана в эксплуатацию в мае 1965 года. Вода в систему подается самотеком из Донского магистрального канала через шлюз-регулятор в Пролетарский распределитель протяженностью 83 км и пропускной способностью 54 м³/с. Средняя оросительная норма для Пролетарского массива составляет 22,0–23,5 тыс. м³/га (Пономаренко, Бреева, 2016; Кушнарева, Омелянчук, 2024).

В административном отношении ОС находится на территории Мартыновского и Пролетарского районов Ростовской области на ранее «бросовых» землях Манычской долины. В 2003 году часть полей в ОПХ «Пролетарское» (ныне это АКЦ «Донской») были выведены из режима орошения для возделывания в богарном режиме полевых культур. Уровень грунтовых вод установился на глубине 2,8–2,9 м. Учитывая легкосуглинистый состав почвенно-грунтовой толщи, а также характер накопления солей в почвенном профиле, можно сделать вывод о наличии капиллярного подъема грунтовой воды на глубину 1,5–0,9, а в отдельные наиболее влажные годы и выше (до 0,3–0,5 м). Это позволяет предположить смену ирригационно-промывного типа водного режима, существовавшего в период выращивания риса, на десуктивно-выпотной тип.

Методы исследования. Для изучения изменения свойств темно-каштановых почв зоны действия Пролетарской ОС при орошении проводились почвенные исследования на территории опытно-производственного хозяйства «Пролетарское». Почвы участка, на котором были заложены полевые опыты, темно-каштановые солонцеватые в комплексе с солонцами до 25%. Почвенные разрезы закладывали в 2002 и 2023 гг. В почвенных разрезах проведены морфометрические исследования: определение мощности и морфологическое описание генетических горизонтов. Закладка разрезов и описание свойств проведены в соответствии с рекомендациями (Почвенно-географическая база данных России. Электронный ресурс: <https://soil-db.ru/studentam-i-shkolnikam/muzei/muzei-pochvovedeniya-im-sa-zaharova/pochvennyu-razrez>). Из каждого горизонта отбирали по два образца, анализы проводили в трехкратной повторности.

В почвенных образцах определили:

- карбонаты по Шейблеру, % (Агрохимические методы ..., 1975);
- массовую долю органического вещества (гумус), % (ГОСТ 26213-2021, п. 1);
- обменный натрий, ммоль/100 г (ГОСТ 26950-86);
- содержание обменных форм кальция и магния, ммоль/100 г (ГОСТ 26487-85, п. 2);
- содержание сульфатов гипса, % (по методу Айдиняна: Методические указания ..., 1977).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для получения достоверных данных об изменениях свойств почв под влиянием культуры риса в 2002 году был заложен разрез на рисовом севообороте; для сравнения в непосредственной близости (200 м на северо-восток от разреза № 1) был заложен контрольный разрез на залежи. 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 в непосредственной близости от мест заложения разрезов в 2002 году. Из морфологических описаний следует, что если в 2002 году белоглазка в почве под рисом залегала начиная со 117 см, то в 2023 году горизонт скопления белоглазки залегал на глубине 38–65 см, отдельные крупные мучнистые скопления карбонатов отмечены и на глубине 100–110 см. Со 100 см до 110 см вместе с мучнистыми скоплениями карбонатов появляется гипс в виде крупных друз, а в слое 110–130 см отмечено наличие мелких игольчатых кристаллов гипса.

В темно-каштановой почве залежного участка в 2002 году белоглазка появлялась с 54 см, гипс в разрезе мощностью 145 см вскрыт не был. В 2023 году по всему профилю отмечено наличие очень мелких кристаллов гипса.

Динамика солей в темно-каштановых почвах рисового севооборота и залежного участка.

Процессы динамики солей в орошаемых почвах, в том числе и темно-каштановых, хорошо изучены и описаны в трудах различных ученых (Панин, 1968; Попов, Дмитриюкова, 1975; Розанов и др., 1983; Айдаров, 1985; Минашина, 1986; Новикова, 2004; Байшекеев, Рау, 2017). Основным выводом их исследований является то, что орошение в автоморфных условиях приводит к рассолению почвенно-грунтовой толщи. Независимо от минерализации оросительных вод, в гидроморфных условиях при расположении уровня грунтовых вод выше 3–5 м от поверхности, происходит интенсивный вынос легкорастворимых солей из зоны аэрации.

Наши исследования, проведенные на темно-каштановых почвах Пролетарской ОС в 2002 году, подтвердили это положение (Кушнарера, Омелянчук, 2024). Содержание легкорастворимых солей в почвенном профиле вниз по профилю возрастало от 0,082 до 0,126%, достигая максимума в горизонте С (рис. 1А). В составе солей преобладали гидрокарбонаты кальция. В целом, почву можно было оценить как незасоленную.

В почве залежи наблюдалось увеличение солей вниз по профилю от 0,090 до 0,622% (рис. 2А). Химизм засоления и его степень меняется от незасоленного нейтрального в верхнем полуметре почвы до сильнозасоленного содово-сульфатного в материнской породе. Такая ситуация нередко складывается на участках, прилегающих к орошаемым полям, за счет близкого залегания минерализованных грунтовых вод и формирования десуктивно-выпотного типа водного режима, в то время как на полях орошения засоление отсутствует благодаря ирригационно-промывному типу водного режима (Дюшофур, 1970; Кушнарера, Омелянчук, 2024).

