УДК 631.674.6:634.11

DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-50-67

А. С. Штанько, В. Н. Шкура

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

ПОЛИВНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ПЛОДНОСЯЩИХ ЯБЛОНЬ, КУЛЬТИВИРУЕМЫХ НА ЧЕРНОЗЕМАХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Цель исследований – оценка известных и разработка новых подходов к определению количества и местоположения капельниц и создание поливных устройств для капельного орошения плодоносящих яблонь с учетом параметров зон питания, размеров корневых систем растения и требований к их культивированию. В процессе исследований установлено, что технические параметры капельных поливных устройств многолетних древесных растений должны удовлетворять их потребность в воде, учитывать биологические особенности и размеры их корневых систем и не препятствовать проведению уходных агротехнических работ. До настоящего времени указанные условия в разной степени и в разном их сочетании в полной мере не соблюдаются. В меньшей мере выполняется требование к размещению и обеспечению необходимого количества капельных водовыпусков в пределах зоны питания и расположения основной части корневых систем растений. В процессе исследований были получены экспериментальные данные о параметрах корневых систем яблоневых растений, произрастающих на черноземных почвах в природно-климатических условиях Ростовской области. На основе полученного и известного экспериментального материала выведены зависимости для прогнозирования размеров зон распространения основной части корней плодоносящих яблонь. В результате исследований была предложена методика определения количества и расположения капельниц, которые обеспечивают соответствующий агротехническим требованиям капельный полив яблоневых растений. Для реализации капельного полива многолетних древесных насаждений предложено капельное поливное устройство, конструкция которого позволяет производить увлажнение как внутрирядового, так и междурядового пространства области питания растения и автоматически освобождает междурядовое пространство по окончании полива, чем обеспечивает беспрепятственное проведение уходных и других видов работ в междурядовом пространстве в межполивной период.

Ключевые слова: капельное орошение, яблоня, корневая система, зона увлажнения, контур увлажнения, капельница, капельное устройство.

A. S. Shtanko, V. N. Shkura

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

IRRIGATION FACILITIES FOR DRIP IRRIGATION OF FRUIT-BEARING APPLE TREES CULTIVATED ON CHERNOZEMES IN ROSTOV REGION

The purpose of the research is to assess the known and to develop new approaches to determine the number and location of emitters and create irrigation facilities for drip irrigation

of fruit-bearing apple trees, taking into account the parameters of feed zones, sizes of plant root systems and requirements for their cultivation. In the process of research it was found that the technical parameters of drip irrigation facilities of perennial woody plants should satisfy their need for water, take into account the biological features and sizes of their root systems and not interfere with the maintenance of agro-technical works. Until recently these conditions are not fully observable to different degrees and in different combinations. The requirement for the placement and provision of the required number of drip water outlets within the food zone and the location of the main part of the plants root systems is met to a lesser extent. In the course of investigation, the experimental data on the parameters of the root systems of apple trees growing on chernosems under the natural and climatic conditions of Rostov region were obtained. On the basis of the obtained and known experimental material, dependences for predicting the size of the distribution zones of the main part of the fruit-bearing apple trees roots were derived. As a result of the research, a method for determining the number and location of emitters, which provide the drip irrigation of apple plants according to the agro-technical requirements was proposed. For the implementation of drip irrigation of perennial trees, a drip irrigation facility has been proposed, the design of which allows moistening both the in-row and inter-row space of the plant's nutritional area and automatically releases inter-row space after the irrigation is completed, thus ensuring the smooth running of maintenance and other types of work in inter-row space between irrigation.

Key words: drip irrigation, apple tree, root system, moistening zone, moistening contour, emitter, drip facility.

Введение. В условиях дефицита водных ресурсов ведение интенсивного садоводства в аридных зонах страны осуществляется с использованием технологий капельного орошения [1, 2]. Все большее распространение этот способ искусственного увлажнения многолетних плодовых древесных культур получает в Ростовской области. В составе плодовых культур, выращиваемых на черноземных почвах региона, широко представлены различные сорта яблони, возделываемой в садовых насаждениях с использованием капельного орошения. Становлению и развитию технологий капельного полива яблоневого растений, культивируемых в природно-климатических условиях Ростовской области, способствовали исследования О. Е. Ясониди, А. М. Олейника, Ю. С. Уржумовой и других специалистов [3–6].

