

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ»
(ФГБНУ «РосНИИПМ»)

УДК 631.41

Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова

**ИЗМЕНЕНИЕ НАПРАВЛЕННОСТИ ПОЧВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРИ СНИЖЕНИИ ВОДНОЙ НАГРУЗКИ НА ОРОШАЕМЫЕ ЗЕМЛИ**

Научный обзор

Новочеркасск 2012

Содержание

Введение	3
1 Влияние длительного регулярного орошения на свойства почв	5
2 Условия, обеспечивающие оптимизацию мелиоративного состояния и почвенного плодородия орошаемых земель.....	11
3 Изменение направленности почвенных процессов при снижении искусственной водной нагрузки на орошаемые земли	19
3.1 Изменение свойств черноземов при переходе к циклическому орошению пресной водой.....	21
3.2 Изменение свойств почв при переходе к циклическому орошению слабоминерализованной водой.....	32
3.3 Изменение свойств почв при их переходе в залежное состояние	36
Список использованной литературы.....	45

Введение

В засушливых степных районах России недостаточная и неустойчивая влагообеспеченность сельскохозяйственных культур является лимитирующим фактором, в значительной степени определяющим величину, качество и стабильность урожая, а также необходимость проведения оросительных мелиораций [1]. Именно орошаемые земли являются основным источником сельскохозяйственной продукции и основным звеном стабилизации сельхозпроизводства.

До 90-х годов прошлого столетия наблюдалось достаточно эффективное использование орошаемых земель. Развитие орошаемого земледелия проходило на территории всех экономических районов в зонах неустойчивого и недостаточного увлажнения. Площади орошаемых сельскохозяйственных угодий располагались на территории Центрально-Черноземного, Поволжского, Северо-Кавказского, Уральского, Западно-Сибирского и Восточно-Сибирского районов, а также Нечерноземной зоны (Северный, Северо-Западный, Центральный, Волго-Вятский районы). Но по масштабам и эффективности орошения Северный Кавказ (ЮФО) занимал одно из ведущих положений в РФ. В этом регионе на орошаемых землях производилось более 60 % от валового сбора зерна на орошении, кукурузы – 99 %, овощей – 99 % и т.д.

Однако несоблюдение норм водопользования и режимов орошения, низкий уровень эксплуатации оросительных систем привели к значительному снижению потенциального плодородия почв, особенно черноземов, которые являются наиболее ценными и распространенными среди орошаемых почв России.

На настоящий момент площади орошаемых земель составляют 4249,8 тыс. га [2]. Наибольшие из них (70 %) сосредоточены в Южном федеральном округе – 1075,3 тыс. га, Северо-Кавказском федеральном округе (1041 тыс. га) и в Поволжском федеральном округе – 891 тыс. га, то есть на юге России. Но опыт регулярного орошения в этом регионе показал

свою несостоятельность, так как постоянное переувлажнение почв и в зимний и в вегетационный период приводит к негативным процессам, и снижает гумификацию и нитрификацию, которые являются основными факторами, способствующими оптимизации почвенного плодородия. Требуется для этой зоны разработать новый вид орошения, так как площади орошаемых земель в этих регионах будут расширяться и составят по расчетам обеспеченности водными ресурсами 4,93 млн га [3].

Но для обоснования нового вида орошения необходимо проанализировать изменение свойств орошаемых почв при снижении искусственной водной нагрузки.

1 Влияние длительного регулярного орошения на свойства почв

Уже в 80-90-е годы стали появляться данные о неблагоприятных тенденциях в эволюции почв, происходящих при массивном орошении традиционными способами [4, 5].

При недостаточном уровне функционирования оросительных систем наблюдались процессы подъема уровня грунтовых вод, изменения водного, солевого, воздушного, питательного режимов и формирования на значительных площадях гидроморфных условий почвообразования, при которых неизбежны процессы переувлажнения, вторичного засоления, осолонцевания, слитизации, дегумификации, обеднения элементами питания, снижения почвенного плодородия. В результате на орошаемых землях (например, Калмыкии, Ростовской, Астраханской, Волгоградской областей) сложилась неблагоприятная эколого-мелиоративная обстановка. Эти выводы подтверждены исследованиями ученых В. Е. Приходько, Е. А. Казинцева, Д. Э. Запорожниченко, А. А. Попова, Г. В. Добровольского, С. Ю. Розова, С. А. Николаевой, Н. С. Скуратова, Л. М. Докучаевой и др. [6-11].

Р. П. Воробьева, А. В. Шуравилин, В. В. Кандиус, изучавшие изменение водных свойств почвы при длительном орошении в Алтайском крае, отмечали, что с поднятием УГВ проявлялись и процессы трансформации почв, обусловленные олуговением. В результате менялись и водные свойства исследуемых почв [12].

Переувлажнение, особенно периодическое, в вегетационный период в меньшей степени сказывается на продуктивности сельскохозяйственных культур, но влечет за собой вторичное засоление и осолонцевание почв [13].

Проводимые исследования в хозяйстве, расположенном на Азовской оросительной системе (ОС) (Ростовская область), когда в течение 30 лет в орошение была вовлечена территория в геоморфологическом отношении

бессточная с почвенным покровом, представленным террасовыми глубокозасоленными (200-250 см) черноземами, показали, что почвы из разряда глубокозасоленных перешли в солончаковатые и солончаковые. Глубина залегания грунтовых вод при этом составила 1,3-1,5 м (до орошения УГВ находился в пределах 4,5-5,0 м) [10]. Аналогичные результаты получены в Ставропольском крае [14].

Подщелачивание и осолонцевание орошаемых земель распространено достаточно широко. Особенно сильно эти явления выражены при использовании слабощелочных бикарбонатных или слабоминерализованных оросительных вод [15-18]. Но использование воды хорошего качества по данным С. П. Соколовского при длительном орошении в Ставропольском крае лишь в незначительной степени изменило состав поглощенных оснований чернозема обыкновенного карбонатного маломощного [19]. Выявлено, что процессы подщелачивания и осолонцевания, в основном, сопровождаются дальнейшим уплотнением, дегумификацией, образованием токсичных веществ, нарушением баланса элементов питания [5, 20, 21].

Многочисленные исследования, связанные с проблемой орошения почв, свидетельствуют, что для орошения чрезвычайно сложными являются именно черноземы. Эти почвы обладают сильной набухаемостью и усадкой, имеют склонность к уплотнению при обработке, многие их свойства в условиях режима повышенного увлажнения очень быстро меняются [22-27]. Неправильное орошение (переполив, высокая интенсивность дождя дождевальными машинами), нарушение технологии возделывания сельскохозяйственных культур, отсутствие продуманной системы удобрений, применение тяжелых средств механизации труда, использование для полива вод низкого качества еще более усугубляют эти процессы.

В результате наблюдаются увеличение плотности почвы (объемной массы), ухудшение структуры пахотных горизонтов, появление признаков

глыбистости, уменьшение количества водоносных пор и пор аэрации, снижение впитывающей способности почв.

Так, на орошаемых массивах Азовской ОС при использовании поливной воды низкого качества плотность почвы составила в среднем $1,3 \text{ т/м}^3$, в то же время на богаре – $1,1 \text{ т/м}^3$. На Багаево-Садковской ОС – соответственно $1,35$ и $1,20 \text{ т/м}^3$ [10].

Ю. А. Фиапшев с сотрудниками Кабардино-Балкарской опытной станции и ставропольские ученые на опытно-мелиоративном пункте НПО «Ставмелиорация» также наблюдали при орошении увеличение плотности исследуемых почв [14, 28]. Результаты исследований типичных черноземов Воронежской и Липецкой областей подтвердили выводы об изменении структурного состава почв при длительном орошении [29].

Представленные данные свидетельствуют о том, что плотность орошаемых черноземов достигла такого уровня, при котором нормальное развитие сельскохозяйственных культур затруднено [30-32].

Многие исследователи отмечали предрасположение черноземов Северного Кавказа к слитизации [28, 33, 34]. Она связана с резкими изменениями режима орошения (от переувлажнения к осушению), возникающими при плохой его организации.

При орошении черноземов Ростовской области отмечены процессы оглинивания почвогрунтов, которые происходят в условиях щелочной среды, обусловленной первичной или вторичной солончатостью и ощелачиванием почв [35, 36].

По мнению В. В. Егорова одной из главных причин негативных изменений черноземов при орошении является ухудшение их кальциевого состояния [22]. Черноземы в меньшей степени, чем почвы более южных территорий (каштановые, сероземы) обеспечены естественными запасами солей кальция, защищающими почвы от развития в них таких негативных явлений, как осолонцевание и обесструктурирование [11]. В орошаемых поч-

вах сокращается содержание кальция в почвенном растворе и в составе ППК (почвенного поглощающего комплекса). Происходит снижение активных форм кальция на фоне резкого роста активности натрия (в 10-200 раз). Данное обстоятельство обуславливает сдвиг ионного равновесия в сторону внедрения в ППК натрия, дестабилизацию минеральной части почв и органических коллоидов [11].

Неблагоприятные изменения в орошаемых почвах связаны со снижением содержания органического вещества – основным показателем плодородия почв.

Многие исследователи в качестве общей тенденции отмечают некоторое снижение запасов гумуса в начальные периоды орошения и их постепенное восстановление со временем, а также уменьшение его содержания в пахотном слое и увеличение с глубиной. Выявлены изменение качественного состава гумуса, рост его подвижности, снижение содержания гуминовых кислот (особенно связанных с кальцием), усиление роли фульвокислот [11, 19, 23, 37, 38]. Потери гумуса при орошении составляли 10 % от содержания его в неорошаемой почве.

Следует отметить, что в условиях высокой культуры земледелия, исключая межкультурные периоды в севооборотах за счет основных и промежуточных культур, отмечен менее интенсивный распад гумуса по всему почвенному профилю (0-150 см) по сравнению с севооборотом без промежуточных культур. Подобные выводы содержатся в работах В. В. Агеева, А. И. Мешковой, Г. Я. Лапченкова, Б. В. Романова, В. Е. Приходько [6, 39, 40].

Н. А. Пронько и Л. Г. Романова утверждают, что длительное орошение темно-каштановых почв также приводит к снижению содержания гумуса и ухудшению его качества, и только внесение навоза в сочетании с минеральными удобрениями может повысить гумусированность исследуемых почв [41].

И. П. Карабецкий считает, что причиной изменения гумусового состояния черноземов Молдовы (типичных, обыкновенных и карбонатных) явилось только орошение. За период орошения потери гумуса составили от 0,6 до 1 т/га ежегодно [42].

Таким образом, многочисленные исследования позволяют сделать вывод об изменении гумусового состояния почв при орошении. Причем характер изменений, их направление определяются множеством факторов. Но при поливах минерализованными водами, переполивах, без внесения органических и минеральных удобрений, без насыщения севооборотов многолетними травами имеют место изменения негативного плана.

Анализ трудов многих исследователей показал, что в орошаемых почвах под влиянием поливной воды происходят изменения и агрохимических свойств [43-46].

Р. М. Хачетлов и др. выявили, что в опытах при орошении снижалось количество общего азота в обыкновенном черноземе, особенно на неудобренном фоне (до 260 мг на 100 г почвы) [47]. В неорошаемых условиях его содержалось в верхнем слое 0-30 см около 296 мг на 100 г почвы.

Данные Г. Г. Данилова и др. также свидетельствуют о снижении содержания валового азота при орошении в черноземах Северного Кавказа [38]. Причем, по их мнению ни одна из применявшихся систем удобрений не позволила сохранить запасы азота на уровне исходного.

Ряд исследователей отмечает заметное снижение количества иона NO_3^- (азота нитратного) в почве под влиянием поливной воды, а другие – увеличение его подвижности [48-51]. Это объясняется различным механическим составом почв, применением разных поливных норм. Выявлено, что даже возделываемая культура оказывает влияние на содержание нитратов в почве [52]. Так, по уменьшению нитратов от орошения за вегетационный период на первом месте стоят злаковые культуры: озимая пше-

ница, яровая пшеница, овес. Снижение нитратов под ними составляет от 60 до 80 % в метровом слое.

Четкой зависимости в изменении фосфатного режима черноземов при орошении не отмечено. Некоторые авторы утверждают, что поливная вода не оказывала влияния на процессы перемещения P_2O_5 по профилю почвы [19, 53].

Г. Г. Данилов с соавторами при проведении работы по выявлению влияния орошения на фосфорный режим черноземов Северного Кавказа установили, что наиболее четко проявляется тенденция к снижению запасов валового фосфора в полях, не получавших удобрений более 30 лет и систематически орошаемых [38]. Орошение как фактор интенсификации земледелия положительно влияет на перевод P_2O_5 из труднорастворимых соединений в доступные формы, поэтому и количество его как в севообороте, так и под монокультурой (кукуруза) уменьшается, что подтверждается ранее проведенными в этом севообороте исследованиями П. Е. Простакова [54].

Исследуя черноземы обыкновенные мицелярно-карбонатные при орошении в Ставрополье, С. П. Соколовский и А. А. Моисеев пришли к выводу, что орошение не оказывает существенного влияния на содержание валового и подвижного калия в этих почвах [19, 55].

Но, в то же время, П. Е. Простаков, П. В. Носов, А. И. Симакин, А. М. Голубцов, Э. М. Уруцкоев, Г. Г. Данилов указывают на увеличение подвижного калия в черноземах Северного Кавказа [38, 48, 49, 53, 54].

