

УДК 631.4:631.67

Влияние орошения на свойства почв. Обзор

Кушнарева А.В.¹, Безуглова О.С.²

Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

DOI: 10.18522/2308-9709-2023-46-4

Аннотация. Дан обзор литературы за последние 70 лет по изменению свойств каштановых почв и черноземов под влиянием орошения. Акцент сделан на влияние культуры риса при затоплении, но уделено внимание и другим видам орошения. Орошение сопровождается существенными изменениями химических свойств почв: растворяются и мигрируют по профилю легкорастворимые соли, наблюдается замещение в почвенно-поглощающем комплексе и внедрение натрия в ППК, идут перестройки в системе гумусовых веществ, при переполивах и подъеме уровня грунтовых вод изменяется окислительно-восстановительный режим вплоть до проявления процессов оглеения, трансформация глинистых минералов вызывает развитие слитости. Наиболее часто встречаются изменения состава обменных катионов, соленакопление, изменение кислотно-основных характеристик почв. Еще более глубокие изменения наблюдаются в почвах рисовых полей. Получают развитие несвойственные для почв степного ряда оглеение, лессиваж, вымывание из пахотных горизонтов карбонатов, илистой фракции, водорастворимого гумуса, подвижного железа и фосфора.

Степень трансформации зависит от генетических свойств почв и гидромелиоративного состояния оросительных систем. При этом каштановые почвы оказываются генетически более устойчивыми, чем черноземы, что обусловлено их минералогическим составом.

Ключевые слова: черноземы, каштановые почвы, орошение, орошение под рис, процессы деградации

The influence of irrigation on soil properties. Review

Kushnareva A.V., Bezuglova O.S.

Southern Federal University

DOI: 10.18522/2308-9709-2023-46-4

Abstract. A literature review over the past 70 years of studies on changes in the chestnut soils and chernozems properties under the influence of irrigation is given. Emphasis is placed on the impact of rice crops under flooding, but attention is also paid to other types of irrigation. Irrigation is accompanied by significant changes in the chemical properties of soils: easily soluble salts dissolve and migrate along the profile, substitutions are observed in the soil-absorbing complex (SAC) and sodium is introduced into the SAC. Restructuring occurs in the system of humic substances, and with overwatering and rising groundwater levels, the redox regime changes up to the manifestation of gleying processes, the transformation of clay minerals causes the development of fusion. The most common changes occur in the composition of exchangeable cations, salt accumulation, and changes in the acid-base characteristics of soils. Even more profound changes are observed in the soils of rice fields. Gleying, lessivage, and leaching of carbonates, silt fraction, water-soluble humus, mobile iron and phosphorus from arable horizons, which are unusual for steppe soils, develop.

The degree of transformation depends on the genetic properties of soils and the drainage state of irrigation systems. At the same time, chestnut soils turn out to be genetically more stable than chernozems, which is due to their mineralogical composition.

Key words: chernozems, chestnut soils, irrigation, irrigation for rice, degradation processes

Введение. Основные объекты орошения Ростовской области – черноземы (70%) и каштановые (30%) почвы. Каштановые почвы в Ростовской области представлены следующими подтипами: темно-каштановые (5,8%), темно-каштановые с солонцовыми комплексами (8,2%), каштановые с солонцовыми комплексами (10,5%), светло-каштановые с солонцовыми комплексами (2,1%) (Сугробов, 1964). Более поздние исследования, выполненные сотрудниками ЮжНИИГИРОЗЕМ (Безуглова, Хырхырова, 2008) показывают другие цифры (темно-каштановые – 10,7%, каштановые – 6%, светло-каштановые – 1,2%, солонцы каштановые – 6,4%, каштановые почвы террас – 2,3%). Однако причина расхождений кроется в методике подсчета, так как общая сумма в обоих методах составляет 26,6%.

Климатические условия территории характеризуются как засушливые, это зона недостаточного и неустойчивого увлажнения. Поэтому регион всегда считался перспективным в отношении оросительных мелиораций. Орошение существенно повышало продуктивность почв, в 80-е годы орошаемое земледелие, занимая в Ростовской области менее 7% обрабатываемой площади, приносило 22–27% стоимости валовой продукции растениеводства. На орошаемых землях размещались по данным Р.Н. Смирнова (1987) 87% посевов всех овощей, 13,5 % кормовых культур, 14,5 % кукурузы на зерно, 100% риса. Учитывая климатические тренды, выражающиеся в нарастании аридности (Панов и др., 2006; Жидкова, Ковярова, 2020; Безуглова и др., 2022), значимость и отдача от оросительных мелиораций должна возрастать.

Однако смена форм собственности на землю, изменение структуры сельскохозяйственного производства, выразившееся в сокращении востребованности кормов, занимавших 55–60% в структуре орошаемых площадей, привело к списанию орошаемых земель. В результате, по данным мелиоративного кадастра Минсельхоза России, площадь орошаемых земель сократилась с 1578,4 тыс. га в 1990 году до 1076,5 тыс. га в 2012 году, или на 32 % (Щедрин, Балакай, 2014). Способствовало списанию орошаемых площадей и неудовлетворительное состояние оросительных систем, существенное снижение уровня плодородия почв. Данные мелиоративного кадастра о состоянии орошаемых земель ЮФО, приведенные В.Н. Щедриним и Г.Т. Балакаем (2014) свидетельствовали, что в 2012 году из общей площади орошаемых земель по ЮФО не использовалось 184,0 тыс. га, в том числе по причине засоления и заболачивания почв – 41,6 тыс. га. Площади средне и сильно засоленных орошаемых земель составляют 112 тыс. га, а осолонцованных земель 67 тыс. га. По комплексному показателю мелиоративного состояния земель (уровень грунтовых вод и засоленность почвы) неудовлетворительные свойства имеют 244,6 тыс. га.

Основная причина такого положения – кардинальное внедрение в природные процессы влечет за собой значительные изменения как в ходе процессов почвообразования, так и в свойствах почв. Ведение орошаемого земледелия сопровождается не только благоприятными (рассоление, рассолонцевание, увлажнение), но и негативными (вторичное засоление, осолонцевание, ощелачивание) почвообразовательными процессами. Построенные в регионе оросительные системы характеризуются большими непроизводительными потерями воды (теряется до 50 %), поэтому коэффициент полезного действия очень низок (0,3–0,8). Расходуемая на фильтрацию вода, как правило, ухудшает мелиоративное состояние земель. По ориентировочным подсчетам (порозность 40%, естественная влажность 19 %, заземленный воздух 6%) метровая толща почв и лессовидных грунтов может вместить до 1000–1500 м³ воды на гектар. Если учесть, что на многих степных водораздельных пространствах уровень грунтовых вод залегает глубже 20–25 м, то можно представить, какими мощными аккумуляторами вод становятся орошаемые площади. Участвуя в круговороте воды в природе, эти воды существенно изменяют сложившуюся геохимию

водорастворимых элементов. Процессы интенсивного подъема и пополнения грунтовых вод отмечены во всех системах (Садименко, 1974). В связи с этим в настоящее время из существующих в Ростовской области оросительных систем общей площадью 214,6 тыс. га более половины нуждаются в реконструкциях: на площади более 76,2 тыс. га необходимо переустройство оросительной сети, строительство и перестройка коллекторно-дренажной сети требуется на площади 61,0 тыс. га (Бабичев, Сидаренко, 2020).

В.Г. Мамонтов (2018) предложил выделять пять типов деградации орошаемых почв, подразделяющихся на виды деградации. Физическая деградация включает процессы отчуждения и переорганизации почвенной массы, химическая – несбалансированный вынос биофильных элементов или избыточное накопление вредных веществ. Физико-химическая деградация проявляется в негативных изменениях почвенно-поглощающего комплекса и обусловленных этим явлениях. С биологической деградацией связано обеднение почв органическим веществом и негативные сукцессии почвенной биоты. Гидрологическая деградация обусловлена негативным изменением водного режима. Естественно, что такое деление весьма условно, но для упорядочивания и лучшего понимания процессов и явлений, происходящих в почвах при орошении, весьма полезно.

Склонность черноземов изменяться при орошении в неблагоприятном направлении отмечалась еще С.А. Захаровым (1946), Ф.Я. Гаврилюком (1955), В.А. Ковдой (1969). Опыт орошения подтвердил эти опасения, хотя во многих случаях орошение черноземов давало благоприятные результаты (Попов, 1986; Попова, 1989; Самойлова, Омельянюк, 1992).

Влияние орошения на физические и минералогические свойства почв. В книге «Наши степи прежде и теперь» В.В. Докучаев (1892) указывал на орошение как на важное звено в системе мер по оздоровлению степного земледелия, но при этом настойчиво подчеркивал, что для успешного орошения необходим всесторонний учет многих факторов. К таким факторам В.В. Докучаев отнёс погодные условия, свойства почв и подстилающих пород, состав оросительных вод, глубину и состав грунтовых вод, наконец, требовательность разных растений к количеству воды. Все это Докучаев называл азбукой орошения (Розанов и др., 1983).

Орошение оказывает сложное комплексное воздействие на почвы, вызывая разнообразные изменения химического состава, физических свойств почв, характера и интенсивности жизнедеятельности почвенной биоты. Большие площади орошаемых почв подвержены развитию деградационных процессов, таких как вторичное засоление, осолонцевание, дегумификация почв и др. Однако деградация почв не является неизбежной, если орошение проводится грамотно с генетической и экологической точки зрения (Орлов, 1990).

В черноземах и темно-каштановых почвах многократные поливы разрушают структуру почв, уплотняют ее, особенно к концу вегетационного периода (Вершинин и др., 1959). Неблагоприятны изменения в газообмене почвы: накапливается углекислота; развиваются условия анаэробнозиса, который ухудшает питание растений, и урожай, несмотря на полное удовлетворение потребности в воде, не повышается, а понижается.

При орошении значительные изменения испытывает гранулометрический состав (Азовцев и др., 1972; Данилова, 1978; Стругалева и др., 1976; Зимовец и др., 1998, Степовой, 1997; Боронина и др., 2018). Для каштановых почв Новотроицкого массива орошения (Алтайский край) в среднесуглинистых почвах потери тонкодисперсных частиц за счет иллювиирования выражены заметнее, чем в легкосуглинистых. Более того в легкосуглинистых почвах на фоне увеличения содержания илистых частиц уменьшается общее количество частиц размером меньше 0,01 мм. В крупнопылевато-песчаных почвах среднесуглинистой разновидности уменьшение доли физической глины происходит за счет всех фракций, имеющих размер меньше 0,01 мм, а в песчано-крупнопылеватых

разновидностях, напротив, «общее количество физической глины существенно возрастает в основном за счёт средней и тонкой пыли» (Боронина и др., 2018).