С учетом высокой степени локальности увлажнения почвенного пространства при капельных поливах особое значение придается вопросу определения количества и выбора расположения точек водоподачи (капельных микроводовыпусков) в пределах зоны питания яблоневого растений. Для решения указанной задачи необходимы соответствующие данные и знания в области корневедения, и в частности данные о характере распро-

странения корневых систем растений. Известная информация о параметрах корневых систем яблони приведена в публикациях В. А. Колесникова, В. Н. Шкуры, А. Н. Рыжакова, А. Д. Ахмедова и др. [7–10].

Локальность зон увлажнения, формирующихся в почвогрунтовом пространстве при капельном поливе, актуализировала необходимость проведения исследований и разработки методик определения геометрических и влажностных параметров контуров увлажнения почвы. Обстоятельная информация о прогнозировании размеров контуров и внутриконтурном распределении влажности почвы приведена в публикациях С. М. Васильева, А. С. Овчинникова и др. [11–13].

Размещение яблоневых растений в садовых насаждениях осуществляется по определенным схемам их посадки, определяемым внутрирядовым и междювым расстоянием и выделенной растению площадью питания. В сложившейся практике схемы посадки растений принимаются без учета возможности размещения капельной поливной сети. При таком подходе капельная поливная сеть и поливные устройства вписываются в принятую схему размещения растений в садовом насаждении. В реальной практике такой подход приводит к недостаточной степени учета потребностей и особенностей растений, а поливная сеть проектируется преимущественно из соблюдения требований к обеспечению удобства проведения уходовых агротехнических работ. В большинстве известных авторам существующих садово-яблоневых насаждений количество и размещение капельных микроводовыпусков не оптимизировано.

Известны предложения по количеству и расположению капельных микроводовыпусков в пределах зон питания многолетних древесных и лианнх плодовых культур (рисунок 1) [14].

Несмотря на определенную условность, приведенные на рисунке 1 схемы соответствуют современным представлениям о влиянии на потребное для капельного орошения растений количество капельниц почвенных

условий и вида многолетних культур, но не дают ответа на вопрос обеспечения подвода воды к принятым вариациям размещения капельниц.

I – на средних и тяжелых по механическому составу почвах;
 II – на легких по механическому составу почвах;
 а – фруктовый сад; б – пальметтный сад; в – виноградник;
 1 – растения; 2 – зона увлажнения; 3 – зона распространения
 основной корневой системы растений (размеры в см)

**Рисунок 1 – Схемы размещения капельниц
при поливе фруктовых деревьев [14]**

Имеющаяся информация позволяет сформулировать основные условия и требования к устройству капельной поливной сети для полива многолетних насаждений, суть которых состоит в нижеследующем.

1 Поливная сеть и поливные устройства должны удовлетворить потребность культивируемых древесных растений в оросительной воде. При этом должны быть учтены биологические особенности возделываемых культур в части формирования и параметров их корневых систем.

2 Требуемое для качественного полива древесных растений количество и местоположение капельных микроводовыпусков необходимо устанавливать: с учетом обеспечения искусственного увлажнения определен-

ной части зоны питания (по глубине и в плане); расположения основной (активной) части (массы) корней растения; параметров единичных контуров увлажнения почвогрунтового пространства, формируемых в подкапельном пространстве при поливе одним капельным микроводовыпуском.

3 Устройства для капельного полива не должны препятствовать проведению агротехнических мероприятий (уходных работ), а их конструктивные решения должны отвечать требованиям экономичности, минимальной трудоемкости при эксплуатации и экологичности.