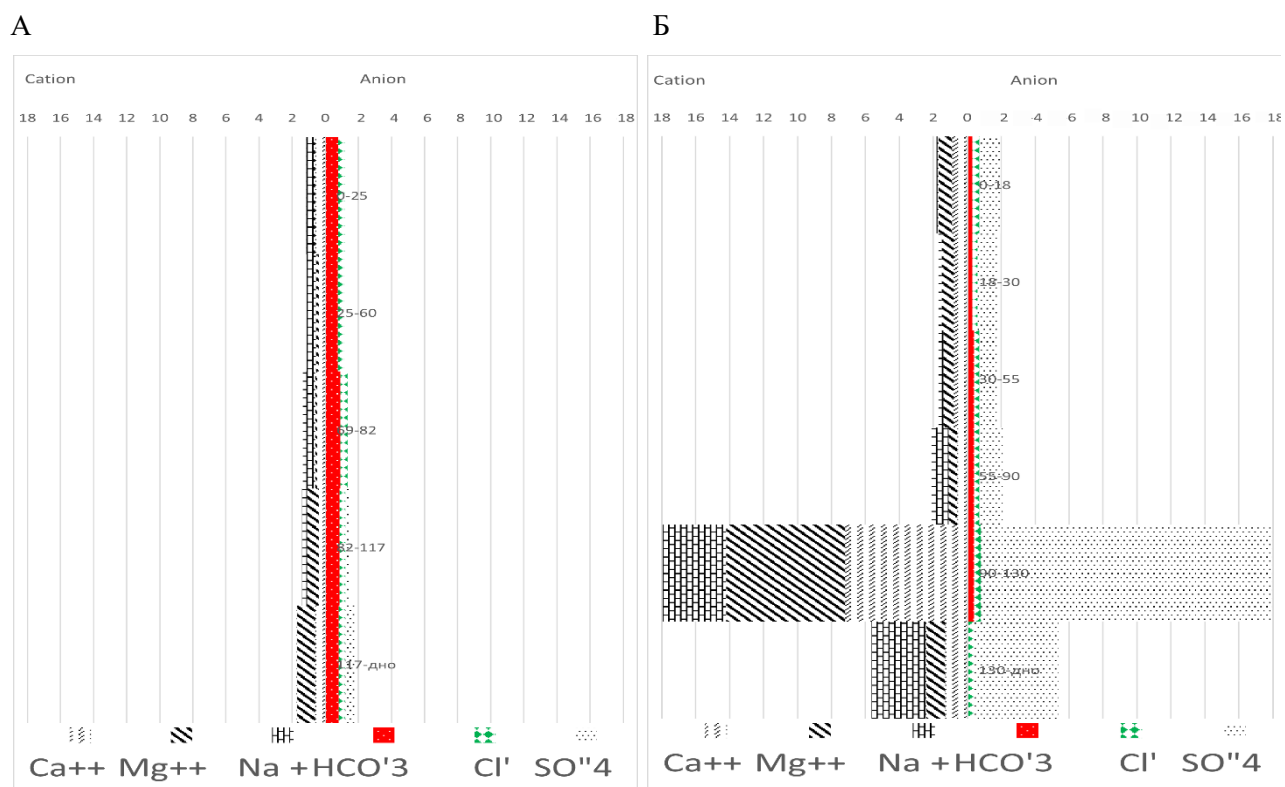
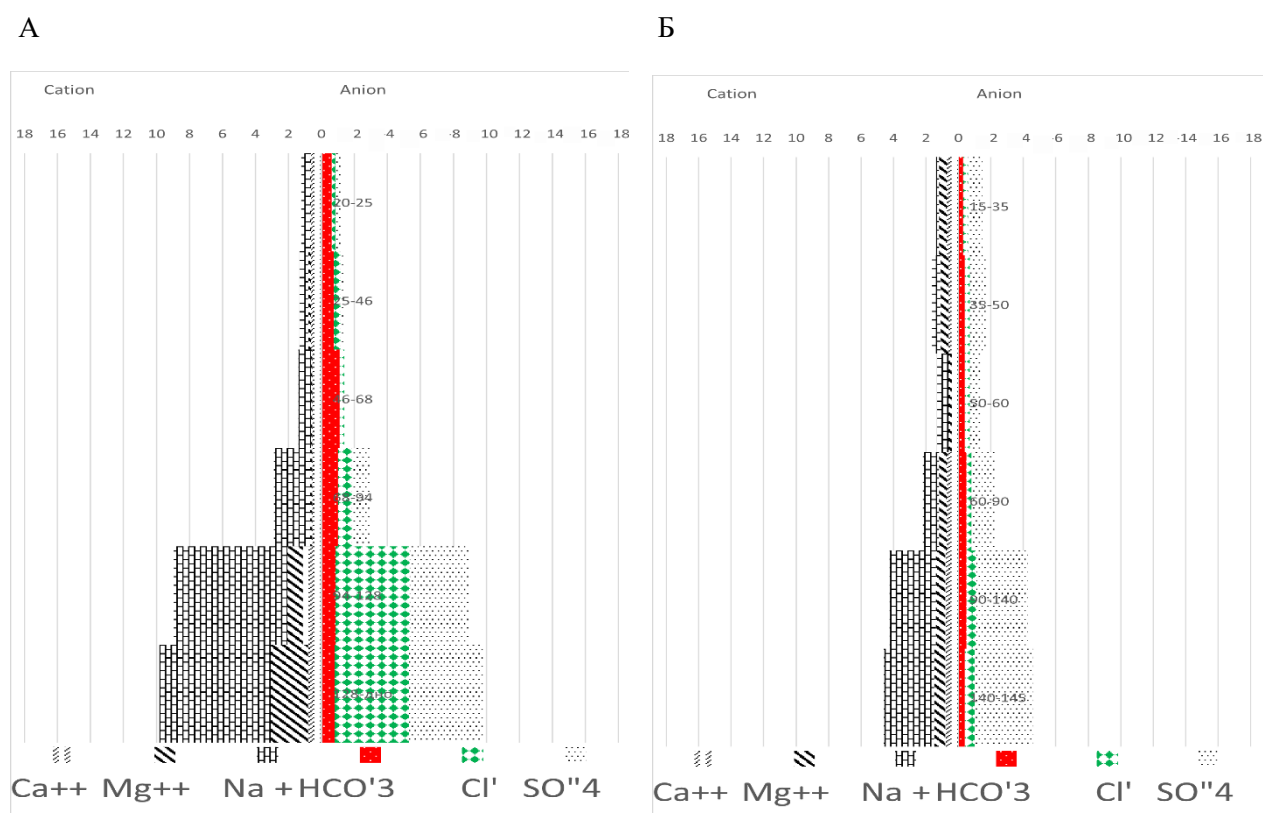


Рисунок 1. Солевые профили темно-каштановой почвы рисового севооборота в 2002 (А) и 2023 (Б) годах.



В состав почвенно-поглощающего комплекса в почвах сухостепной зоны входят Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ . Основным является обменный катион Ca^{2+} , что обусловлено наличием в почвах каштанового типа и породах, на которых они формируются, большого количества кальция в первичных кальцийсодержащих минералах. Важную роль играет и тот факт, что Ca^{2+} характеризуется более высокой энергией внедрения, чем магний и натрий, легче сорбируется глинистыми минералами и, особенно, гумусовыми веществами (Ковда, 1973).

Данные о содержании обменных катионов в темно-каштановых почвах в 2023 году в постмелиоративный период приведены в таблице 1. Они свидетельствуют, что в темно-каштановой почве залежного участка (разрез 2302) содержание Ca^{2+} уменьшается от 31,2 ммоль-экв/100 г в поверхностном (0–15 см) горизонте до 24,8 ммоль-экв/100 г в почвообразующей породе. Количество эквивалентов кальция вниз по профилю залежной почвы постепенно снижается. Вероятно, это обусловлено снижением количества гумуса с глубиной, так как гуматы Ca играют важную роль в связывании кальция.