Есть данные, свидетельствующие о снижении количества доступных для растений питательных веществ при увеличении влажности почвы [56].

Таким образом, многими исследователями доказано, что орошаемое земледелие, которое более устойчиво в плане получения стабильных и высоких урожаев, несмотря на благоприятные факторы, вызывает ряд негативных процессов: уплотнение, ощелачивание, осолонцевание, денитри-

фикацию и дегумификацию почв. Неправильное орошение быстро сказывается не только на их свойствах, но и на продуктивности земель. Необходимо создавать такие условия, при которых будет наблюдаться оптимизация почвенных процессов.

2 Условия, обеспечивающие оптимизацию мелиоративного состояния и почвенного плодородия орошаемых земель

Анализ, проведенный нами на основе литературного обзора и научных исследований, позволил обобщить причины возникновения негативных процессов в почвах юга России, возникающие при регулярном орошении (таблица 1). Основная из них – создание анаэробных условий.

Таблица 1 – Негативные процессы в почвах юга России, возникающие при регулярном орошении

Процессы почвообразования	Причины
1	2
Подтопление, заболачивание, переувлажнение	Близкое залегание УГВ
Вторичное засоление	Близкое залегание минерализованных ГВ и использование вод с повышенной минерализацией и неблагоприятным химическим составом для орошения
Щелочность, солонцеватость, нарушение кальциевого режима	Те же
Уплотнение и слитизация	Механическое уплотнение за счет сельскохозяйственной техники, недостаток в почве кальция и органики, полив водой неблагоприятного состава, нарушение системы севооборотов
Дегумификация – снижение общего содержания гумуса и его качественного состава	Полив водой плохого качества и отсутствие условий для протекания процессов гумификации, а именно: реакция среды (рН) должна быть ближе к нейтральной, оптимальная температура (t) – 30-35 °С, достаточное количество кислорода, оптимальная влажность почвы (60-70 %), присутствие органики, в том числе пожнивных остатков
Денитрификация – нитраты и нитриты при отсутствии кислорода восстанавливаются до газообразных и молекулярных форм азота	Анаэробные условия, препятствующие развитию процессов нитрификации и гумификации
Образование недоокисленных соединений, куда входят токсичные для растений вещества – сероводород, сода, закисное железо, масляная, бензойная и другие кислоты	Анаэробные условия

Продолжение таблицы 1

1	2
Снижение микробиологической активности почв	Отсутствие условий для развития полезной для почвообразования микрофлоры. Наибольшее разнообразие видового состава почвенных микроорганизмов и их высокая активность проявляются при влажности почвы 60-70 % НВ и в интервале температур 20-30 °С

Дело в том, что до конца 80-х годов прошлого столетия при проектировании оросительных систем и в предпроектных проработках нормы потребления воды (оросительные нормы) устанавливались по биоклиматическому методу (с использованием биологических коэффициентов, рассчитанных для европейской части страны институтом водных проблем АН СССР). При сравнении норм водопотребности, определенных с помощью интерполированных биологических коэффициентов с нормами, полученными опытным путем для условий конкретной зоны и сельскохозяйственной культуры, было обнаружено значительное завышение первых. Оросительные нормы, рассчитанные гораздо позже по фактическим биоклиматическим коэффициентам для отдельных культур, снижены на 20-40 % [57]. Следовательно, что большую часть периода регулярного орошения почвы находились в условиях переувлажнения. Это подтверждают исследования многих ученых, которые считают, что одним из самых мощных и быстродействующих факторов снижения плодородия черноземов, и вообще почв, является орошение при систематических переполивах [4, 21, 58-62]. В этом случае автоморфные в целинном состоянии почвы с непромывным типом водного режима оказываются в условиях вторичного застойно-промывного режима, начинают преобладать восстановительные условия (анаэробные). Возвращение почв к исходному окислительному состоянию осуществляется чрезвычайно медленно. Если смена аэробной обстановки на анаэробную измеряется практически часами, то обратный процесс идет длительное время и составляет 1-1,5 месяца и более.

Таким образом, чем длительнее почва находится в состоянии глубокого анаэробнозона, тем больше в ней сохраняется локальных зон восстано-

вительного характера. Данное обстоятельство приводит к тому, что трансформация почв, вызванная изменением обстановки, приобретает необратимый характер. При этом черноземные почвы переходят в качественно новое состояние, утрачивают характерные для них свойства, приобретают новые, такие как слитость, лабильность органического вещества, появление аморфных форм железа и прочие, нередко вызывающие деструкцию почв [63].

Орошаемые почвы находятся практически в условиях постоянного анаэробноза – в зимний период это обуславливается выпадающими осадками, а в вегетационный период постоянными поливами, а чаще переполивами для почв, так как растения требуют больше влаги. Но для жизнеспособности почв важную роль играет влажность и порозность. Оптимальная экологическая гармония в почвах – это когда вода и воздух содержатся в равных по объему количествах, что соответствует влажности почвы по уровню 60-70 % наименьшей (полевой) влагоемкости (НВ) [64]. Это приравнивается к влажности физической спелости почв для обработки при скорости 3-4 км/ч. Однако экологический оптимум влажности почвы для нормального роста и развития неодинаков у разных групп растений (таблица 2).

Таблица 2 – Оптимум влажности почвы для различных культур [64]

Содержание воды в почве, % от полевой влагоемкости				
более 100	100-80	80-70	70-60	менее 60
Рис	Мандарин Фейхоа Чай Мята перечная Огурцы	Картофель Гречиха Смородина Горох Капуста Клевер Овес Кукуруза Соя Конопля	Свекла Люцерна Пшеница Рожь Ячмень Хлопчатник Подсолнечник Виноград	Тамарикс Люцерна Маис Просо Сорго Горчица Лен

Для большинства сельскохозяйственных растений содержание воздуха в почве, обеспечивающее хорошие условия для роста и развития, а также надлежащий газообмен между почвой и атмосферой, равно 20-40 %

от порозности. Это обеспечивается уровнем влажности, равной 60-80 % от наименьшей (полевой) влагоемкости.

Основные почвообразовательные процессы, как гумификация и нитрификация, протекают активно при достаточной аэрации и при влажности почвы 60-70 % НВ.

Оптимальные режимы орошения для большинства сельскохозяйственных культур, возделываемых на юге России, составляли 75-80 % НВ, а при поливах влажность доходила чаще всего до 85-90 % НВ, то есть на орошаемых землях формировался постоянный режим переувлажнения, в результате чего черноземы преобразовались в другие почвы.

Это вполне естественно, так как еще В. В. Докучаев [65], Г. И. Танфильев [66] в свое время доказывали, что степи, где формируется черноземный процесс почвообразования, распространяются там, где выпадает не более 600 мм осадков, выше этой влажности происходит облесение территорий и наступает процесс подзолообразования. Для образования чернозема (и, наверное, сохранения) нужен известный минимум влажности, поэтому К. Д. Глинка в своей почвенной классификации относит черноземы к классу почв «умеренного увлажнения», а деградированный же чернозем – к почвам «среднего увлажнения» [67].

О том, что черноземы в период регулярного орошения находились в условиях переувлажнения, подтверждают и наши расчеты. Практически до 1990 года одни и те же участки из года в год поливались достаточно высокими оросительными нормами – в среднем от 2000 м³/га (например, кукуруза на зерно) до 4000 м³/га и выше (овощи, многолетние травы). При среднемноголетней норме осадков для степной зоны в 500 мм водная нагрузка на почвы составляла от 700 до 900 мм (в среднем 800 мм), то есть создавались все условия для деградации почв.

Таким образом, анализ процессов, происходящих на орошаемых землях, доказывает необходимость снижения водной нагрузки на почвы и перехода на периодический или циклический вид орошения.

Такого мнения придерживались и многие ученые еще в период регулярного орошения. Так, А. С. Фатьянов, С. Н. Гайчинов и другие еще в 1971 г. призывали к периодичности орошения. Перерывы в орошении благоприятно отражаются на закреплении в почве приобретенного при орошении свежего активного гумуса и формировании плодородия чернозема. Периодичность увлажнения и высушивания почвы способствует образованию ее структуры [68]. В. И. Бобченко считал, что во многих районах, где потребность в орошении возникает не для всех культур и не в каждый год, целесообразно применять циклическое орошение [69]. Эту идею закрепил Р. О. Халатян Авторским свидетельством СССР «Оросительные системы», включающим циклическое чередование орошаемого и богарного земледелия (1986 г.), а в 1990 г. В. Н. Щедрин и Н. Н. Бредихин получили Авторское свидетельство на способ мелиорации черноземов, в котором обосновываются циклы орошения и богары [70, 71].

В 1986 г. И. П. Айдаров и А. И. Голованов рекомендовали соблюдать принцип ограничения поливных и оросительных норм, дополняя ими лишь недостаток естественных осадков и не допуская при этом увлажнения почвы до НВ [72]. Принцип регулирования влажности в активном корнеобитаемом слое совпадает с условиями генезиса черноземов, т.е. соответствует особенностям климатической зоны, где количество выпадающих осадков примерно равно испарению (принцип равенства нисходящих и восходящих капиллярных токов) [69]. Это же в своих работах отражали И. П. Кружилин, А. С. Морозова. Они считали, что решение по управлению в условиях орошения почвенным плодородием должно опираться на учение В. В. Докучаева о почве как функции сочетания условий среды и результатов взаимодействия почвообразующих факторов. С позиции Докучаевского учения, развитого его последователями, нормы дополнительной подачи воды в почву должны определяться энергетическим потенциалом радиационных и тепловых ресурсов и водным режимом почв. Общие подходы к определению оросительных норм должны сводиться к макси-

мальной экономии водных ресурсов и подаче минимально необходимого количества воды в почву на получение единицы продукции [61].

Л. В. Кирейчева и А. А. Воронина, изучая изменение состава и свойств черноземов при орошении, в 1987 г. также высказали мнение, что мелиоративные системы на черноземных почвах должны быть весьма совершенными и хорошо управляемыми. Орошение здесь должно развиваться как дотация к осадкам, а полив – проводиться малыми нормами с малой интенсивностью дождя и обеспечивать практически полное использование воды растениями, сводящее к минимуму глубинное просачивание. Следует исключить непроизводительные потери воды на поле (коэффициент использования воды не менее 0,9-0,95). В этой связи перспективным для распространения черноземных почв может явиться мелкокапельное орошение. Оросительная вода при этом должна быть только высокого качества, а дренаж – обеспечивать мелиоративный режим, свойственный данному виду почв.

При оптимальном сочетании со всеми необходимыми видами мелиораций орошение черноземов позволит поднять продуктивность этих почв и добиться стабилизации или накопления в них гумуса. При таком подходе мелиорация явится не только мощным преобразующим, но и эффективным природоохранным фактором [73]. Это подтвердил и Ю. С. Точельников [74].

В своих трудах И. П. Айдаров также подчеркивает, что существующие методы расчета режима орошения направлены на полное удовлетворение требований сельскохозяйственных растений к водному режиму почв и не учитывают требования почв. При обосновании оросительных норм нетто надо исходить из условий восстановления нарушенного распашкой гидротермического режима с учетом наиболее полного использования ресурсов естественного увлажнения за счет применения агротехнических и агролесотехнических мелиораций [75]. Учитывая дополнительно индекс сухости и поверхностный сток, он рассчитал, что среднеголетняя величина ороси-

тельной нормы для сухостепной зоны должна равняться $\leq 200-250$ мм, а степной $\leq 120-140$ мм. Это согласуется с расчетами Н. И. Парфеновой [76, 77]. Она считает, что поддержание минимального объема инфильтрации оросительных вод необходимо для предотвращения развития процессов гидроморфизма почв. Экологически благоприятные оросительные нормы для поддержания благоприятных тенденций почвенных процессов исходят из создания и поддержания гидротермического режима в указанных оптимальных пределах. С этой целью целесообразно придерживаться следующих оросительных норм: в степной зоне – 130-270 мм (при среднегодовой норме атмосферных осадков $O_c = 500$ мм); в сухостепной – 400-540 мм (при $O_c = 370$ мм); в полупустынной – 500-670 мм (при $O_c = 300$ мм); в пустынной – 670-860 мм (при $O_c = 200$ мм). В зависимости от осадков текущего года оросительные нормы регулируются по их разности. Общая допустимая оросительная норма принимается равной указанной выше (применительно к каждой зоне) плюс разность между осадками среднемноголетнего и текущего года.

В природной среде при формировании почв наилучшая энергетическая сбалансированность тепла и влаги присуща степной зоне. Благодаря обеспечению наиболее благоприятных условий жизнедеятельности бактерий и гумусообразованию здесь сформированы самые плодородные почвы – черноземы. Поэтому показатель гидротермического режима для степной зоны служит эталоном для других климатических зон при орошении в связи с наилучшими условиями почвообразования: $R^* = 0,8-1,2$. При орошении повышенными оросительными нормами показатель гидротермического режима полупустынной и пустынной зон может быть ниже 0,8, а на рисовых системах даже ниже 0,4. В условиях повышенных оросительных норм происходит смещение почвообразовательных процессов, образование подзолов и падение продуктивности почв [76, 77].

В 2004 году Л. В. Кирейчева отмечала, что в зоне неустойчивого и недостаточного увлажнения гидромелиоративные системы должны быть,

как правило, предназначены для малообъемного орошения, а адаптивный комплекс мероприятий должен быть направлен на восстановление плодородия [78].