Резюмируя приведенное выше, отметим, что, несмотря на имеющиеся данные исследований, посвященных капельному поливу различных видов многолетних плодовых древесных культур, возделываемых в различных почвенно-климатических условиях, общепринятая методика проектирования капельных поливных сетей и капельных поливных устройств отсутствует. В реальной практике плодоводства сформулированные выше условия и требования к прокладке капельных сетей и устройствам для капельного полива древесных садовых растений в должной мере не выполняются. В подавляющем количестве известных примеров приоритет отдается выполнению третьей позиции вышесформулированных требований к устройству капельных сетей. Чаще всего применяются капельные линии, трассируемые вдоль рядов растений, в непосредственной близости к штамбу деревьев. Капельницы располагаются в капельных трубках (реже в лентах), и их количество составляет от двух до трех на растение [15]. При таком подходе увлажняется почвенное пространство только в рядовом направлении, а большая часть междюдового пространства остается неувлажненной.

Указанные обстоятельства актуализируют необходимость проведения исследований, посвященных накоплению необходимого для создания рекомендаций по разработке устройств для капельного полива древесных плодовых культур материала, что и определено задачей настоящей работы.

Материалы и методы. В основу материала для публикации и приведенных обобщений положены: данные авторских и известных исследо-

ваний, посвященных изучению корневых систем яблоневых растений, произрастающих на черноземных почвах Ростовской области; результаты исследований и авторские рекомендации по определению геометрических параметров единичных контуров увлажнения, формирующихся в подкапельном почвенном пространстве при капельном поливе; конструкции капельных поливных устройств. При получении опытных данных по корневым системам использовались общепринятые методики проведения раскопок, измерений и анализа. При разработке устройств для капельного полива древесных культур использовались методы поискового конструирования.

Результаты и обсуждение. Определяющим условием и требованием рационального устройства поливной сети для капельного полива многолетних растений является учет параметров их корневых систем. Исследования корневых систем яблони проводились с целью получения необходимых данных для определения расположения основной массы корней растения. В процессе исследований выполнены раскопки 12 корневых систем яблоневых растений, произрастающих в садах Аксайского, Октябрьского, Азовского и Семикаракорского районов Ростовской области.

Обобщение опытных данных позволило получить систему приведенных ниже расчетных экспериментальных зависимостей для определения геометрических размеров основной части (массы) корней корневой системы яблони (глубины и удаленности от штамба растений).

Значение радиуса удаленности наиболее крупных корневых ветвей корневой системы яблоневого растения от штамба (R_k , м) в возрасте (t , лет), превышающем возраст вступления его в плодоношение ($t_{пл}$, лет), может быть определено по экспериментальной зависимости:

$$R_k = \bar{R}_{кр} \cdot \left[\left(\frac{t}{t_{пл}} \right)^{0,1} + \left(\frac{2 \cdot h_{к,о/ч}}{H} \right)^{0,1} - \left(\frac{t - t_{пл}}{t + t_{пл}} \right) \cdot \left(\frac{1,5 \cdot h_{к,о/ч}}{H} \right)^{0,1} + 1,57 \cdot \Pi_p - \left(\frac{2 \cdot \bar{R}_{кр}}{H} \right)^{0,4} \right], \quad (1)$$

где $\bar{R}_{кр}$ – среднее значение радиуса кроны яблони, м;

$h_{к,о/ч}$ – заглубленность основной части корневой системы растения, м;

H – высота растения (высота наземной части), м;

Π_p – параметр рослости сорта корнесобственных растений, вида его привоя и подвоя. Для среднерослых растений $\Pi_p = 0,95 \dots 1,05$, для карликовых сортов $\Pi_p = 0,7 \dots 0,9$ и для сильнорослых $\Pi_p = 1,15 \dots 1,25$.

Для растений позднего вступления в период плодоношения (при $t_{пл} > 5$ лет) величина R_k , м, может быть определена по зависимости вида:

$$R_k = \bar{R}_{кр} \cdot \left[3,0 - 0,45 \cdot \left(\frac{t}{t_{пл}} \right)^{0,5} - 0,5 \cdot \left(\frac{H}{h_{к,о/ч}} \right)^{0,32} + 0,5 \cdot \left(\frac{t_{пл} - 5}{t + 5} \right)^{0,1} \times \right. \\ \left. \times \left(\frac{H}{h_{к,о/ч}} \right)^{0,32} \right]. \quad (2)$$

При соблюдении повозрастных ограничений вступления растений в плодоношение более точное значение R_k может быть определено как среднее между значениями, установленными по зависимостям (1) и (2).