На агрегатном уровне последствия орошения проявляются в увеличении глыбистости (в 1,5–2 раза), уменьшении количества агрономичности ценных агрегатов, снижении коэффициента структурности, уменьшении общей, межагрегатной и агрегатной пористости. При орошении как слабоминерализованной, так и минерализованной водой меняется объем мезопор (60–3 мкм). При орошении минерализованной водой отмечается тенденция к сокращению объема макропор > 60 мкм, и снижению общей скважности (Сапожников и др., 1992; Васильев, Домашенко, 2016).

Орошение, особенно водами, содержащими соду, вызывает уменьшение количества илистой фракции в пахотном горизонте (Николаева, Майнашева, 1980; Васильев, Домашенко, 2016). В орошаемых каштановых почвах отмечается повышенное содержание аморфной кремнекислоты, что может быть связано с процессом разрушения глинистых силикатов (Данилова, 1978). Солонцовый процесс вносит коррективы в перераспределение по профилю илистой фракции (<0, мм) и физической глины (<0,01 мм). Эти компоненты гранулометрии имеют 001 тенденцию накопления в средней части профиля, что типично для солонцеобразования (Садименко, 1966, 1983).

Установлено влияние орошения на минералогический состав орошаемых почв (Медведев, 1988). П.С. Лозовицкий, И.Т. Ткаченко (1992) установили, что минералогический состав фракции физической глины (<0,01 мм) под воздействием десятилетнего орошения практически не изменился. В верхних горизонтах (0–40 см) орошаемых и богарных почв содержится много гидрослюд и кварца (до 40% от общего содержания минералов), по 5–15% хлорита, смешанослойных минералов и гидрослюдисто-монтмориллонитовых образований, до 5% – полевых шпатов, каолинита, гипса. С глубины 40 см увеличивается содержание монтмориллонита и хлорита, уменьшается – кварца, гидрослюды (Лозовицкий, Ткаченко, 1992). Однако другие исследователи утверждают, что минералогический состав орошаемых почв также претерпевает изменение, и это логично, учитывая, что оглеение при подъеме уровня грунтовых вод сопутствует орошаемым почвам. В связи с этим во всех почвах при орошении ускоряются процессы разрушения триоктаэдрических хлоритов, а в условиях недостаточного внесения калийных удобрений наблюдается трансформация иллита в лабильные силикаты в результате частичного использования растениями необменного калия из иллитов (Приходько, 2003). По данным А.И. Болдырева (1980) преобладающими минералами в илстых фракциях орошаемых минерализованными водами темно-каштановых почв являются гидрослюды типа иллита. Широко представлены в илстых фракциях смешанослойные минералы с упорядоченной и неупорядоченной структурой. Отмечено, что в нижних горизонтах в илстых фракциях данных почв содержится довольно большое количество минералов группы монтмориллонита, в верхних же горизонтах почвенного профиля этих минералов содержится очень мало. Из числа сопутствующих минералов в исследуемых почвах были обнаружены: высокодисперсный кварц, каолинит, хлориты, а также минералы полуторных окислов. Отмечено, что содержание кварца с глубиной уменьшается, а каолинита — увеличивается. Кроме того, под влиянием длительного орошения происходит перераспределение высокодисперсных минералов по почвенному профилю, а также увеличение степени их дисперсности и гидрофильности, что, в свою очередь, оказывает неблагоприятное влияние на физические и водно-физические свойства почв (Болдырев, 1980).

Монтмориллонит в почвах относительно устойчив к разложению. Характерные его свойства – сильная набухаемость и высокая поглощательная способность, поэтому значительное содержание в почвах минералов группы монтмориллонита служит «фундаментом» плодородия (Лозовицкий, Ткаченко, 1992). Вероятно, изменение минералогического состава в значительной степени зависит от временного фактора:

длительность орошения, наравне с качеством оросительных вод и изначальным составом минералов становятся решающими факторами. В то же время и такие факторы, как потребности выращиваемых культур в элементах питания, оказываются существенными в трансформациях минералогического состава.

Водно-физические режимы орошаемых почв. С началом орошения происходит изменение режима и баланса влаги во всей зоне интенсивного водообмена в сторону увеличения влагозапасов, в результате чего происходит подъем грунтовых вод не только на самой оросительной системе, но и на прилегающих землях, что связано, прежде всего, с большими потерями воды на фильтрацию из земляных каналов, распределителей и временных оросителей, сопровождаемых изменением водного режима на орошаемых полях (Аниканова и др., 1980; Розанов и др., 1983; Садименко, 1974; Рысков, Гурова, 1987; Круглов, 2014; Хитров и др., 2022).

Наблюдения за водным режимом почв на орошаемых территориях показал, что под влиянием ирригации происходит резкое его изменение, как и баланса влаги во всей зоне интенсивного водообмена в сторону увеличения влагозапасов, в результате чего уровень грунтовых вод в районе действия оросительной системы поднимается. Увеличение влагозапасов происходит в основном за счет фильтрационных потерь воды из оросительных вод в нижние слои почвогрунтов, уменьшения расхода почвенно-грунтовых вод и ряда других причин (Аниканова и др., 1980).

Характеризуя различные мелиоративные режимы в орошаемых почвах Ростовской и Воронежской областей, ученые констатируют, что как в черноземах, так и в каштановых почвах через 25–50 лет орошения развиваются ощелачивание, осолонцевание, обесструктурирование, явления элювиально-иллювиального характера (Попов, 1986; Попов и Попов, 1989; Мамонтов, 2013). Аналогичные процессы отмечаются и для ряда других территорий районов орошения Украины, Молдавии, Поволжья (Ковда, 1981; Розанов, 1989; Данилова, Кудряшова, 1978). Однако В.Г. Мамонтов (2013) отмечает, что такие негативные процессы в полной мере проявляются только на оросительных системах с низкой культурой земледелия, особенно опасны переполив, так как неизбежно приводят к подъему уровня грунтовых вод. Соблюдение всего комплекса агротехнических и мелиоративных мероприятий, включая введение люцерновых севооборотов, позволяет предотвратить существенное ухудшение солевого режима и проявление деградиционных почвообразовательных процессов.

При экстенсивном ведении хозяйствования имеют место нерациональное расходование воды и избыточное увлажнение почв. Растениями используется лишь 15–25% того количества воды, которое забирается в головных частях оросительных систем. Остальное теряется на фильтрацию, испарение и сброс.

Фильтрационные потери приводят постепенно к смыканию фильтрующихся поливных вод с поднимающимися грунтовыми, что в итоге приводит к ухудшению водного режима черноземов и гидрологии местности в целом. Данное явление особенно резко и быстро проявляется в условиях недостаточной естественной дренированности территорий и слабее выражено при хорошем дренаже подстилающей толщи, а также зависит в большой степени от степени гидроизолированности оросительной сети.

Для будущего орошаемого земледелия должно быть организовано комплексное изучение характера изменения мелиоративного состояния почв, причин, тенденций этих процессов, рассматриваемых с точки зрения их рационального использования и охраны наиболее уязвимого компонента биосферы – почвенного покрова.

Изменение солевого состава и состава почвенно-поглощающего комплекса. Исследованию вопросов трансформации свойств орошаемых черноземов и каштановых почв посвящено большое количество публикаций (Зайдельман, Давыдова, 1989; Орлов, 1990; Сапожников и др., 1992; Приходько, 1996; Степовой, 1997; Суюндуков, 1998; Безуглова, 2001; Мамонтов, 2013 и др.). На оросительных системах Ростовской области

эксплуатируемых более 20 лет, в результате полива минерализованными водами Веселовского водохранилища было зафиксировано возникновение вторичного засоления и сезонного соленакопления (Смирнов и др., 1987). На части орошаемых земель обнаружен рост солонцеватости при поливе как минерализованными, так и пресными донскими водами (Андреев и др., 1969, 1977; Бобков, Белогаев, 1970). На Генераловской ОС в Волгоградской области орошение привело к подъему уровня минерализованных грунтовых вод и формированию лугового солончака из луговато-каштановых почв (Хитров и др., 2022).

На оросительных системах Ростовской области значительные площади земель находятся в условиях близкого залегания грунтовых вод (менее 2 метров). Большая часть их имеет минерализацию критическую — более 3 г/л. В итоге на оросительных системах, эксплуатируемых менее 20 лет, зафиксировано вторичное засоление почв и сезонное соленакопление при поливе минерализованными водами из Веселовского водохранилища (Смирнов и др., 1976).

К факторам, которые определяют появление признаков вторичного засоления каштановых почв, относятся также высокий уровень залегания грунтовых вод (1,5–2,5 м) хлоридно-магниевого состава и значительная минерализация сульфатно-натриевых поливных вод (около 2 г/л).

Пределы соленакопления в почвенных растворах засоленных почв значительно превышают пределы соленакопления, свойственные грунтовым водам. Зимой под влиянием атмосферных осадков концентрация почвенных растворов сильно уменьшается. Но в течение лета, вследствие интенсивного испарения почвенно-грунтовых вод, концентрация солей в почвенных растворах резко возрастает, достигая максимума в августе — сентябре (Ковда, 1947, 1971, 1977).

Содержание легкорастворимых солей в почве при орошении зависит от степени минерализации поливных и грунтовых вод, а также глубины их залегания (Ковда, 1971; Джулай, Степовой, 1975; Степовой, Поляков, 1984). А.М. Шкаруба (2001) установил, что до начала орошения содержание солей в слое черноземах и лугово-черноземных почвах Барабинской равнины составляло 0,05%, а после 4 лет орошения оно увеличилось до 0,1%. При этом в верхних горизонтах увеличение произошло за счет солей натрия, а в нижних – за счет вытесненных из почвы натрием солей кальция. Через 21 год орошения слабоминерализованной водой засоленность почвенного профиля увеличилась за счет солей поливной воды. Однако процессы вторичного засоления и осолонцевания носят пульсирующий характер, по типу засоления-рассоления, что обусловлено сменой влажных и сухих лет, тем не менее тенденция к их увеличению сохраняется за счет засушливых периодов.

Исследования многих авторов (Кауричев и др., 1982; Шаймухаметов, Каракулов, 1990 и др.) свидетельствуют о том, что важнейшим признаком осолонцевания орошаемых почв является ухудшение водопроницаемости, обусловленное повышенной диспергируемостью и набухаемостью. Резкое повышение дисперсности органической и минеральной части, снижение устойчивости коллоидов по отношению к воде и возникновение щелочной реакции почвы, возникает при внедрении в ППК иона натрия и проявлении солонцового процесса, в результате в почве образуются гидрофильные системы с большими возможностями к уплотнению и с меньшим содержанием фильтрующих пор.

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. Отношение CaO : MgO может быть показателем интенсивности воздействия гидроморфизма.

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, особенно в слое 40–100 см (Безуглова и др., 1995).

