

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.674.6:634

doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-2-34-52

Исследование односточной схемы расстановки капельниц при орошении многолетних древесных плодовых садов

Андрей Сергеевич Штанько¹, Виктор Николаевич Шкура²

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹shtanko.77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6699-5245>

²<https://orcid.org/0000-0002-4639-6448>

Автор, ответственный за переписку: Андрей Сергеевич Штанько, shtanko.77@mail.ru

Аннотация. Цель: исследование односточной схемы расстановки капельниц в зоне питания древесных растений на предмет соответствия требованиям многолетних плодовых садов. **Материалы и методы.** В процессе работы проведено аналитическое исследование односточных схем расстановки капельниц в садах со схемами посадки $4,0 \times 1,5$; $4,0 \times 2,0$; $5,0 \times 3,0$ м в условиях легко- и тяжелосуглинистых, легкоголинистых почв. Оценка соответствия схем расстановки капельниц проводилась по критериям «доля площади увлажнения от площади питания растения» и «минимальное расстояние от капельницы до штамба растения». При определении параметров схем расстановки капельниц в саду использовалась методика прогнозирования расположения и плановых размеров контуров влажности почвы. **Результаты.** В процессе исследования установлено, что применение односточного поливного модуля с одной капельницей на каждое дерево в рассмотренных технологических и почвенных условиях позволит увлажнить от 2 до 12 % площади питания, это не соответствует требуемому коэффициенту увлажнения (10–50 %). Использование двух капельниц на каждое растение в зависимости от схем расстановки деревьев и типа почвы позволит увлажнить от 4 до 24 % площади питания, что свидетельствует об их применимости для схем посадки $4,0 \times 1,5$ м и плотнее на тяжелых по механическому составу почвах. Применение нечетного количества капельниц (но более одной) в односточном поливном модуле не допускается, так как одна из них будет расположена непосредственно около штамба дерева (ближе 0,2 м). **Выводы.** Односточный поливной модуль в исследованных почвенных и технологических условиях не соответствует потребностям многолетних плодовых культур по рассмотренным критериям и не рекомендуется для капельного полива многолетних плодовых садов в южной природно-климатической зоне.

Ключевые слова: капельный полив, сад, плодовые культуры, площадь питания, поливной модуль, расстановка капельниц

Для цитирования: Штанько А. С., Шкура В. Н. Исследование односточной схемы расстановки капельниц при орошении многолетних древесных плодовых садов // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 2. С. 34–52. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-34-52>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Investigation of a single-cut layout of emitters for irrigating perennial tree orchards

Andrey S. Shtanko¹, Viktor N. Shkura²

^{1, 2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹shtanko.77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6699-5245>

²<https://orcid.org/0000-0002-4639-6448>

Corresponding author: Andrey S. Shtanko, shtanko.77@mail.ru

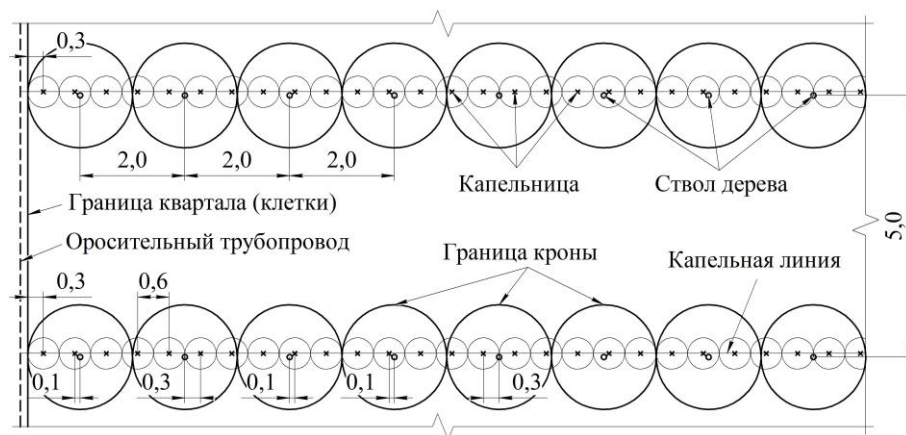
Abstract. Purpose: to study the single-cut layout of emitters in the feed zone of woody plants for compliance with the requirements of perennial orchards. **Materials and methods.** In the course of the work, an analytical study of single-cut schemes for placing emitters in gardens with planting schemes of 4.0×1.5 was carried out; 4.0×2.0 ; 5.0×3.0 m under conditions of light and heavy loamy, light clayey soils. The assessment of the conformity of emitters arrangement schemes was carried out according to the criteria “the proportion of the moistening zone from the feed zone” and “the minimum distance from the emitter to the tree trunk”. When determining the parameters of the schemes for placing emitters in the garden, a method to predict the location and planned dimensions of soil moisture contours was used. **Results.** In the course of the study, it was found that the use of a single irrigation module with one emitter for each tree under the considered technological and soil conditions will make it possible to moisten from 2 to 12 % of the feed zone, this does not correspond to the required moisture coefficient (10–50 %). The use of two emitters for each plant, depending on the position of trees and the type of soil, will make it possible to moisten from 4 to 24 % of the feed zone, which indicates their applicability for planting schemes of 4.0×1.5 m and denser on heavy by mechanical composition soils. The use of an odd number of emitters (but more than one) in a single-cut irrigation module is not allowed, since one of them will be located directly near the tree trunk (closer than 0.2 m). **Conclusions.** A single irrigation module in the studied soil and technological conditions does not meet the needs of perennial horticultural crops according to the considered criteria and is not recommended for drip irrigation of perennial orchards in the southern climatic zone.