Средний радиус удаленности корней растения по всем корневым ветвям («ответвлениям») ($\bar{R}_k$, м) определяется по зависимости вида:

$$\bar{R}_k = 0,7 \cdot R_k \cdot \left(\frac{t}{1,5 \cdot t_{пл} + 4} \right)^{0,12}.$$

Средний радиус расположения (средняя удаленность от штамба) основной части (массы) корней ($\bar{R}_{к,о/ч}$, м) определяется по зависимости вида:

$$\bar{R}_{к,о/ч} = 0,63 \cdot \bar{R}_k \cdot \left(\frac{t - 1}{t_{пл} + 2} \right)^{0,16}. \quad (3)$$

Величина $\bar{R}_{к,о/ч}$ определяет внешнюю границу удаленности зоны расположения 80 % корневой системы яблони от ее штамба, в пределах ко-

торой располагается и активная (питающая и водопотребляющая) часть (отрастающих и волосяных) корней. Внутренняя граница расположения основной части «активных» корней, очерчиваемая по среднему радиусу ($\bar{R}_{к,п/ш}$, м) и определяющая удаленность этой зоны от штамба, может быть установлена по экспериментальной зависимости вида:

$$\bar{R}_{к,п/ш} = 0,1 \cdot \bar{R}_к^{1,5} \cdot \left(\frac{t - 1}{t_{пл} + 2} \right)^{0,3}. \quad (4)$$

По установленным значениям $\bar{R}_{к,о/ч}$ и $\bar{R}_{к,п/ш}$ определяется область интенсивного потребления почвенного раствора корневой системой растений, в пределах которой рекомендуется размещать капельницы.

Одновременно с осуществлением раскопок корневых систем растений велось определение почвенных характеристик в месте их произрастания и исследование геометрических и влажностных параметров локальных контуров капельного увлажнения почвенного пространства. При определении почвенных характеристик погоризонтно или послойно устанавливались показатели гранулометрического состава почвы (содержание в почве физической глины W_r , определяемое в процентах от массы сухой почвы (% МСП)), значения наименьшей влагоемкости почвы ($W_{НВ}$, % МСП), плотности сложения почвенных слоев ($\gamma_{об}$, т/м³) и содержание гумуса ($q_{гум}$, %). Установленные значения почвенных характеристик использованы при получении зависимостей для определения геометрических и влажностных параметров контуров капельного увлажнения почвенной толщи.

Исследования локальных контуров увлажнения предусматривали определение их геометрических и влажностных характеристик [9, 10].

Обобщение опытных данных позволило получить экспериментальные зависимости для определения диаметра ($(d_{кон})_{\beta_i}$, м) и площади горизонтального сечения ($(\omega_{кон})_{\beta_i}$, м²) контура увлажнения, имеющие вид:

$$(d_{\text{кон}})_{\beta_i} = 0,25 \cdot (h_{\text{кон}})_{\beta_i} \cdot [(0,51 + 0,009 \cdot \bar{W}_{\text{г/ч}}) + (0,073 + 0,038 \cdot \bar{W}_{\text{нв}})], \quad (5)$$

где β_i – влажность ограничивающей контур капельного увлажнения изоплеты, в долях наименьшей влагоемкости почвы;

$(h_{\text{кон}})_{\beta_i}$ – глубина контура определенного уровня влажности почвы, м;

$\bar{W}_{\text{г/ч}}$ – среднее по глубине увлажняемого почвенного слоя содержание физической глины, % МСП;

$\bar{W}_{\text{нв}}$ – средняя по глубине наименьшая влагоемкость почвы, % МСП;

$$(\omega_{\text{кон}})_{\beta_i} = 0,785 \cdot (d_{\text{кон}})_{\beta_i}^2. \quad (6)$$

С учетом зависимости (6) количество капельниц ($n_{\text{кап}}$, шт.), необходимое для полива принятой площади увлажнения растения ($\omega_{\text{увл}}$, м²), составит:

$$n_{\text{кап}} = \omega_{\text{увл}} / (\omega_{\text{кон}})_{\beta_i}. \quad (7)$$

Полученное количество капельниц рекомендуется расположить в пределах области увлажнения, ограниченной радиусами окружностей $\bar{R}_{\text{к,о/ч}}$ и $\bar{R}_{\text{к,п/ш}}$, определяемых по зависимостям (3) и (4) соответственно.