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; Панкова и др., 2019).

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 SAR орошаемой воды (меньше 1,0) в почвах активно накапливается обменный натрий. Почва приобретает явные признаки осолонцевания. При орошении минерализованными оросительными водами усиливается агрофизическая деградация почв, в частности, увеличивается содержание илистой фракции и возрастает связанная с этим удельная поверхность, теплота смачивания, гидрофильность орошаемых почв.

Содержание гумуса и его качественный состав в орошаемых почвах. Гумус – интегральный показатель плодородия, объединяющий в себе многие свойства почв. Это не только источник питания, но и энергетический материал для многих почвообразовательных процессов. От содержания гумуса в почвах зависит их структура, водно-физические свойства, тепловой режим, биологическая и ферментативная активность (Рязанова, Вигутова, 1975).

Е.М. Самойлова, Г.Г. Омелянюк (1992) обращают внимание на то, что черноземы Ростовской области, а также юга Украины, Молдавии, юга Западной Сибири, генетически предрасположены к возникновению и развитию при орошении неблагоприятных изменений в их гумусном состоянии. Низкая устойчивость илистой фракции этих почв к пептизации предопределяет отбор гумусовых веществ в орошаемых черноземах по типу либо выщелоченных, либо солонцеватых почв, что приводит к уменьшению содержания гумуса и увеличению его подвижности. Действительно, Э.Ф. Рязанова, А.Я. Вигутова (1975) показали, что запасы гумуса в слое 0–100 см в орошаемых черноземах обыкновенных ниже, чем в неорошаемых (соответственно 330 и 305 т/га). Дополнительное увлажнение приводит к уменьшению в первые годы орошения запасов гумуса и в южных черноземах (Розанов и др., 1975). Однако, по данным этих авторов, в последующие годы содержание гумуса постепенно стабилизируется и в отдельных случаях может превышать исходный уровень.

В то же время дополнительное увлажнение каштановых почв, которое создается при орошении, приводит к изменению запасов и состава гумуса в благоприятную сторону. Более развитая растительность на орошаемых почвах, особенно в севооборотах с травами, обеспечивает увеличение органических остатков, поступающих в почву.

Это способствует увеличению запасов гумуса, о чем свидетельствуют работы И.Н. Антипова-Каратаева и В.Н. Филипповой (1955), Т.В. Гловой (1956), С.П. Соколовского (1968). В то же время более активная деятельность микрофлоры на орошаемых почвах вызывает быструю минерализацию органического вещества, в результате которой запасы

гумуса могут снижаться, что и отмечали в своих работах Д.С. Орлов с соавторами (1975). Но в то же время возделывание трав на орошаемых почвах приводит к повышению содержания гумуса.

Большинство исследователей указывают на увеличение подвижности гумусовых веществ под влиянием орошения, их миграцию по профилю почв, вынос за его пределы. При этом не исключается возрастание количества углерода негидролизуемого остатка. Величина отношения С_{гк}/С_{фк} может снижаться, за счет увеличения содержания ФК, как на фоне неизменного количества ГК, так и его уменьшения (Джиндил, 1974; Орлов и др., 1980). По данным И.К. Супряги (1977) А.И. Болдырева (1980) как правило, в орошаемых почвах опытных станций состав гумуса становится более гуматным, иногда даже при поливах слабоминерализованной водой. Специальное изучение Т.В. Поповой (1972) гумуса черноземов, орошаемых слабоминерализованными водами с неблагоприятным составом, показало, что в случае осолонцевания почв происходит уменьшение содержания гумуса, гуминовых кислот, увеличение содержания фульвокислот. Посевы люцерны, гипсование и известкование почв способны в значительной степени нивелировать эти изменения.

Процесс трансформации органического вещества орошаемых почв зависит не только от зонально-генетического типа почвы и уровня ее увлажнения, но и от химического состава поливной воды, режима орошения, от видов и норм применяемых органических и минеральных удобрений. Если химический состав поливной воды и режим орошения способствуют накоплению в почве кальция, то можно ожидать усиления процессов гумусонакопления, снижения подвижности гумуса при существенном усилении в почве микробиологических и химических процессов (Антипов-Каратаев, Филиппова, 1955; Приходько, 2003; Полупан, 1986).

При орошении отмечаются две тенденции изменения содержания и запасов гумуса по сравнению с богарными почвами (Приходько, 1996):

1. Уменьшение в начальный период ирригации с последующей стабилизацией (Орлов и др., 1980; Урсу, Крупеников, 1985; Кукоба, Балюк, 1985)
2. Стабильное состояние с тенденцией увеличения содержания гумуса (Глотова, 1956; Барановская, Азовцев, 1973; Джиндил, 1974; Фильков, Попова, 1981; Позняк, 1992, Приходько, 1996).

По данным В.Е. Приходько (1996) в орошаемых почвах Поволжья динамика гумуса различна на экспериментальных участках и в производственных посевах хозяйств. На опытных станциях поддерживается высокий уровень культуры земледелия: вносится ежегодно 1,5–3 т/га (и более) минеральных туков, 8–10 т/га органических удобрений, выращивается люцерна до 30% в севообороте, производится оптимальная агротехника и своевременные нормированные поливы, борьба с вредителями и сорняками и др., высокие урожаи обеспечивают поступление в почву достаточного количества растительных остатков. В этих условиях, как показывает опыт Безенчукского, Ершовского и Энгельсского оросительных управлений, сохраняется положительный баланс гумуса в течение 35–50 лет. В условиях хозяйств культура земледелия заметно ниже: меньшее внесение удобрений (особенно органических до 2–4 т/га) и нарушение режимов орошения приводят к снижению урожаев при возросшей микробиологической активности. В ряде случаев даже в кормовых севооборотах при выращивании многолетних и однолетних трав (более 50%) на черноземах происходит потеря 10–25% гумуса после 10–20 лет орошения (оросительное управление с-за им. Ленина, Таловская оросительная система). Потери гумуса при орошении в каштановой зоне меньше, чем в черноземах. Это в основном можно объяснить большей эффективностью орошения в каштановой зоне.

Э.Ф. Рязанова, А.Я. Вигутова (1975) показали, что запасы гумуса в слое 0–100 см в орошаемых почвах ниже, чем в неорошаемых (соответственно 330 и 305 т/га).

Дополнительное увлажнение приводит к уменьшению в первые годы орошения запасов

гумуса и в южных черноземах (Розанов, Абдель-Мотталиб, 1975; Розанов и др., 1975). Однако, по данным этих авторов, в последующие годы содержание гумуса постепенно стабилизируется и в отдельных случаях может превышать исходный уровень. К аналогичным выводам приходит К.С. Скуратов (2001). Вероятно, это связано с тем, что при орошении в почву поступает с пожнивными остатками и корнями в среднем в 1,5 раза больше фитомассы, чем без орошения, что обусловлено возросшей урожайностью сельскохозяйственных культур. Наблюдается также перераспределение в содержании гумуса по профилю почв: в горизонте А количество гумуса в неорошаемых почвах выше, чем в орошаемых аналогах. В нижних горизонтах, напротив, при орошении часто обнаруживается более высокая концентрация органического вещества (Безуглова, 2001).

Микроформы органического вещества более динамичны и изменяются в большей степени, чем химический состав гумуса. Сгустковые, хлопьевидные более устойчивые микроформы гумуса частично сменяются точечными, диспергированными микроформами отмечается осветление микрогумуса, увеличивается количество тонкого детрита, углистых частиц, выделений зоофауны (Целищева, Козловский, 1983; Турсина, 1988; Песочина, Приходько, 1992, Безуглова, 2001).

Накопившийся литературный материал, в большей степени касающийся черноземов, в меньшей мере каштановых почв, позволяет говорить об изменении количества и качества гумуса при орошении (Приходько, 1996).

В исследуемых орошаемых почвах Поволжья увеличивается содержание ГК за счет второй фракции, содержание ФК уменьшается в результате снижения количества ФК-2, в то время как количество ФК-1 увеличивается. Следовательно, под влиянием орошения увеличивается отношение $C_{гк}/C_{фк}$.

Улучшение качественного состава гумуса также подтвердилось при исследовании гидроморфных почв вблизи оросительных каналов на Энгельском ОУ и Таловской ОС. Показано, что при небольшом периоде функционирования орошаемых почв в гидроморфных условиях отмечается тенденция улучшения химической природы гумуса. С увеличением длительности пребывания почв в гидроморфной обстановке увеличивается содержание ГК и уменьшается количество ФК (Приходько, 1996). В лабораторных опытах Е.И. Горшковой (1971) в условиях затопления солонцовых, каштановых и черноземных почв также наблюдались существенные изменения качественного состава органического вещества почвы.

Исследования Д.С. Орлова и др. (1990) также показали, что определенные изменения при орошении произошли в качественном составе гумуса и в свойствах гуминовых кислот. Анализ фракционно-группового состава гумуса, показал, что содержание гуминовых кислот фракции I практически не изменилось, но зато несколько повысилось общее содержание гуминовых кислот, преимущественно за счет фракции 2, связанных с кальцием. Доля гуминовых кислот (степень гумификации) увеличилась в составе гумуса на 3–6% в черноземе и темно-каштановой почве и на 2% в составе гумуса светло-каштановой почвы.

Качественный состав гумуса почв Ростовской области в условиях орошения по исследованиям Е.М. Аникановой, О.И. Тищенко, Л.К. Садовниковой (1986), Орлова с соавторами (1980) изменяется в сторону уменьшения доли гуминовых кислот, связанных с кальцием. Объясняется этот факт некоторым выщелачиванием ионов Са из верхних горизонтов орошаемых почв и увеличением доли магния и натрия в ППК. За счет этого происходит диспергация органического вещества, повышается его подвижность, увеличивается содержание фракций гуминовых кислот и фульвокислот, связанных с подвижными полуторными окислами. В полтора-два раза уменьшается содержание углеводов. Диспергация органического вещества и передвижение его по почвенному профилю подтверждается микроморфологическими исследованиями (Безуглова, 2001).

По мнению С.П. Позняк (1997) увеличение содержания гумуса в каштановых почвах связывают с длительностью срока орошения, в то же время Д.С. Орлов с соавторами (1980) свидетельствуют об уменьшении содержания гумуса в данных почвах.

Введение в севооборот многолетних трав действует благоприятно на процесс гумусоаккумуляции: содержание гумуса в каштановых почвах увеличивается даже по сравнению с их целинными вариантами (Глотова, 1956; Орлов и др., 1980; Касимова, Бабаева, 1972).

