

В. П. Калиниченко (Институт плодородия почв юга России)

Т. М. Минкина (ФГАОУ ВПО «ЮФУ»)

А. Н. Сквпень (ФГБОУ ВПО «ДонГАУ»)

А. П. Ендовицкий (Институт плодородия почв юга России)

Л. П. Ильина (Южный научный центр РАН)

А. А. Болдырев, А. Э. Рыхлик, С. А. Ященко, С. А. Ермаков (ФГБОУ ВПО «ДонГАУ»)

ОБОСНОВАНИЕ И ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ ВНУТРИПОЧВЕННОЙ ИМПУЛЬСНОЙ КONTИНУАЛЬНО- ДИСКРЕТНОЙ ПАРАДИГМЫ ИРРИГАЦИИ

Рассмотрена действующая имитационная фронтальная континуально-изотропная парадигма ирригации и неблагоприятные изменения в почвах и ландшафтах, которые она вызывает. Предложена внутрпочвенная импульсная континуально-дискретная парадигма ирригации, в основе которой лежит способ внутрпочвенного импульсного дискретного полива растений, при котором вода подается в почву шприцевым элементом путем импульсного впрыска под давлением пошагово дискретными порциями

Ключевые слова: почва, диссипация воды, потери гумуса, слитизация, засоление, способ внутрпочвенного орошения, импульсный впрыск, дискретные порции.

V. P. Kalinichenko (Institute of soil fertility in the Southern regions of Russia)

T. M. Minkina (FSAEЕ HPE “SFedU”)

A. N. Skovpen (FSBEE HPE “DonSAU”)

A. P. Yendovitskiy (Institute of soil fertility in the Southern regions of Russia)

L. P. Iina (Southern scientific center of the Russian Academy of Sciences)

A. A. Boldyrev, A. E. Rykhlik, S. A. Yashchenko, S. A. Yermakov (FSBEE HPE “DonSAU”)

JUSTIFICATION AND IMPLEMENTATION OF INTRASOIL PULSE CONTINUAL-DISCRETE IRRIGATION PARADIGM

The existing imitational frontal continually-isotropic irrigation paradigm and its unfavorable changes in soil and landscape are considered. The intrasoil pulse continually-discrete irrigation paradigm is proposed, the basis of which is the method of inside soil pulse discrete irrigation. This method provides water supply to soil by the syringe which injects water under the pressure gradually to the soil by discrete portions.

Keywords: soil, water dissipation, humus losses, vertization, salinization, method of intrasoil irrigation, pulse injection, discrete portions.

Современная имитационная фронтальная континуально-изотропная парадигма ирригации повторяет схему гидрологического режима биосферы: подача воды в почву фронтально и непрерывно с поверхности или из-

нутри почвы, совмещение фазы подачи воды в почву с фазой ее растекания внутри почвы, имитирует поемный режим увлажнения почвы из движущейся по поверхности воды, лиманный режим увлажнения почвы из неподвижного что способствует развитию процессов ирригационного переувлажнения и засоления.

Возникает необходимость поиска путей использования земель в условиях ирригационного переувлажнения и засоления почв.

Современные способы полива, имитируя естественное увлажнение почвы, имеют нисходящий режим промачивания почвы, вызывающий вымывание содержащихся в ней веществ, гравитационное водное переуплотнение почвы [1].

Природа почвообразующей породы орошаемых почв чаще всего эоловая или кольматационная. Переувлажнение губительно влияет на структуру почвы и условия развития в ней ризосферы растений и организмов почвы. Возникает самое известное явление в условиях орошения – слитизация почв.

Большинство синтезированных в почве и исходно находившихся в почвообразующей породе веществ за счет выщелачивания в процессе орошения в глубокие горизонты почвы становятся недоступными растениям, процесс слитизации препятствует развитию корневой системы, которая не успевает за фронтом выщелачивания питательных веществ в глубь почвы.

Это соответствующим образом отражается на количестве гумуса в орошаемых почвах. Потери гумуса в пахотном горизонте составляют при орошении пресной донской водой 15 %, при поливе минерализованной водой Веселовского водохранилища – 22-23 %. Количество гумуса после 30 лет орошения заметно уменьшилось и в слое 0-50 см. При этом наблю-

дается перераспределение гумуса из пахотного горизонта в нижележащие слои.