Использование вышеприведенных расчетных зависимостей по параметрам зон концентрации основной части (массы) корней растений и размерам локальных контуров увлажнения позволяет определить необходимое количество капельных микроводовыпусков и установить места их размещения в пределах области питания яблоневых растений.

Определение количества и мест размещения капельных микроводовыпусков предлагается осуществлять в нижеследующем порядке.

1 В соответствии с принятой схемой посадки древесных растений в саду определяется выделенная ему (возможная для использования) площадь зоны питания ($\omega_{\text{пит}}$, м²) как результат умножения междурядового расстояния ($l_{\text{мр}}$, м) на расстояние между растениями в ряду ($b_{\text{р}}$, м).

2 С учетом природно-климатической зоны по рекомендациям

В. Н. Щедрина и др. [1] или материалам экспериментальных исследований принимается доля увлажняемого при капельном орошении почвенного пространства ($\alpha_{\text{увл}}$ в пределах от 0,1 до 0,3) от площади зоны питания ($\omega_{\text{пит}}$) и определяется величина площади, подлежащей увлажнению ($\omega_{\text{увл}}$, м²):

$$\omega_{\text{увл}} = \alpha_{\text{увл}} \cdot \omega_{\text{пит}}.$$

3 По зависимости (3) определяется граница области (зоны) концентрации основной части корней корневой системы растения ($\bar{R}_{\text{к,о/ч}}$, м).

4 По зависимости (4) определяется удаленность границы зоны неэффективного потребления влаги корнями ($\bar{R}_{\text{к,п/ш}}$, м) от штамба растения.

5 Для установленных значений показателей почвенных условий ($W_{\text{г}}$, $W_{\text{нв}}$) и принятой (заданной) глубины увлажнения ($(h_{\text{кон}})_{\beta_i}$) по зависимости (5) определяется диаметр контура увлажнения почвы ($(d_{\text{кон}})_{\beta_i}$, м) при заданном уровне влажности $\beta_i = 0,80...0,85\beta_{\text{нв}}$. Используя полученное значение диаметра, по зависимости (6) определяют площадь контура увлажнения при определенном значении уровня влажности ($(\omega_{\text{кон}})_{\beta_i}$, м²).

6 По принятому (заданному) значению $\omega_{\text{увл}}$ и установленному значению $(\omega_{\text{кон}})_{\beta_i}$ определяется количество капельниц с использованием соотношения (7).

7 Принимается решение о расположении расчетного значения капельниц в пределах зоны почвенного пространства, ограниченной окружностями с радиусами $\bar{R}_{\text{к,п/ш}}$ и $\bar{R}_{\text{к,о/ч}}$. Капельницы следует размещать равномерно как в междурядовом, так и во внутрирядовом пространстве с соблюдением условия формирования междуконтурных неувлажняемых участков.

8 В соответствии с намеченными точками расположения капельных микроводовыпусков рассматриваются возможные варианты расположения капельной(ых) линии(й) и применяемых конструкций капельных устройств, обеспечивающих подачу поливной воды к располагаемым в зоне увлажнения капельницам (в ряду и междурядовом пространстве).

Наиболее простым конструктивным решением капельного поливного устройства для полива древесных растений с развитой корневой системой является устройство, в котором подвод воды к периметрически расположенным капельницам осуществляется отводами от капельной линии. Возможно устройство отвода в виде изогнутой (огибающей растение) капельной трубки с несколькими размещенными на ней (питающимися из нее) капельницами. Примеры таких решений приведены на рисунке 2.