Таким образом, отмечаются разнонаправленные изменения гумусного состояния орошаемых почв. Если в черноземах чаще констатируется уменьшение запасов гумуса, то в каштановых почвах, напротив, количество гумуса возрастает. И в оценке изменений качественных характеристик органического вещества нет единства. Это обусловлено различной генетической устойчивостью разных типов почв к такому интенсивному воздействию как орошение, а также составом оросительной воды и складывающейся окислительно-восстановительной обстановкой, и не в последнюю очередь условий эксплуатации оросительных систем.

Изменение почв рисовых полей. При возделывании риса затопление поля довольно быстро ведет к изменению гидрологических условий – подъему уровня грунтовых вод до выше критического. Интенсивность этого процесса зависит от водно-физических свойств почво-грунтов и глубины залегания грунтовых вод до ввода системы в эксплуатацию, а от также наличия или отсутствия эффективного дренажа.

По данным Б.А. Неунылова (1961) затопление почв под посевами риса приводит к уменьшению фракций физического песка в большей степени за счет частиц размером 0,25–0,05 мм. Увеличивается процент всех фракций физической глины, особенно илестых частиц. Это очевидно связано с внутрпочвенным выветриванием, усиливающимся в результате воздействия оросительных вод и сопутствующих им реакций. Наши данные свидетельствуют, что в гранулометрическом составе темно-каштановой почвы под влиянием орошения затоплением под рис (Пролетарское ОПХ) происходит уменьшение количества физической глины в слое 0–50 см в первые 10 лет. Отчетливый вынос физической глины, преимущественно за счет илестых частиц, за пределы почвенного профиля наблюдается и в залежной почве соседнего с рисовым полем участка (Безуглова и др., 1995; Кушнарера, 2003). Однако через 20 лет возделывания риса в верхнем пахотном слое отмечено накопление илестых частиц, вероятно, за счет привноса с поливными водами. Однако процесс выноса илестых частиц не затухает, так как содержание физической глины в целом продолжает снижаться (Безуглова, 2001).

В каштановых почвах Ростовской области при длительном пребывании почв под слоем воды отмечено значительное ухудшение их физических свойств и водно-воздушного режима: растет плотность почвы и ее твердой фазы, общая порозность снижается, порозность аэрации падает вдвое. Все это приводит к уплотнению верхних горизонтов почвы до 1,4–1,5 г/см³, к дефициту кислорода и перегрузке ее углекислотой. Регулярное повышение содержания углекислоты усиливает процессы гидролиза полевых шпатов, способствует образованию бикарбонатов кальция, магния, натрия, что увеличивает щелочность среды, способствует появлению гидрофильных аморфных вторичных соединений. В солонцах увеличение плотности отмечается только над солонцовым горизонтом (Зборищук, 1976; Пищейко, 1980; Чернов, 1988).

Большая роль в растворении карбонатов, изменении реакции воды и почвы рисового поля принадлежит углекислоте, которая появляется в почве после ее затопления слоем воды. Образовав бикарбонаты кальция, углекислота снижает рН раствора, а в условиях карбонатных почв способствует снижению щелочности, благодаря чему в почвах рисовых полей рН сохраняется в большинстве случаев на уровне 7,5–8,5. Подщелачивание почвы под рисом связано с образованием соды и восстанавливаемых

соединений серы, обладающих сильнощелочными свойствами (Степовой, 1972; Барановская, Азовцев, 1981; Николаева и др., 1985; Николаева, Майнашева, 1991).

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. Однако почвы остаются незасоленными. Под влиянием рисосеяния в течение 2–3 лет и засоленные почвы становятся практически незасоленными, а тип засоления меняется с сульфатно-хлоридно-натриевого на сульфатно-кальциево-натриевый (Тур, 1978).

А.А. Титков, П.Г. Гусев, 1988; В.К. Бугаевский и др., (1993) в своих исследованиях указывают, что в условиях затопления при длительном выращивании риса идут процессы деградации почв. Изменяется содержание и состав поглощенных катионов (Чернов, 1988). Почвенный поглощающий комплекс (ППК) темно-каштановых почв характеризуется высокой степенью насыщенности кальцием и магнием. Отношение содержаний Ca : Mg в верхних горизонтах богарных почв составляет приблизительно 5,8 : 1. При орошении оно уменьшается до 3,4 в результате замещения кальция магнием, содержание которого резко увеличивается (с 6 до 16,2 мг-экв на 100 г почвы) в слое 35–44 см (Лозовицкий, Ткаченко, 1992).

Деградационные явления проявляются и в снижении общего количества органического вещества в почве. Так, исследованиями И.О. Минько и др. (1989) доказана потеря гумуса при орошении за счет газообразных углеводородов, метана, этана, пропана, которая может достигать до 220 кг/га углерода. До начала затопления гумус длительное время находился в состоянии своеобразного динамического равновесия. Его содержание и состав отвечали реальным биогидротермическим условиям ландшафта. Постоянное из года в год затопление вызывает сдвиг биогидротермических условий. Почва в целом и ее гумус должны перейти в новое равновесие с этими условиями. По данным С.А. Николаевой и др. (1991) изменение экологических условий на осваиваемых и используемых под посевы риса почвах обуславливает уменьшение запасов гумуса в первые 2–3 года использования в рисосеянии в 2–2,5 раза (с 5–10 до 2–4 %). В дальнейшем интенсивность этого процесса замедляется, но полностью не прекращается.

Теоретически содержание гумуса при этом должно бы нарастать, но этого не происходит, так как усиление процессов минерализации не компенсируется необходимым приростом вновь поступающего в почву растительного материала. Только при возрастании общего количества биомассы, с повышением урожаев сельскохозяйственных культур, увеличивается и количество растительных остатков, поступающих в почву, которые являются материалом для дальнейшей гумификации. Вот почему наблюдается тенденция к повышению содержания гумуса на староорошаемых почвах (Соколовский, 1968; Джиндил, 1974; Орлов и др., 1987).

В составе молекул гуминовых кислот снижается содержание углерода и повышается количество азота (Степовой, 1997; Серышев и др., 1989). Накопление в молекуле гумусовых кислот азотсодержащих соединений и, возможно, перегруппировка их фрагментов приводит к перестройке скелета молекулы, уменьшается доля алифатических цепей в результате их частичного разрушения, увеличивается степень ароматизации (Серышев и др., 1989).

В новых экологических условиях происходит трансформация состава гумуса. Однако данные, приводимые учеными об изменении в групповом и фракционном составе гумуса, противоречивы. Согласно исследованиям М.Н. Першиной, В.Н. Быковой (1959), в затопленных почвах идет накопление более подвижных форм гумусовых веществ типа фульвокислот, об этом же свидетельствует В.И. Степовой (1997). По данным Т.Ф. Бочко и др. (1992) в почвах дельты р. Кубань Краснодарского края при возделывании риса

увеличилась доля гидролизуемых форм как в группе гуминовых кислот, так и фульвокислот, но в большей степени – первых. Соответственно уменьшилась доля негидролизуемого остатка в составе гумуса от 66,9% на целине до 36,39% в почве под рисом. Расширилось соотношение Сгк: Сфк. За 8 лет на рисовом чеке оно возросло от 1,52 до 1,96. По данным В.А. Серышева и др. (1989), также занимавшегося исследованием изменения органического вещества почв под влиянием затопления, в первые годы в верхних горизонтах почв уменьшается содержание гумуса. При более длительном затоплении наблюдается накопление органического вещества, что, по-видимому, связано с продуктами деструкции высшей водной растительности, хорошо развивающейся на мелководьях. Возрастает содержание ГК, что связано с усилением связи ГК с кальцием, наблюдается также увеличение содержания фракций ГК, связанных со свободными и подвижными полуторными окислами, и ослабление связи глинистых минералов с устойчивыми полуторными окислами. Количество фульвокислот на 5-й год затопления в почвах уменьшается. В составе их повышается роль фракции 1. Отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот заметно увеличивается. Следует отметить, что постоянное длительное затопление способствует увеличению в почвах негидролизуемого органического вещества.

Фактически к противоположным выводам приходят С.А. Николаева и Г.М. Майнашева (1991). По их данным наиболее существенные изменения наблюдаются при этом в группе гуминовых кислот. Уменьшается как общее их содержание (гумус из гуматного типа переходит в фульватно-гуматный), так и количество гуминовых кислот, связанных с Са (в 1,3–1,7 раза), т. е. теряется наиболее активная и ценная часть гумуса, от которой во многом зависит буферность почв, обеспечение ее устойчивости при нарушении целого ряда процессов и режимов. В то же время отмечается значительное увеличение группы прочно связанных гумусовых кислот и гумина, то есть гумуса малоактивного. Наши исследования (Безуглова, 2001) также свидетельствуют, что в темно-каштановой почве под рисом после 20 лет орошения потери весьма значительны и наблюдаются по всему почвенному профилю. Под влиянием орошения в составе гумуса существенно возрастает доля фульвокислот и гумус из характерного для темно-каштановых почв фульватно-гуматного превращается в гуматно-фульватный.

Вероятно, изменение фракционного состава гумуса при орошении может проходить по-разному в зависимости от кислотности (щелочности) почвы, степени минерализованности почвенного раствора, минералогического состава илистой фракции почвы (Глотова, 1956). Так, по свидетельству О.А. Гуторовой (2020) бессменная культура риса сопровождалась снижением содержания общего гумуса в пахотном горизонте лугово-черноземной почвы с 2,88 до 2,27%.

В групповом составе гумуса наблюдается уменьшение содержания гуминовых кислот в пахотном и подпахотном горизонтах, и увеличение количества фульвокислот. Соответственно отношение Сгк: Сфк с 1,13–1,16 уменьшилось до 0,84–0,88 вследствие обогащения почвы слабогумифицированным веществом преимущественно фульватного типа. В то же время на участке рисового севооборота за то же время (12 лет) содержание гумуса было фактически стабильным, а запасы гумуса снизились на 4,15 т/га, или ежегодно на 0,35 т/га, что в 5,6 раз меньше, чем при выращивании риса бессменно (Гуторова, 2020). В групповом составе гумуса почвы рисового севооборота углерод гуминовых кислот преобладал над углеродом фульвокислот. В его составе и, хотя отношение Сгк: Сфк несколько уменьшилось (от 1,97–1,98 до 1,82–1,87), тип гумуса остался фульватно-гуматным.

Отмеченные процессы не могут не сказаться на морфологии почв рисовников. Так, выращивание риса на лугово-черноземной почве изменяет ее морфологические свойства (Сидоренко, Елисеева, 2011). Авторы пишут об уплотнении и дезагрегации почвенных частиц, угнетение деятельности почвенной фауны, снижение количества растительных

остатков. Характерная для лугово-черноземных почв зернисто-комковатая структура под влиянием затопления трансформировалась в крупнокомковатую или глыбистую структуру, увеличилась и плотность почвы.