При поливе минерализованной водой увеличивается количество фульвокислот, что приводит к изменению типа гумуса и свидетельствует о деградации почв. Повышение растворимости гумусовых веществ и их перераспределение по профилю особенно при поливах минерализованными водами подтверждается значительным снижением в почве негидролизуемого остатка с 46 до 33 % [2].

Опасность засоления почвы – известный бич ирригации. На фоне засоленных почвообразующих пород при гравитационном поступлении воды имеет место поршневой конвективно-диффузионный водный режим, который в подавляющем большинстве случаев приводит к засолению почвы. Еще одним неблагоприятным обстоятельством является гидрологический режим территории, при котором в условиях избыточной с биогеосистемной точки зрения средней влажности орошаемой почвы происходит перераспределение воды между элементами микро- и мезорельефа и создаются предпосылки для проникновения оросительной воды из почвы в грунтовые воды по трещинам и границам педов [3, 4].

Гравитационные эффекты латерального перераспределения ирригационной воды в почвенном континууме на нано-, микро- и мезоуровне следуют из термодинамики движения воды в почве. Для движения воды необходим градиент термодинамического потенциала. Из термодинамической трактовки следует упрощенная, но при этом не лишенная дефекта физического смысла, трактовка – различие влажности соприкасающихся слоев почвы.

При существующих способах орошения, как правило, интенсивность подачи воды всегда выше текущей скорости инфильтрации. В результате происходит рекомбинация структурных отдельностей почвы под воздей-

ствием проходящей по крупным капиллярам воды. В процессе полива текущая средняя скорость инфильтрации воды в почву лавинообразно падает. Скорость неустановившегося процесса проникновения воды в почву уменьшается по типу положительной обратной связи. Только после полного насыщения вышележащего слоя почвы водой возможен отток воды вглубь почвы. Имеет место гравитационный поршневой режим вытеснения воды.

Наступлению поршневого режима промачивания почвы способствует также и то, что она характеризуется гистерезисом водоудерживания. При увлажнении на восходящей ветви кривой водоудерживания определенному значению влажности почвы соответствует более высокое значение термодинамического потенциала воды в почве, чем тому же значению влажности, но на нисходящей ветви кривой водоудерживания. На качественном уровне гистерезис имеет простое объяснение. Влагу труднее оторвать от смоченной внутренней поверхности почвы, в частности, преодолеть усилие поверхностного натяжения воды в капиллярах, чем подать воду на эту поверхность. То же в случае продвижения воды в более глубокие слои почвы.

При образовании природных почв описанная ситуация проникновения воды внутрь не регулируется – в природе нет иного пути почвообразования. При ирригации подобное расходование воды с попутным ускоренным разрушением почвы является расточительностью в духе избыточного уничтожения человеком собственного ареала.

При обычных способах полива имеет место гравитационная нестабильность системы вода – почва. С одной стороны нестабильность обусловлена флотацией структурных отдельностей почвы. Флотация проявляется в снижении несущей способности нижерасположенных агрегатов почвы, находящихся в воде, по отношению к расположенным выше агре-

гатам. Нестабильность расположенных выше агрегатов приводит к перепакетке структуры почвы: отдельный агрегат смещается в сторону, затем опускается вниз в промежуток между нижележащими агрегатами. Процесс ведет к слитизации почвы. С другой стороны, нестабильность агрегатов почвы ведет к нестабильности направления потока воды. Этот поток на фоне общей тенденции нисходящего движения приобретает обусловленную рекомбинацией агрегатов почвы стохастическую латеральную составляющую, что приводит к нанонеоднородности промачивания почвы, формированию предпочтительных потоков влаги в почве, их слиянию и потере воды из почвы вглубь в полном соответствии с классической теорией устойчивости Эйлера [4, 5].

Высокая вероятность такого явления показана опытами в ячеистых лизиметрах [4] и при изучении гидрологического режима пространственно-неоднородных структур почвенного покрова (СПП) [3].