О необходимости проведения комплексных мелиораций с целью снижения водной нагрузки сказано и в публикациях Н. С. Скуратова, Л. М. Докучаевой, О. Ю. Шалашовой и других, так как почвы, обладающие высоким плодородием, лучше закрепляют влагу, и требуется меньше поливов [31, 62, 79, 80].

А. В. Шуравилин, П. М. Никифоров и другие специалисты отмечают, что для снижения средней оросительной нормы (и в целом экологической нагрузки 1 га орошаемой площади) следует предусматривать возделывание сельскохозяйственных культур с различным уровнем (интенсивностью) водопотребления [81].

С середины 1990 года из-за сложившихся экономических условий производственники были вынуждены сократить ежегодно поливаемые площади и практически перешли на циклический тип орошения, а именно: на поле 2-3 года возделываются влаголюбивые культуры, а затем 2-3 года – засухоустойчивые. Для получения достаточно высокого урожая нормы полива остаются прежними, то есть поливы осуществляются по требованию культуры, но водная нагрузка на почвы в севообороте сократилась почти вдвое. Вместо ежегодной нагрузки в 800 мм, а зачастую и выше за счет переполивов, почвы стали получать влаги около 600 мм в среднем за восьмипольный севооборот.

В связи с этим появилась уникальная возможность оценить влияние снижения искусственной водной нагрузки на мелиоративное состояние и свойства почв, ранее находившихся в режиме регулярного орошения.

Как отмечают А. В. Шуравилин и Н. Г. Вуколов, когда были сокращены оросительные нормы на орошаемых территориях Алейской ОС в Алтайском крае в связи с недофинансированием мелиоративных работ, с 1990 года произошло снижение УГВ в среднем до 2,9 м. При этом в ста-

роорошаемой зоне они продолжают еще находиться на глубине 2,3-3,5 м, а в новоорошаемой (до 20 лет орошения) опустились до 5,9 м [82].

Результаты исследований сотрудников ФГБНУ «РосНИИПМ» также свидетельствуют о положительном влиянии снижения водной нагрузки на свойства орошаемых черноземов [83, 84].

Таким образом, для оптимизации почвенных процессов при орошении требуется периодически поддерживать увлажнение почв на уровне 60-70 % НВ. Это возможно при снижении водной нагрузки, чередуя на орошаемых территориях циклы орошения и богары, то есть необходимо перейти на совершенно новый тип орошения – циклический. Для обоснования этого типа орошения очень важно изучить изменение свойств почв при снижении искусственной водной нагрузки на почвы, особенно на длительно орошаемые, которые в результате регулярных поливов подверглись в той или иной степени деградации.

3 Изменение направленности почвенных процессов при снижении искусственной водной нагрузки на орошаемые земли

Начиная с 90-х годов прошлого века в связи с отмиранием отрасли животноводства резко изменилось использование земель в сторону выращивания высокодоходных культур. Предпочтение отдается зерновым (пшенице) и техническим культурам (подсолнечнику), которые не требуют орошения. Кроме этого, из-за отсутствия поливной воды многие влаголюбивые культуры во второй половине лета не поливаются. Для поддержания почвенного плодородия высеваются сидераты в качестве зеленого удобрения и, реже, – многолетние травы. Поливают, в основном, на этих полях сою, кукурузу на зерно, корнеплоды, овощи.

По нашим подсчетам среднеежегодная оросительная норма на орошаемых полях составляет всего 1100-1300 м³/га, то есть практически водная нагрузка снижена почти вдвое.

Землепользователи на орошаемых землях, в основном, возделывают культуры по следующей схеме: два года – влаголюбивые культуры

(картофель, капусту и др.), оросительные нормы которых составляют 2200-3200 м³/га, на третий год выращивают морковь и свеклу с поливной нормой 400 м³/га для получения всходов, на четвертый год получают зерновые без поливов, а на пятый год поле используют для сидераций тоже без поливов. В среднем за пять лет оросительная норма составляет 1200 м³/га.

Следует отметить, что сложившиеся обстоятельства с дефицитом поливной воды, удорожанием электроэнергии, отсутствием дождевальной техники заставили производителей в 90-е годы перейти на циклический вид орошения.

В связи с этим нами на изучение поставлен вопрос – изменилась ли направленность процессов в почвах, частично деградированных в результате длительного орошения, при снижении искусственной нагрузки? Для разработки этого вопроса нами выбраны три ключевых участка:

- участок в ОПХ «РООМС», где преобладают черноземы обыкновенные, на которых с 1955 по 1991 гг. осуществлялось регулярное орошение водой с минерализацией 0,5-0,7 г/дм³ гидрокарбонатно-кальциевого состава. В настоящее время они осваиваются в режиме циклического орошения со снижением водной нагрузки до 1100-1200 м³/га;

- участок в ООО «Приазовье» (Миусская ОС) Ростовской области. Черноземы обыкновенные ООО «Приазовье» регулярно орошались с 1981 до 1994 гг. водой сульфатно-натриевого состава с минерализацией 1,2-1,3 г/л. Последние 13 лет водная нагрузка значительно снижена;

- участок в ООО «Луговой», расположен в пойме Нижнего Дона, является обвалованным. Орошался более 30 лет такой же водой, что и земли ОПХ «РООМС». С 1993 года земли не стали поливаться, полностью перешли в цикл богары. Вначале на полях хозяйства преобладали сорняки, которые постепенно вытеснены лугово-степной растительностью.

На этих участках проведен сравнительный анализ свойств почв, осваиваемых в период постоянного (регулярного) орошения, в режиме цик-

лического орошения (ОПХ «РООМС», ООО «Приазовье») и в условиях богары в залежном состоянии (ООО «Луговой»).

На каждом участке образцы почв и в период регулярного орошения, и после 16 лет в ОПХ «РООМС» и 13 лет в ООО «Приазовье» циклического орошения, а также после 15 лет залежного состояния в ООО «Луговой» отбирались осенью по слоям 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 см и далее до УГВ для определения физико-химических свойств в 10-кратной повторности. Результаты подвергались математической обработке по Б. А. Доспехову. Изменение свойств почв при снижении водной нагрузки оценивалось методом сравнения показателей свойств почв: в ОПХ «РООМС» – после 30 лет регулярного орошения и после 16 лет циклического орошения, в ООО «Приазовье» соответственно после 10 и 13 лет, в ООО «Луговой» соответственно после 30 и 15 лет.

3.1 Изменение свойств черноземов при переходе к циклическому орошению пресной водой

Результаты анализов показали, что в черноземах обыкновенных, поливаемых даже пресной водой, в период регулярного орошения наблюдались процессы ощелачивания и осолонцевания глубже 40 см. Причиной этого являлось близкое залегание от поверхности грунтовых вод. Это подтверждают данные анализов почв и грунтовых вод, отобранных в период регулярного орошения (1986 г.) на мелиоративно-неблагоприятном участке ОПХ «РООМС», относящегося к Багаевско-Садковской ОС (таблица 3).

Как показал опыт эксплуатации донских оросительных систем, первый этап формирования грунтовых вод, проявляющийся в их подъеме и выравнивании химического состава, длился 5-12 лет, на смену которому пришел второй этап, характеризующийся стабилизацией уровня залегания на отметках около 2-х метров и выше [85].

Таблица 3 – Влияние уровня грунтовых вод и их минерализации на засоление почвенного профиля при орошении водами с минерализацией < 0,5 г/дм³

Слой, см	Сумма ионов, %	Токсичные соли, %	Водорастворимые соли, мг-экв./100 г почвы							pH	Щелочность по Зимовцу: HCO ₃ ²⁻ – Ca ²⁺ + + Mg ²⁺ + Na ⁺ , мг-экв./100 г
			Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Скважина 13											
0-20	0,080	0,047	0,51	0,17	0,50	0,44	0,23	0,48	0,03	7,9	0,77
20-40	0,150	0,055	0,41	0,22	0,53	0,51	0,33	0,29	0,03	7,3	0,64
40-60	0,105	0,065	0,51	0,58	0,61	0,49	0,63	0,58	0,03	8,2	1,33
60-80	0,122	0,088	0,51	0,80	0,65	0,41	0,84	0,71	0,03	8,5	1,79
80-100	0,102	0,053	0,51	0,44	0,65	0,47	0,32	0,88	0,03	8,2	1,38
100-130	0,156	0,100	0,61	1,45	0,42	0,95	0,35	1,15	0,03	7,7	-
130-160	0,111	0,079	0,51	0,61	0,57	0,48	0,33	0,85	0,03	8,1	1,27
160-200	0,135	0,089	0,61	0,97	0,50	0,71	0,60	0,95	0,03	7,5	
Грунтовая вода: глубина 230	5,03 г/дм ³		12,81	60,56	5,37	21,78	18,02	38,91	0,03	7,4	
Скважина 15											
0-20	0,105	0,074	0,61	0,62	0,42	0,31	0,76	0,55	0,03	8,3	1,42
20-40	0,115	0,074	0,61	0,43	0,50	0,40	0,63	0,48	0,03	8,2	1,21
40-60	0,172	0,130	0,61	1,20	0,57	0,47	0,75	1,13	0,03	8,5	1,98
60-80	0,268	0,209	0,61	2,51	0,51	0,46	0,75	2,39	0,03	8,7	3,19
80-100	0,360	0,287	0,71	3,84	0,46	0,41	1,47	2,83	0,03	8,8	4,35
Грунтовая вода: глубина 125	6,08 г/дм ³		15,74	52,93	26,49	20,39	26,73	48,04	-	8,5	

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Скважина 16											
0-20	0,107	0,068	0,51	0,59	0,50	0,48	0,67	0,35	0,10	8,1	1,04
20-40	0,088	0,115	0,61	0,46	0,24	0,22	0,71	0,30	0,08	8,2	1,03
40-60	0,107	0,066	0,51	0,46	0,61	0,59	0,64	0,35	0,08	8,0	1,01
60-80	0,100	0,088	0,81	0,49	0,44	0,32	0,75	0,57	0,10	8,4	1,44
80-100	0,091	0,051	0,51	0,60	0,22	0,48	0,03	0,74	0,08	7,4	-
100-130	0,097	0,055	0,61	0,68	0,22	0,63	0,44	0,39	0,05	7,2	-
Грунтовая вода: глубина 130	1,897 г/дм ³		7,20	19,41	2,87	19,01	2,12	8,30	0,05	7,4	
Скважина 23											
0-20	0,084	0,041	0,71	0,17	0,44	0,38	0,44	0,47	0,03	7,5	0,97
20-40	0,090	0,046	0,71	0,14	0,55	0,38	0,52	0,47	0,03	8,0	1,16
40-60	0,090	0,046	0,71	0,14	0,55	0,38	0,52	0,47	0,03	8,0	1,16
60-80	0,092	0,028	0,91	0,03	0,51	0,50	0,20	0,72	0,03	7,6	0,93
80-100	0,139	0,066	0,91	0,71	0,48	0,48	0,64	0,95	0,03	7,5	-
100-130	0,318	0,150	0,71	3,75	0,42	1,60	1,60	1,65	0,03	7,4	-
130-160	0,342	0,191	1,11	3,81	0,42	1,44	2,00	1,87	0,03	7,4	-
Грунтовая вода: глубина 140	4,727 г/дм ³		18,41	51,91	4,99	27,13	14,45	33,70	0,03	7,2	
Скважина 25											
0-20	0,088	0,033	0,71	0,08	0,55	0,50	0,36	0,43	0,05	7,5	0,84
20-40	0,085	0,043	0,61	0,12	0,57	0,40	0,52	0,33	0,05	7,6	1,02
40-60	0,100	0,067	0,75	0,32	0,53	0,43	0,42	0,70	0,05	7,9	1,22
60-80	0,123	0,059	0,91	0,42	0,55	0,46	0,32	1,07	0,03	8,2	1,48
80-100	0,294	0,041	1,01	2,98	0,44	2,40	0,68	1,30	0,05	7,4	-
100-130	0,339	0,107	1,00	3,69	0,43	3,04	0,73	1,30	0,05	7,4	-
130-160	0,385	0,129	0,91	4,38	0,46	3,76	0,64	1,30	0,05	7,4	-
Грунтовая вода: глубина 140	4,232 г/дм ³		8,27	51,22	5,49	21,78	16,33	26,87	-	7,3	

Исследование полей ОПХ «РООМС» весной 1986 г. как раз приходится на 2-й этап формирования грунтовых вод. Для анализа взяты весенние отборы, поскольку в работах М. А. Сиваня [86], В. А. Турулевой и И. В. Козуненко [87] говорится о том, что в целом на орошаемых землях Нижнего Дона и Западного Маныча наблюдается сезонность глубин залегания грунтовых вод. Она проявляется в том, что наиболее высокий уровень стояния грунтовых вод наблюдается весной (март – апрель). Затем начинается их опускание, но с увеличением поливов (июнь – июль) к августу намечается второй пик стояния грунтовых вод.

Поля ОПХ «РООМС» орошаются пресной водой с Цимлянского водохранилища с минерализацией 0,5-0,7 г/л гидрокарбонатно-кальциевого состава, поэтому засоления и осолонцевания поверхностных слоев черноземов обыкновенных в течение длительного орошения (более 50 лет) не происходило. Однако в некоторых скважинах, где располагались близкозалегавшие грунтовые воды, обнаружено засоление, превышающее по сумме ионов 0,2 % и выше в слоях 80-100 см и глубже (таблица 3).