Keywords: drip irrigation, garden, horticultural crops, feed zone, irrigation module, placement of emitters

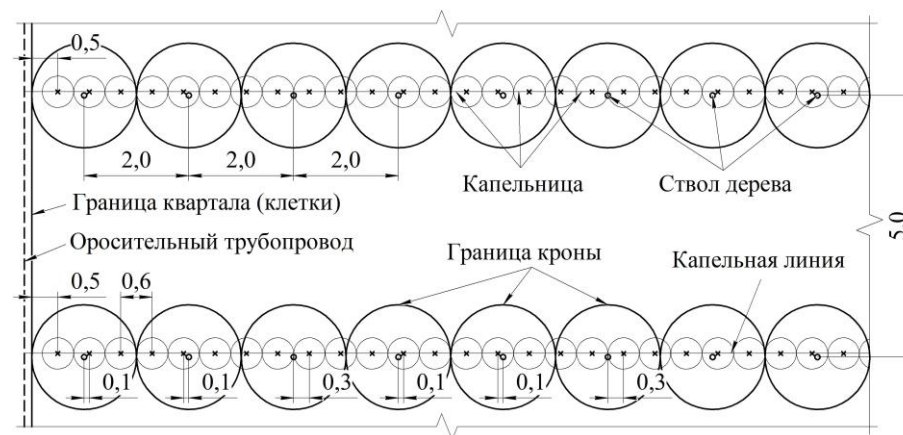
For citation: Shtanko A. S., Shkura V. N. Investigation of a single-cut layout of emitters for irrigating perennial tree orchards. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(2):34–52. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-34-52>.

Введение. Современные технологии возделывания плодово-ягодной продукции, особенно интенсивные, предусматривают использование орошения и фертигации при возделывании многолетних культур в садовых насаждениях [1, 2]. Технология полива многолетних плодовых садовых насаждений прошла путь от способа поверхностного орошения до внутрипочвенного и надземного капельного орошения. По сравнению с известными способами орошения технология капельного орошения наиболее полно удовлетворяет потребности садовых древесных насаждений. Кроме этого, в современных условиях дефицита водных ресурсов способ капельного

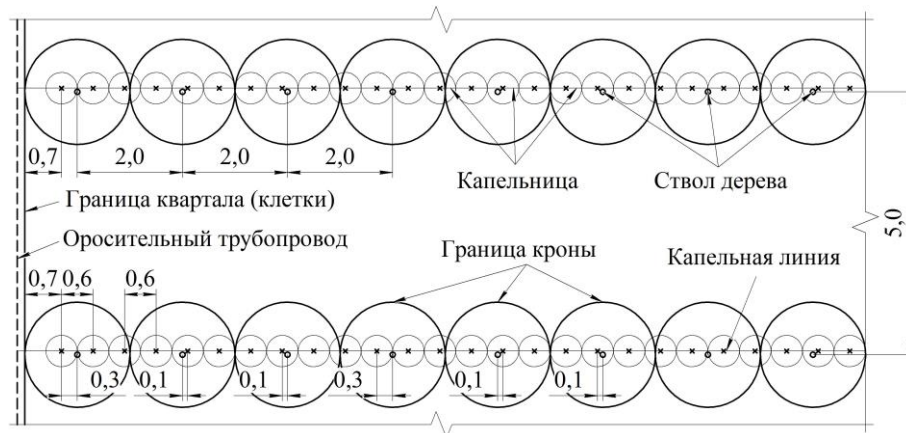
орошения оказывается наиболее предпочтительным, как самый экономичный по использованию оросительной воды [3, 4]. Это достигается за счет увлажнения не всей площади орошаемого участка, а только определенной ее части, находящейся под капельными микроводовыпусками [5]. Зона увлажнения при этом представляет собой локальные отдельные контуры или полосы увлажнения, расположенные в корнеобитаемой зоне почвенного пространства. Но данное обстоятельство, с другой стороны, может стать существенным недостатком данного способа орошения при необоснованном выборе количества капельниц и их размещении при поливе многолетних древесных растений с развитой корневой системой и относительно большой площадью питания (более 4 м²). Например, в публикации В. П. Поповой и Т. Г. Фоменко [6] приведены результаты исследования капельного орошения плодового сада, в соответствии с которыми прирост урожайности от капельного орошения яблоневого сада отсутствовал. Судя по их данным [6], при культивировании яблонь сортов Айдаред, Флорина и Джонаголд на подвое М9 со схемой посадки 5,0 × 2,0 м для полосового увлажнения почвы (сверхмощного малогумусного легкого глинистого чернозема) использовались капельные линии с межкапельным расстоянием $l_{м/к} = 0,6$ м и капельницами с расходом 1,6 л/ч. Отметим, что применение капельной линии с $l_{м/к} = 0,6$ м при расстоянии между растениями в ряду 2,0 м в случае увлажнения легкого глинистого черноземного почвенного слоя глубиной 0,6 м, по нашим расчетам, позволяет получить «приствольную полосу увлажнения» шириной 0,6 м. При этом точки подачи воды для каждого из растений будут располагаться на разном расстоянии от штамба при любом варианте расположения начального створа полива (крайней капельницы в ряду), что проиллюстрировано рисунком 1.



с расположением крайней капельницы в 0,3 м от границы квартала (граница контура увлажнения соответствует границе квартала)
with the position of the end emitter 0.3 m from the block border (the border of the humidification circuit corresponds to the border of the block)



с расположением крайней капельницы в 0,5 м от границы квартала (в середине между границей квартала и центром ствола растения)
with position of the end emitter 0.5 m from the border of the quarter (in the middle between the block border and the center of the plant stem)



с расположением крайней капельницы в 0,7 м от границы квартала; размеры в м
with the position of the end emitter 0.7 m from the block border; dimensions in m

Рисунок 1 – Фрагмент сада с размещением плодовых растений по схеме $2,0 \times 5,0$ м при орошении капельной лентой с межкапельным расстоянием 0,6 м

Figure 1 – Fragment of the garden with the position of fruit plants according to the scheme 2.0×5.0 m with drip irrigation with an interdrop distance of 0.6 m

Как видно из проиллюстрированных рисунком 1 примеров схем размещения капельниц относительно плодовых растений для приведенных в публикации В. П. Поповой и Т. Г. Фоменко [6] условий, во всех трех рассмотренных вариантах только каждое третье дерево в ряду орошается с соблюдением агротехнического требования по минимальному расстоянию от капельного водовыпуска до штамба растения (не менее 0,2 м) [7]. Следовательно, около 67 % плодовых растений в данном саду подвержены негативному воздействию повышенной влажности приштамбовой зоны и связанному с этим возможному поражению штамба болезнями и вредителями. Кроме этого, доля площади увлажнения от площади питания растений составит около 8,5 % при требуемой от 10 до 50 % [8]. Указанными обстоятельствами, возможно, объясняется отсутствие прироста урожайности от капельного орошения данного сада.