Наоборот, в темно-каштановой почве бывшего рисового севооборота (разрез 2301) наблюдается более низкое содержание обменного кальция в верхней толще – 28,0–23,2 ммоль-экв /100 г и более высокая обеспеченность этим катионом нижней части почвенной толщи – 39,2–37,6 ммоль-экв/100 г. Такие различия в профильном распределении обменного кальция в этих почвах обусловлены соответствующей разницей содержания карбоната кальция в профиле этих почв. Максимальное скопление этого минерала в почве бывшего рисового поля сосредоточено на глубине 60–145 см, а наибольшее количество обменного кальция обнаружено на глубине 90–130 см.

Таблица 1

Состав поглощенных катионов темно-каштановой почвы рисового севооборота и залежи в постмелиоративный период

Гори- зонт	Глубина отбора, см	Натрий		Кальций		Магний	
		ммоль/100 г	%	ммоль/100 г	%	ммоль/100 г	%
Темно-каштановая почва, рисовый севооборот, 2023 г. Разрез 2301							
A _{пах}	0–18	0,1	0,3	28,0	79,3	7,2	20,4
A _{подпах}	18–30	0,2	0,5	29,6	80,0	7,2	19,5
B	30–55	0,5	1,6	24,0	77,7	6,4	20,7
C _{ca}	55–90	1,6	5,3	23,2	76,3	5,6	18,4
C ₂	90–130	0,9	1,8	39,2	78,9	9,6	19,3
C ₃	130–дно	1,9	3,9	37,6	77,8	8,8	18,2
Темно-каштановая почва, залежь, 2023 г. Разрез 2302							
A _д	0–15	0,1	0,3	31,2	81,0	7,2	18,7
A	15–35	0,2	0,6	26,4	80,0	6,4	19,4
B ₁	35–50	1,0	2,9	27,2	78,6	6,4	18,5
BC	50–60	1,6	4,8	25,6	76,2	6,4	19,0
C _{ca}	60–90	2,4	7,0	25,6	74,4	6,4	18,6
C1	90–140	3,3	9,8	24,0	71,2	6,4	19,0
C ₂	140–дно	2,9	8,5	24,8	72,7	6,4	18,8

Количество обменного катиона Mg^{2+} в ППК исследуемых почв подвержено колебаниям. В залежной почве (разрез 2302) его содержание в верхнем гумусном горизонте (0–15 см) составляет 7,2 ммоль-экв/100 г, а далее вниз по профилю остается одинаковым, составляя 6,4 ммоль-экв/100 г. В почве бывшего рисового севооборота (разрез 2301) содержание обменного катиона Mg^{2+} в верхних гумусных горизонтах было таким же, как и в залежной почве. В средней части профиля до C₁ содержание обменного магния снизилось до 5,6 ммоль-экв/100 г, а в горизонте C₂ на глубине 90–130 см достигло максимальной величины – 9,6 ммоль-экв/100 г.

ОБСУЖДЕНИЕ

Окарбоначивание в темно-каштановых почвах постмелиоративного периода. В почвах, формирующихся в условиях сухой степи и на карбонатных породах, карбонаты концентрируются в средней части профиля, образуя карбонатно-иллювиальный горизонт. При этом глубина залегания этого

горизонта определяется преимущественно количеством осадков, обуславливающих глубину промачивания почвенной толщи (Худякова, 2014; Минаева и др., 2021). При наличии в почвенном растворе уголекислоты происходит переход труднорастворимых карбонатных соединений в гидрокарбонатную формы и их миграция на глубину промачивания. Причем в наиболее влажные годы карбонаты опускаются на большую глубину, маркируя нижнюю границу карбонатно-иллювиального горизонта. В более сухие годы глубина промачивания меньше, соответственно и миграция карбонатов осуществляется на меньшую глубину, обозначая, тем самым, верхнюю границу горизонта белоглазки, образующейся при высыхании почвы и сегрегации карбонатов в новообразования. Однако в сухостепных почвах картина осложняется жарким климатом и высокой интенсивностью восходящих потоков влаги, в силу чего средние многолетние глубины промачивания почвы атмосферными осадками находятся глубже горизонта аккумуляции белоглазки (Минаева и др., 2021).

Использование темно-каштановых почв под орошение приводит к развитию процессов выщелачивания, в том числе и такой относительно труднорастворимой соли как карбонат кальция (Худякова, 2014).

Изменение условий в постмелиоративный период может привести к постепенной десегрегации карбонатных новообразований; как следствие, они теряют округлую форму, их очертания расплываются, а граница становится диффузной. Одновременно наблюдается подтягивание карбонатов вверх и их накопление в пахотном горизонте. Процесс этот получил название окарбонирования. Изменение водно-воздушного режима, смена ирригационно-промывного типа водного режима после прекращения орошения на выпотной либо дессуکتивно-выпотной сопровождаются изменением процессов выщелачивания и миграции карбонатов. Это и наблюдается в исследуемом ландшафте.

Об изменении содержания карбонатов, сульфатов гипса и pH водной вытяжки в профиле исследуемых темно-каштановых почв за 20 лет, минувших после вывода почвы из рисового севооборота, свидетельствуют данные, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Химический состав темно-каштановой почвы рисового севооборота и залежи

Горизонт	Глубина отбора, см	pH _{вод.} , ед.	CaCO ₃ , %	Гумус, %	CaSO ₄	
		M±m*			%	Коэффициент загипсования
Темно-каштановая почва, рисовый севооборот, 2023 г. Разрез 2301						
А пах	0–18	8,3±0,1	6,19±0,10	2,24±0,44	0,58	0,88
А подпах	18–30	8,6±0,1	7,22±0,12	1,83±0,36	0,54	0,82
Вк	30–55	8,8±0,1	18,14±0,29	0,94±0,18	0,65	0,98
BC	55–90	9,1±0,1	10,93±0,17	0,51±0,10	0,45	0,68
C _{ca}	90–130	8,3±0,1	5,77±0,09	0,44±0,09	0,91	1,38
C	130–дно	8,5±0,1	6,39±0,10	0,26±0,05	0,66	1,00
Темно-каштановая почва, залежь, 2023 г. Разрез 2302						
A _д	0–15	8,3±0,1	3,09±0,05	3,65±0,54	0,53	0,87
A	15–35	8,5±0,1	1,24±0,02	2,67±0,53	0,66	1,08
B	35–50	9,0±0,1	9,90±0,16	1,52±0,30	0,62	1,02
BC	50–60	9,0±0,1	5,77±0,09	1,35±0,27	0,55	0,90
C _{ca}	60–90	9,2±0,1	11,55±0,18	1,31±0,26	0,51	0,84
C1	90–140	9,0±0,1	9,48±0,16	0,99±0,19	0,41	0,67
C2	140–дно	9,4±0,1	16,49±0,26	0,81±0,16	0,61	1,00

Примечание.

*M – среднее арифметическое (n=6); m – ошибка средней.

Согласно данным за 2002 год, после длительного орошения в морфологии исследуемых почв произошли изменения: белоглазка залегала глубоко, не было кристаллов гипса, в верхних горизонтах комковато-ореховатая структура сменялась на столбчато-слоистую, наблюдалось более интенсивное вскипание от HCl.