Грунтовые воды – сульфатно-натриевого состава. Чем выше их минерализация и УГВ, тем ближе к поверхности обнаруживаются соли и тем больше их содержание и выше щелочность, так как грунтовая вода не только минерализованная, но и щелочная (например, скважина 15).

Как видно из таблицы 3, процессы вторичного засоления, несмотря на длительное орошение, проявились в слабой степени, но в верхних слоях обнаруживается слабая щелочность, а с 40 см и до 80 см – средняя при минерализации ГВ – 2-4 г/дм³ и их залегании на глубине 130-140 см.

Но близкое залегание грунтовых вод сульфатно-натриевого состава особенно сказалось на усилении солонцеватости почв в нижних слоях (таблица 4).

Как показывают расчеты содержания катионов кальция (Ca^{2+}), магния (Mg^{2+}) и натрия (Na^+), в почвенном поглощающем комплексе, наряду с увеличением натрия, уменьшается содержание кальция до уровня предельно-допустимых параметров, что для свойств черноземов катастрофично.

Таблица 4 – Влияние глубины залегания и минерализации грунтовых вод на солонцеватость почв, май 1986 г. ОПХ «РООМС»

Слой, см	∑ ППК, мг-экв./100 г	% от ∑ ППК,		
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
Скважина 13				
0-20	25,59	79	19	2
20-40	24,84	80	18	2
40-60	24,92	79	19	2
60-80	21,12	84	13	3
80-100	20,55	78	19	3
Грунтовая вода; $h=230$ см; минерализация – 5,0 г/дм ³ ; SO ₄ -Na-состава				
Скважина 15				
0-20	26,95	76	22	2
20-40	24,70	72	26	2
40-60	23,02	73	25	2
60-80	22,52	76	21	3
80-100		72	23	5
Грунтовая вода; $h=125$ см; минерализация – 6,1 г/дм ³ ; SO ₄ -Na-состава				
Скважина 16				
0-20	25,37	80	19	1
20-40	24,61	77	22	1
40-60	24,01	79	20	1
60-80	24,20	80	19	1
80-100	23,65	81	17	2
Грунтовая вода; $h=130$ см; минерализация – 1,9 г/дм ³ ; SO ₄ -Na-состава				
Скважина 23				
0-20	30,21	78	20	2
20-40	29,96	76	21	3
40-60	26,2	80	17	3
60-80	25,64	77	17	4
80-100	25,94	77	16	7
Грунтовая вода; $h=140$ см; минерализация – 4,7 г/дм ³ ; SO ₄ -Na-состава				
Скважина 25				
0-20	28,77	81	18	1
20-40	27,63	79	19	2
40-60	23,77	77	20	3
60-80	23,07	73	22	5
80-100	24,94	70	22	8
Грунтовая вода; $h=140$ см; минерализация – 4,2 г/дм ³ ; SO ₄ -Na-состава				

Нами установлена зависимость содержания обменного натрия в ППК от глубины залегания уровня грунтовых вод.

Прямая связь отмечена между этими показателями в слоях 40-100 см и 0-100 см. Коэффициент детерминации соответственно равнялся 0,82 и 0,88, а для слоя 0-40 см – всего 0,35 (рисунок 1).

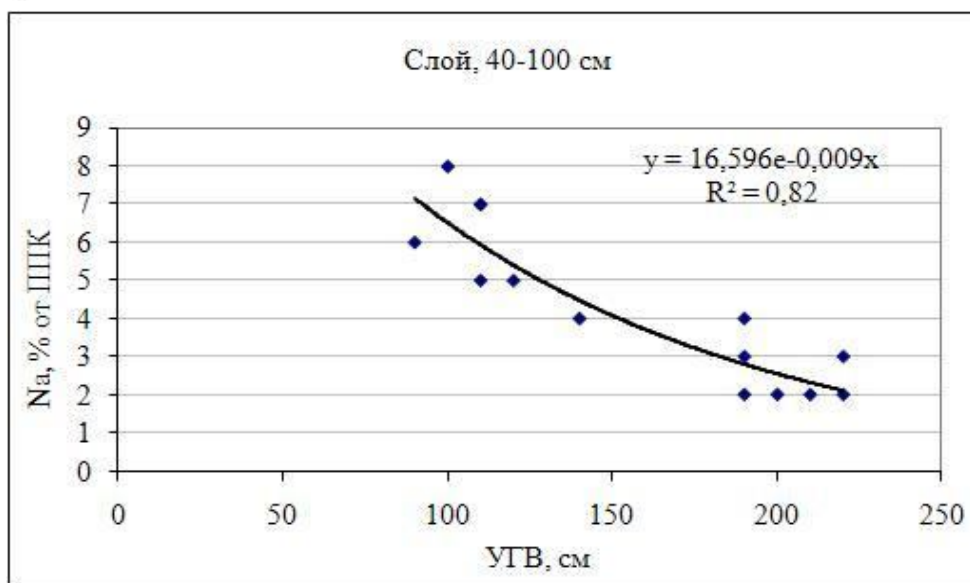
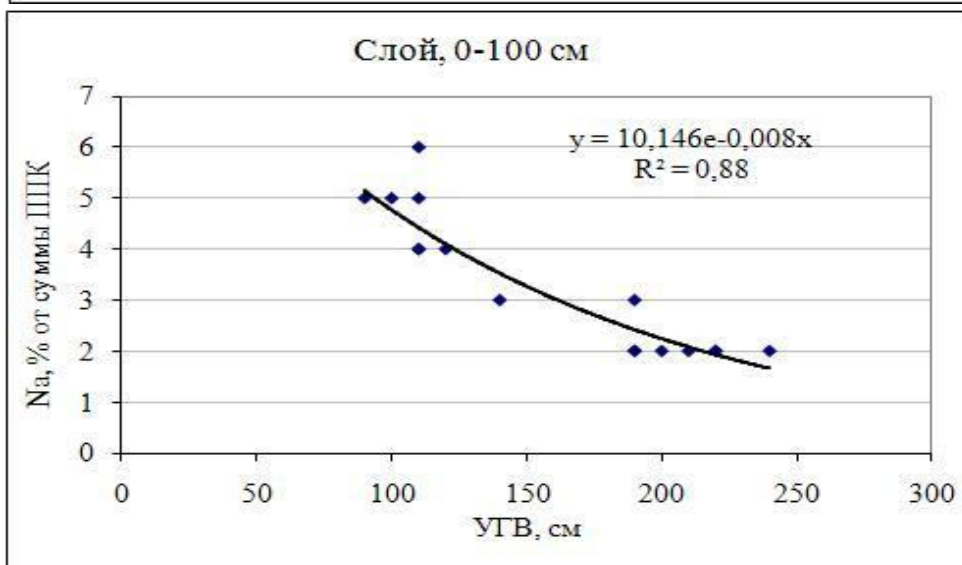
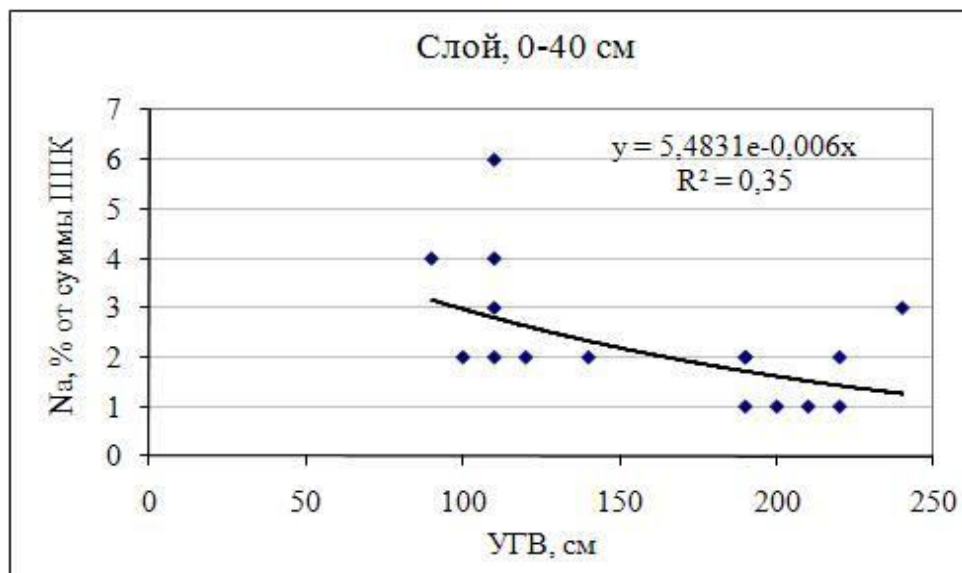
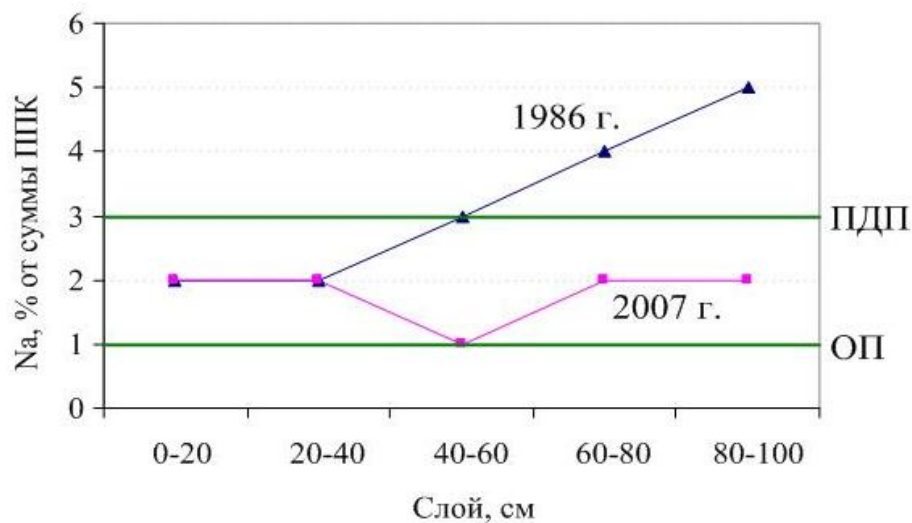


Рисунок 1 – Зависимость содержания обменного натрия в ППК от уровня грунтовых вод

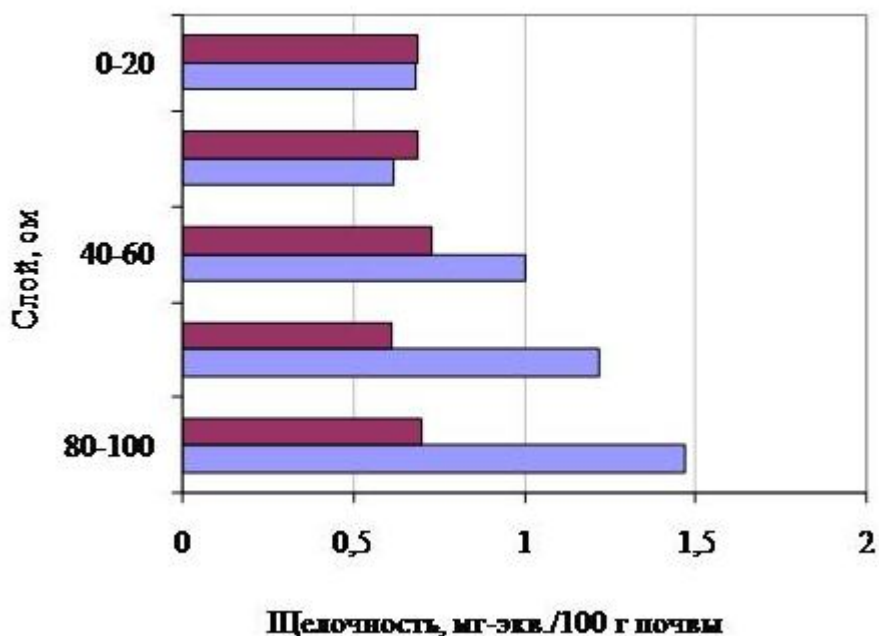
Изменение свойств обыкновенных черноземов при снижении водной нагрузки показано на рисунках 2 и 3 и по слоям 0-40, 40-100, 0-100 см в таблице 5.



▲ – Регулярное орошение (1986 г.), ■ – Циклическое орошение (2007 г.)

ПДП – предельно-допустимые параметры, ОП – оптимальные параметры

Рисунок 2 – Изменение солонцеватости в черноземах обыкновенных при снижении водной нагрузки в режиме циклического орошения (ОПХ «РООМС»)



■ – Циклическое орошение (2007 г.), □ – Регулярное орошение (1986 г.)