В другой своей публикации В. П. Попова и Т. Г. Фоменко [9] представили результаты исследования распространения в почве питательных веществ, вносимых с оросительной водой при капельном поливе садовых насаждений. Исследователями установлено, что нитраты проникают на глубину более 60 см, но основная часть внесенного подвижного фосфора осаждается на глубине до 25 см на расстоянии до 15 см от «точки падения капель», а обменный калий концентрировался в зоне падения капель. Нитраты сосредотачивались в объеме почвы, не превышающем 18 % объема корнеобитаемого пространства (0–60 см) приствольной полосы, фосфор – всего 6 %, а обменный калий – всего 3 % (из расчета три капельницы на одно дерево). В результате можно сделать вывод: вносимые при «капельной» фертигации удобрения сосредотачиваются в пределах формируемой зоны увлажнения и имеют сравнительно малый контакт с активной частью поглощающей корневой системы плодовых растений.

Представленные примеры подтверждают важность и необходимость обоснования количества и схемы расстановки капельных микроводовы-

пусков в пределах зоны питания садовых древесных плодовых культур. В связи с этим целью исследования являлась оценка схем расстановки капельниц в капельном поливном модуле на предмет их соответствия требованиям многолетних древесных плодовых садовых насаждений.

Материалы и методы. В процессе работы проводилось аналитическое исследование параметров однониточных схем расстановки капельных микроводовыпусков в многолетних садах со схемами посадки плодовых деревьев $4,0 \times 1,5$; $4,0 \times 2,0$; $5,0 \times 3,0$ м. Оценка рассматриваемых поливных модулей производилась на примере трех видов почв по механическому составу в соответствии с классификацией Н. А. Качинского [10]: легкие суглинки с содержанием физической глины $W_r = 26,5$ % от массы сухой почвы (% МСП) и наименьшей влагоемкостью $W_{HB} = 20,5$ % МСП; тяжелые суглинки – $W_{r/ч} = 49,2$ % МСП, $W_{HB} = 25,7$ % МСП; легкие глины – $W_r = 71,6$ % МСП, $W_{HB} = 30,8$ % МСП. Определение параметров контуров капельного увлажнения почвы проводилось для глубины увлажнения $h_{увл} = h_{кон} = 0,8$ м ($h_{кон}$ – глубина контура капельного увлажнения почвы). Оценка соответствия схем расстановки капельниц проводилась по двум критериям: доля площади увлажнения от площади питания растения, или коэффициент увлажнения $k_{увл}$, и расположение капельницы относительно штамба растения (расстояние между капельницей и штамбом дерева не менее 0,2 м). Требуемая доля площади увлажнения от площади питания зависит от природно-климатических условий орошаемого участка и возделываемой культуры. По данным О. Е. Ясониди, необходимая доля площади увлажнения зависит от вида выращиваемой культуры и природно-климатической зоны ее возделывания и варьируется в диапазоне 0,1–0,5 [8]. При определении параметров рассматриваемых поливных модулей (схем расстановки капельниц в садовом насаждении) использовалась методика

обоснования количества и схемы расстановки капельниц в зоне питания каждого древесного растения в садовом насаждении, разработанная с использованием результатов ранее проведенных исследований, посвященных определению параметров контуров капельного увлажнения почвенного пространства [11, 12], блок-схема которой представлена на рисунке 2. Под термином «поливной модуль» подразумеваем совокупность оборудования для капельного полива многолетних культур, расположенного непосредственно на орошаемом участке и предназначенного для полива одного ряда растений.

В представленной на рисунке 2 блок-схеме использованы следующие обозначения: $L_{м/р}$ – расстояние между рядами растений, м; $B_{м/р}$ – расстояние между растениями в ряду, м; $W_{г/ч}$ – содержание в почве глинистых частиц в % МСП; $W_{НВ}$ – наименьшая влагоемкость почвы, % МСП; $h_{увл}$ – требуемая глубина увлажняемого слоя, м; $h_{кон}$ – глубина контура капельного увлажнения почвы, м; $(k_{увл})_{тр}$ – требуемая для рассматриваемых природно-климатических условий и выращиваемой культуры доля увлажняемой площади от площади питания растения.

Результаты и обсуждение. В современной практике возделывания многолетних древесных плодовых насаждений наибольшее распространение получила однострочная схема расстановки капельных микропроводов (однострочный поливной модуль), включающая(ий) один поливной трубопровод, расположенный вдоль оси и непосредственно около ряда растений. Однострочный поливной модуль может предусматривать для полива каждого дерева в насаждении как одну капельницу, так и несколько. На рисунке 3 представлены примеры однострочного поливного модуля с использованием одной капельницы на дерево для схемы посадки растений $4,0 \times 1,5$ м при заданной глубине увлажнения $h_{увл} = h_{кон} = 0,8$ м.