В залежных темно-каштановых почвах 2023 года формирование карбонатного профиля наблюдается в верхнем гумусовом горизонте. Количество карбонатов резко возрастает в горизонте В (9,90%) и достигает максимума в горизонте С2 (16,49%). Фактически весь почвенный профиль формируется при активном участии карбонатов. Максимальное содержание карбонатов (16,49%) отмечается в нижнем горизонте почвообразующей толщи 140–145 см. На преимущественное накопление карбонатов в нижней части профиля орошаемой темно-каштановой почвы после 10-летнего ее пребывания в залежном состоянии указывает и В.М. Худякова (2014).

Иная картина в формировании карбонатного профиля наблюдается в темно-каштановой почве рисового севооборота в постмелиоративный период. В верхнем гумусовом горизонте накапливается достаточно много карбонатов, но максимальная их концентрация отмечается на глубине 30–55 см (18,14%), что является следствием десуктивно-выпотного типа водного режима. Отсутствие орошения почв и достаточно близкий к поверхности уровень залегания карбонатно-сульфатных грунтовых вод (2,8–2,9 м) способствовали существенному увеличению содержания карбонатов в почвенном профиле и прекращению процессов выщелачивания из верхнего метрового слоя.

Таким образом, с учетом всего вышеизложенного можно утверждать, что в темно-каштановых почвах рисового севооборота и прилегающей к нему залежи происходит окарбоначивание почвенного профиля. Это доказывается как значительным увеличением содержания карбонатов по всему почвенному профилю, так и наличием в почвенном профиле горизонта со скоплениями крупных карбонатных сгустков.

Загипсование в темно-каштановых почвах, выведенных из рисового севооборота.

Гипсоносными называются почвы, в профиле которых «до глубины 2 м присутствует горизонт мощностью >10 см с содержанием гипса $\geq 10\%$ » (Минашина, 1958). Разделение гипсоносных почв производят по содержанию гипса в горизонте его максимального скопления: 1–10% – слабогипсоносные, 10–20% – среднегипсоносные, 20–40% – сильногипсоносные, >40% – очень сильногипсоносные (Ямнова, Панкова, 2013).

Есть и другая точка зрения, согласно которой гипсовым называется горизонт, в котором накопленный гипс превышает его содержание в материнской породе или нижележащем горизонте (Dregne, 1976).

В исследуемой ситуации гипс в почве постмелиоративного периода рисового севооборота появился в виде крупных друз на глубине 90–130 см, что уже свидетельствует о процессе загипсования. Для более полного понимания ситуации был рассчитан коэффициент загипсования – отношение содержания гипса в мелкозем в генетическом горизонте к его содержанию в породе. Этот коэффициент показал (табл. 2), что на глубине 90–130 см в темно-каштановой почве рисовника идет довольно сильное загипсование, что подтвердило результаты морфологического исследования при описании разреза.

В почве на залежном участке также наблюдается, хотя и более слабое, загипсование. Это обусловлено сульфатным составом близко залегающих к поверхности грунтовых вод. Следует отметить, что появление мучнистых форм гипса в почвах солонцового комплекса Прикаркинитской низменности, выведенной из рисового севооборота, отмечали также Н.Б. Хитров и Л.В. Роговнева (2021).

Осолонцевание в темно-каштановых почвах постмелиоративного периода. Наличие в составе обменных катионов натрия в темно-каштановых почвах является одним из диагностических признаков этих почв. И.П. Герасимов и М.А. Глазовская (1960) высказали предположение, что внедрение Na^+ в почвенно-поглощающий комплекс может происходить за счет поглощения его солей некоторыми растениями сухой степи из глубоких, богатых легкорастворимыми солями горизонтов, в результате чего они накапливают в своей вегетативной массе относительно много натрия. При минерализации растительных остатков таких растений натрий попадает в почвенный раствор, а из него поглощается органическими и минеральными коллоидами. Высвобождается натрий и при выветривании первичных минералов. При достижении очень высокой концентрации Na^+ в растворе он, несмотря на более низкую энергию внедрения, получает возможность внедряться в почвенно-поглощающий комплекс.

Из данных, представленных в таблице 1, следует, что содержание обменного натрия в залежной почве (разрез 2302) в самых верхних гумусовых горизонтах низкое. Оно колеблется в пределах 0,1–0,2 ммоль-экв/100 г, что составляет не более 1% от суммы ППК. В более глубоких горизонтах количество Na^+ возрастает. Так, в горизонтах В1 и ВС его содержание изменяется от 1,0 до 1,6 ммоль-экв/100 г. Наибольшая аккумуляция обменного катиона Na приурочена к горизонту С1 90–140 см – 3,3 ммоль-

экв/100 г. В этих горизонтах сформировалась щелочная реакция именно благодаря наличию Na^+ в количествах, соответствующих средней степени солонцеватости. Внедрение катиона Na^+ в ППК происходит в результате его концентрирования и взаимодействия почвы с раствором Na_2CO_3 .

Содержание обменного катиона Na^+ в почве бывшего рисового севооборота (разрез 2301) в самых верхних гумусовых горизонтах и в горизонте В тоже низкое, хотя и несколько выше, чем в почве залежи: 0,1–0,5 ммоль-экв/100 г. В более глубоких нижележащих горизонтах его количество возрастает, достигая в горизонте С_к максимального значения 1,6–1,9 ммоль-экв/100 г., соответствующего слабой степени солонцеватости.

По итогу можно сказать, что начиная с горизонта С₁ и в почве бывшего рисового севооборота, и в почве залежи наблюдается внедрение в ППК иона натрия и проявление солонцового процесса, в результате в почве образуются гидрофильные системы с большими возможностями к уплотнению и с меньшим содержанием фильтрующих пор.

Засоление в темно-каштановых почвах постмелиоративного периода. Сопоставление данных ионного состава водных вытяжек показало, что от 2002 к 2023 году прослеживается определенная тенденция перераспределения легкорастворимых солей в почве (Кушнарева, Омелянчук, 2024). К 2023 году ситуация изменилась: общее количество легкорастворимых солей по всему профилю возрастает в почве рисового севооборота (рис. 1Б), достигая максимума 1,19% в слое 90–130 см, и, наоборот, снижается до 0,32% в профиле залежной почвы (рис. 2Б). Учитывая, что в слое 90–130 см при полевом исследовании обнаружены скопления карбонатов и гипса, можно предположить, что такая большая величина сухого остатка обусловлена наличием именно этих солей – карбонатов и сульфатов кальция, являющихся нетоксичными. Однако данные состава водной вытяжки указывают на преимущественное накопление сульфатов, причем суммарно количество вредных солей – сульфатов магния и натрия превышает содержание сульфата кальция. Это позволяет классифицировать темно-каштановую почву бывшего рисового севооборота как глубокосолончаковатую; степень засоления – сильная, химизм засоления – сульфатный. Что касается почвы залежного участка, то здесь, напротив, наблюдается рассоление; тем не менее, почва остается слабозасоленной глубокосолончаковатой.