Рисунок 3 – Изменение щелочности в черноземах обыкновенных при снижении водной нагрузки в режиме циклического орошения (ОПХ «РООМС»)

Таблица 5 – Изменение свойств черноземов обыкновенных при снижении водной нагрузки (ОПХ «РООМС»)

Слой, см	Сумма токсичных солей, %	Щелочность		Σ ППК, мг-экв./100 г	Солонцеватость		Гумус, %	Увеличение гумуса, %	
		рН	$(\text{HCO}_3^{2-} - \text{Ca}^{2+}) + \text{Na}^+ + \text{Mg}^{2+}$, мг-экв./100 г		Na от Σ ППК, %			абсолютное	относительное
Регулярное орошение (1986 г.)									
0-40	0,04	7,5	0,65	26,8	2	3,12			
40-100	0,05	8,1	1,23	24,2	4	1,90			
0-100	0,05	7,8	1,00	25,3	3	2,39			
16 лет в условиях циклического орошения									
0-40	0,05	7,4	0,69	27,8	2	3,58	0,46	15	
40-100	0,04	7,4	0,68	24,8	2	1,95	0,05	3	
0-100	0,04	7,4	0,68	26,0	2	2,60	0,21	9	
ПДП	0,10-0,15	7,5-8,0	0,7-1,0	-	1-3	3,8-4,0			
ОП	< 0,1	< 7,5	< 0,7		< 1	4,4			
Примечание: ПДП – предельно-допустимые параметры, ОП – оптимальные параметры									

Как видно из рисунков 2 и 3, значения солонцеватости и щелочности в период регулярного орошения выше предельно допустимых параметров (ПДП). Этому способствовало близкое залегание грунтовых вод (рисунки 1, 2).

При понижении УГВ глубже 2,5 м влияние капиллярной каймы, в почвенном растворе которой преобладал натрий из-за наличия его в грунтовых водах, не стало сказываться, и глубинная солонцеватость и щелочность понизились. В верхнем 40-сантиметровом слое эти показатели практически не изменились.

Из таблицы 5 также видно, что верхний 40-см слой по результатам исследований 1986 г. не содержит щелочей, в слое 40-100 см уже обнаруживается средняя щелочность. Через 16 лет она исчезла в целом по всему метровому слою (рисунок 3). Такая же закономерность прослеживается и по содержанию обменного натрия (таблицы 5, 6).

Таблица 6 – Состав почвенного поглощающего комплекса в черноземах обыкновенных после 16 лет освоения земель в условиях циклического орошения

Слой, см	Сумма ППК, мг-экв/100 г	% от \sum ППК		
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
0-20	27,67	80	18	2
20-40	27,99	79	19	2
40-60	26,35	79	19	2
60-80	24,56	78	20	2
80-100	23,54	75	23	2
0-40	27,83	80	18	2
40-100	24,82	77	21	2
0-100	26,02	78	20	2

Сравнивая некоторые свойства черноземов обыкновенных в период регулярного орошения и через 16 лет, когда длительно орошаемые массивы стали осваиваться в режиме циклического орошения, можно отметить восстановление параметров этих почв до предельно-допустимых величин, а именно: исчезла щелочность, содержание обменного кальция в ППК слоя 0-40 см достигло 80 %, а обменный натрий уменьшился до 2 %.

Результаты водной вытяжки образцов 2007 года свидетельствуют о том, что черноземы по всему метровому слою незасолены и в нем отсутствует щелочность (таблица 7).

Таблица 7 – Водная вытяжка черноземов обыкновенных после 16 лет освоения в условиях циклического орошения (ОПХ РООМС, 2007 г.)

Слой, см	Сумма ионов, %	Токсичные соли, %	Ионы, мг-экв/100 г							pH	Щелочность по Б. А. Зимовцу, мг-экв./100 г
			Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺		
0-20	0,104	0,049	0,28	0,57	0,63	0,62	0,33	0,35	0,18	7,3	0,69
20-40	0,089	0,043	0,28	0,34	0,64	0,59	0,33	0,31	0,028	7,4	0,69
40-60	0,090	0,040	0,27	0,33	0,68	0,65	0,31	0,29	0,026	7,2	0,63
60-80	0,095	0,042	0,06	0,44	0,69	0,68	0,35	0,34	0,021	7,5	0,70
80-100	0,088	0,041	0,27	0,31	0,67	0,59	0,37	0,26	0,025	7,5	0,71
0-40	0,097	0,046	0,28	0,46	0,63	0,61	0,33	0,33	0,10	7,4	0,69
40-100	0,091	0,041	0,27	0,36	0,68	0,64	0,34	0,30	0,024	7,4	0,68
0-100	0,093	0,043	0,27	0,40	0,66	0,62	0,34	0,31	0,06	7,4	0,69

Улучшение физико-химических свойств почв сопровождалось оптимизацией структурного состояния почв. Об этом свидетельствуют результаты, представленные в таблице 8. Почвы из разряда сильно уплотненных перешли в разряд уплотненных. Структурное состояние стало хорошим, а водопрочность агрегатов удовлетворительной.

Таблица 8 – Изменение физических свойств чернозема обыкновенного (ОПХ «РООМС»)

Слой, см	Плотность, т/м ³	Коэффициент дисперсности	Структурное состояние (мокрое просеивание), %	Водопрочность, $\Sigma > 0,25$ мм, %
Регулярное орошение (1986 г.)				
0-20	1,25 (сильно уплотненный)	10	45 (удовлетворительное)	28 (недостаточно удовлетворительная)
20-40	1,20 (уплотненный)	10	43 (удовлетворительное)	30 (недостаточно удовлетворительная)
40-60	1,24 (сильно уплотненный)	9	40 (неудовлетворительное)	37 (удовлетворительная)
0-40	1,23 (сильно уплотненный)	10	44 (удовлетворительное)	29 (недостаточно удовлетворительная)
После 16 лет в условиях циклического орошения (2007 г.)				
0-20	1,20 (уплотненный)	8	62 (хорошее)	35 (удовлетворительная)
20-40	1,20 (уплотненный)	8	65 (хорошее)	33 (удовлетворительная)
40-60	1,24 (сильно уплотненный)	9	53 (удовлетворительное)	39 (удовлетворительная)
0-40	1,21 (сильно уплотненный)	8	63 (хорошее)	34 (удовлетворительная)

Процессы гумификации проявляются в большей степени, когда свойства почв приближаются к оптимальным параметрам. Видимо, изменение физико-химических и физических свойств чернозема в лучшую сторону после 16 лет их освоения в условиях сниженной водной нагрузки способствовало накоплению гумуса в этих почвах (таблица 5). В абсолютных процентах в слое 0-40 см оно составило 0,46 %, а в относительных – 15 %.

3.2 Изменение свойств почв при переходе к циклическому орошению слабоминерализованной водой

Черноземы ООО «Приазовье» регулярно орошались с 1981 до 1994 гг. Источником орошения является Миусский лиман. Минерализация поливной воды сульфатно-натриевого состава – 1,2-1,3 г/л. Оросительная сеть закрытая, поэтому грунтовые воды расположены по данным Государственной гидрометеорологической службы глубже 16 м и не оказывают влияния на почвообразовательный процесс. Зато существенное влияние на свойства почв оказывает поливная вода. После 12 лет орошения (образцы почв отбирались в 1993 г.) в почвах обнаружены щелочность более 1,3 мг-экв./100 г (по Б. А. Зимовцу), особенно в верхнем 40-см слое, и солонцеватость в пределах 7 % от суммы почвенного поглощающего комплекса (таблица 9).

В связи с ощелачиванием и осолонцовыванием почв разрушается структура, в результате чего водопрочные агрегаты в исследуемых черноземах после 12 лет регулярного орошения обнаружены не были. Плотность почвы в верхнем слое составила 1,34 т/м³, что характеризует пашню как сильно уплотненную. Гумус, как и в черноземе ОПХ «РООМС», составил 3,22 %.

Сравнивая воздействие регулярного орошения, можно отметить, что на обоих ключевых участках ухудшаются свойства почв: при орошении пресной водой почвы уплотняются, снижается водопрочность агрегатов, происходит дегумификация почв; при поливах слабоминерализованной водой негативные процессы еще более усугубляются.

К вышеперечисленным прибавляются такие явления, как образование щелочности, солонцеватости в корнеобитаемом слое.

При снижении водной нагрузки в почвах в определенные периоды восстанавливаются природные процессы, которые блокируют негативные явления. Известно, что интенсивная нитрификация и накопление нитратов в почвах происходит в сухие периоды в аэробных условиях, когда господствует окислительный режим [88].

Таблица 9 – Изменение свойств черноземов обыкновенных, орошаемых слабоминерализованной водой, при снижении водной нагрузки (ООО «Приазовье»)

Слои, см	Щелочность		Σ ППК, мг- экв./100 г	Солонце- ватость	Гумус, %	Увеличение гумуса, %		Плотность, т/м ³	Водо- прочность, %
	рН	$\text{HCO}_3^{2-} - \text{Ca}^{2+} + \text{Na}^+ +$ $+ \text{Mg}^{2+}$, мг-экв./100 г.		Na от Σ ППК, %		абсолют- ное	относи- тельное		
После 12 лет регулярного орошения									
0-40	8,3	1,29	31,0	7	3,22			1,34	9
40-100	7,9	0,95	28,2	5	2,32			1,31	10
0-100	8,0	1,09	29,3	6	2,68			1,32	10
После 13 лет циклического орошения									
0-40	7,2	0,69	30,5	3	3,72	0,50	16	1,25	32
40-100	7,7	1,02	29,3	3	2,51	0,19	8	1,33	19
0-100	7,5	0,89	29,8	3	2,98	0,30	11	1,29	25
ПДП	7,5-8,0	1,0-1,2		3-5	3,6-3,8			< 1,20	20-30
ОП	< 7,5	< 1		< 3	> 4,2			1,20-1,25	> 30

Так же аэробная гумификация органического вещества создает более полезный гумус, чем анаэробная [89]. Оптимум биологической активности почв, так называемое «дыхание почв», фиксируется обычно в оптимально насыщенной влагой почвенной массе (60 % от НВ) [64]. К тому же наилучшие условия для структурообразования создаются в результате перемежающихся процессов аэробного и анаэробного разложения органического вещества в почве и при смене переувлажнения и сухости [88, 90].

В ООО «Приазовье», где источником деградации является поливная вода, восстановительные процессы свойств почв проявились по всему метровому слою. После 13 лет освоения этих земель в условиях циклического орошения в 0-40 см слое исчезла щелочность почв, а в слое 40-100 см почва осталась слабощелочной (рисунок 4).

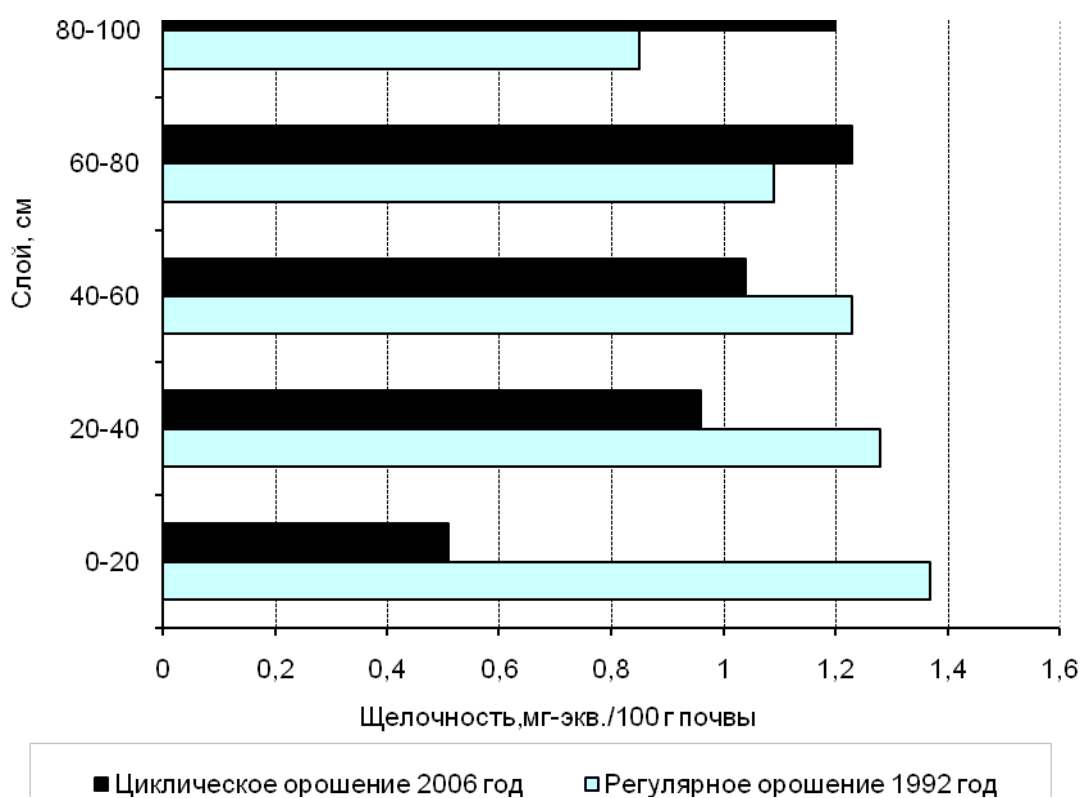
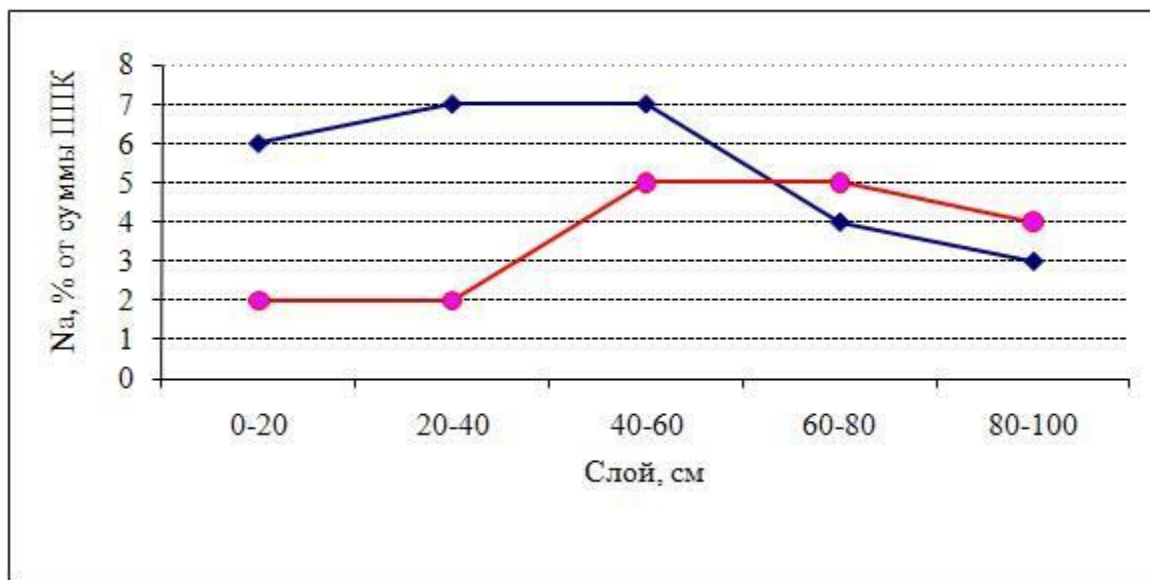