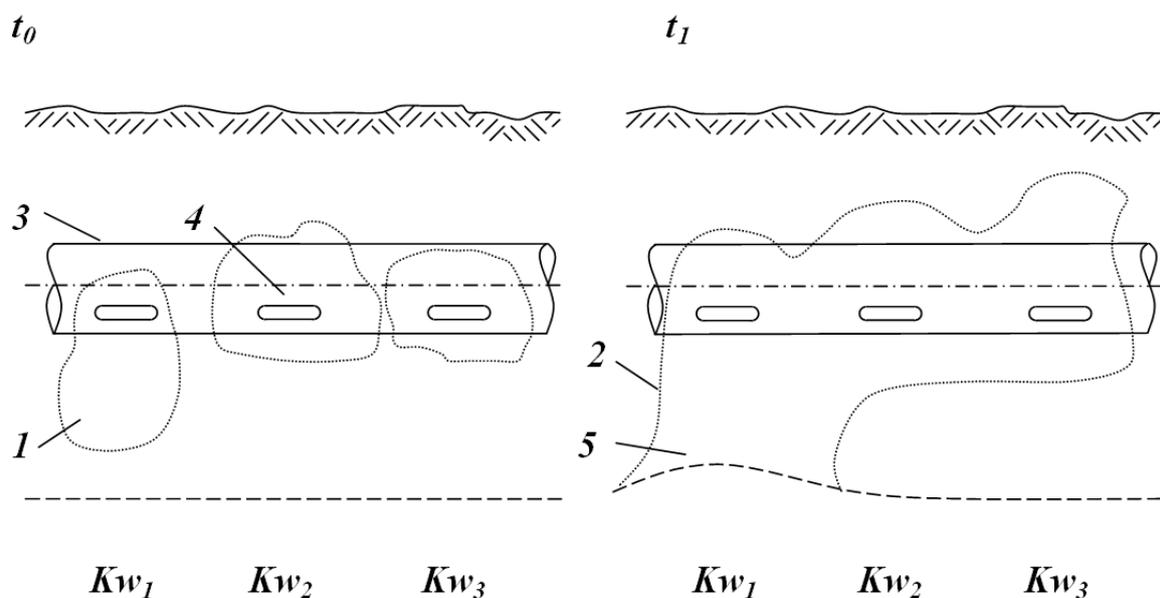
При стандартной фронтальной ирригации в условиях высокой средней влажности почвы в зоне аэрации создаются предпосылки достаточно быстрого диффузионного поступления легкорастворимых солей из грунтовых вод в почву сквозь однородно обильно увлажненную толщу грунта и почвы. Указанные причины обуславливают засоление почвы от грунтовых вод при всех известных способах полива, включая капельный способ [6, 7]. По этой причине никакие меры управления солевым режимом неприменимы в диапазоне экологически и экономически целесообразных действий.

Авторами разрабатывается принципиально новая внутрпочвенная импульсная континуально-дискретная парадигма ирригации, которая направлена на создание устойчивых продуктивных ирригационных систем, долговременно функционирующих без неблагоприятных экологических последствий на базе современных технических возможностей.

В основе внутрипочвенной континуально-дискретной импульсной парадигмы ирригации лежит способ внутрипочвенного импульсного дискретного полива растений [8].

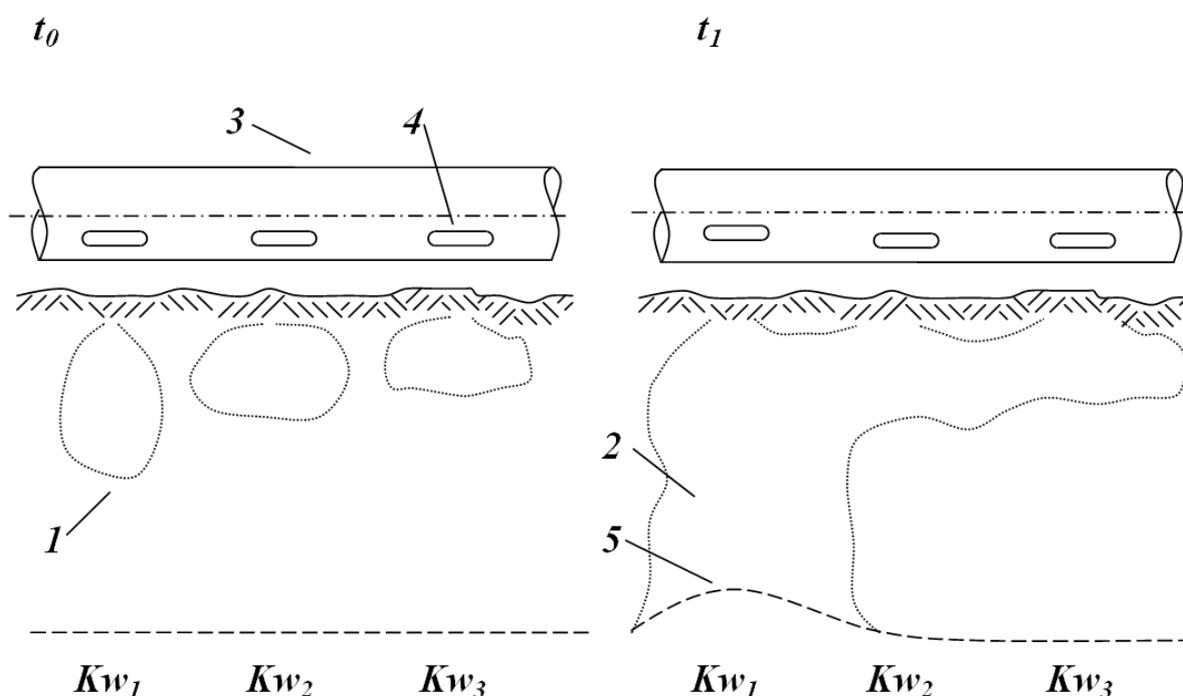
В известном способе внутрипочвенного орошения вода подается в почву к корневой системе растений из труб с отверстиями, уложенных в почву на глубину 0,5-0,6 м для регулирования уровня грунтовых вод [9].