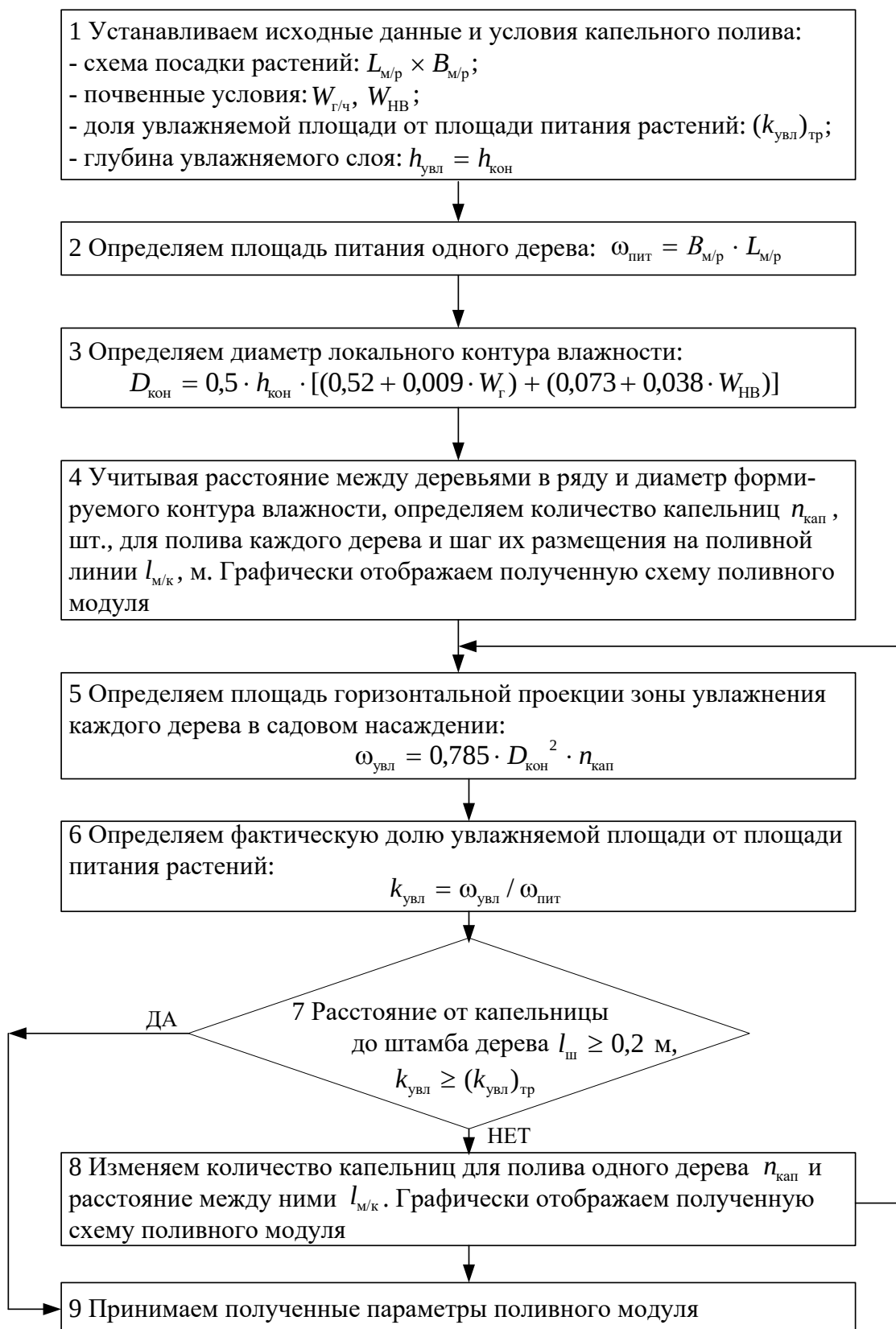
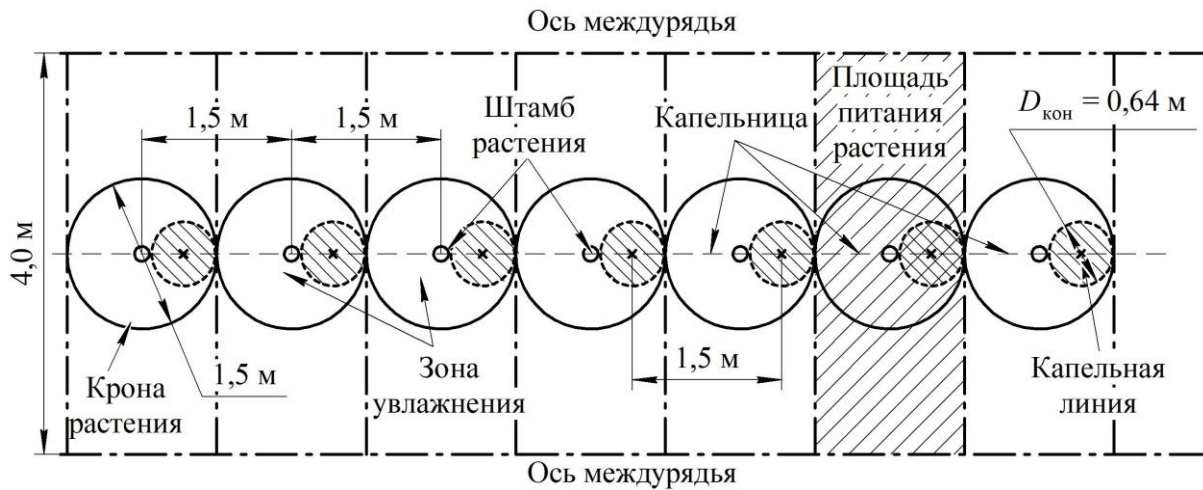
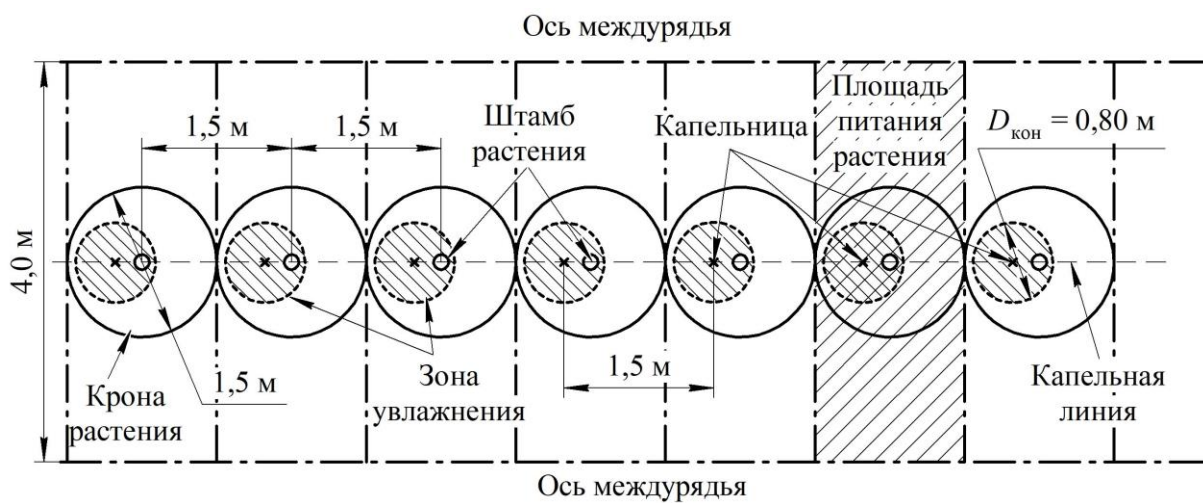


Рисунок 2 – Блок-схема методики обоснования параметров капельного поливного модуля для орошения садовых насаждений