Рисунок 4 – Щелочность в черноземах обыкновенных при циклическом и регулярном орошениях

В слое 0-40 см содержание обменного натрия уменьшилось более чем в два раза, а в слое 40-100 см – на 40 %. Чернозем по этому показате-

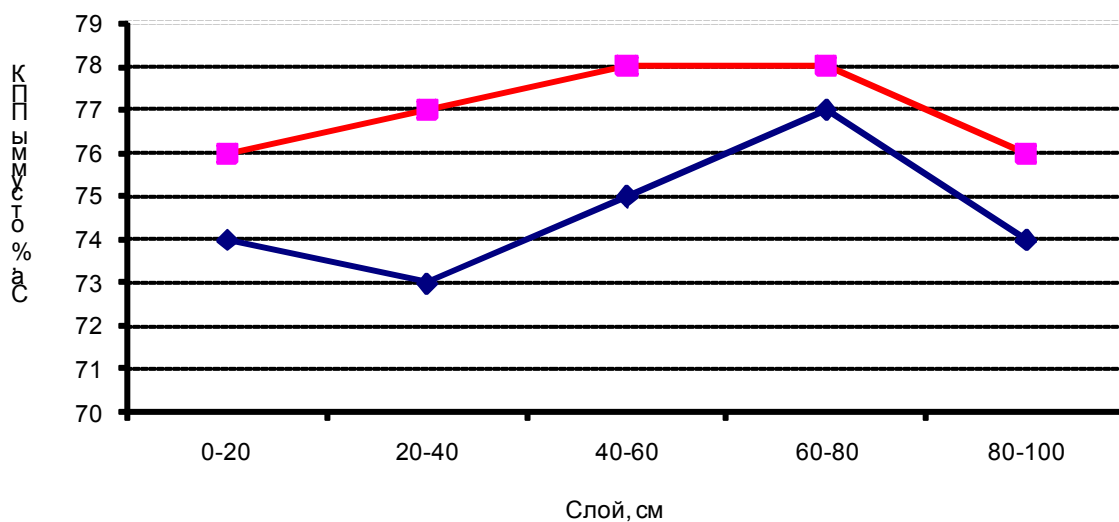
лю, учитывая орошение слабоминерализованной водой, достиг оптимальных параметров (рисунок 5).



◆ – Регулярное орошение; ● – Циклическое орошение

Рисунок 5 – Содержание обменного натрия в черноземах обыкновенных орошаемых при регулярном и циклическом орошениях

С уменьшением обменного натрия в ППК возрастает содержание обменного кальция (рисунок 6).



◆ – Регулярное орошение; ■ – Циклическое орошение

Рисунок 6 – Содержание обменного кальция в черноземах обыкновенных при регулярном и циклическом орошениях

Увеличение гумуса в черноземе ООО «Приазовье» произошло практически в тех же пределах, что и в черноземах ОПХ «РООМС» (таблица 9). Но ежегодный прирост его был разным и составлял в черноземах ОПХ «РООМС» 0,03 %, а в черноземах ООО «Приазовье» – 0,04 %. Видимо, это зависит от тех севооборотов и культур, которые возделывались в эти годы.

Таким образом, исследования, проведенные на черноземах обыкновенных, орошаемых водой различной минерализации и состава, при снижении водной нагрузки, обусловленной переходом производителей на циклический тип орошения, показали, что орошаемые земли периодически следует переводить в режим богарного земледелия для активизации природных процессов нитрификации и гумификации. Одновременно при таких условиях происходит понижение уровня грунтовых вод, уменьшается щелочность и солонцеватость, почвы разуплотняются, так как периодическое переувлажнение и иссушение способствуют структурообразованию.

3.3 Изменение свойств почв при их переходе в залежное состояние

В перестроечный период многие земли стали поливаться не только меньше, но некоторые из них перешли в разряд неполивных. Нами проведены исследования по изучению направленности почвенных процессов при переходе их в залежь. Рассмотрим эти изменения в луговых темноцветных почвах, расположенных на обвалованном участке в пойме Дона (ООО «Луговой»). Земли этого массива площадью около 400 тыс. га не орошаются с 1990 г.

В ООО «Луговой» почвы орошались постоянно более 30 лет. Выращивались, в основном, овощные и кормовые культуры, поэтому оросительные нормы составляли от 2800 до 3500 м³/га в год. Орошение проводилось пресной водой.

В результате многолетнего постоянного орошения почвы уплотнялись. Объемная масса в 1988 г. в верхнем 0-20 см составляла 1,27 т/м³,

в 60-см слое – 1,40 т/м³. Сильное уплотнение наблюдалось с 25-30 см. Коэффициент дисперсности в целом в слое 0-60 см составлял 13, что свидетельствует о неудовлетворительной структуре. Это подтверждается показателями структурного состояния и водопрочности (таблица 10).

Таблица 10 – Физические свойства луговых темноцветных почв в период регулярного орошения (ООО «Луговой», 1988 г.)

Физические показатели	Слой, см	
	0-20	0-60
Структурное состояние, %	45	38
Водопрочность, $\Sigma > 25$ мм, %	35	19
Физическая глина при механическом анализе $> 0,01$ мм, %	53	54
Ил механический $< 0,001$ мм, %	36	36
Ил микроагрегатный $< 0,001$ мм, %	1,6	4,8
Коэффициент дисперсности	9	13
Плотность, т/м ³	1,27	1,40
Порозность, %	52	56

Более 15 лет почвы обвалованного участка находятся в заброшенном состоянии. В первые годы преобладали сорняки. Сейчас они вытеснились лугово-степной растительностью. Грунтовые воды выше 2 м не поднимались, так как за 15 лет серьезных паводков не было.

По результатам анализов 1988 г. почвы не засолены, т. к. сумма токсичных солей $< 0,1$. Почвы были нещелочные, т.к. $\text{HCO}_3^{2-} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ (по В. П. Бобкову) и щелочность по Б. А. Зимовцу $(\text{HCO}_3^{2-} - \text{Ca}^{2+}) + \text{Na}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, мг-экв./100 г почвы по водной вытяжке составляла 0,18 мг-экв./100 г в слое 0-40 см (таблицы 11, 12). Среда нейтральная (рН = 7,5), обменного кальция было мало (70 %), его содержание приближалось к ПДП, обменного магния и натрия выше ПДП. По содержанию обменного натрия почвы относились к среднесолонцеватым, а на глубине 80-100 см – к сильносолонцеватым. Луговые темноцветные почвы имели мало гумуса: 1,99 % – в слое 0-20 см, 1,89 % – в слое 0-40 см, глубже – до 0,70 %, в среднем в метровом слое – 1,40 %.

После 15 лет в неполиваемых условиях и постепенном задернении участка многолетними травами некоторые свойства почв изменились.

Таблица 11 – Изменение свойств луговых темноцветных почв при переходе в залежное состояние (ООО «Луговое»)

Глубина, см	рН	Сумма токсич- ных солей, %	Щелочность*		Σ ППК	% от Σ ППК			Гумус, %	Увеличение гумуса, %		
			НСО ₃ ²⁻	Са ²⁺ + Mg ²⁺		Са ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		абсолютное	относительное	
			мг-экв./100 г									
1988 г. (регулярное орошение)												
0-20	7,5	0,04	0,39	0,62	32,6	71	23	6	1,99			
20-40	7,5	0,04	0,38	0,63	32,9	70	22	8	1,79			
40-60	7,5	0,04	0,38	0,58	33,5	68	24	8	1,44			
60-80	7,6	0,05	0,48	0,64	32,6	64	33	10	1,09			
80-100	7,6	0,07	0,49	0,66	30,8	62	26	12	0,7			
2007 г. (15 лет в неполиваемых условиях)												
0-20	6,6	0,02	0,42	0,51	31,0	76	22	2	2,67	0,68	34	
20-40	6,7	0,02	0,38	0,41	29,4	72	25	3	2,44	0,65	36	
40-60	6,8	0,03	0,41	0,48	33,7	67	30	3	1,79	0,35	24	
60-80	7,2	0,04	0,64	1,53	29,8	65	31	4	1,25	0,16	14	
80-100	7,4	0,04	0,67	2,17	29,9	66	29	5	0,75	0,05	17	
* – По В. П. Бобкову, если НСО ₃ > Са+Mg (по водной вытяжке), почвы считаются щелочными												

Таблица 12 – Изменение свойств луговых темноцветных почв при переходе в залежное состояние

Слой, см	Сумма токсичных солей, %	Щелочность		Σ ППК, мг-экв./100 г	Солон- цева- тость Na от Σ ППК, %	Гумус, %	Увеличение гумуса, %	
		pH	$(\text{HCO}_3^{2-} - \text{Ca}^{2+}) + \text{Na}^+ + \text{Mg}^{2+}$, мг-экв./100 г				абсо- лютное	относи- тельное
Регулярное орошение (1988 г.)								
0-40	0,04	7,5	0,18	32,7	7	1,89		
40-100	0,06	7,6	0,96	32,3	10	1,08		
0-100	0,05	7,5	0,65	32,5	9	1,40		
14 лет в неполиваемых условиях (2007 г.)								
0-40	0,02	7,3	0,41	30,2	3	2,56	0,67	35
40-100	0,04	7,6	0,68	31,1	4	1,26	0,18	17
0-100	0,03	7,4	0,57	30,8	4	1,78	0,38	27
ПДП	0,10-0,15	7,5-8,0	0,7-1,0		3-5	2,5-2,2		
ОП	< 0,1	< 7,5	< 0,7		< 3	> 2,5		

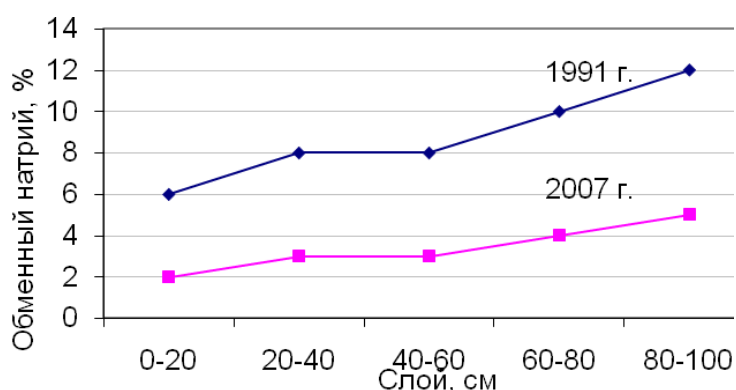
В луговых темноцветных слитых почвах наибольшему изменению в результате прекращения поливов и перехода земель в залежное состояние подверглась солонцеватость почв.

Содержание обменного натрия в слое 0-40 см составляло 7 % от Σ ППК, в слое 40-100 см – 10 %, возрастая с глубиной, где так же, как в почвах ОПХ «РООМС», сказывалось влияние УГВ.

Усилению солонцеватости в верхних слоях и по всему метровому слою почв способствовало и то, что среди темноцветных почв располагались луговые солонцы. По проявлению щелочности почвы в верхнем слое были нещелочными, а в 60-см слое – слабощелочными.

Вертикальная и горизонтальная миграция почвенных растворов при орошении выравнивала свойства почв, составляющих комплексный почвенный покров.

При прекращении поливов УГВ понизились глубже 2,5 м. Они не стали оказывать влияния на почвообразовательный процесс, а постоянный растительный покров и выпадающие осадки способствовали рассолонцеванию (рисунок 7).