ВЫВОДЫ

1. В темно-каштановых почвах рисового севооборота и прилегающей к нему залежи после выведения части чеков из его состава и использования в течение 20 лет под полевые культуры наблюдается существенная трансформация водно-солевого состава и окарбоначивание. Изменение водного режима с ирригационно-промывным на десуктивно-выпотной привело к формированию на глубине 90–130 см слоя, обогащенного сульфатами магния и натрия, а также гипсом. Окарбоначивание почвенного профиля доказывается как значительным увеличением содержания карбонатов по всему почвенному профилю, так и наличием в почвенном профиле горизонта со скоплениями крупных карбонатных суглинков.

2. В постмелиоративный период в почве рисового севооборота гипс появился в виде крупных друз на глубине 90–130 см, что свидетельствует о проявлении процесса загипсования. Коэффициент загипсования показал, что на глубине 90–130 см в темно-каштановой почве рисовника этот процесс идет довольно сильно; это подтвердило результаты морфологического исследования при описании разреза. В почве на прилегающем залежном участке также наблюдается, хотя и более слабое, загипсование, что обусловлено сульфатным составом близко залегающих к поверхности грунтовых вод.

3. В горизонте С₁ и в почве бывшего рисового севооборота, и в почве залежи происходит внедрение в ППК иона натрия и проявление солонцового процесса; в результате образуются гидрофильные системы с большими возможностями к уплотнению и с меньшим содержанием фильтрующих пор. На этой же глубине накапливаются и легкорастворимые соли, свидетельствуя о сильной степени засоления почвы бывшего рисового севооборота и слабой – почвы залежного участка.

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности № FENW-2023-0008.

ЛИТЕРАТУРА

Агроклиматические ресурсы Ростовской области. Ленинград: Гидрометеиздат, 1972. 250 с.

Агрохимические методы исследования почв. 1975. Москва: Наука. С. 25–26.

Айдаров И.П. Регулирование водно-солевого и питательного режимов орошаемых земель. Москва: Агропромиздат, 1985. 304 с.

Байшекеев А.Д., Рау А.Г. Водно-солевой баланс рисовых полей с использованием дренажно-сбросных вод для полива риса // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 6–2. С. 281–284. <https://doi.org/10.17513/mjpf.111669>

Безуглова О.С., Ильинская И.Н., Закруткин В.Е., Назаренко О.Г., Литвинов Ю.А., Гаевая Э.А., Меженков А.А., Жумбей А.И. Динамика деградации земель в Ростовской области // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2022. Том 86. № 1. С. 41–54. <https://doi.org/10.31857/S2587556622010034>

Безуглова О.С., Кушнарера А.В., Омелянчук А.А., Тищенко С.А. Гумусное состояние темно-каштановых почв, выведенных из рисового севооборота // АгроЭкоИнфо. 2024. № 6(66). <https://doi.org/10.51419/202146646>

Герасимов И.П., Глазовская М.А. Основы почвоведения и география почв. Москва: Географгиз, 1960. 490 с.

ГОСТ 26487-85. Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО. Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. С. 21–33.

ГОСТ 26950-86. Почвы. Метод определения обменного натрия. Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1986. 8 с.

ГОСТ 26213-2021. Почвы. Методы определения органического вещества. Москва: Российский институт стандартизации, 2021. 8 с.

Гуторова О.А. Современное состояние плодородия почв рисовых агроландшафтов Кубани и тренд его изменения в процессе сельскохозяйственного использования. Диссертация ... д-р с.-х. наук. Краснодар, 2020. 509 с.

Дюшофур Ф. Основы почвоведения. Эволюция почв (Опыт изучения динамики почвообразования) / Пер. М.И. Герасимовой; Предисл. и ред. И.П. Герасимова. Москва: Прогресс, 1970. 591 с.

Ильина Л.П., Сушко К.С. Современные проблемы деградации сухостепных почв долины Маныч // Биосфера. 2019. Том 11. № 3. С. 120–127. <https://doi.org/10.24855/biosfera.v11i3.508121>

Классификация и диагностика почв СССР / Составители: В.В. Егоров, В.М. Фридланд, Е.Н. Иванова, Н.Н. Розова, В.А. Носин, Т.А. Фриев. Москва: Колос, 1977. 224 с.

Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с

Ковда В.А. Основы учения о почвах. Общая теория почвообразовательного процесса. Книга вторая. Москва: Наука, 1973. 474 с.

Кушнарера А.В., Безуглова О.С. Влияние орошения на свойства почв. Обзор // Живые и биокосные системы. 2023. № 46. <https://doi.org/10.18522/2308-9709-2023-46-4>

Кушнарера А.В., Безуглова О.С. Изменение гумусного состояния темно-каштановой почвы рисового севооборота в постмелиоративный период // Проблемы и перспективы устойчивого развития почвенного покрова горных и равнинных территорий: Сборник материалов Международной конференции (Геленджик, 04–06 июня 2024 г.). Геленджик: Южный федеральный университет, 2024. С. 127.

Кушнарера А.В., Омелянчук А.А. Изменение водно-солевого состава темно-каштановой почвы рисового севооборота в постмелиоративный период // Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика: Материалы VI Всероссийской конференции молодых ученых АПК (Рассвет, 23–24 мая 2024 г.). Рассвет: ООО «АзовПринт», 2024. С. 24–29. <https://doi.org/10.69535/FRARC.2024.83.66.005>

Методические указания по проведению анализов почв в зональных агрохимических лабораториях. Москва: ЦИНАО, 1977. С. 75–79.

Минаева Е.Н., Безуглова О.С., Морозов И. В. Влияние многолетней динамики атмосферных осадков на генезис степных и сухостепных почв // Наука Юга России. 2021. Том 17. № 1. С. 52–62. <https://doi.org/10.7868/S25000640210105>

Минашина Н.Г. Серо-коричневые гажевые (гипсоносные) почвы Кировабадского массива Азербайджанской ССР // Труды Почвенного института. 1958. Том LIV. С. 151–254.

Минашина Н.Г. Развитие орошения и его влияние на почвы от энеолита до наших дней // Успехи почвоведения. Москва: Наука, 1986. С. 232–238.