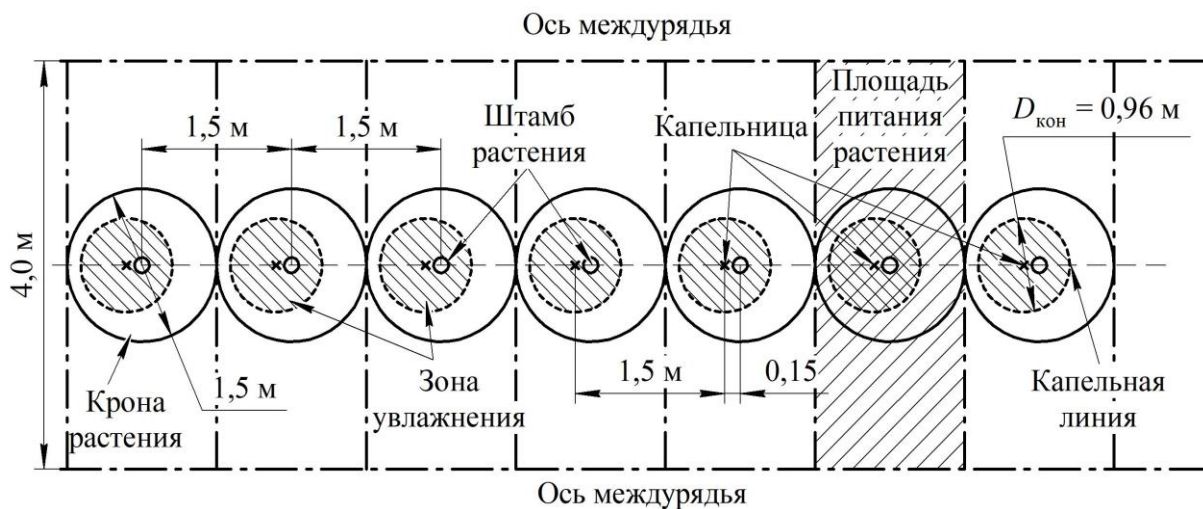
Figure 2 – Block scheme of the methodology for substantiating the parameters of a drip irrigation module for irrigating garden plantings



в условиях легкосуглинистых почв / in conditions of light loamy soils



в условиях тяжелосуглинистых почв / in conditions of heavy loamy soils



в условиях легкого глинистых почв / in conditions of light clay soils

Рисунок 3 – Схемы одностичного поливного модуля с использованием одной капельницы на каждое дерево

Figure 3 – Schemes of a single-cut irrigation module using one emitter per tree

Результаты определения параметров одноструйного поливного модуля с одной капельницей на каждое дерево представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры одноструйного поливного модуля с использованием одной капельницы на дерево

Table 1 – Parameters of a single-cut irrigation module using one emitter per tree

Характеристика модуля	Почвенные условия		
	Легкий суглинок	Тяжелый суглинок	Легкая глина
1	2	3	4
Схема посадки растений $4,0 \times 1,5$ м			
Расстояние между растениями в ряду $L_{м/р}$, м	1,5		
Расстояние между рядами растений $B_{м/р}$, м	4,0		
Расстояние между капельницами $l_{м/к}$, м	1,5		
Площадь питания растения $\omega_{пит}$, м ²	6,0		
Требуемая глубина контура увлажнения $h_{кон}$, м	0,8		
Расчетный диаметр контура увлажнения $D_{кон}$, м	0,64	0,80	0,96
Площадь горизонтальной проекции контура увлажнения почвы $\omega_{кон}$, м ²	0,32	0,50	0,72
Площадь зоны увлажнения $\omega_{увл}$, м ²	0,32	0,50	0,72
Коэффициент увлажнения фактический $k_{увл}$	0,05	0,08	0,12
Требуемый коэффициент увлажнения $(k_{увл})_{тр}$	0,1–0,5		
Расстояние от капельницы до штамба дерева $l_{шт}$, м	> 0,20	> 0,20	> 0,20
Комментарий о соответствии капельной сети рассматриваемым критериям	не соответствует	не соответствует	в диапазоне $k_{увл} = 0,1...0,12$
Схема посадки растений $4,0 \times 2,0$ м			
Расстояние между растениями в ряду $L_{м/р}$, м	2,0		
Расстояние между рядами растений $B_{м/р}$, м	4,0		
Расстояние между капельницами $l_{м/к}$, м	2,0		
Площадь питания растения $\omega_{пит}$, м ²	8,0		
Требуемая глубина контура увлажнения $h_{кон}$, м	0,8		
Расчетный диаметр контура увлажнения $D_{кон}$, м	0,64	0,80	0,96
Площадь горизонтальной проекции контура увлажнения почвы $\omega_{кон}$, м ²	0,32	0,50	0,72
Площадь зоны увлажнения $\omega_{увл}$, м ²	0,32	0,50	0,72
Коэффициент увлажнения фактический $k_{увл}$	0,04	0,06	0,09
Требуемый коэффициент увлажнения $(k_{увл})_{тр}$	0,1–0,5		
Расстояние от капельницы до штамба дерева $l_{шт}$, м	> 0,20	> 0,20	> 0,20

Продолжение таблицы 1

Table 1 continuation

1	2	3	4
Комментарий о соответствии капельной сети рассматриваемым критериям	не соответствует	не соответствует	не соответствует
Схема посадки растений $5,0 \times 3,0$ м			
Расстояние между растениями в ряду $L_{м/р}$, м	3,0		
Расстояние между рядами растений $B_{м/р}$, м	5,0		
Расстояние между капельницами $l_{м/к}$, м	3,0		
Площадь питания растения $\omega_{пит}$, м ²	15,0		
Требуемая глубина контура увлажнения $h_{кон}$, м	0,8		
Расчетный диаметр контура увлажнения $D_{кон}$, м	0,64	0,80	0,96
Площадь горизонтальной проекции контура увлажнения почвы $\omega_{кон}$, м ²	0,32	0,50	0,72
Площадь зоны увлажнения $\omega_{увл}$, м ²	0,32	0,50	0,72
Коэффициент увлажнения фактический $k_{увл}$	0,02	0,03	0,05
Требуемый коэффициент увлажнения $(k_{увл})_{тр}$	0,1–0,5		
Расстояние от капельницы до штамба дерева $l_{шт}$, м	> 0,20	> 0,20	> 0,20
Комментарий о соответствии капельной сети рассматриваемым критериям	не соответствует	не соответствует	не соответствует

В результате расчета установлено, что по критерию соответствия доли увлажняемой площади от площади питания одноконтурный поливной модуль с одной капельницей на каждое дерево возможно использовать только в одном из девяти рассмотренных вариантов, а именно на легкоглинистых почвах для схемы посадки $4,0 \times 1,5$ м в очень узком диапазоне показателя доли площади увлажнения от площади питания растения ($(k_{увл})_{тр}$ от 0,1 до 0,12). Данный поливной модуль позволяет расположить капельницы на расстоянии более 0,2 м от штамба растения, в связи с чем является приемлемым по данному критерию. Однако на практике садоводы не всегда соблюдают данное требование при расположении капельной трубки в садовом насаждении. Пример недопустимого расположения капельниц относительно штамба приведен на рисунке 3, иллюстрирующем поливной модуль в условиях легкоглинистых почв, при котором расстояние от оси капания до штамба дерева составляет 15 см.