Наиболее сильное воздействие на морфологию почв под рисом оказывает глеевый процесс. Отмеченные после 30 лет возделывания под влиянием оглеения изменения отмечали в лугово-черноземных почвах дельты Кубани разные авторы (Корнблюм, Дементьева, 1975; Обухова, Федоров, 1976). Бессменное возделывание риса в течение следующих 30 лет не привело к дальнейшему преобразованию морфологических свойств почвы, но сильнее стали выражены признаки гидроморфизма, слитогенеза и выщелачивания карбонатов (Гуторова, 2020).

Заключение. Почва – система динамичная и термодинамически открытая. В ней непрерывно происходят температурные изменения (суточные, сезонные), меняются температурные градиенты, градиенты влажности, деятельность микроорганизмов. Увлажнение почвы при орошении и последующее ее высыхание влечет за собой две основные реакции: разбавление раствора (его концентрирование) и растворение (осаждение) солей. Процессы растворения солей при орошении играют чрезвычайно важную роль; с ним связаны уровень минерализованности поровых почвенных растворов и состояние культурных растений, нисходящий перенос солей (выщелачивание), последующий восходящий перенос, приводящий к вторичному засолению.

Орошение сопровождается существенными изменениями химических свойств почв: растворяются и мигрируют по профилю легкорастворимые соли, наблюдается замещения в почвенно-поглощающем комплексе и внедрение натрия в ППК, идут перестройки в системе гумусовых веществ, при переполивах и подъеме уровня грунтовых вод изменяется окислительно-восстановительный режим вплоть до проявления процессов оглеения, трансформация глинистых минералов вызывает развитие слитости. Наиболее часто встречаются изменения состава обменных катионов, соленакопление, изменение кислотно-основных характеристик почв.

Еще более глубокие изменения наблюдаются в почвах рисовых полей. Получают развитие несвойственные для почв степного ряда оглеение, лессиваж, вымывание из пахотных горизонтов карбонатов, илистой фракции, водорастворимого гумуса, подвижного железа и фосфора. Степень трансформации зависит от генетических свойств почв и гидромелиоративного состояния почв рисовых полей.

В то же время при соблюдении севооборотов, структуры посевных площадей, всего необходимого комплекса агротехнических и мелиоративных мероприятий направленность почвообразовательных процессов, формирующих черноземы и каштановые почвы, сохраняется, а эффективное плодородие растет.

Список литературы

1. Азовцев В. И., Морозова А. С., Барановская В. А., Крестина Т. А. Варьирование некоторых свойств комплексных почв Волгоградского Заволжья и приемы математической обработки // Орошаемое земледелие в Поволжье. Вып. 1. Волгоград, 1972. – С. 194–201.
2. Андреев Г. И., Козлечков Г. А., Родионова Л. М. Влияние воды Веселовского водохранилища на предкавказские черноземы при орошении // Орошение и мелиорация почв: сб. науч. ст. М., 1977. – С. 108–113.
3. Андреев Г. И., Козлечков Г. А., Родионова Л. М., Матвеев В. С. Изменение предкавказских черноземов при орошении на территории Азовской оросительной системы // Материалы регионального совещания по мелиорации почв Северного Кавказа. Ростов-на-Дону, 1969. – С. 110–119.

4. Аниканова Е. М., Маркин В. А., Николаева С. А. и др. Основные проблемы орошения черноземов Юга Европейской части СССР // Проблемы ирригации почв Юга черноземной зоны. 1980. – С.5–12
5. Антипов-Каратаев И. Н., Филиппова В. Н. Влияние длительного орошения на почвы. М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 153 с.
6. Бабичев А. Н., Сидаренко Д. П. Динамика орошаемых земель в Ростовской области за период 1967–2017 годы // Аграрная наука – сельскому хозяйству: Сб. мат. XV Междунар. науч.-практ. конференции. Книга 1. Барнаул, 2020. – С. 348–349.
7. Барановская В. А., Азовцев В. И. Влияние орошения на миграцию карбонатов в почвах Поволжья // Почвоведение. 1981. № 10. – С. 17–26.
8. Барановская В. А., Азовцев В. И. Состав гумуса староорошаемых почв Заволжья // Почвоведение. 1973. №10. – С. 43–48
9. Безуглова О. С. Гумусное состояние почв Юга России. Ростов-на-Дону. 2001. – 228 с.
10. 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. №86 (1). – С. 41–54. <https://doi.org/10.31857/S2587556622010034>
11. Безуглова О. С., Степовой В. И., Ковалева И. Г. Влияние орошение на химические свойства темно-каштановой почвы // Почвоведение. 1995. №5. – С.602–607.
12. Безуглова О. С., Хырхырова М. М. Почвы Ростовской области. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2008. – 352 с.
13. Бобков В. П., Белогаев В. К. О мелиоративном состоянии орошаемых земель Нижне-Донской оросительной системы // Труды Ростовской опытно-мелиоративной станции. Ростов-на-Дону, 1970. Вып.1. – С.29–33.
14. Болдырев А. И. Влияние орошения минерализованными водами на основные свойства почв Юга Украины и пути повышения их плодородия: автореферат дисс. ... д. с.-х. н. М., 1980. – 32 с.
15. Боронина Н. Ю, Мягкий П. А., Татаринцев В. Л., Татаринцев Л. М. Влияние орошения на гранулометрию агропочв // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. №8 (166). – С. 52–58.
16. Бочко Т. Ф., Черниченко И. Д., Авакян К. М. Трансформации гумуса в почвах дельты р. Кубани при возделывании риса // Почвоведение. 1992. №9. – С. 152–158.
17. Бугаевский В. К. Кремзин Н. М., Логвина Т. В., Рябцова С. А. Изменение агрохимических показателей черноземно-луговой солонцеватой почвы при возделывании риса // Агрохимия. 1993. №5. – С. 55–59.
18. Васильев С. М., Домашенко Ю. Е. Ретроспективный анализ изменения почвенно-мелиоративных условий орошаемых почв Юга Ростовской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 3 (43). – С. 17–24.
19. Вершинин П. В., Мельникова М. К., Мичурин Б. Н., Мошков Б. С., Поясов Н. П., Чудновский А. Ф. Основы агрофизики. Под ред. Иоффе А.Ф., Ревута И.Б. М.: Физматгиз, 1959. – 903 с.
20. Гаврилюк Ф. Я. Черноземы Западного Предкавказья. Харьков, 1955. – 146 с.
21. Глотова Т. В. Органическое вещество каштановых и лиманных почв засушливого Юго-Востока СССР // Почвоведение. 1956. № 6. – С. 45–58.
22. Гуторова О.А. Современное состояние плодородия почв рисовых агроландшафтов Кубани и тренд его изменения в процессе сельскохозяйственного использования: дисс. ... д. с.-х. н., Краснодар, 2020. – 509 с.
23. Данилова Е. А. Изменение свойств каштановых почв при сельскохозяйственном использовании и пути дальнейшего повышения их плодородия // Химизация и

- рациональное использование почв в условиях Юго-Востока и Западного Казахстана. Вып. 107. Саратов, 1978. – С. 3–23.
24. Данилова Е. А., Кудряшова О. А. Изменение некоторых физических свойств темно-каштановой почвы Саратовского Заволжья под влиянием разных доз органических и минеральных удобрений // Сб. науч. тр. Сарат. СХИ. Саратов, 1978. Вып. 107. – С. 54–62.
 25. Джиндил А. Р. О влиянии орошения на состав и содержание гумуса и некоторых свойств черноземов Одесской области // Агрохимия. 1974. №10. – С.106–110.
 26. Джулай А. П., Степовой А. И. Гидрологические и геохимические условия массива // Освоение плавневых земель под культуру риса. Краснодарское кн. изд-во, 1975. – С. 20–44.
 27. Докучаев В. В. Наши степи прежде и теперь. С-Пб: тип. Евдокимова, 1892. – 128 с. https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_003630944/
 28. Жидкова А. Ю., Ковярова В. А. Ростовская область – зона климатической уязвимости // Вестник Таганрогского института имени А. П. Чехова. 2020. №1. – С. 124–128.
 29. Зайдельман Ф. Р., Давыдова И. Ю. Причины ухудшения химических и физических свойств черноземов при орошении неминерализованными водами // Почвоведение. 1989. №11. – С. 101–108.
 30. Захаров С. А. Почвы Ростовской области и их агрономическая характеристика (краткий очерк). Ростов-Дон, 1946. – 123 с.
 31. Зборищук Н. Г. Воздушный режим предкавказских черноземов неорошаемых и различных сроков орошения // Почвоведение. 1976. №2. – С. 61–68.
 32. Касимова Н. П., Бабаева М. П. Качественный состав гумуса орошаемых каштановых (серо-коричневых) почв Карабахской степи // Изв. АН АзССР. Сер. Биол. Наук, 1972. № 2. – С. 54–57.
 33. Кауричев И. С., Александрова Л. Н., Панов И. Н. и др. Почвоведение: учебник. М.: Колос, 1982. – 496 с.
 34. Ковда В. А. Процессы современного соленакопления в почвах // Генезис и география почв. М.-Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1947. Том XXV. – С. 60–82.
 35. Ковда В. А. Научные и производственные проблемы мелиорации почв // Докл. на Всесоюзн. мелиоративном совещ., 6.10.1969. М., 1969. – 43 с.
 36. Ковда В. А. Опыт оросительных мелиораций // Мелиорация почв в СССР, М.: Наука, 1971. – С. 94–114.
 37. Ковда В. А. Аридизация суши и борьба с засухой. М., 1977. – 270 с.
 38. Ковда В. А. Почвенный покров, его улучшение и охрана. М., 1981. 183 с.
 39. Корнблум Э.А., Дементьева Т. Г. Химико-минералогические особенности почв рисовых полей древней дельты Кубани // Бюлл. почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. 1975. Вып. 9. – С. 5.
 40. Круглов Л. В. Режим работы скважин вертикального дренажа на рисовых системах. Пенза, ПГУАС, 2014. – 128 с.
 41. Кукоба П. И., Балюк С. А. Влияние орошения на физические свойства темно-каштановых солонцеватых почв Северного Крыма // Почвоведение. 1983. №4. – С. 91–97.
 42. Кушнарера А. В. Влияние затопления под посевами риса на гранулометрический состав и гумус темно-каштановых почв // Труды аспирантов и соискателей Ростовского государственного университета. Ростов-на-Дону: изд-во РГУ, 2003. Т. 9. – С. 114–115.
 43. Лозовицкий П. С., Ткаченко И. Т. Влияние орошения на свойства и плодородие тёмно-каштановых почв // Почвоведение. 1992. №5. – С. 75–85.
 44. Мамонтов В. Г. Орошаемые черноземы и каштановые почвы: состав, свойства, процессы трансформации. М.: РГАУ-МСХА, 2013. – 290 с.