При этом способе внутрипочвенного орошения в начальный момент полива t_0 после подачи воды в подпочвенный увлажнитель она поступает в почву через отверстия перфорации и происходит формирование отдельных контуров увлажнения почвы (рисунок 1). В процессе непрерывного гравитационного полива вода растекается в почве. Отдельные контуры увлажнения смыкаются в горизонтальном направлении и в момент t_1 при пространственной неоднородности коэффициента влагопроводности почвы ($Kw_1 \gg Kw_2 > Kw_3$) вдоль подпочвенного увлажнителя наступает стадия транзитной потери части оросительной воды, возникает деформированный контур увлажнения, происходит локальный подъем уровня грунтовых вод.



1, 2 – контур увлажнения; 3 – увлажнитель; 4 – перфорация; 5 – уровень грунтовых вод
Рисунок 1 – Схема увлажнения почвы при внутрипочвенном орошении

В известном способе капельного орошения [10] вода, после подачи в поливной трубопровод поступает на поверхность почвы через капельницы, где происходит формирование отдельных контуров гравитационно-капиллярного увлажнения почвы. В процессе непрерывного поступления вода растекается в почве, отдельные контуры гравитационного увлажнения смыкаются в горизонтальном направлении. Учитывая пространственную неоднородность коэффициента влагопроводности почвы ($Kw_1 \gg Kw_2 > Kw_3$) вдоль поливного трубопровода может возникнуть стадия транзитной потери части оросительной воды через деформированный контур увлажнения, что ведет к локальному подъему уровня грунтовых вод (рисунок 2).



1, 2 – контур увлажнения; 3 – увлажнитель; 4 – перфорация; 5 –уровень грунтовых вод

Рисунок 2 – Схема увлажнения почвы при капельном орошении

На продольную дифференциацию увлажнения почвы вдоль трубки-увлажнителя влияют так же качество исполнения перфорации и рельеф вдоль трубки-увлажнителя.

Стандартный напор на входном сечении трубки-увлажнителя в зависимости от варианта исполнения и производителя варьирует в пределах

0,05-0,15 МПа. Даже при идеальном качестве исполнения капельниц перепад геодезической отметки вдоль трассы трубки-увлажнителя вызовет дифференциацию расхода капельниц и составит:

- при перепаде рельефа $\pm 2,5-7,5$ м и квадратичном режиме истечения воды из капельницы:

$$(0,05 + 0,025)^{1/2}/(0,05 - 0,025)^{1/2} = 1,73;$$

$$(0,15 + 0,075)^{1/2}/(0,15 - 0,075)^{1/2} = 1,73;$$

- при перепаде рельефа $\pm 2,5-7,5$ м и ламинарном режиме истечения воды из капельницы:

$$(0,05 + 0,025)/(0,05 - 0,025)^2 = 3;$$

$$(0,15 + 0,075)/(0,15 - 0,075) = 3.$$

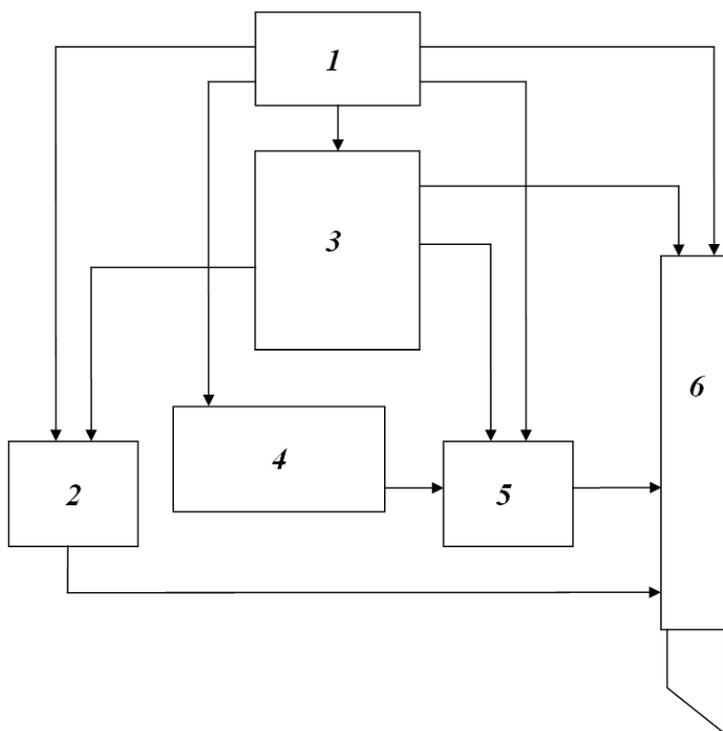
Рассмотренные варианты подачи воды к элементам СПП, особенно в свете того, что реальный перепад рельефа может быть существенно больше примененного в расчете, абсолютно неприемлемы как в отношении качества полива, так и в отношении ландшафтных последствий капельного способа полива.

Для регулирования гидрологического режима СПП авторами предлагается способ внутripочвенного импульсного дискретного полива растений, который предусматривает подачу воды внутрь почвы посредством шприцевого элемента путем последовательного пошагового импульсного впрыска под давлением дискретными порциями.

Блок-схема внутripочвенного импульсного дискретного полива растений представлена на рисунке 3.

Шприцевой элемент в исходном положении установлен на шасси над поверхностью почвы. По сигналу блока управления нижний конец шприцевого элемента погружается в почву на глубину 0,05-0,15 м и через 0,1-0,15 м пошагово вдоль направления движения шасси, производит дискретный впрыск воды из блока подачи поливной воды через гидравличе-

ский клапан в почву импульсом продолжительностью 0,1-0,3 сек. под давлением 0,15-0,2 МПа. Начинается впрыск с момента погружения нижнего конца шприцевого элемента в почву и заканчивается в момент его извлечения из почвы. Полив производят стабильными дискретными порциями воды 20-100 мл, дозированными согласно поливной норме.



1 – блок электрического питания, 2 – блок шасси, 3 – блок управления, 4 – блок подачи поливной воды, 5 – гидравлический клапан, 6 – шприцевой элемент для импульсной подачи воды в почву

Рисунок 3 – Блок-схема выполнения внутрпочвенного импульсного полива растений

Динамика нарастания контура увлажнения в почве, начиная от исходного положения шприцевого элемента в начальный момент подачи импульса полива t_0 , а так же при нахождении шприца в почве в моменты времени t_1-t_5 представлена на рисунке 4.

По завершении импульса в момент времени t_6 наступает стадия капиллярного рассредоточения заданной дискретной порции воды внутри заданного объема почвы без гравитационного стекания, без смыкания смежных зон увлажнения.