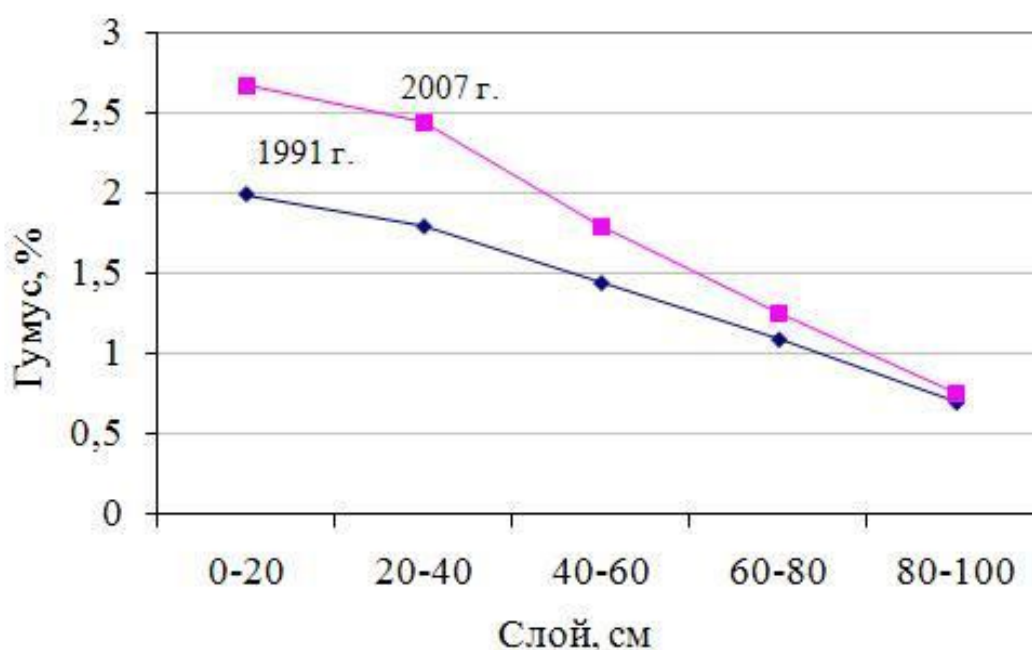
◆ – Регулярное орошение; ■ – Циклическое орошение

Рисунок 7 – Содержание обменного натрия при регулярном орошении (1991 г.) и залежном состоянии (2007 г.), ООО «Луговой»

Емкость почвенно-поглощающего комплекса практически не изменилась, но в ней увеличилось содержание кальция и уменьшилось количество натрия.

В результате такого освоения почв обвалованного участка снизилась солонцеватость в верхнем слое до ОП – 2 % Na от ППК и глубже его содержание соответствовало ПДП. Одновременно увеличилось содержание кальция в ППК, но пока эта величина не достигла даже ПДП. Почвы остались по реакции среды нейтральными. Щелочность в них также отсутствует, так $\text{HCO}_3 < \text{Ca} + \text{Mg}$, а по классификации Б. А. Зимовца почвы стали нещелочными по всему метровому слою.

В условиях залежного состояния, когда даже не скашивалась луговая степная растительность, усилились процессы гумификации (рисунок 8).



◆ – Регулярное орошение; ■ – Циклическое орошение

Рисунок 8 – Изменение общего содержания гумуса в луговых темноцветных почвах под влиянием прекращения орошения и перевода земель в залежное состояние (ОПХ «Луговой»)

Общее содержание гумуса за 15 лет в неорошаемых условиях в 0-40 см слое увеличилось на 35 %, а в целом в метровом слое на 27 %.

Улучшились физические показатели луговых темноцветных почв (таблица 13). Если в период регулярного орошения 0-40 см слой характеризовался как сильно уплотненный, то после 16 лет залежного состояния – как уплотненный.

Таблица 13 – Изменение физических свойств луговых темноцветных почв

Слой, см	Плотность, т/м ³	Коэффициент дисперсности	Структурное состояние, мокрое просеивание, %	Водопрочность, %
1991 г.				
0-20	1,27	9	45	35
20-40	1,42	14	37	12
40-60	1,49	16	32	10
0-40	1,35	11	41	24
2007 г.				
0-20	1,17	5	55	47
20-40	1,22	9	42	32
40-60	1,48	13	37	21
0-40	1,20	7	49	40

Коэффициент дисперсности, структурное состояние свидетельствуют о хорошей структуре почв. Увеличилось содержание водопрочных агрегатов в слое 0-40 см в 1,7 раз.

Таким образом, результаты сравнительного анализа показывают, что при переходе орошаемых почв в залежное состояние некоторые негативные свойства почв, приобретенные в результате регулярного орошения с нарушением технологий, устраняются – постепенно исчезает щелочность и солонцеватость. Происходит увеличение кальция в почвенно-поглощающем комплексе. Почвы разуплотняются, улучшается структурное состояние, в том числе становится больше водопрочных агрегатов. При оптимизации свойств почв усиливаются процессы гумификации, а корнеобитаемый слой обогащается гумусом.

На основании результатов всех проведенных исследований можно сделать выводы:

1 Многолетний опыт регулярного орошения на юге России показал, что в связи с применением технологии орошения, несоответствующей свойствам почв данного региона и климатическим особенностям, на землях стали проявляться негативные процессы, такие как уплотнение и слизизация, переувлажнение и вторичное засоление, ощелачивание и осолонцевание, дегумификация и денитрификация, и сопутствующие им явления: недостаток кальция в почве, нарушение баланса питательных элементов,

образование токсичных соединений и т.д. Все эти процессы формируются в условиях анаэробнобиоза при переполивах.

2 Однако орошение на юге России остается единственной альтернативой увеличения продуктивности земель, особенно при выращивании кормов, овощей, риса. Площади орошаемых земель в этих регионах будут расширяться и составят по расчетам обеспеченности водными ресурсами 4,93 млн га.

3 Анализ научных проработок свидетельствует о необходимости снижения водных нагрузок на орошаемые почвы и введения циклов орошения и богары, так как восстановительные процессы почвы идут чаще всего в аэробных условиях, которые можно создать только в неорошаемых условиях. Отсюда правомерен вывод о новом типе орошения – циклическом.

4 Исследования, проведенные нами на черноземах обыкновенных, орошаемых водой различной минерализации и состава при снижении водной нагрузки в 1,5-2 раза, обусловленной переходом производителей на циклический тип орошения, показали, что орошаемые земли время от времени следует переводить в режим богарного земледелия для активизации природных процессов почвообразования, особенно нитрификации и гумификации. Одновременно при таких условиях происходит понижение уровня грунтовых вод, уменьшается щелочность и солонцеватость, почвы разуплотняются, так как периодическое переувлажнение и иссушение способствуют структурообразованию.

5 Переход земель в залежное состояние, когда поливы полностью исключаются и самой природой формируется лугово-степной тип растительности, так же способствует оптимизации почвенных процессов и воспроизводству почвенного плодородия.

6 Для окончательного обоснования целесообразности перехода на циклический тип орошения следует провести исследования по следующим направлениям:

- установить влияние снижения водной нагрузки при смене циклов орошения и богары в полевом опыте;

- осуществить подбор засухоустойчивых и влаголюбивых культур в условиях циклического орошения с целью сохранения и повышения плодородия орошаемых земель и повышения продуктивности орошаемого массива;

- обосновать комплекс агроулучшающих мероприятий для восстановления и сохранения плодородия почв в севооборотах при циклическом орошении;

- дать экологическую и экономическую оценку целесообразности применения циклического орошения.

Список использованной литературы

1 Щедрин, В. Н. Орошение сегодня: проблемы и перспективы / В. Н. Щедрин. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2004. – 225 с.

2 Мелиоративное состояние орошаемых и осушенных сельскохозяйственных угодий и техническое состояние оросительных и осушительных систем на 1 января 2011 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cckrb.ru.2011>.

3 Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России: монография / под ред. В. Н. Щедрина. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2009. – 342 с.

4 Егоров, В. В. Кризисные явления при орошении / В. В. Егоров // Земледелие. – 1988. – № 1. – С. 30-32.

5 Ковда, В. А. Проблемы использования и мелиорации степных земель / В. А. Ковда // Степные просторы. – 1980. – № 8. – С. 18-24.

6 Приходько, В. Е. Орошаемые степные почвы: функционирование, экология, продуктивность / В. Е. Приходько. – М.: Интеллект, 1996. – 180 с.

7 Казинцев, Е. А. Гидрологические условия Центрального и восточного Предкавказья / Е. А. Казинцев // Мелиорация и орошение почв равнинного Кавказа. – М.: Наука, 1986. – С. 44-52.

8 Изменение почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условий Северного Кавказа под воздействием мелиорации и орошения / Э. В. Запорожниченко [и др.] // Мелиорация и орошение почв равнинного Кавказа. – М.: Наука, 1986. – С. 69-72.

9 Попов, А. А. Мелиоративное состояние орошаемых земель Ростовской области / А. А. Попов // Мелиорация и орошение почв равнинного Кавказа. – М.: Наука, 1986. – С. 24-28.

10 Влияние орошения на свойства черноземов Северного Кавказа / А. Т. Лисконов [и др.] // Мелиорация и водное хозяйство: обзор. информ. / ЦБНТИ Минводстрой СССР. – М., 1990. – С. 50.

11 Деградация и охрана почв / Г. В. Добровольский [и др.]; под общей ред. Г. В. Добровольского. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 654 с.

12 Воробьева, Р. П. Изменение водных свойств почв при длительном орошении / Р. П. Воробьева, А. В. Шуравилин, В. В. Кандиус // Мелиорация и водное хозяйство. – 2001. – № 2. – С. 33-34.

13 Сенчуков, Г. А. Ландшафтно-экологические и организационно-хозяйственные аспекты обоснования водных мелиораций земель / Г. А. Сенчуков. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦВШ, 2001. – 276 с.

14 Прокопенко, П. А. Влияние орошения на свойства карбонатных черноземов Ставропольского края и вопросы их почвенно-агрохимического обследования: труды СтавНИИСХа / П. А. Прокопенко, Ю. В. Копейкин. – Ставрополь, 1976. – Вып. XXX. – С. 24-28.

15 Пищейко, Л. Н. Влияние хлоридно-натриевых оросительных вод на некоторые физико-химические свойства черноземов Приазовья / Л. Н. Пищейко // Проблемы ирригации почв юга черноземной зоны. – М.: Наука, 1980. – С. 13-21.

16 Скуратов, Н. С. Ощелачивание почв под влиянием орошения и пути его устранения / Н. С. Скуратов, Л. М. Докучаева // Вопросы мелиоративного состояния орошаемых земель и использование водных ресурсов Северного Кавказа: сб. науч. тр. / ЮжНИИГиМ. – Новочеркасск, 1983. – С. 25-28.

17 Попов, А. А. О мелиоративных режимах орошаемых черноземов Ростовской области / А. А. Попов, Ал. А. Попов: // Тез. докл. VII Всесоюзного съезда почвоведов, 14-18 августа 1989 г. – Новосибирск, 1989. – 80 с.

18 Смирнов, Р. Н. Влияние орошения и качества поливных вод на ощелачивание черноземов Ростовской области / Р. Н. Смирнов // Тез. докл. VI делегатского съезда почвоведов. – Ташкент, 1985. – 103 с.

19 Соколовский, С. П. Водно-солевой режим почв и развитие орошения в Центральном и Восточном Предкавказье: автореф. дис. ... д-ра. с.-х. наук: 06.01.02 / Соколовский Сергей Петрович. – М., 1983. – 21 с.

20 Попов, А. А. Об ощелачивании и вторичном осолонцевании солонцовых почв Нижнего Дона и Правобережья Нижней Волги в условиях орошения и мерах борьбы с ними / А. А. Попов, Ал. А. Попов // Совершенствование инженерно-геологических, гидрологических и почвенно-мелиоративных изысканий и исследований: сб. науч. тр. / ЮжНИИГиМ. – Новочеркасск, 1983. – С. 56-63.

21 Зайдельман, Ф. Р. Современные проблемы мелиорации почв и пути их решения / Ф. Р. Зайдельман // Почвоведение. – 1994. – № 11. – С. 5-9.

22 Егоров, В. В. Об орошении черноземов / В. В. Егоров // Почвоведение. – 1984. – № 12. – С. 39-47.

23 Влияние орошения на свойства обыкновенных черноземов / Н. С. Скуратов [и др.] // Мелиорация и урожай. – 1987. – № 4. – С. 17-19.

24 Балабекян, Р. А. Изменение свойств и плодородия обыкновенных (предкавказских) черноземов Нижнего Дона при орошении / Р. А. Балабекян, А. А. Попов // Изв. СКНЦВШ. Естеств. науки. – 1988. – № 1. – С. 9-16.

25 Смирнов, Р. Н. Оценка влияния орошаемого земледелия на плодородие почв донских оросительных систем / Р. Н. Смирнов // Методологические усовершенствования технологии изыскания и оценки территории для мелиоративного освоения: сб. науч. тр./ Южгидроводхоз. – Ростов-н/Д, 1987. – С. 97-103.

26 Изменение черноземов при орошении водой неблагоприятного состава / Н. С. Скуратов [и др.] // Тез. докл. науч. конф., г. Абакан, 10-12 августа 1988 г. – М.: Агропромиздат, 1988. – С. 63-66.

27 Минашина, Н. Г. Заботиться о плодородии почв при орошении / Н. Г. Минашина // Мелиорация и водное хозяйство. – 1988. – № 2. – С. 36-38.

28 Фиापшев, Ю. А. О влиянии длительного орошения на элементы плодородия обыкновенного мицеллярно-карбонатного (предкавказского террасового) чернозема / Ю. А. Фиапшев, Р. М. Хачетлов, С. Х. Шхацева // Научные основы рационального использования почв Северного Кавказа и

пути повышения их плодородия / Кабардино-Балкарский гос. университет. – Нальчик, 1971. – С. 31-35.