45. Мамонтов В. Г. Классификация деградации почв степных агроландшафтов при орошении // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. Монография. В 5 томах. Том. II. Изучение и мониторинг процессов в почвах и водных объектах. Под редакцией В.Г. Сычева, Л. М. Мюллера. М., Изд-во: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2018. – С. 165–169.
46. Медведев В. В. Влияние орошения на изменение физических и физико-механических свойств черноземных почв. М.: ВО Агропромиздат, 1988. – 160 с.
47. Минько О. И., Каспаров С. В., Аммосова Я. М., Зборищук Н. Г. Образование газообразных углеводов орошаемыми почвами // Биологические науки. 1989. № 1. – С. 106–112.
48. Неунылов Б. А. Повышение плодородия почв рисовых полей Дальнего Востока. Владивосток, 1961. – 239 с.
49. Николаева С. А., Андреева Н. П., Дерюжинская В. Д., Цветнова О. Б., Щеглов А. И. Почвенно-мелиоративное состояние окультуренных территорий дельты Кубани // Повышение продуктивности почв рисовых полей. М.: Наука, 1985. – С. 15–23.
50. Николаева С. А., Майнашева Г. М. Влияние орошения методом затопления на свойства черноземов // Проблемы ирригации почв Юга черноземной зоны. М., 1980. – С. 126–141.
51. Николаева С. А., Майнашева Г. М. О деградационных изменениях черноземов, используемых в рисосеянии // Плодородие черноземов в связи с интенсификацией их использования. М., 1991. – С. 189–199.
52. Новикова А. В. Засоленные почвы, их распространение в мире, окультуривание и вопросы экологии. Харьков, 2004. – 119 с.
53. Новикова А. В. Прогнозирование вторичного засоления почв при орошении. Киев: Урожай, 1975. – 184 с.
54. Обухова В. А., Фёдоров К. Ф. Микроморфология почв Кубанской рисовой системы // Химия почв рисовых полей. М.: Наука, 1976. – С. 120–127.
55. Орлов Д. С., Аниканова Е. М., Маркин В. А. Особенности органического вещества орошаемых почв // Проблемы ирригации почв Юга черноземной зоны. М., 1980. – С. 35–60.
56. Орлов Д. С., Аниканова Е. М., Садовникова Л. К. Влияние орошения на содержание гумусовых веществ и углеводов в южных и предкавказских черноземах // Агрохимия, 1975. №12. – С. 51–58.
57. Орлов Д. С., Барановская В. А., Околелова А. А. Органическое вещество степных почв Поволжья и процессы его трансформации при орошении // Почвоведение. 1987. №10. – С. 65–79.
58. Орлов Д. С. Химические процессы в орошаемых и мелиорируемых почвах. М.: Изд-во МГУ, 1990. – 96 с.
59. Панкова Е. Н., Горохова И. Н., Конюшкова М. В., Любимова И. Н., Базыкина Г. С. Современные тренды развития почв солонцовых комплексов на юге степной и в полупустынной зонах в природных условиях и при антропогенных воздействиях // Экосистемы: экология и динамика. 2019. Том 3, № 2. – С. 44–88.
60. Панов В. Д., Лурье П. М., Ларионов Ю. А. Климат Ростовской области: вчера, сегодня, завтра. Ростов-на-Дону, 2006. – 487 с.
61. Песочина Л. С., Приходько В. Е. Изменение микростроения органического вещества черноземов Поволжья при орошении // Пространственно-временная организация и функционирование почв. Пушино, 1990. – С. 202–210.

62. Пищейко Л. Н. Влияние хлоридно-натриевых оросительных вод на некоторые физико-химические свойства черноземов Приазовья // Проблемы ирригации почв Юга Черноземной зоны: сб. науч. ст. М., 1980. – С. 102–117.
63. Позняк С. П. Орошаемые черноземы Юго-Запада Украины: автореф. докт. дис. М., 1992. – 44 с.
64. Позняк С. П. Орошаемые черноземы Юго-Запада Украины. Львов: ВНТТЛ, 1997. – 240 с.
65. Полупан Н. И. Характер солевых режимов в почвогрунтах юга Украины при различных видах их использования и состояния // Плодородие мелиорируемых земель УССР и пути его повышения (сб. науч. трудов). Киев, 1986. – С. 67–73.
66. Попов А. А. Мелиоративное состояние орошаемых земель Ростовской области // Мелиорация и орошение почв равнинного Кавказа. М., Наука. 1986. С. 73–79.
67. Попов А.А., Попов А. А. О мелиоративных режимах в орошаемых черноземах Ростовской области// Тезисы докладов 8 всесоюзного съезда почвоведов, Новосибирск, 1989, кн. 5. – С.80.
68. Попова Т. В. О гумусе целинных и орошаемых светлых сероземов северной части Голодной степи // Генезис, география и мелиорация почв Узбекистана. Ташкент, 1972. – С. 94–113.
69. Попова Т. В. Гумусное состояние черноземов при орошении// Орошаемые черноземы. М., 1989. – С. 137–144.
70. Приходько В. Е. Орошаемые степные почвы: функционирование, экология, продуктивность. М.: Интеллект. 1996. – 168 с.
71. Приходько В. Е. Развитие почв Поволжья под влиянием орошения: дисс. ... д.б.н. М., 2003. – 270 с.
72. Розанов Б. Г. Абдель-Мотталиб М. А. К характеристике ионного обмена между почвенным раствором и поглощающим комплексом в орошаемых почвах // Почвоведение. 1975. № 8. – С. 40–46.
73. Розанов Б. Г., Джиндил А. Р., Абдель Мотталиб М. А. Влияние орошения на некоторые свойства южных черноземов // Биологические науки. 1975. №5. – С. 111–114.
74. Розанов Б. Г., Андреев Г. И. и др. Эволюция черноземов при орошении // Русский чернозем. 100 лет после Докучаева. М.: Наука, 1983. – 241 с.
75. Розанов Б. Г. Орошаемые черноземы. М.: МГУ. 1989. – 240 с.
76. Рысков Я. Г., Гурова А. Ф. Роль орошения в современной эволюции террасовых черноземов Нижнего Дона // Почвоведение. 1987. №12. – С. 81–88.
77. Рязанова Э. Ф., Вигутова А. Я., Изменение предкавказских карбонатных черноземов при орошении водами повышенной минерализации // Почвоведение. 1975. №7. С. – 107–112.
78. Садименко П. А. Почвы юго-восточных районов Ростовской области. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1966. – 128 с.
79. Садименко П. А. Проблемы и перспективы орошения на Северном Кавказе. Ростов-на-Дону, 1974. – 43 с.
80. Садименко П. А. Физические свойства почв// Научные основы рационального использования и повышения производительности почв Северного Кавказа. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1983. – С. 52–74.
81. Самойлова Е. М., Омелянюк Г. Г. Географические закономерности изменения гумусного состояния степных почв при орошении// Биологические науки. 1992. №10. – С. 70–80.
82. Сапожников П. М, Уткаева В. Ф., Васнев И. И. Оценка изменения физических свойств черноземов при орошении // Почвоведение. 1992. №11. – С. 43–54.

83. Серышев В. А., Ратовский В. Г., Назарова Н. М., Иванова В. А., Серышева Н. В., Семенова Л. И., Бородина Н. М. Изменение органического вещества под влиянием затопления // Почвоведение. 1989. №12. – С. 42–54.
84. Сидоренко А. В., Елисеева Н. В. Свойства лугово-черноземных почв Кубани под культурой риса // Вестник ОГУ. 2011. № 12. (131). – С. 143–145.
85. Скуратов Н. С. Эколого-мелиоративное регулирование плодородия орошаемых черноземов. Новочеркасск, 2001. – 190 с.
86. Смирнов Р. Н., Фишер Э. Е., Порунова Е. А. Результаты оценки мелиоративного состояния почв на ирригационных системах Ростовской области // Бюллетень Почвенного ин-та им. В. В. Докучаева. 1976. Вып. 13. – С. 33–37.
87. Смирнов Р. Н. Почвенные ресурсы Ростовской области, их использование и охрана в условиях орошения. Автореф. канд дисс. Ростов-на-Дону, 1987. – 22 с
88. Соколовский С. Л. О воздействии орошения на некоторые свойства пред-кавказских черноземов и каштановых почв // Почвоведение. 1968. № 9. – С. 70–81.
89. Степовой А. И. Торфяно-глеевые почвы низовьев Кубани и их освоение: автореф. дис. ... к. с.-х. н. Новочеркасск, 1972. – 25 с.
90. Степовой В. И. Перспективы возделывания риса на Дону по экологически безопасной и ресурсосберегающей технологии: автореф. дис. ... д. с.-х. н. Краснодар, 1997. – 50 с.
91. Степовой А. И., Поляков Ю. Н. Рациональное использование оросительной воды на рисовых мелиоративных системах Кубани. Краснодар, 1984. – 69 с.
92. Сугробов М. М. Почвы Ростовской области. Ростов-на-Дону: Ростовское книжное издательство, 1964. – 48 с.
93. Суюндуков Я. Т. Влияние орошения на химические свойства чернозёмов обыкновенных Зауралья // Почвоведение. 1998. №8. – С. 92–94.
94. Стругалева Е. В., Феско К. Я., Трофимов И. Т. и др. Влияние орошения на изменение свойств почв АОС // Тр. Апт. СХИ. Вып. 180. Барнаул, 1976. – С. 91–96.
95. Супряга И. К. Орошение и содержание гумуса в черноземах // Мелиорация и водное хозяйство. 1988. № 2. – С. 35–36.
96. Титков А. А., Гусев П. Г. Состав и свойства почв рисовых севооборотов в Крымском Присивашье // Почвоведение. 1988. №12. – С. 104–110.
97. Тур Н. С. Особенности возделывания риса на засоленных землях. Краснодар: Краснодарское книжное издательство, 1978. – 112 с.
98. Турсина Т. В. Микроморфология естественных и антропогенных почв: автореф. ... д. с.-х. н. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 1988. – 40 с.
99. Урсу А. Ф., Крупеников И. А. Почвы Молдавии. География почв, описание почвенных провинций, районов и микрорайонов. Кишинев: Штиинца, 1985. Т. 2. – 239 с.
100. Фильков В. А., Попова Т. В. Изменение содержания и состава гумуса черноземов Молдавии при орошении // Влияние мелиорации и удобрений на плодородие почв. Вопросы биологической охраны природы. Кишинев, 1981. – С. 20–26.
101. 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.
102. Целищева Л. К., Козловский Ф. И. Процессы уплотнения и слитизации в орошаемых черноземах // Тезисы докладов по микроморфологии, генетическому и прикладному почвоведению. Тарту, 1983. – С.77.
103. Чернов Н. М. Гидрохимические особенности трансформации почв плавней дельты Дуная в условиях рисовых оросительных систем: автореф. дисс. ... к.б.н. М.: МГУ, 1988. – 25 с.