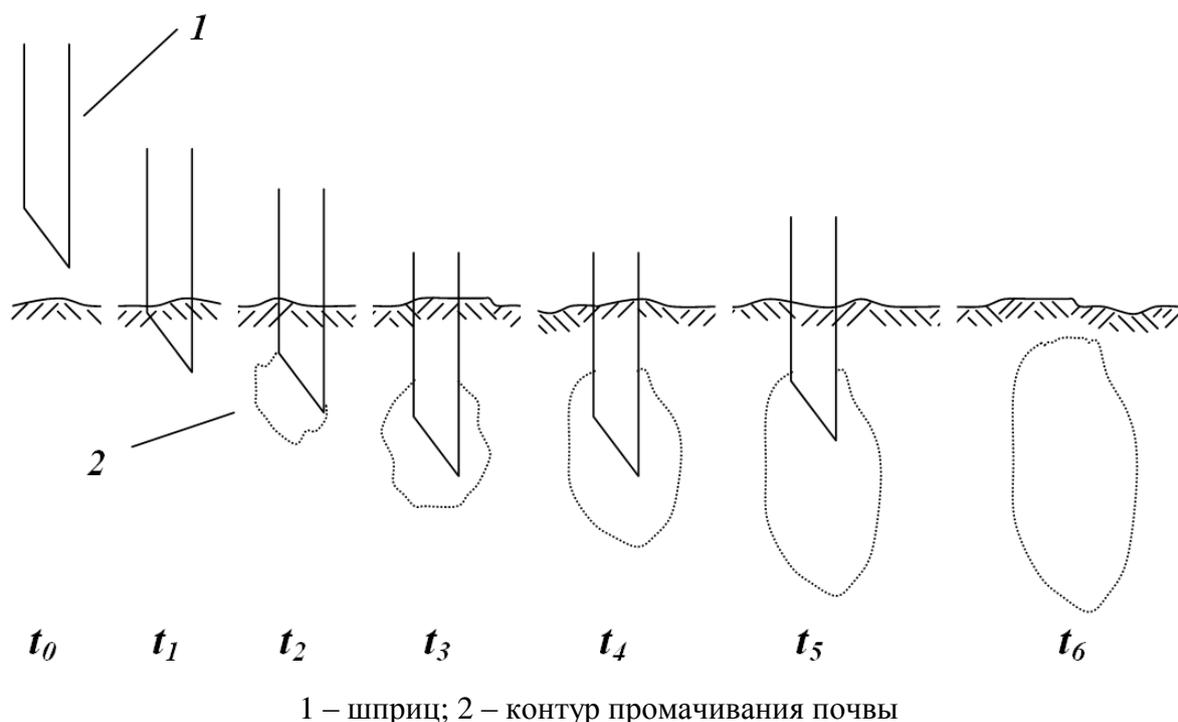


Рисунок 4 – Динамика контура увлажнения в почве при способе внутрипочвенного импульсного полива растений

В процессе импульса подачи воды и по его окончании идет процесс капиллярного термодинамического перераспределения влаги из исходного дискретного объема импульсно увлажненной почвы в расчетный дискретный объем увлажнения ризосферы.

Орошение, с точки зрения почвоведения, является разрушительным воздействием на почву, производимыми без учета ее функций как природного тела и долговременных аспектов динамики почвенного континуума и биосистемы, частью которого он является. Применение предложенного способа внутрипочвенного импульсного дискретного полива растений дает инструмент управления поведением воды от момента ее состояния как потока или объема до момента завершения диссипации воды в дисперсной системе почвы, что позволяет снизить неблагоприятные изменения в почвах и ландшафтах, которые характерны действующей имитационной фронтальной континуально-изотропной парадигме ирригации.

Список использованных источников

1 Моткин, В. М. Почвы Чечни / В. М. Моткин, Е. Ф. Павлов, А. М. Панков; под. ред. А. М. Панкова. – Владикавказ: «Красный Октябрь», 1930. – 419 с.

2 Сковпень, А. Н. Многолетняя динамика свойств черноземов обыкновенных в условиях орошения / А. Н. Сковпень, В. П. Калиниченко // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2006. – № 11. – С. 94-100.

3 Минкин, М. Б. Регулирование гидрологического режима комплексных солонцовых почв / М. Б. Минкин, В. П. Калиниченко, П. А. Садименко. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1986. – 231 с.

4 Исследование предпочтительных потоков влаги в лугово-черноземной почве Саратовского Заволжья / Н. В. Затинаяцкий [и др.] // Почвоведение. – 2007. – № 5. – С. 585-599.

5 Роде, А. А. Основы учения о почвенной влаге / А. А. Роде. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – Т. 1. – 663 с. – Т. 2. – 297 с.

6 Панкова, Е. И. Критический анализ развития орошения в Советском Союзе / Е. И. Панкова // Почвоведение. – 2008. – № 8. – С. 1138-1140.