29 Влияние орошения на свойства черноземов Центрально-Черноземных областей: обзор. информ. / Н. С. Скуратов [и др.]. / ЦБНТИ Минводхоза СССР. – М., 1989. – С. 1-36.

30 Бондарев, А. Г. Некоторые пути определения оптимальных параметров агрофизических свойств почв / А. Г. Бондарев, В. В. Медведев // Теоретические основы и методы определения оптимальных параметров свойств почв. – М., 1980. – С. 84-98.

31 Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании / Н. С. Скуратов [и др.]. – Новочеркасск, 2000. – 85 с.

32 Кукоба, П. И. Закономерности влияния отдельных агромелиоративных приемов на свойства орошаемых черноземов северной степи и лесостепи УССР / П. И. Кукоба, С. А. Балюк // Плодородие мелиорируемых земель УССР и пути его повышения. – Киев, 1986. – С. 46-50.

33 Лабенец, Е. И. Прогноз изменений свойств почв и разрушения минералов под влиянием воды и растворов / Е. И. Лабенец, Н. И. Горбунов, Г. Н. Шурина // Почвоведение. – 1974. – № 4. – С. 130-146.

34 Уваров, В. И. О происхождении слитых почв / В. И. Уваров // Почвоведение. – 1986. – № 3. – С. 118-128.

35 Ковда, В. А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана / В. А. Ковда. – М.: Наука, 1981. – С. 28-79.

36 Попов, А. А. Почвенно-мелиоративное состояние орошаемых земель в Ростовской области и меры по его улучшению при реконструкции оросительных систем / А. А. Попов, Ал. А. Попов // Изв. СКНЦВШ. Естеств. науки. – Ростов н/Д, 1984. – № 1. – С. 28-33.

37 Эволюция черноземов при орошении / В. Г. Розанов [и др.]; под ред. В. Г. Розанова // Русский чернозем – 100 лет после Докучаева. – М.: Наука, 1983. – 160 с.

38 Плодородие черноземов Северного Кавказа при использовании / Г. Г. Данилов [и др.] // Почвоведение. – 1982. – № 12. – С. 53-63.

39 Агеев, В. В. Влияние озимых промежуточных культур на некоторые элементы плодородия карбонатных черноземов / В. В. Агеев, А. И. Мешкова // Научные основы рационального использования почв Северного Кавказа и пути повышения их плодородия / Кабардино-Балк. гос. университет. – Нальчик, 1971. – С. 39-42.

40 Лапченков, Г. Я. Влияние интенсивного использования северо-приазовского чернозема при орошении водами местного стока на основные элементы плодородия почвы / Г. Я. Лапченков, Б. В. Романов // Научные основы рационального использования почв Северного Кавказа и пути повышения их плодородия / Кабардино-Балк. гос. университет. – Нальчик, 1971. – С. 27-31.

41 Пронько, Н. А. Приемы восстановления плодородия почв при орошении / Н. А. Пронько, А. Г. Романова // Плодородие. – 2005. – № 4(25). – С. 31-32.

42 Карабецкий, И. П. Предотвратить деградацию черноземов при орошении / И. П. Карабецкий // Земледелие. – 1993. – № 1. – С. 8-9.

43 Антипов-Каратаев, И. Н. Исследования по влиянию орошения на солевой состав и физико-химические свойства почв / И. Н. Антипов-Каратаев, В. Н. Филиппова, Н. А. Комарова // Тр. комиссии по ирригации. – М.-Л., 1935. – Вып. 4. – С. 7-118.

44 Антипов-Каратаев, И. Н. Влияние длительного применения орошения на процессы почвообразования и плодородия почв Европейской части СССР / И. Н. Антипов-Каратаев, В. Н. Филиппова. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 207 с.

45 Ахтырцев, Б. П., Влияние орошения на свойства типичных черноземов Юго-Востока Центрально-Черноземной области / Б. П. Ахтырцев, И. А. Лепилин // Биологические науки. – 1979. – № 4. – С. 87-92.

46 Бокарев, В. Г. Воспроизводство плодородия орошаемых темно-каштановых почв Поволжья и управление минеральным питанием сельскохозяйственных культур: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.01, 06.01.03 / Бокарев Владимир Григорьевич. – Саратов, 1999. – 43 с.

47 Хачетлов, Р. М. Влияние орошения на свойства черноземов / Р. М. Хачетлов, Э. М. Ашуров, Х. Х. Желеготов // Земледелие. – 1986. – № 11. – С. 28-33.

48 Голубцов, А. М. Агрохимические свойства карбонатного чернозема Кубани в связи с применением удобрений и орошения: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Голубцов Александр Михайлович – Краснодар, 1970. – 28 с.

49 Симакин, А. И. Агрохимическая характеристика кубанских черноземов и удобрений / А. И. Симакин. – Краснодар: Кубанское кн. изд-во, 1969. – 132 с.

50 Пинчук, А. П. Динамика структурного состава и пищевого режима обыкновенного и выщелоченного чернозема при орошении / А. П. Пинчук // Тр. Куб. СХИ. – 1983. – Вып. 226(254). – С. 30-38.

51 Столяров, А. И. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и урожай культур при орошении / А. И. Столяров // Мелиорация и орошение почв равнинного Кавказа. – М.: Наука, 1986. – С. 112-121.

52 Пронько, В. В. Пищевой режим орошаемых темно-каштановой почвы / В. В. Пронько, О. А. Табункова // Плодородие. – 2005. – № 4(25). – С. 29-31.

53 Уруцкоев, З. М. Динамика пищевого режима предкавказских карбонатных черноземов / З. М. Уруцкоев // Пути повышения эффективности использования орошаемых земель / ЮжНИИГиМ. – Ставрополь, 1976. – С. 44-48.

54 Простаков, П. Е. Агрохимическая характеристика почв Северного Кавказа / П. Е. Простаков, П. В. Носов. – М.: Россельхозиздат, 1964. – С. 284-292.

55 Моисеев, А. А. Влияние орошения и удобрений на урожай культур десятипольного севооборота и свойства обыкновенного чернозема / А. А. Моисеев // Рациональное использование орошаемых земель. – Ставрополь, 1983. – С. 56-61.

56 Шуравилин, А. В. Свойства и плодородие почв при многолетнем орошении / А. В. Шуравилин, Н. Г. Вуколов, Е. А. Пивень // Плодородие – 2008. – № 1. – С. 19-21.

57 Чернятин, М. С. Пути совершенствования оросительных мелиораций / М. С. Чернятин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 1. – С. 22-23.

58 Андреев, Г. И. Природно-мелиоративное районирование орошаемых земель / Г. И. Андреев, Г. А. Козлечков, Л. М. Родионова // Прогнозирование, использование земельных ресурсов Северного Кавказа и Нижнего Поволжья. – Ростов н/Д: Изд-во Ростовского ун-та, 1974. – 112 с.

59 Девятова, Т. А. Биологические показатели плодородия черноземов при орошении / Т. А. Девятова, Д. И. Щеглов // Плодородие. – 2005. – № 4(25). – С. 32-33.

60 Ковда, В. А. Сохранить и рационально использовать черноземы СССР / В. А. Ковда // ОНТИ НЦБИ АН СССР. – Пущино, 1983. – 27 с.

61 Кружилин, И. П. Влияние орошения на почвы и ландшафты степей / И. П. Кружилин, А. С. Морозова // Почвоведение. – 1993. – № 11. – С. 4-9.

62 Скуратов, Н. С. Использование и охрана орошаемых черноземов / Н. С. Скуратов, Л. М. Докучаева, О. Ю. Шалашова. – М., 2001. – 246 с.

63 Николаева, С. А. Окислительно-восстановительное состояние периодически переувлажняемых черноземных почв / С. А. Николаева, Л. М. Еремина // Почвоведение. – 2005. – № 3. – С. 328-336.

- 64 Справочник по оценке почв / В. Ф. Вальков [и др.]. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2004. – 236 с.
- 65 Докучаев, В. В. Русский чернозем / В. В. Докучаев. – СПб., 1883. – 310 с.
- 66 Танфильев, Г. И. Доисторические степи Европы России / Г. И. Танфильев // Землеведение. – 1896. – Кн. 2. – С. 73-92.
- 67 Глинка, К. Д. Почвоведение / К. Д. Глинка. – М.: Сельхозгиз, 1935. – 630 с.
- 68 Почвоведение / А. С. Фатьянов [и др.]. – М.: Колос, 1971. – С. 62-70.
- 69 Бобченко, В. И. Передвижные циклические мелиорации почв в орошаемой зоне. Мелиорация земель в системе агропромышленного комплекса / В. И. Бобченко. – М.: Агропромиздат, 1985. – 189 с.
- 70 А.с. 1217309 СССР, А 01 G 25/00, Е 02 В 13/00. Оросительные системы / Р. О. Халатян (СССР). – № 3733047/30-15; заявл. 11.03.84; опубл. 15.03.86, Бюл. № 10. – 2 с.
- 71 А.с. 1743481А1 СССР, А 01 G 25/00. Способ мелиорации черноземов / В. Н. Щедрин, Н. Н. Бредихин (СССР). – № 4885128/15; заявл. 09.08.90; опубл. 30.06.92. Бюл. № 24. – 6 с.
- 72 Айдаров, И. П. Мелиоративный режим орошаемых земель и пути его улучшения / И. П. Айдаров, А. И. Голованов // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – № 8. – С. 44-47.
- 73 Кирейчева, Л. В. Изменение состава и свойств черноземов при орошении / Л. В. Кирейчева, Л. А. Воронина // Гидротехника и мелиорация. – 1987. – № 10. – С. 50-53.
- 74 Точельников, Ю. С. Опыт орошения черноземов / Ю. С. Точельников // Гидротехника и мелиорация. – 1987. – № 4. – С. 63-67.
- 75 Айдаров, И. П. Очерки по истории развития орошения в СССР и России / И. П. Айдаров. – М.: 2006. – 269 с.

76 Экологическое обоснование мелиорируемых земель: метод. пособие / Н. И. Парфенова [и др.]. – М., 2001. – 342 с.

77 Парфенова, Н. И. Обеспечение плодородия почв как основа устойчивого состояния природных систем при мелиоративной и водохозяйственной деятельности / Н. И. Парфенова // Научные технологии в мелиорации (Костяковские чтения). Международ. конф. 30 марта 2005 г. – М.: Изд. ВНИИА, 2005. – 552 с.

78 Кирейчева, Л. В. Восстановление природно-ресурсного потенциала агроландшафтов комплексными мелиорациями / Л. В. Кирейчева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 5. – С. 32-35.

79 Методика по организации и ведению мониторинга орошаемых земель / Н. С. Скуратов [и др.]. – Новочеркасск, 2000. – 66 с.

80 Мелиорация солонцовых почв в условиях орошения / Н. С. Скуратов [и др.]. – Новочеркасск, 2005. – 179 с.

81 Шуравилин, А. В. Мелиоративное состояние земель в зоне действия Алейской оросительной системы / А. В. Шуравилин, П. М. Никифоров, Р. П. Воробьева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – № 3. – С. 26-28.

82 Шуравилин, А. В. Водный и солевой режимы почв при длительном орошении почв в условиях юга Западной Сибири / А. В. Шуравилин, Н. Г. Вуколов // Плодородие. – 2008. – № 2. – С. 30-31.

83 Стратинская, Э. Н. Изменение свойств черноземов обыкновенных в условиях циклического орошения / Э. Н. Стратинская // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: Геликон, 2008. – Вып. 39. – Ч. II. – 154 с.

84 Стратинская, Э. Н. Подбор сельскохозяйственных культур для севооборотов, осваиваемых при циклическом орошении / Э. Н. Стратинская // Междунар. науч.-практ. конф., сентябрь 2008 г. / ФГОУ ВПО «Кубанский ГАУ». – Краснодар, 2008. – С. 136-139.

85 Андреев, Г. И. Экологическое состояние орошаемых почв на Нижнем Дону / Г. И. Андреев, Г. А. Козлечков, А. Г. Андреев. – М.-Днепропетровск-Новочеркасск, 2007. – 262 с.

86 Сивань, М. А. Режим грунтовых вод Багаевско-Садковской оросительной системы / М. А. Сивань // Тр. Ростовской областной опытно-мелиоративной станции. – Ростов н/Д: Ростовское книж. изд-во, 1970. – Вып. 1. – 169 с.

87 Турулева, В. А. Изменение почвенно-мелиоративных условий на полях РООМС (1957-1968) / В. А. Турулева, И. П. Козуненко // Тр. Ростовской областной опытно-мелиоративной станции. – Ростов н/Д.: Ростовское книж. изд-во, 1970. – Вып. 1. – 142 с.

88 Ковда, В. А. Основы учения о почвах. Общая теория почвообразовательного процесса / В. А. Ковда. – Кн. 2. – М.: Наука, 1973. – 468 с.

89 Кононова, М. М. Органическое вещество целинных и освоенных почв / М. М. Кононова. – М.: Наука, 1972. – 277 с.

90 Вильям, В. Р. Значение органических веществ почвы / В. Р. Вильям // Речь, произнесенная в годовичном собрании сельскохозяйственного ин-та 26 сент. 1902 г.: из отчета Моск. с.-х. ин-та за 1902 г. – М., 1902. – С. 16-24.