Но даже если в одностороннем поливном модуле с одной капельницей на каждое дерево расстояние между капельницей и штамбом превышает 0,2 м, а фактический $k_{увл}$ соответствует требуемому $(k_{увл})_{тр}$, применять его для капельного полива многолетних плодовых насаждений не рекомендуется в связи с тем, что зона увлажнения, формируемая одной капельницей и расположенная сбоку от штамба дерева, будет способствовать формированию несимметричной корневой системы древесного растения, из-за этого древесные растения не осваивают в полной мере отведенную им площадь питания, а также имеют низкую устойчивость ствола и кроны и могут быть повреждены ветровыми и другими воздействиями.

Логично предположить, что применение двух и более капельниц для полива одного дерева в составе одностороннего поливного модуля приведет к характеристикам формируемых в процессе капельного полива зон увлажнения почвы в соответствии с требованиями садового насаждения. Для проверки данной гипотезы рассмотрим односторонний поливной модуль с двумя капельницами на каждое дерево, схема которого проиллюстрирована рисунком 4, а рассчитанные параметры приведены в таблице 2.



Рисунок 4 – Схема одностороннего поливного модуля с использованием двух капельниц на каждое дерево в условиях тяжелосуглинистых почв

Figure 4 – Scheme of a single-cut irrigation module using two emitters per tree in conditions of heavy loamy soils

**Таблица 2 – Параметры однорядного поливного модуля
с использованием двух капельниц на дерево**

**Table 2 – Parameters of a single-cut irrigation module using two emitters
per tree**

Характеристика модуля	Почвенные условия		
	Легкий суглинок	Тяжелый суглинок	Легкая глина
1	2	3	4
Схема посадки растений $4,0 \times 1,5$ м			
Расстояние между растениями в ряду $L_{м/р}$, м	1,5		
Расстояние между рядами растений $B_{м/р}$, м	4,0		
Расстояние между капельницами $l_{м/к}$, м	0,75		
Площадь питания растения $\omega_{пит}$, м ²	6,0		
Требуемая глубина контура увлажнения $h_{кон}$, м	0,8		
Расчетный диаметр контура увлажнения $D_{кон}$, м	0,64	0,80	0,96
Площадь горизонтальной проекции контура увлажнения почвы $\omega_{кон}$, м ²	0,32	0,50	0,72
Площадь зоны увлажнения $\omega_{увл}$, м ²	0,64	1,00	1,44
Коэффициент увлажнения фактический $k_{увл}$	0,11	0,17	0,24
Требуемый коэффициент увлажнения $(k_{увл})_{тр}$	0,1–0,5		
Расстояние от капельницы до штамба дерева $l_{шт}$, м	> 0,20	> 0,20	> 0,20
Комментарий о соответствии капельной сети рас- сматриваемым критериям	в диапа- зоне $k_{увл} =$ $= 0,1...0,11$	в диапа- зоне $k_{увл} =$ $= 0,1...0,17$	в диапа- зоне $k_{увл} =$ $= 0,1...0,24$
Схема посадки растений $4,0 \times 2,0$ м			
Расстояние между растениями в ряду $L_{м/р}$, м	2,0		
Расстояние между рядами растений $B_{м/р}$, м	4,0		
Расстояние между капельницами $l_{м/к}$, м	1,0		
Площадь питания растения $\omega_{пит}$, м ²	8,0		
Требуемая глубина контура увлажнения $h_{кон}$, м	0,8		
Расчетный диаметр контура увлажнения $D_{кон}$, м	0,64	0,80	0,96
Площадь горизонтальной проекции контура увлажнения почвы $\omega_{кон}$, м ²	0,32	0,50	0,72
Площадь зоны увлажнения $\omega_{увл}$, м ²	0,64	1,00	1,44
Коэффициент увлажнения фактический $k_{увл}$	0,08	0,13	0,18
Требуемый коэффициент увлажнения $(k_{увл})_{тр}$	0,1–0,5		
Расстояние от капельницы до штамба дерева $l_{шт}$, м	> 0,20	> 0,20	> 0,20
Комментарий о соответствии капельной сети рас- сматриваемым критериям	не соот- ветствует	в диапазоне $k_{увл} =$ $= 0,1...0,13$	в диапазоне $k_{увл} =$ $= 0,1...0,18$

Продолжение таблицы 2

Table 2 continuation

1	2	3	4
Схема посадки растений $5,0 \times 3,0$ м			
Расстояние между растениями в ряду $L_{м/р}$, м	3,0		
Расстояние между рядами растений $B_{м/р}$, м	5,0		
Расстояние между капельницами $l_{м/к}$, м	1,5		
Площадь питания растения $\omega_{пит}$, м ²	15,0		
Требуемая глубина контура увлажнения $h_{кон}$, м	0,8		
Расчетный диаметр контура увлажнения $D_{кон}$, м	0,64	0,80	0,96
Площадь горизонтальной проекции контура увлажнения почвы $\omega_{кон}$, м ²	0,32	0,50	0,72
Площадь зоны увлажнения $\omega_{увл}$, м ²	0,64	1,00	1,44
Коэффициент увлажнения фактический $k_{увл}$	0,04	0,07	0,10
Требуемый коэффициент увлажнения $(k_{увл})_{тр}$	0,1–0,5		
Расстояние от капельницы до штамба дерева $l_{шт}$, м	> 0,20	> 0,20	> 0,20
Комментарий о соответствии капельной сети рассматриваемым критериям	не соответствует	не соответствует	не соответствует