7 Андреев, Г. И. Экологическое состояние орошаемых почв на Нижнем Дону / Г. И. Андреев, Г. А. Козлечков, А. Г. Андреев. – Днепропетровск: ПП «Шевелева», 2007. – 261 с.

8 Способ внутрипочвенного импульсного дискретного полива растений: пат. 2386243 Рос. Федерация: МПК(7) A01G 25/06, A01C 23/02 / В. П. Калиниченко; заявитель и патентообладатель Калиниченко В. П. – № 009102490/12; заявл. 26.01.09; опубл. 20.04.10, Бюл. № 11. – 7 с.

9 Бобченко, В. И. Подпочвенное орошение / В. И. Бобченко. – М.: Сельхозгиз, 1957. – 127 с.

10 Ясониди, О. Е. Капельное орошение / О. Е. Ясониди. – Новочеркасск: Изд-во НГМА, 2011. – 322 с.

Калиниченко Валерий Петрович – доктор биологических наук, профессор, Институт плодородия почв юга России, директор.

Контактный телефон: +79185333041. E-mail: kalinitch@mail.ru

Kalinichenko Valeriy Petrovich – Doctor of Biological Sciences, Professor, Institute of soil fertility in the Southern regions of Russia, Director.

Contact telephone number: +79185333041. E-mail: kalinitch@mail.ru

Минкина Татьяна Михайловна – доктор биологических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет», кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов факультета биологических наук, профессор.

Контактный телефон: 8-863-263-75-31, +79185531632. E-mail: tminkina@mail.ru

Minkina Tatyana Mikhaylovna – Doctor of Biological Sciences, Professor, Federal State Autonomous Educational Establishment of Higher Professional Education “Southern Federal University”, Department of Soil and land evaluation department of biological sciences, Professor.

Contact telephone number: 8-863-263-75-31, +79185531632. E-mail: tminkina@mail.ru

Сковпень Андрей Николаевич – кандидат биологических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственной аграрный университет», доцент кафедры агроэкологии.

Контактный телефон: +79289088420. E-mail: kalinitch@mail.ru

Skovpen Andrey Nikolayevich – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education “Don State Agrarian University”, Associate Professor of Agroecology Chair.

Contact telephone number: +79289088420. E-mail: kalinitch@mail.ru

Ендовицкий Анатолий Петрович – Институт плодородия почв юга России, эксперт.

Контактный телефон: +79185333041. E-mail: kalinitch@mail.ru

Yendovitskiy Anatoliy Petrovich – Institute of soil fertility in the Southern regions of Russia, expert.

Contact telephone number: +79185333041. E-mail: kalinitch@mail.ru

Ильина Людмила Павловна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Южный научный центр РАН, ведущий научный сотрудник.

Контактный телефон: +79282143383. E-mail: Ijina@ssc-ras.ru

Iina Lyudmila Pavlovna – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Southern scientific center of the Russian Academy of Sciences, Leading Researcher.

Contact telephone number: +79282143383. E-mail: Ijina@ssc-ras.ru

Болдырев Андрей Александрович – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственной аграрный университет», аспирант.

Контактный телефон: +79281076637. E-mail: kalinitch@mail.ru

Boldyrev Andrey Aleksandrovich – Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education “Don State Agrarian University”, Postgraduate Student.
Contact telephone number: +79281076637. E-mail: kalinitch@mail.ru

Рыхлик Артем Эдуардович – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственной аграрный университет», студент.

Контактный телефон: +79045036575, +79281749984. E-mail: tyoma-4444@yandex.ru

Rykhlik Artem Eduardovich – Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education “Don State Agrarian University”, student.

Contact telephone number: +79045036575, +79281749984. E-mail: tyoma-4444@yandex.ru

Ященко Сергей Алексеевич – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственной аграрный университет», аспирант.

Контактный телефон: +79281076637. E-mail: kalinitch@mail.ru

Yashchenko Sergey Alekseyevich – Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education “Don State Agrarian University”, Postgraduate Student.

Contact telephone number: +79281076637. E-mail: kalinitch@mail.ru

Ермаков Сергей Александрович – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственной аграрный университет», аспирант.

Контактный телефон: +79281076637. E-mail: kalinitch@mail.ru

Yermakov Sergey Aleksandrovich – Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education “Don State Agrarian University”, Postgraduate Student.

Contact telephone number: +79281076637. E-mail: kalinitch@mail.ru