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

- Осипов А.В. Изменение свойств и солевого режима почв современной дельты реки Кубани / Под общ. ред. В.Н. Слюсарева. Краснодар: КубГАУ, 2016. 131 с.
- Панин П.С. Процессы солеотдачи в промываемых толщах почв / Отв. ред. Р.В. Ковалев. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1968. 303 с.
- Пономаренко Т.С., Бреева А.В. Анализ современного состояния рисоводческой отрасли в Ростовской области // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 1(61). С. 23–28.
- Попов А.А., Дмитриюкова Н.А. Динамика щелочности в почвах солонцового комплекса при рисосеянии // Повышение продуктивности солонцовых земель на Северном Кавказе. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1975. С. 67–68.
- Попов В.В. Состояние плодородия пахотных земель в юго-восточных районах Ростовской области // Достижения науки и техники АПК. 2018. Том 32. № 3. С. 7–11. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10302>
- Розанов Б.Г., Андреев Г.И., Буйлов В.В., Моргун Е.Г., Николаева С.А., Пачепский Я.А. Эволюция черноземов при орошении // Русский чернозем. 100 лет после Докучаева. Москва: Наука, 1983. С. 241–252.
- Сенчуков Г.А., Пономаренко Т.С. Моделирование процессов водораспределения на Пролетарской оросительной системе // Мелиорация и гидротехника. 2022. Том 12. № 1. С. 141–156. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-141-156>
- Хитров Н.Б., Роговнева Л.В. Пятилетнее изменение засоленности почв и грунтов рисовых систем Прикаркинитской низменности после прекращения орошения // Почвоведение. 2021. № 1. С. 120–135. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21010044>
- Хитров Н.Б., Роговнева Л.В., Паштецкий В.С. Изменение засоленности почв и грунтовых вод рисовых систем Присивашской низменности после прекращения орошения // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2020. Вып. 102. С. 70–102. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-102-70-102>
- Хитров Н.Б., Горохова И.Н., Кравченко Е.И. Солевое состояние почв в постирригационных условиях на Генераловской оросительной системе в Волгоградской области // Почвоведение. 2022. № 8. С. 1056–1070. <https://doi.org/10.31857/S0032180X2208007X>
- Худякова В.М. Гранулометрический состав, физико-химические и агрохимические свойства темно-каштановых почв разного хозяйственного использования в условиях Западного Казахстана. Диссертация ... канд. сельскохозяйственных наук. Санкт-Петербург–Пушкин, 2014. 363 с.
- Чибилев А.А. Степная Евразия: региональный обзор природного разнообразия. Изд. 2-е, перераб. и доп. Москва–Оренбург: Институт степи РАН; РГО, 2017. 324 с.
- Ямнова И.А., Панкова Е.И. Гипсовые новообразования и формирующие их элементарные почвообразовательные процессы // Почвоведение. 2013. № 12. С. 1423–1436. <https://doi.org/10.7868/S0032180X13120125>
- Dregne H.E. Soils of arid regions. Amsterdam. 1976. 237 p.
- Du X., Hu H., Wang T., Zou L., Zhou W., Gao H., Ren X., Wang J., Hu S. Long-term rice cultivation increases contributions of plant and microbial-derived carbon to soil organic carbon in saline-sodic soils // Science of The Total Environment. 2023. Vol. 904. P. 166713. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166713>
- IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria, 2022. 236 p.
- Liu B., Guo C., Xu J., Zhao Q., Chadwick D., Gao X., Zhou F., Lakshmanan P., Wang X., Guan X., Zhao H., Fang L., Li S., Bai Z., Ma L., Chen X., Cui Z., Shi X., Zhang F., Chen X., Li Z. Co-benefits for net carbon emissions and rice yields through improved management of organic nitrogen and water // Nature Food. 2024. Vol. 5. P. 241–250. <https://doi.org/10.1038/s43016-024-00940-z>
- Liu J., Wang N., Wang H., Zhao C., Huang N., Zhao X. Evaluation on the migrating quantity of fluorine among water-soil-rice system in soda saline-alkali soil as paddy field is developed // Journal of Agriculture and Food Research. 2025. Vol. 23. P. 102264. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.102264>
- Nascimento G., Catala-Fornier M., Villegas D., Ferre O., Tomàs N., Cantero-Martínez C. Enhancing soil organic carbon and structure in Mediterranean rice systems through cover cropping // Soil and Tillage Research. 2026. Vol. 255. P. 106777. <https://doi.org/10.1016/j.still.2025.106777>
- Nazarenko O. Regional climate change in the south of Rostov region: A case of arid steppe // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 407. P. 02006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340702006>

Wen S., Cui N., Wang Y., Gong D., Wang Z., Xing L., Wu Z., Zhang Y. Effect of biochar application on yield, soil carbon pools and greenhouse gas emission in rice fields: A global meta-analysis // Agricultural and Forest Meteorology. 2025. Vol. 369. P. 110571. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2025.110571>

Zhidkova A.Y., Zarubina R.V., Panova V.A., Saenko N.M. The issue of the change of the climatic conditions of the Rostov region of the Russian Federation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 548. Biodiversity and Ecosystem Stability. P. 072052. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072052>

Поступила в редакцию 11.08.2025

Принята 01.09.2025

Опубликована 11.09.2025

Сведения об авторах:

Безуглова Ольга Степановна – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» (г. Ростов-на-Дону, Россия); lola314@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4180-4008>

Кушнарeva Алла Владимировна – заместитель министра, Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области (г. Ростов-на-Дону, Россия); avknadzor@list.ru; <https://orcid.org/0009-0007-0363-3996>

Горбов Сергей Николаевич – доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры ботаники ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» (г. Ростов-на-Дону, Россия); gorbow@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0174-1631>

Омелянчук Алина Алексеевна – ведущий специалист, Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области (г. Ростов-на-Дону, Россия); alinka-kush@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0001-8524-7736>

Тагивердиев Сулейман Самидинович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеохимии ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» (г. Ростов-на-Дону, Россия); ticoo@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4422-1094>

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

The post-amelioration status of the dark-chestnut soil in rice crop rotation

© 2025 O. S. Bezuglova ¹, A. V. Kushnareva ², S. N. Gorbov ¹, A. A. Omelyanchuk ²,
S. S. Tagiverdiev ¹

¹Southern Federal University, Stachki Ave. 194/1, Rostov-on-Don, Russia. E-mail: lola314@mail.ru

²Ministry of Natural Resources and Environment of the Rostov Region, 40th Anniversary of Victory Ave., 1a, Rostov-on-Don, Russia. E-mail: avknadzor@list.ru

The aim of the study. To identify changes in the condition and properties of the dark chestnut soil in the area of the Proletarskaya irrigation system after the rice irrigation was ceased in 2003.

Location and time of the study. Rostov region, Proletarskaya irrigation system. The studies were conducted in 2002 and in 2023–2024.

Methods. Morphometric examination of soil profiles, i.e. thickness measurement and genetic horizons description, were performed in the field. The following soil properties were determined in the collected soil samples: pH of aqueous suspension, carbonates and organic matter content, exchangeable sodium, calcium and magnesium content, as well as the content of gypsum sulfates.