Проиллюстрированная рисунком 4 схема односточного поливного модуля с двумя капельницами на каждое дерево соответствует требованию по расположению капельного микропроводовыпуска не ближе 0,2 м к штамбу дерева в плане для всех вариантов схем посадки растений в садовом насаждении. При этом по доле увлажняемой площади $k_{увл}$ такой поливной модуль может быть применен для схем посадки $4,0 \times 1,5$ и $4,0 \times 2,0$ м в условиях тяжелосуглинистых и легкоглинистых почв для орошения засухоустойчивых культур в природно-климатических условиях с незначительным дефицитом по осадкам. Основным недостатком схемы односточного поливного модуля с двумя капельницами на каждое растение является тот факт, что она способствует формированию корневой системы многолетних древесных насаждений, которая слабо развита в междурядовом почвенном пространстве садового насаждения и не использует в полной мере всю отведенную площадь питания, в связи с этим такая схема не может быть рекомендована для использования в садовом насаждении.

При использовании в составе односточного поливного модуля нечетного количества капельниц для полива каждого растения в садовом насаждении неизбежно одна из капельниц будет расположена непосредственно около штамба древесного растения, что проиллюстрировано рисунком 5.

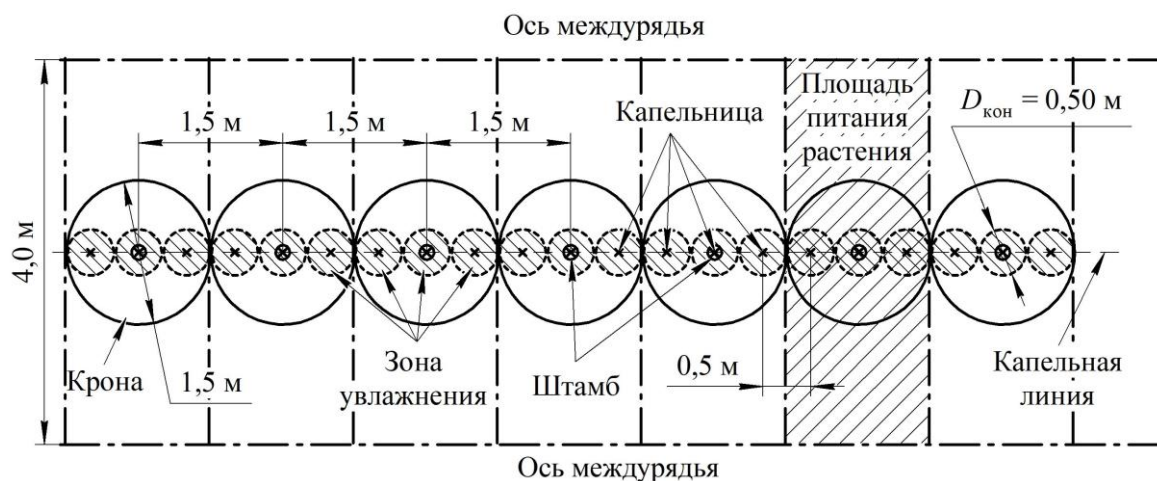


Рисунок 5 – Схема односточного поливного модуля с использованием трех капельниц на каждое дерево

Figure 5 – Scheme of a single-cut irrigation module using three emitters per tree

В связи с этим применение односточного поливного модуля с нечетным количеством капельниц для полива одного растения в садовом насаждении также является недопустимым.

Увеличить долю капельно увлажняемой площади от площади питания многолетних древесных плодовых культур и довести ее до соответствия нормативным показателям, а также стимулировать развитие корневой системы в междурядовом пространстве садового насаждения позволит применение двухниточного поливного модуля, подразумевающего использование двух капельных поливных линий, расположенных параллельно оси ряда растений в междурядовом пространстве садового насаждения. Обоснование параметров и разработка конструктивных решений двухниточного поливного модуля для капельного полива многолетних древесных плодовых насаждений будут являться целью дальнейших исследований.

Выводы. Обобщая вышеприведенные результаты исследования параметров одноструйного поливного модуля, применяемого для капельного полива многолетних древесных плодовых насаждений, получили следующие выводы.

1 Одноструйный поливной модуль с нечетным количеством капельниц на каждое дерево (в частности, одной и тремя капельницами на дерево) не соответствует требованиям древесных садовых культур в садовом насаждении и не рекомендуется к использованию.

2 Одноструйный поливной модуль, предусматривающий четное количество капельниц на каждое дерево, может быть применен для полива многолетних садовых насаждений при определенном сочетании почвенных и технологических условий возделывания плодовых культур, например, для относительно небольших площадей питания растений садового насаждения (при схемах посадки $4,0 \times 1,5$ м и более плотной посадке) в условиях тяжелых по гранулометрическому составу почв (тяжелые суглинки, легкие глины) в природно-климатических условиях с незначительным дефицитом водного баланса ($k_{увл}$ от 0,1 до 0,24 при самом благоприятном сочетании указанных факторов).

3 Одноструйный поливной модуль в рассмотренных условиях не может обеспечить долю увлажнения почвы от площади питания в диапазоне от 25 до 50 %, которая требуется для эффективного выращивания плодовых культур в южной природно-климатической зоне, характеризующейся благоприятными для культивирования плодовых культур температурными и почвенными условиями при имеющем место дефиците природного увлажнения территории. Кроме этого, данный поливной модуль не предусматривает увлажнение междурядового почвенного пространства садового насаждения, в связи с чем корневая система растений не осваивает в полной мере междурядовое почвенное пространство, являющееся в данном слу-

чае резервом, использование которого может обеспечить дополнительное питание выращиваемых культур и, следовательно, повысить урожайность древесных плодовых культур в садовых насаждениях.