104. Шаймухаметов В. М., Куракулов С. Н. Реакции обмена Са-На в черноземах и прогнозирование влияния оросительных вод на некоторые их свойства // Почвоведение. 1990. №3. – С. 88–103.
105. Щедрин В. Н., Балакай Г. Т. Состояние и перспективы развития мелиорации земель на Юге России // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2014. № 3 (15). – 1–15 с.
106. Шкаруба А. М. Почвенно-экологические аспекты орошения равнинно- гривных ландшафтов: автореф. дисс. ... д.б.н. Новосибирск, 2001. – 31с.

References

1. Azovtsev V.I., Morozova A.S., Baranovskaya V.A., Kretinina T.A. Variation of some properties of complex soils of the Volgograd Trans-Volga region and methods of mathematical processing // Irrigated agriculture in the Volga region. Vol. 1. Volgograd, 1972. pp. 194–201.
2. Andreev G.I., Kozlechkov G.A., Rodionova L.M. The influence of water from the Veselovsky reservoir on Cis-Caucasian chernozems during irrigation // Irrigation and soil reclamation: collection of scientific articles. M., 1977. pp. 108–113.
3. Andreev G.I., Kozlechkov G.A., Rodionova L.M., Matveenkov V.S. Changes in Cis-Caucasian chernozems during irrigation on the territory of the Azov irrigation system // Materials of the regional meeting on soil reclamation of the North Caucasus. Rostov-on-Don, 1969. P.110–119.
4. Anikanova E.M., Markin V.A., Nikolaeva S.A. and others. The main problems of irrigation of chernozems in the south of the European part of the USSR // Problems of soil irrigation in the south of the chernozem zone. 1980. P.5–12
5. Antipov-Karataev I.N., Filippova V.N. The influence of long-term irrigation on soils. M.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1955. 153 p.
6. Babichev A.N., Sidarenko D.P. Dynamics of irrigated lands in the Rostov region for the period 1967–2017 // Agrarian science - agriculture: Collection of materials of the XV International scientific-practical conference. Book 1. Barnaul, 2020. pp. 348–349.
7. Baranovskaya V.A., Azovtsev V.I. The influence of irrigation on the migration of carbonates in soils of the Volga region // Soil science. 1981. No. 10. pp. 17–26.
8. Baranovskaya V.A., Azovtsev V.I. Composition of humus in old's irrigated soils of the Volga region // Soil Science. 1973, no. 10. pp. 43–48
9. Bezuglova O.S. Humus status of soils in the South of Russia. Rostov-on-Don. 2001. 228 p.
10. Bezuglova O.S., Ilyinskaya I.N., Zakrutkin V.E., Nazarenko O.G., Litvinov Yu.A., Gaevaya E.A., Mezhenkov A.A., Zhumbey A.I. Dynamics of land degradation in the Rostov region // News of the Russian Academy of Sciences. Geographical series. 2022. No. 86(1). pp. 41–54. <https://doi.org/10.31857/S2587556622010034>
11. Bezuglova O. S., Stepovoy V. I., Kovaleva I. G. The influence of irrigation on the chemical properties of dark chestnut soil // Soil Science. 1995. No. 5. pp.602–607.
12. Bezuglova O.S., Khyrkhyrova M.M. Soils of the Rostov region. Tutorial. Rostov-on-Don: Southern Federal University, 2008. 352 p.
13. Bobkov V.P., Belogaev V.K. On the reclamation state of irrigated lands of the Lower Don irrigation system // Proceedings of the Rostov experimental reclamation station. Rostov-on-Don, 1970. Issue 1. P.29–33.
14. Boldyrev A.I. The influence of irrigation with mineralized waters on the basic properties of soils in the South of Ukraine and ways to increase their fertility: abstract of dissertation. ... Doctor of Agriculture Sci. M., 1980. 32 p.

15. 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*. 2018. No. 8 (166). pp. 52–58.
16. Bochko T.F., Chernichenko I.D., Avakyan K.M. Transformations of humus in the soils of the river delta. Kuban during rice cultivation // *Soil Science*. 1992. No. 9. pp. 152–158.
17. Bugaevsky V.K., Kremzin N.M., Logvina T.V., Ryabtsova S.A. Changes in agrochemical parameters of chernozem-meadow solonetzic soil during rice cultivation // *Agrochemistry*. 1993. No. 5. pp. 55–59.
18. Vasilyev S.M., Domashenko Yu.E. Retrospective analysis of changes in soil and reclamation conditions of irrigated soils in the South of the Rostov region // *News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education*. 2016. No. 3 (43). pp. 17–24.
19. Vershinin P.V., Melnikova M.K., Michurin B.N., Moshkov B.S., Poyasov N.P., Chudnovsky A.F. *Fundamentals of agrophysics*. Ed. Ioffe A.F., Revut I.B. M.: Fizmatgiz, 1959. 903 p.
20. Gavriilyuk F.Ya. *Chernozems of Western Ciscaucasia*. Kharkov, 1955. 146 p.
21. Glotova T.V. Organic matter of chestnut and estuary soils of the arid South-East of the USSR // *Soil Science*. 1956. No. 6. P. 45–58.
22. Gutorova O.A. Current state of soil fertility in rice agricultural landscapes of Kuban and the trend of its change in the process of agricultural use: dissertation. ... Doctor of Agriculture Sci., Krasnodar, 2020. 509 p.
23. Danilova E.A. Changes in the properties of chestnut soils during agricultural use and ways to further increase their fertility // *Chemicalization and rational use of soils in the conditions of the South-East and Western Kazakhstan*. Vol. 107. Saratov, 1978. pp. 3–23.
24. Danilova E.A., Kudryashova O.A. Changes in some physical properties of dark chestnut soil in the Saratov Trans-Volga region under the influence of different doses of organic and mineral fertilizers // *Collection of scientific works of Saratov. Agricultural Institute*. Saratov, 1978. Issue. 107. pp. 54–62.
25. Jindil A.R. On the influence of irrigation on the composition and content of humus and some properties of chernozems in the Odessa region // *Agrochemistry*. 1974. No. 10. P.106-110.
26. Dzhulay A.P., Stepovoy A.I. Hydrological and geochemical conditions of the massif // *Development of flood lands for rice culture*. Krasnodar book publishing house, 1975. pp. 20–44.
27. Dokuchaev V.V. *Our steppes before and now*. St. Petersburg: Evdokimov printing house, 1892. 128 p. https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_003630944/
28. Zhidkova A.Yu., Kovyarova V.A. Rostov region - a zone of climate vulnerability // *Bulletin of the Taganrog Institute named after A.P. Chekhov*. 2020. No. 1. pp. 124–128.
29. Zaidelman F.R., Davydova I.Yu. Reasons for the deterioration of the chemical and physical properties of chernozems under irrigation with non-mineralized waters // *Soil Science*. 1989. No. 11. pp. 101–108.
30. Zakharov S.A. *Soils of the Rostov region and their agronomic characteristics (brief outline)*. Rostov-Don, 1946. 123 p.
31. Zborishchuk N.G. Air regime of non-irrigated Ciscaucasian chernozems and different irrigation periods // *Soil Science*. 1976. No. 2. pp. 61–68.
32. Kasimova N.P., Babaeva M.P. Qualitative composition of humus in irrigated chestnut (gray-brown) soils of the Karabakh steppe // *Proceedings of the Academy of Sciences of the AzSSR. Series of Biological Sciences*, 1972. No. 2. P. 54–57.
33. Kaurichev I.S., Aleksandrova L.N., Panov I.N. and others. *Soil science*. M.: Kolos Publishing House, 1982. 496 p.
34. Kovda V.A. Processes of modern salt accumulation in soils // *Genesis and geography of soils*. M.-L.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1947. Volume XXV. pp. 60–82.

35. Kovda V.A. Scientific and industrial problems of soil reclamation // Reports at the All-Union Reclamation Conference, 10/6/1969. M., 1969. 43 p.
36. Kovda V.A. Experience of irrigation reclamation // Soil reclamation in the USSR, M.: Nauka, 1971. P. 94–114.
37. Kovda V.A. Land aridization and drought control. M., 1977. 270 p.
38. Kovda V.A. Soil cover, its improvement and protection. M., 1981. 183 p.
39. Kornblum E.A., Dementieva T.G. Chemical and mineralogical features of soils in rice fields of the ancient Kuban delta // Bulletin of the Soil Institute named after V.V. Dokuchaev. 1975. Issue. 9. P. 5.
40. Kruglov L.V. Operating mode of vertical drainage wells in rice systems. Penza: PGUAS Publishing House, 2014. 128 p.
41. Kukoba P.I., Balyuk S.A. The influence of irrigation on the physical properties of dark chestnut solonchic soils of the Northern Crimea // Soil Science. 1983. No. 4. pp. 91–97.
42. Kushnareva A.A. The influence of flooding under rice crops on the particle size distribution and humus of dark chestnut soils // Proceedings of graduate students and applicants of the Rostov State University. Rostov-on-Don: RSU Publishing House, 2003. T. 9. P.
43. Lozovitsky P.S., Tkachenko I.T. The influence of irrigation on the properties and fertility of dark chestnut soils // Soil Science. 1992. No. 5. pp. 75–85.
44. Mamontov V.G. Irrigated chernozems and chestnut soils: composition, properties, transformation processes. M.: Publishing house RGAU-MSHA, 2013. 290 p.
45. Mamontov V.G. Classification of soil degradation in steppe agricultural landscapes during irrigation // New methods and results of landscape research in Europe, Central Asia and Siberia. Monograph. In 5 volumes. Volume. II. Study and monitoring of processes in soils and water bodies. Edited by V.G. Sychev, L. Muller. M.: Publishing house: All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikova, 2018. pp. 165–169.
46. Medvedev V.V. The influence of irrigation on changes in the physical and physical-mechanical properties of chernozem soils. M.: VO Agropromizdat, 1988. 160 p.
47. Minko O.I., Kasparov S.V., Ammosova Y.M., Zborishchuk N.G. Formation of gaseous hydrocarbons by irrigated soils // Biological Sciences. 1989. No. 1. P. 106–112.
48. Neunlyov B.A. Increasing soil fertility in rice fields of the Far East. Vladivostok, 1961. 239 p.
49. Nikolaeva S.A., Andreeva N.P., Deryuzhinskaya V.D., Tsvetnova O.B., Shcheglov A.I. Soil-reclamation state of cultivated territories of the Kuban delta // Increasing the productivity of soils in rice fields. M.: Nauka Publishing House, 1985. pp. 15–23.
50. Nikolaeva S.A., Mainasheva G.M. Influence of irrigation by flooding on the properties of chernozems // Problems of soil irrigation in the South chernozem zone. M., 1980. pp. 126–141.
51. Nikolaeva S.A., Mainasheva G.M. On degradation changes in chernozems used in rice cultivation // Fertility of chernozems in connection with the intensification of their use. M., 1991. pp. 189–199.
52. Novikova A.V. Saline soils, their distribution in the world, cultivation and environmental issues. Kharkov, 2004. 119 p.
53. Novikova A.V. Prediction of secondary soil salinization during irrigation. Kyiv: Urozhay Publishing House, 1975. 184 p.
54. Obukhova V.A., Fedorov K.F. Micromorphology of soils of the Kuban rice system // Chemistry of soils of rice fields. M.: Nauka Publishing House, 1976. pp. 120–127.
55. Orlov D.S., Anikanova E.M., Markin V.A. Features of organic matter in irrigated soils // Problems of soil irrigation in the South Chernozem Zone. M., 1980. pp. 35–60.
56. Orlov D. S., Anikanova E. M., Sadovnikova L. K. The influence of irrigation on the content of humus substances and carbohydrates in southern and Cis-Caucasian chernozems // Agrochemistry, 1975. No. 12. pp. 51–58.