- а* – при использовании индивидуальных водоотводов от капельной линии;
б – при устройстве криволинейного капельного отвода с капельницами;
 1 – ствол дерева; 2 – ороситель; 3 – капельный трубопровод; 4 – капельницы;
 5 – индивидуальные отводы от капельной линии к капельницам; 6 – границы зон капельного увлажнения почвы; 7 – криволинейный капельный отвод с закрепленными на нем капельницами; 8 – граница зоны питания одного растения; 9 – внутренняя граница расположения основной части «активных» корней ($\bar{R}_{к,п/ш}$); 10 – внешняя граница расположения основной части «активных» корней ($\bar{R}_{к,о/ч}$)

Рисунок 2 – Схемы компоновочно-конструктивных решений поливных устройств для капельного полива древесных насаждений

Указанные относительно простые решения поливных устройств для капельного полива не обеспечивают выполнение требования по ведению уходовых агротехнических работ, а снятие или перемещение водоотводов на период их проведения требует значительных затрат ручного труда.

Данные недостатки нейтрализуются в конструкции поливного устройства для капельного полива деревьев, приведенного на рисунке 3.

Рисунок 3 – План (а) и вид сбоку (б) на участок сада, орошаемого разработанным поливным устройством с прямолинейным водоотводом

Предлагаемое устройство для капельного полива яблони включает следующие конструктивные элементы: тройник, упругую муфту, капельный водоотвод с расположенными на нем капельницами, формирующими в почвенной толще контуры капельного увлажнения. Тройник присоединяется к поливному трубопроводу, расположенному в створе ряда растений. Капельный водоотвод при подаче воды автоматически укладывается в рабочее положение, а по окончании водоподачи (в межполивной период) ав-

томатически поднимается в нерабочее положение. На тройнике для обеспечения его устойчивости имеются костыльки, с помощью которых он фиксируется путем вдавливания их в почвенную толщу.

Работа устройства при поливе и в межполивной период осуществляется в нижеприведенной последовательности. В межполивной период капельные водоотводы не содержат оросительной воды и, благодаря способности упругой муфты, находятся в близком к вертикальному (нерабочему) положении. При этом обеспечивается доступ сельскохозяйственной техники в междурядовое пространство. При проведении полива оросительная вода подается по поливному трубопроводу и через тройник и упругую муфту заполняет капельный водоотвод. При этом масса водоотвода увеличивается и, преодолевая сопротивление упругой муфты, он принимает близкое к горизонтальному положение, в котором через установленные на консоли капельницы производится выпуск воды и увлажнение зоны питания растений. После окончания подачи воды в поливную трубопровод капельный водоотвод опорожняется, его масса уменьшается, и он занимает нерабочее положение. Таким образом, предложенная конструкция капельного поливного устройства обеспечивает автоматическое регулирование положения поливного водоотвода в режиме полива и в режиме проведения уходных работ (при отсутствии подачи воды в капельную поливную сеть).

Отметим, что использование прямолинейных капельных водоотводов не в полной мере отвечает оптимальному размещению капельниц в междурядовом пространстве зоны увлажнения. Для решения этой задачи предлагается использовать Т-образные и дугообразные водоотводы, компоновочно-конструктивные решения которых приведены на рисунке 4.

Из приведенных конструкций капельных устройств наиболее приемлемо конструктивное решение капельного водоотвода дугообразной формы как по соответствию ее очертания плановым размерам области увлажнения, так и по соображениям обеспечения ее жесткости и устойчивости.

а

б

Рисунок 4 – План участка сада, орошаемого разработанным поливным устройством с Т-образным (а) и дугообразным (б) водоотводами

Выводы

1 При разработке поливной сети и поливных устройств для капельного полива необходимо удовлетворить потребность культивируемых древесных растений в оросительной воде. При этом должны быть учтены био-

логические особенности возделываемых культур в части формирования и параметров их корневых систем. Требуемое для качественного полива древесных растений количество и местоположение капельниц необходимо устанавливать с учетом обеспечения искусственного увлажнения определенной части зоны питания (по глубине и в плане).

2 В результате проведенного исследования и обобщения получена система расчетных экспериментальных зависимостей для прогнозирования параметров зоны расположения основной части (массы) корней корневой системы яблоневых растений и контуров капельного увлажнения почвы, на основе которых предложена методика определения количества и расположения капельниц, обеспечивающих соответствующий агротехническим требованиям капельный полив яблоневых растений.