Results. Changes in the morphology and chemical composition of dark chestnut soil on which rice crop rotation was ceased in 2003 were revealed. Since then, the soil was used for cultivating field crops without irrigation. The change in the water regime from irrigation-leaching to desiccation-exudative led to the formation of a soil layer enriched in magnesium and sodium sulfates, as well as gypsum, in the lower part of the profile. Carbonation of the soil profile was proven by both a significant increase in the carbonate content throughout the profile and the presence of a horizon with clusters of large carbonate clots. Gypsum appeared in the form of large druse at the depth of 90–130 cm, whereas in the soil of the fallow area, small gypsum crystals were visible throughout the profile, indicating the gypsum formation process caused by the increased sulfate content of the groundwater lying

close to the surface. In the lower part of the dark chestnut soil profiles in both areas, weak solonchization was diagnosed, and in the soil of the former rice crop rotation there was a high degree of sulfate salinity.

Conclusion. The change from the irrigation-leaching type of water regime to the desiccation-exudative type under the semi-arid climate, provided that the groundwater of hydrocarbonate-sulphate composition is close to the surface, is accompanied by carbonation, gypsum formation, weak solonchization and deep salinization of the soil profile of dark chestnut soils.

Keywords: Rostov region; Proletarskaya irrigation system; dark chestnut soil; post-ameliorative status; carbonation; gypsum formation; solonchization.

How to cite: Bezuglova O.S., Kushnareva A.V., Gorbov S.N., Omelyanchuk A.A., Tagiverdiev S.S. The post-amelioration status of dark-chestnut soil in rice crop rotation. The Journal of Soils and Environment. 2025. Vol. 8. No. 3. e328. DOI: [10.31251/pos.v8i3.328](https://doi.org/10.31251/pos.v8i3.328)

FUNDING

The study was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Project No. FENW-2023-0008).

REFERENCES

- Agroclimatic resources of the Rostov region. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1972. 250 p. (in Russian).
- Agrochemical methods of soil research. 1975. Moscow: Nauka Publ, P. 25–26. (in Russian).
- Aidarov I.P. Regulation of water-salt and nutrient regimes of irrigated lands. Moscow: Agropromizdat, 1985. 304 p. (in Russian).
- Baishekeev A.D., Rau A.G. Water-salt balance of paddy fields with using drainage water for irrigation rice. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2017. No. 6–2. P. 281–284. (in Russian). <https://doi.org/10.17513/mjpf.111669>
- Bezuglova O.S., Ilyinskaya I.N., Zakrutkin V.E., Nazarenko O.G., Litvinov Yu.A., Gayevaya E.A., Mezhenkov A.A., Zhumbey A.I. Dynamics of land degradation in Rostov oblast. Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya. 2022. Vol. 86. No. 1. P. 41–54. (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S2587556622010034>
- Bezuglova O.S., Kushnareva A.V., Omelyanchuk A.A., Tishchenko S.A. Humus state of dark chestnut soils derived from rice crop rotation. AgroEcoInfo. 2024. No. 6(66). (in Russian). <https://doi.org/10.51419/202146646>
- Gerasimov I.P., Glazovskaya M.A. Fundamentals of soil science and soil geography. Moscow: Geografiz, 1960. 490 p. (in Russian).
- GOST 26487-85. Soils. Determination of exchangeable calcium and exchangeable (mobile) magnesium by the methods of the Central Institute of Agronomy and Soil Science. Moscow: USSR State Standards Committee, 1985. P. 21–33. (in Russian).
- GOST 26950-86. Soils. Method for determination of exchangeable sodium. Moscow: USSR State Standards Committee, 1986. 8 p. (in Russian).
- GOST 26213-2021. Soils. Methods for determination of organic matter. Moscow: Russian Institute of Standardization, 2021. 8 p. (in Russian).
- Gutorova O.A. Current state of soil fertility in rice agrolandscapes of Kuban and the trend of its change in the process of agricultural use. Dissertation ... Doctor of Agricultural Sci. Krasnodar, 2020. 509 p. (in Russian).
- Duchofour F. Fundamentals of Soil Science. Soil Evolution (Experience in studying the dynamics of soil formation) / Translated by M.I. Gerasimova; Preface and ed. by I.P. Gerasimov. Moscow: Progress, 1970. 591 p. (in Russian).
- Ilyina L.P., Sushko K.S. Current problems of dry-steppe soil degradation in Manych valley. Biosfera. 2019. Vol. 11. No. 3. P. 120–127. (in Russian). <https://doi.org/10.24855/biosfera.v11i3.508121>
- Classification and diagnostics of soils of the USSR / Compiled by: V.V. Egorov, V.M. Friedland, E.N. Ivanova, N.N. Rozova, V.A. Nosin, T.A. Frieve. Moscow: Kolos Publ., 1977. 224 p. (in Russian).
- Classification and diagnostics of soils of Russian / Authors and compilers: L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimov. Smolensk: Oykumena Publ., 2004. 342 p. (in Russian).
- Kovda V.A. Fundamentals of the doctrine of soils. General theory of the soil-forming process. Book two. Moscow: Nauka Publ., 1973. 474 p. (in Russian).
- Kushnareva A.V., Bezuglova O.S. The influence of irrigation on soil properties. Review. Live and Bio-Abiotic Systems. 2023. No. 46. (in Russian). <https://doi.org/10.18522/2308-9709-2023-46-4>

- Kushnareva A.V., Bezuglova O.S. Changes in the humus state of dark chestnut soil in rice crop rotation during the post-meliorative period. In book: Problems and prospects for sustainable development of the soil cover of mountainous and lowland territories. Collection of materials from the International Conference (Gelendzhik, 4–6 June, 2024). Gelendzhik: Southern Federal University, 2024. P. 127. (in Russian).
- Kushnareva A.V., Omelyanchuk A.A. Changes in the water-salt composition of the dark chestnut soil of the rice crop rotation in the post-melioration period. In book: Current issues in the development of agricultural sectors: theory and practice. Proceedings of the VI All-Russian Conference of Young Scientists of the AIC (Rassvet, 23–24 May, 2024). Rassvet: AzovPrint LLC, 2024. P. 24–29. (in Russian). <https://doi.org/10.69535/FRARC.2024.83.66.005>
- Methodical instructions for conducting soil analyzing in zonal agrochemical laboratories. Moscow: TsINAO, 1977. P. 75–79. (in Russian).
- Minaeva E.N., Bezuglova O.S., Morozov I.V. Influence of long-term dynamics of atmospheric precipitation on the genesis of steppe and dry-steppe soils of Rostov region. Science in the South of Russia. 2021. Vol. 17. No. 1. P. 52–62. (in Russian). <https://doi.org/10.7868/S25000640210105>
- Minashina N.G. Gray-brown gypsum-bearing soils of the Kirovabad massif of the Azerbaijan SSR. Proceedings of the Soil Science Institute. 1958. Vol. LIV. P. 151–254. (in Russian).
- Minashina N.G. Development of irrigation and its influence on soils from the Eneolithic to the present day. In book: Advances in Soil Science. Moscow: Nauka Publ., 1986. P. 232–238. (in Russian).
- Novikova A.V. Saline soils, their distribution in the world, cultivation and environmental issues. Kharkov, 2004. 119 p. (in Russian).
- Osipov A.V. Changes in the properties and salt regime of soils of the modern Kuban River delta / Under the general editorship of V.N. Slyusarev. Krasnodar: KubSAU, 2016. 131 p. (in Russian).
- Panin P.S. Salt release processes in washed soil strata / R.V. Kovalev (ed.). Novosibirsk: Nauka Publ. Siberian Branch, 1968. 303 p. (in Russian).
- Ponomarenko T.S., Breeva A.V. Analysis of the current state of the rice industry in the Rostov region. Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2016. No. 1(61). P. 23–28. (in Russian).
- Popov A.A., Dmitryukova N.A. Dynamics of alkalinity in solonetzic soils during rice sowing. In book: Increasing the productivity of solonetzic lands in the North Caucasus. Rostov-on-Don: Rostov University Press, 1975. P. 67–68. (in Russian).
- Popov V. V. State of fertility of arable land in the southeastern districts of Rostov region. Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2018. Vol. 32. No. 3. P. 7–11. (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10302>
- Rozanov B.G., Andreev G.I., Builov V.V., Morgun E.G., Nikolaeva S.A., Pachepsky Ya.A. Evolution of chernozems under irrigation. In book: Russian chernozem. 100 years after Dokuchaev. Moscow: Nauka Publ., 1983. P. 241–252. (in Russian).
- Senchukov G.A., Ponomarenko T.S. Water distribution process modeling on the Proletarskaya irrigation system. Land Reclamation and Hydraulic Engineering. 2022. Vol. 12. No. 1. P. 141–156. (in Russian). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-141-156>
- Khitrov N.B., Rogovneva L.V. Five-year-long change in the salinity of soils and sediments on rice fields of the Karkinit lowland after cessation of irrigation. Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. № 1. C. 135–149. <https://doi.org/10.1134/S106422932101004X>
- Khitrov N. B., Rogovneva L. V., Pashtetskiy V. S. Changes of soil salinity and ground waters at the rice systems in Sivash lowland after irrigation cease. Dokuchaev Soil Bulletin. 2020. Issue 102. P. 70–102. (in Russian). <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-102-70-102>
- Khitrov N.B., Gorokhova I.N., Kravchenko E.I. Soil salinity status under post-irrigation conditions at the Generalovskaya irrigation system in the Volgograd region. Pochvovedenie. 2022. No. 8. P. 1056–1070. (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0032180X2208007X>
- Khudyakova V.M. Granulometric composition, physicochemical and agrochemical properties of dark chestnut soils of different economic use in the conditions of Western Kazakhstan. Dissertation ... Cand. of Agricultural Sciences. St. Petersburg–Pushkin, 2014. 363 p. (in Russian).
- Chibilev A.A. Steppe Eurasia: a regional review of natural diversity. 2nd ed., revised and enlarged. Moscow -Orenburg: Steppe Institute of the Russian Academy of Sciences; RGO, 2017. 324 p. (in Russian).

Yamnova I.A., Pankova E.I. Gypsic pedofeatures and elementary pedogenetic processes of their formation. Eurasian Soil Science. 2013. Vol. 46. No. 12. P. 1117–1129. <https://doi.org/10.1134/S1064229313120089>

Dregne H.E. Soils of arid regions. Amsterdam. 1976. 237 p.

Du X., Hu H., Wang T., Zou L., Zhou W., Gao H., Ren X., Wang J., Hu S. Long-term rice cultivation increases contributions of plant and microbial-derived carbon to soil organic carbon in saline-sodic soils. Science of The Total Environment. 2023. Vol. 904. P. 166713. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166713>

IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria, 2022. 236 p.

Liu B., Guo C., Xu J., Zhao Q., Chadwick D., Gao X., Zhou F., Lakshmanan P., Wang X., Guan X., Zhao H., Fang L., Li S., Bai Z., Ma L., Chen X., Cui Z., Shi X., Zhang F., Chen X., Li Z. Co-benefits for net carbon emissions and rice yields through improved management of organic nitrogen and water. Nature Food. 2024. Vol. 5. P. 241–250. <https://doi.org/10.1038/s43016-024-00940-z>

Liu J., Wang N., Wang H., Zhao C., Huang N., Zhao X. Evaluation on the migrating quantity of fluorine among water-soil-rice system in soda saline-alkali soil as paddy field is developed. Journal of Agriculture and Food Research. 2025. Vol. 23. P. 102264. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.102264>

Nascimento G., Catala-Forner M., Villegas D., Ferre O., Tomàs N., Cantero-Martínez C. Enhancing soil organic carbon and structure in Mediterranean rice systems through cover cropping. Soil and Tillage Research. 2026. Vol. 255. P. 106777. <https://doi.org/10.1016/j.still.2025.106777>

Nazarenko O. Regional climate change in the south of Rostov region: A case of arid steppe. E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 407. P. 02006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340702006>

Wen S., Cui N., Wang Y., Gong D., Wang Z., Xing L., Wu Z., Zhang Y. Effect of biochar application on yield, soil carbon pools and greenhouse gas emission in rice fields: A global meta-analysis. Agricultural and Forest Meteorology. 2025. Vol. 369. P. 110571. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2025.110571>

Zhidkova A.Y., Zarubina R.V., Panova V.A., Saenko N.M. The issue of the change of the climatic conditions of the Rostov region of the Russian Federation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 548. Biodiversity and Ecosystem Stability. P. 072052. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072052>

Received 11 August 2025

Accepted 01 September 2025

Published 11 September 2025

About the authors:

Olga S. Bezuglova – Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Soil Science and Land Resources Assessment, Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russia); lola314@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4180-4008>

Alla V. Kushnareva – Deputy Minister, Ministry of Natural Resources and Environment of the Rostov Region (Rostov-on-Don, Russia); avknadzor@list.ru; <https://orcid.org/0009-0007-0363-3996>

Sergey N. Gorbov – Doctor of Biological Sciences Russia, Associate Professor, Head of the Laboratory of Biogeochemistry, Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russia); gorbov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0174-1631>

Alina A. Omelyanchuk – leading specialist, Ministry of Natural Resources and Environment of the Rostov Region (Rostov-on-Don, Russia); alinka-kush@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0001-8524-7736>

Suleiman S. Tagiverdiev – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher in the Biogeochemistry laboratories, Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russia); ticoo@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4422-1094>

The authors read and approved the final manuscript



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)