57. Orlov D.S., Baranovskaya V.A., Okolelova A.A. Organic matter of steppe soils of the Volga region and the processes of its transformation during irrigation // *Soil Science*. 1987. No. 10. pp. 65–79.
58. Orlov D.S. Chemical processes in irrigated and reclaimed soils. M.: Moscow State University Publishing House, 1990. 96 p.
59. Pankova E.N., Gorokhova I.N., Konyushkova M.V., Lyubimova I.N., Bazykina G.S. Modern trends in the development of soils of solonetz complexes in the south of the steppe and semi-desert zones under natural conditions and under anthropogenic influences // *Ecosystems: ecology and dynamics*. 2019. Volume 3, No. 2. pp. 44–88.
60. Panov V.D., Lurie P.M., Larionov Yu.A. Climate of the Rostov region: yesterday, today, tomorrow. Rostov-on-Don, 2006. 487 p.
61. Pesochina L.S., Prikhodko V.E. Changes in the microstructure of organic matter in Volga region chernozems under irrigation // *Spatio-temporal organization and functioning of soils*. Pushchino, 1990. pp. 202–210.
62. Pishcheiko L.N. The influence of chloride-sodium irrigation waters on some physical and chemical properties of chernozems in the Azov region // *Problems of soil irrigation in the South Chernozem zone: collection of scientific articles*. M., 1980. pp. 102–117.
63. Poznyak S.P. Irrigated chernozems of the South-West of Ukraine: abstract. doc. dis. M., 1992. 44 p.
64. Poznyak S.P. Irrigated black soils of the South-West of Ukraine. Lvov: VNTTL Publishing House, 1997. 240 p.
65. Polupan N.I. The nature of salt regimes in the soils of the south of Ukraine under various types of their use and condition // *Fertility of reclaimed lands of the Ukrainian SSR and ways to increase it (collection of scientific works)*. Kyiv, 1986. pp. 67–73.
66. Popov A.A. Reclamation state of irrigated lands in the Rostov region // *Reclamation and irrigation of soils in the lowland Caucasus*. M.: Publishing house Nauka. 1986. pp. 73–79.
67. Popov A.A., Popov A.A. On reclamation regimes in irrigated chernozems of the Rostov region // *Abstracts of the 8th All-Union Congress of Soil Scientists, Novosibirsk, 1989, book 5*. P.80.
68. Popova T.V. About the humus of virgin and irrigated light gray soils of the northern part of the Hungry Steppe // *Genesis, geography and soil reclamation of Uzbekistan*. Tashkent, 1972. pp. 94–113.
69. Popova T.V. Humus state of chernozems under irrigation // *Irrigated chernozems*. M., 1989. pp. 137–144.
70. Prikhodko V.E. Irrigated steppe soils: functioning, ecology, productivity. M.: Intellect Publishing House. 1996. 168 p.
71. Prikhodko V.E. Development of soils in the Volga region under the influence of irrigation: dissertation. ... doctor of biological sciences M., 2003. 270 p.
72. Rozanov B.G., Abdel-Mottalib M.A. On the characteristics of ion exchange between the soil solution and the absorbing complex in irrigated soils // *Soil Science*. 1975. No. 8. pp. 40–46.
73. Rozanov B.G., Jindil A.R., Abdel Mottalib M.A. The influence of irrigation on some properties of southern chernozems // *Biological Sciences*. 1975. No. 5. pp. 111–114.
74. Rozanov B.G., Andreev G.I. and others. Evolution of chernozems under irrigation // *Russian chernozem. 100 years after Dokuchaev*. M.: Nauka Publishing House, 1983. 241 p.
75. Rozanov B.G. Irrigated black soils. M.: Moscow State University Publishing House. 1989. 240 p.
76. Ryskov Ya.G., Gurova A.F. The role of irrigation in the modern evolution of terraced chernozems of the Lower Don // *Soil Science*. 1987. No. 12. pp. 81–88.

77. Ryazanova E.F., Vigutova A.Ya., Changes in Cis-Caucasian carbonate chernozems under irrigation with waters of increased mineralization // *Soil Science*. 1975. No. 7. pp. 107–112.
78. Sadimenko P.A. Soils of the south-eastern regions of the Rostov region. Rostov-on-Don: Rostov University Publishing House, 1966. 128 p.
79. Sadimenko P.A. Problems and prospects of irrigation in the North Caucasus. Rostov-on-Don, 1974. 43 p.
80. Sadimenko P.A. Physical properties of soils // *Scientific principles of rational use and increasing productivity of soils in the North Caucasus*. Rostov-on-Don: Publishing house of Rostov State University, 1983. pp. 52–74.
81. Samoilova E.M., Omelyanyuk G.G. Geographical patterns of changes in the humus state of steppe soils during irrigation // *Biological Sciences*. 1992. No. 10. pp. 70–80.
82. Sapozhnikov P.M., Utkaeva V.F., Vasenev I.I. Assessment of changes in the physical properties of chernozems under irrigation // *Soil Science*. 1992. No. 11. pp. 43–54.
83. Seryshev V.A., Ratovsky V.G., Nazarova N.M., Ivanova V.A., Serysheva N.V., Semenova L.I., Borodina N.M. Changes in organic matter under the influence of flooding // *Soil Science*. 1989. No. 12. pp. 42–54.
84. Sidorenko A.V., Eliseeva N.V. Properties of meadow-chernozem soils of the Kuban under rice crops // *Bulletin of OSU*. 2011. No. 12. (131). pp. 143–145.
85. Skuratov N.S. Ecological and reclamation regulation of the fertility of irrigated chernozems. Novocheerkassk, 2001. 190 p.
86. Smirnov R.N., Fisher E.E., Porunova E.A. Results of assessing the reclamation state of soils in irrigation systems of the Rostov region // *Bulletin of the Soil Institute named after. V.V. Dokuchaev*. 1976. Issue. 13. pp. 33–37.
87. Smirnov R.N. Soil resources of the Rostov region, their use and protection under irrigation conditions. Rostov-on-Don, 1987. Abstract of the candidate's dissertation, 22 p.
88. Sokolovsky S. L. On the impact of irrigation on some properties of Cis-Caucasian chernozems and chestnut soils // *Soil Science*. 1968. No. 9. pp. 70–81.
89. Stepovoy A.I. Peat-gley soils of the lower reaches of the Kuban and their development: abstract of thesis. dis. ... k.s.-kh. n. Novocheerkassk, 1972. 25 p.
90. Stepovoy V.I. Prospects for cultivating rice on the Don using environmentally safe and resource-saving technology: abstract of thesis. dissertations... doctor of agricultural sciences Sci. Krasnodar, 1997. 50 p.
91. Stepovoy A.I., Polyakov Yu. N. Rational use of irrigation water in rice reclamation systems of Kuban. Krasnodar, 1984. 69 p.
92. Sugrobov M.M. Soils of the Rostov region. Rostov-on-Don: Rostov book publishing house, 1964. 48 p.
93. Suyundukov Ya.T. The influence of irrigation on the chemical properties of ordinary chernozems in the Trans-Urals // *Soil Science*. 1998. No. 8. pp. 92–94.
94. Strugaleva E.V., Fesko K.Ya., Trofimov I.T. and others. The influence of irrigation on changes in the properties of soils AOS // *Tr. Apt. Agricultural Institute*. Vol. 180. Barnaul, 1976. pp. 91–96.
95. Supryaga I.K. Irrigation and humus content in chernozems // *Melioration and water management*. 1988. No. 2. P. 35–36.
96. Titkov A.A., Gusev P.G. Composition and properties of soils in rice crop rotations in the Crimean Sivash region // *Soil Science*. 1988. No. 12. pp. 104–110.
97. Tour N.S. Peculiarities of rice cultivation on saline lands. Krasnodar: Krasnodar Book Publishing House, 1978. 112 p.
98. Tursina T.V. Micromorphology of natural and anthropogenic soils: abstract. ... doctors of agricultural sciences Sci. M.: Soil Institute named after. V.V. Dokuchaeva, 1988. 40 p.

99. Ursu A.F., Krupenikov I.A. Soils of Moldova. Geography of soils, description of soil provinces, regions and microdistricts. Chisinau: Shtiintsa, 1985. Т. 2. 239 p.
100. Filkov V.A., Popova T.V. Changes in the content and composition of humus in the chernozems of Moldova during irrigation // Influence of reclamation and fertilizers on soil fertility. Issues of biological conservation of nature. Chisinau, 1981. pp. 20–26.
101. Khitrov N.B., Gorokhova I.N., Kravchenko E.I. Salt state of soils under post-irrigation conditions on the Generalovskaya irrigation system in the Volgograd region // Soil Science. 2022. No. 8. pp. 1056–1070.
102. Tselishcheva L.K., Kozlovsky F.I. Processes of compaction and compaction in irrigated chernozems // Abstracts of reports on micromorphology, genetic and applied soil science. Tartu, 1983. P.77
103. Chernov N.M. Hydrochemical features of soil transformation in the Danube Delta flood plains under rice irrigation systems: abstract of thesis. diss. ... candidate of biological sciences. M.: MSU, 1988. 25 p.
104. Shaimukhametov V.M., Kurakulov S.N. Reactions of Ca-Na exchange in chernozems and forecasting the influence of irrigation water on some of their properties // Soil Science. 1990. No. 3. pp. 88–103.
105. Shkaruba A.M. Soil-ecological aspects of irrigation of plain-Hryvnia landscapes: abstract of thesis. diss. ... Doctor of Biological Sciences. Novosibirsk, 2001. 31 p.
106. Shchedrin V.N., Balakai G.T. State and prospects for the development of land reclamation in the South of Russia // Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2014. No. 3 (15). 1–15 s.