3 Для реализации капельного полива многолетних древесных насаждений предложено капельное поливное устройство, конструкция которого позволяет производить увлажнение как внутрирядового, так и междурядового пространства области питания растения и автоматически освобождает междурядовое пространство по окончании полива, чем обеспечивает беспрепятственное проведение уходных и других видов работ в междурядовом пространстве в межполивной период.

Список использованных источников

- 1 Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография: в 2 ч. / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 590 с.
- 2 Ольгаренко, Г. В. Развитие капельного орошения в Российской Федерации / Г. В. Ольгаренко // Состояние и перспективы применения капельного орошения для интенсификации садоводства, виноградарства и овощеводства: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Киев, 2012. – С. 10–11.
- 3 Ясониди, О. Е. Капельное орошение / О. Е. Ясониди. – Новочеркасск: Лик, 2011. – 322 с.
- 4 Олейник, А. М. Временные рекомендации по технологии полива молодого яблоневого сада капельным способом / А. М. Олейник, Е. В. Букин. – Новочеркасск: ЮжНИИГиМ, 1983. – 12 с.
- 5 Уржумова, Ю. С. Технологические и конструктивные элементы локального низконапорного орошения садов для условий южных черноземов Ростовской области: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Уржумова Юлия Сергеевна. – Новочеркасск, 2004. – 24 с.

6 Шкура, В. Н. Капельное орошение яблони: монография / В. Н. Шкура, Д. Л. Обумахов, А. Н. Рыжаков; под ред. В. Н. Шкуры. – Новочеркасск: Лик, 2014. – 310 с.

7 Колесников, В. А. Корневая система плодовых и ягодных растений / В. А. Колесников. – М.: Колос, 1974. – 509 с.

8 Шкура, В. Н. Геометрия корневых систем яблони: монография / В. Н. Шкура, Д. Л. Обумахов, Е. Н. Лунева; под ред. В. Н. Шкуры; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск: Лик, 2013. – 124 с.

9 Рыжаков, А. Н. Исследование основной массы корней яблоневых растений / А. Н. Рыжаков, В. Н. Шкура // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2015. – № 4(20). – С. 85–95. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=366&id=372>.

10 Ахмедов, А. Д. Характер распределения корневой системы яблони при внутрипочвенном орошении / А. Д. Ахмедов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2008. – № 3(11). – С. 23–26.

11 Васильев, С. М. Определение влажностных параметров внутриконтурного капельно увлажняемого почвенного пространства / С. М. Васильев, В. Н. Шкура, А. С. Штанько // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2018. – № 4(52). – С. 316–323.

12 Васильев, С. М. Очертание локальных зон увлажнения подкапельного почвенного пространства / С. М. Васильев, В. Н. Шкура, А. С. Штанько // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 3. – С. 65–71.

13 Ovchinnikov, A. S. Methodology of calculation and justification of the wetting parameters in the open field and greenhouse / A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov, M. P. Meshcheryakov // Environmental Engineering. – 2012. – № 4. – P. 29.

14 Шумаков, Б. Б. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: справочник / Б. Б. Шумаков. – М.: Колос, 1999. – 492 с.

15 Овчинников, А. С. Модернизация элементов систем капельного орошения / А. С. Овчинников, В. С. Бочарников, М. П. Мещеряков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 3(27). – С. 171–174.

References

1 Shchedrin V.N., Kolganov A.V., Vasil'ev S.M., Churaev A.A., 2013. *Orositel'nye sistemy Rossii: ot pokoleniya k pokoleniyu: monografiya: v 2 ch.* [Irrigation Systems of Russia: from Generation to Generation: monograph: in 2 parts]. Novocherkassk, Helikon Publ., 590 p. (In Russian).

2 Ol'garenko G.V., 2012. *Razvitie kapel'nogo orosheniya v Rossiyskoy Federatsii* [Development of drip irrigation in the Russian Federation]. *Sostoyanie i perspektivy primeneniya kapel'nogo orosheniya dlya intensivifikatsii sadovodstva, vinogradarstva i ovoshchevodstva: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [State and Prospects of Drip Irrigation Application Aimed at Horticulture, Viticulture and Vegetable Growing Intensification: Proc. of the International Scientific-Practical Conference]. Kiev, pp. 10-11. (In Russian).