Список источников

1. Шкура В. Н., Обумахов Д. Л., Рыжаков А. Н. Капельное орошение яблони: монография / под ред. В. Н. Шкуры. Новочеркасск: Лик, 2014. 310 с.
2. Dubenok N. N., Gemonov A. V., Lebedev A. V. Effects of drip irrigation regimes on growth, quality plum seedlings, and water use efficiency in European Russia // Journal of Physics: Conference Series. 2020, Nov. 52093. DOI: 10.1088/1742-6596/1679/5/052093.
3. Безопасные системы и технологии капельного орошения: науч. обзор / Г. Т. Балакай, Л. А. Воеводина, Ю. Ф. Снипич, А. Н. Бабичев, В. А. Кулыгин, Н. И. Балакай, М. А. Евтухов, Д. Б. Латария, Т. А. Погоров, Д. В. Сухарев, Е. А. Бабичева, Н. И. Тупикин, Е. А. Кропина, А. Б. Фиошин. М.: Мелиоводинформ, 2010. 52 с.
4. Щедрин В. Н., Васильев С. М. Концептуально-методологические принципы (основы) стратегии развития мелиорации как национального достояния России // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 1(33). С. 1–11. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=584&id=585> (дата обращения: 20.01.2022). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-1-11.
5. Optimal design of drip irrigation submains: Presure-compensating emitters / С. Е. Schilardi Sicoli, R. Aliod, F. Zorilla, J. A. Morábito // Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. 2019. Vol. 51(2). P. 154–166.
6. Попова В. П., Фоменко Т. Г. Эффективность капельного орошения с применением минеральных удобрений в насаждении яблони // Садоводство и виноградарство. 2009. № 2. С. 2–5.
7. Капельное орошение: пособие к СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения»: утв. Союзводпроект 11.04.86. М.: Союзводпроект, 1986. 149 с.
8. Ясонида О. Е. Капельное орошение. Новочеркасск: Лик, 2011. 322 с.
9. Попова В. П., Фоменко Т. Г. Питание яблони при капельном орошении на черноземных почвах // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2009. № 4. С. 47–48.
10. Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, О. Ю. Шалашова, Г. И. Табала; под ред. В. Н. Щедрина. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. 137 с.
11. Штанько А. С., Шкура В. Н. Методика прогнозирования контуров капельного увлажнения почв на склоновых землях // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 4(36). С. 72–87. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=630&id=636> (дата обращения: 20.01.2022). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-72-87.
12. Васильев С. М., Шкура В. Н., Штанько А. С. Форма и параметры контуров капельного увлажнения почв на склоновых землях // Аграрный научный журнал. 2020. № 3. С. 70–75.

References

1. Shkura V.N., Obumakhov D.L., Ryzhakov A.N., 2014. *Kapel'noe oroshenie yablo-ni: monografiya* [Drip Irrigation of Apple Trees: monograph]. Novocherkassk, Lik Publ., 310 p. (In Russian).

2. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V., 2020. Effects of drip irrigation regimes on growth, quality plum seedlings, and water use efficiency in European Russia. *Journal of Physics: Conference Series*, Nov., 52093, DOI: 10.1088/1742-6596/1679/5/052093.
3. Balakay G.T., Voevodina L.A., Snipich Yu.F., Babichev A.N., Kulygin V.A., Balakai N.I., Evtukhov M.A., Lataria D.B., Pogorov T.A., Sukharev D.V., Babicheva E.A., Tupikin N.I., Kropina E.A., Finoshin A.B., 2010. *Bezopasnye sistemy i tekhnologii kapel'nogo orosheniya: nauch. obzor* [Safe Systems and Technologies of Drip Irrigation: Scientific Review]. Moscow, Melioinform Publ., 52 p. (In Russian).
4. Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., 2019. [Conceptual and methodological principles (basics) of the development strategy for reclamation as a national treasure of Russia]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 1(33), pp. 1-11, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=584&id=585> [accessed 20.01.2022], DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-1-11. (In Russian).
5. Schilardi Sícoli C.E., Aliod R., Zorilla F., Morábito J.A., 2019. Optimal design of drip irrigation submains: Pressure-compensating emitters. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, vol. 51(2), pp. 154-166.
6. Popova V.P., Fomenko T.G., 2009. *Effektivnost' kapel'nogo orosheniya s primeneniem mineral'nykh udobreniy v nasazhdenii yabloni* [Efficiency of drip irrigation with application of mineral fertilizers in apple plantations]. *Sadovodstvo i vinogradarstvo* [Gardening and Viticulture], no. 2, pp. 2-5. (In Russian).
7. *Kapel'noe oroshenie: posobie k SNIIP 2.06.03-85 "Meliorativnye sistemy i sooruzheniya"* [Drip Irrigation: manual to "Irrigation Systems and Structures"]. Moscow, Soyzvodproekt, 1986, 149 p. (In Russian).
8. Yasonidi O.E., 2011. *Kapel'noe orosheni*. [Drip Irrigation]. Novocherkassk, Lik Publ., 322 p. (In Russian).
9. Popova V.P., Fomenko T.G., 2009. *Pitanie yabloni pri kapel'nom oroshenii na chernozemnykh pochvakh* [Apple tree nutrition during drip irrigation on chernozem soils]. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk* [Bull. of Russian Academy of Agricultural Sciences], no. 4, pp. 47-48. (In Russian).
10. Shchedrin V.N., Balakay G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Shalashova O.Yu., Tabala G.I., 2017. *Rukovodstvo po kontrolyu i regulirovaniyu pochvennogo plodorodiya oroshaemykh zemel'* [Guidelines for Control and Regulation of Soil Fertility of Irrigated Lands]. Novocherkassk, RosNIIPM Publ., 137 p. (In Russian).
11. Shtanko A.S., Shkura V.N., 2019. [Methodology for predicting drip soil moisture contours on slope lands]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 4(36), pp. 72-87, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=630&id=636> [accessed 20.01.2022], DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-72-87. (In Russian).
12. Vasiliev S.M., Shkura V.N., Shtanko A.S., 2020. *Forma i parametry konturov kapel'nogo uvlazhneniya pochv na sklonovykh zemlyakh* [Form and parameters of soil drip contours on slope land]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 3, pp. 70-75. (In Russian).

Информация об авторах

А. С. Штанько – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, shtanko.77@mail.ru

В. Н. Шкура – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, профессор, shtanko.77@mail.ru

Information about the authors

A. S. Shtanko – Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences, shtanko.77@mail.ru

V. N. Shkura – Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences, Professor,
shtanko.77@mail.ru

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата,
самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical
violations in scientific publications.*

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

*Статья поступила в редакцию 25.01.2022; одобрена после рецензирования 15.02.2022;
принята к публикации 16.02.2022.*

*The article was submitted 25.01.2022; approved after reviewing 15.02.2022; accepted for
publication 16.02.2022.*