3 Yasonidi O.E., 2011. *Kapel'noe oroshenie* [Drip Irrigation]. Novocherkassk, Lick Publ., 322 p. (In Russian).

4 Oleynik A.M., Bukin E.V., 1983. *Vremennyye rekomendatsii po tekhnologii poliva mladogo yablonevogo sada kapel'nym sposobom* [Temporary Recommendations on Drip Irrigation Method of a Young Apple Orchard]. Novocherkassk, YuzhNIIGiM Publ., 12 p. (In Russian).

5 Urzhumova Yu.S., 2004. *Tekhnologicheskie i konstruktivnye elementy lokal'nogo nizkonapornogo orosheniya sadov dlya usloviy yuzhnykh chernozemov Rostovskoy oblasti.*

Avtoreferat diss. kand. tekhn. nauk [Technological and Constructive Elements of Local Low-Pressure Irrigation of Gardens under the Conditions of Southern Chernosems of Rostov Region. Abstract of cand. tech. sci. diss.]. Novocherkassk, 24 p. (In Russian).

6 Shkura V.N., Obumakhov D.L., Ryzhakov A.N., 2014. *Kapel'noe oroshenie yabloni: monografiya* [Drip Irrigation of an Apple Tree: monograph]. Novocherkassk, Lick Publ., 310 p. (In Russian).

7 Kolesnikov V.A., 1974. *Kornevaya sistema plodovykh i yagodnykh rasteniy* [Root System of Fruit and Berry Plants]. Moscow, Kolos Publ., 509 p. (In Russian).

8 Shkura V.N., Obumakhov D.L., Luneva E.N., 2013. *Geometriya kornevykh sistem yabloni: monografiya* [Geometry of Apple Root Systems: monograph]. Novocherkassk State Land Reclamation Academy, Novocherkassk, Lick Publ., 124 p. (In Russian).

9 Ryzhakov A.N., Shkura V.N., 2015. [Study of the main mass of roots of apple trees]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 4(20), pp. 85-95, available: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=366&id=372>. (In Russian).

10 Akhmedov A.D., 2008. *Kharakter raspredeleniya kornevoy sistemy yabloni pri vnutripochvennom oroshenii* [The nature of distribution of apple tree root systems under sub-soil irrigation]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bull. of Nizhnevolzhskiy Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 3(11), pp. 23-26. (In Russian).

11 Vasil'ev S.M., Shkura V.N., Shtan'ko A.S., 2018. *Opredelenie vlazhnostnykh parametrov vnutrikonturnogo kapel'no uvlazhnyayemogo pochvennogo prostranstva* [Determination of moisture parameters of inside contour drip moistened soil space]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa* [Bull. of Nizhnevolzhskiy Agro-University Complex], no. 4(52), pp. 316-323. (In Russian).

12 Vasil'ev S.M., Shkura V.N., Shtan'ko A.S., 2019. *Ochertaniye lokal'nykh zon uvlazhneniya podkapel'nogo pochvennogo prostranstva* [Local moisture contours profile in sub-drip soil space]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 3, pp. 65-71. (In Russian).

13 Ovchinnikov A.S., Bocharnikov V.S., Meshcheryakov M.P., 2012. Methodology of calculation and justification of the wetting parameters in the open field and greenhouse. *Environmental Engineering*, no. 4, pp. 29.

14 Shumakov B.B., 1999. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo. Oroshenie: spravochnik* [Land Reclamation and Water Management. Irrigation: a Reference book]. Moscow, Kolos Publ., 492 p. (In Russian).

15 Ovchinnikov A.S., Bocharnikov V.S., Meshcheryakov M.P., 2012. *Modernizatsiya elementov sistem kapel'nogo orosheniya* [Modernization of drip irrigation systems elements]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bull. of Nizhnevolzhskiy Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 3(27), pp. 171-174. (In Russian).

Штанько Андрей Сергеевич

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Shtanko Andrey Sergeevich

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Шкура Виктор Николаевич

Ученая степень: кандидат технических наук

Ученое звание: профессор

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Shkura Viktor Nikolaevich

Degree: Candidate of Technical Sciences

Title: Professor

Position: Leading Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru