МЕЛИОРАЦИЯ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Обзорная статья

УДК 631.674.6:634

doi: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-157-173

Компоновочные решения модулей оросительной сети капельно орошаемых древесно-плодовых растений, культивируемых в садовых насаждениях

Виктор Николаевич Шкура¹, Андрей Сергеевич Штанько²

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

¹<https://orcid.org/0000-0002-4639-6448>

²<https://orcid.org/0000-0002-6699-5245>

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

Аннотация. Цель: разработка компоновочно-конструктивных схем территориального устройства капельно орошаемых плодовых промышленных садов. **Материалы и методы.** При достижении цели решались задачи по оценке и выбору компоновок растительных модулей сада – садовых кварталов, клеток и рядов, составляющих древесно-плодовые насаждения, и разработке модулей оросительной сети, обеспечивающих их капельное орошение. Фактологическую основу исследования составили данные обследования древесно-плодовых садов и известные рекомендации по организации территории садовых насаждений. **Результаты.** Принимая за основу модульный подход к планировке многолетних древесно-плодовых насаждений, подразумевающий устройство садовых кварталов, клеток и рядов, предложили соответствующие им схемы участкового, оросительного и поливного модулей, обеспечивающих их капельное орошение. Учитывая формы и размеры восьмиклеточных садовых кварталов, предложили две схемы капельных участковых модулей, включающих участковый распределитель, оросители и систему поливных трубопроводов. Оросительный модуль, обеспечивающий полив садовой клетки, включает оросительный трубопровод и питающиеся из него поливные трубопроводы. Поливной модуль предусматривает орошение одного ряда древесно-плодовых растений и включает один (для однострочного поливного модуля) или два (для двухстрочного поливного модуля) поливных трубопровода с системой встроенных в них капельных микроводовыпусков, размещаемых с учетом схемы посадки многолетних растений и формирующих в подкапельном почвенном пространстве контуры или полосы увлажнения почвы. **Выводы.** Предложены рациональные компоновочные решения модулей капельных оросительных сетей, соответствующие садовым модулям и позволяющие унифицировать проектные решения организации территории капельно орошаемых садов, культивируемых по индустриальным технологиям ведения посадочных, уходных и уборочных работ.

Ключевые слова: капельное орошение, орошаемое садоводство, территориальное устройство, системы капельного орошения, средства капельного орошения, модульный принцип

LAND RECLAMATION, RECULTIVATION AND LAND PROTECTION

Review article

Layout solutions for drip irrigation network modules of irrigated wood-fruit plants, cultivated in garden plantings

Viktor N. Shkura¹, Andrey S. Shtanko²

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

¹<https://orcid.org/0000-0002-4639-6448>

²<https://orcid.org/0000-0002-6699-5245>

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

Abstract. Purpose: to develop layout and design schemes for the territorial arrangement of drip irrigated commercial fruit orchards. **Materials and methods.** When the goal was achieved, the tasks on assessing and choosing the layouts of the garden's plant modules – garden squares, quarters and rows that make up tree-fruit plantations, and the development of irrigation network modules that ensure their drip irrigation were solved. The factual basis of the study was formed by the survey data of wood-fruit orchards and well-known recommendations on the organization of the garden plantings territory. **Results.** Taking a modular approach to the planning of perennial woody-fruit plantations, implying the arrangement of garden squares, quarters and rows as a basis, the corresponding schemes of the section, irrigation and watering modules ensuring their drip irrigation, were suggested. Taking into account the shapes and sizes of eight-squares garden blocks, two schemes of drip sectional modules were proposed, including a sectional distributor, sprinklers and a system of irrigation pipelines. The irrigation module, which provides watering of the garden quarter, includes an irrigation pipeline and irrigation pipelines fed from it. The watering module provides for irrigation of one row of woody-fruit plants and includes one (for a single-line irrigation module) or two (for a two-line irrigation module) irrigation pipelines with a system of built-in drip micro-outlets, placed taking into account the planting pattern of perennial plants and forming contours or strips of soil moisture in the sub-drip soil space. **Conclusions.** Rational layout solutions for drip irrigation network modules are proposed, corresponding to garden modules and allowing unifying design solutions for organizing the territory of drip irrigated gardens cultivated according to industrial technologies for planting, maintenance and harvesting operations.

Keywords: drip irrigation, irrigated gardening, territorial structure, drip irrigation systems, drip irrigation means, modular principle

Введение. Современные системы капельного орошения садов представляют собой сложные природно-искусственные комплексы (образования). Эффективность их функционирования и продукционная отдача определяются степенью согласованности их естественной (природной) и техногенной составляющих [1]. Определяя природную компоненту (растение, почвенный покров, микроклиматические условия) комплекса в качестве приоритетной составляющей, необходимо привести в соответствие с ее характеристиками и особенностями техногенную часть комплекса [2]. Техногенная составляющая капельно орошаемого промышленного древесно-плодового сада – элементы организации его территории, инженерно-коммуникационная инфраструктура и средства систем капельного полива.

К настоящему времени специалистами-плодоводами определены условия создания промышленных садов и их территориального обустройства [3–7], а специалистами-гидромелиораторами накоплен определенный опыт создания и использования капельных систем орошения древесных плодовых растений, культивируемых в садовых насаждениях по индустриальным технологиям ведения уходных работ [8–12]. И при этом необходимый симбиоз требований и рекомендаций пловодов (определяющих потребности древесных плодовых культур) и возможностей гидромелиораторов (в части функционирования капельных оросительных систем) до настоящего времени не обеспечивается. Указанное обстоятельство приводит как к высокой эффективности применения технологий капельного полива и фертигации, так и к низким показателям повышения продуктивности садовых культур. Судя по ранее проведенным исследованиям [8, 13], в зависимости от вида плодовых культур, условий и качества капельного полива и фертигации при снижении количества поливной воды в 1,4–1,6 раза в сравнении с другими способами орошения получают 100–200 % прибавки урожая плодовой продукции в сопоставлении с урожайностью древесно-плодовых культур на богаре. А судя по данным Т. Г. Фоменко, В. П. Поповой [14], прибавка урожайности яблоневых культур, возделываемых на Кубани (в зоне неустойчивого увлажнения) и на Нижнем Дону (в зоне недостаточного увлажнения), оказалась незначимой.

Предшествующими исследованиями, посвященными устройству и культивированию капельно орошаемых промышленных (возделываемых по индустриальным технологиям) садов, разработан ряд как локальных, так и обобщающих рекомендаций по их проектированию и эксплуатации [15–19]. И при всем при этом инженеры до настоящего времени испытывают недостаток разработок и рекомендаций в области компоновочно-конструктивных решений капельной оросительной сети для полива многолетних древесных плодовых культур: имеют место неразрешенные (в должной

степени) проблемные задачи, на освещение которых и определение путей их разрешения направлено нижеследующее исследование.

Материалы и методы. Базу для исследования составили известные и авторские данные исследований капельных систем орошения древесных плодовых растений, культивируемых в садах по индустриальным технологиям ведения посадочных, уходных и уборочных работ. Методологию исследования составили методы научного анализа и синтеза данных экспериментальных исследований, имеющиеся рекомендации по расчету и конструированию элементов капельных оросительных систем в садах.

Результаты и обсуждение. При проектировании промышленных древесно-плодовых капельно орошаемых насаждений садовые инженеры используют информацию и рекомендации пловодоводов по модульному подходу к организации и инженерному обустройству их территории. В качестве основной модульной единицы при планировке промышленных садов, возделываемых по индустриальным технологиям ведения уходных работ, принят садовый квартал и составляющие его садовые клетки и ряды древесно-плодовых культур. В ряде известных работ пловодоводов разработаны рекомендации по форме, размерам, расположению (с учетом световой и ветровой ориентации) модульных единиц в индустриально культивируемых садовых насаждениях, по системам и схемам посадки (расположению) отдельных древесных плодовых растений [3, 4]. Примеры компоновочных решений садовых модульных единиц (садового квартала, садовой клетки и садового ряда) проиллюстрированы на рисунках 1–3.

Анализ известных рекомендаций по плановому обустройству садовых насаждений с рядовым размещением в них древесно-плодовых культур позволяет отметить, что при их разработке учитывался широкий спектр рельефных, почвенных, фитометрических данных и биологических особенностей возделываемых культур, направлений ветров, световая ориентация, общие размеры садового участка и ряд других факторов. В опре-

деленной степени при решении задач по организации территории промышленного сада учитывались хозяйственно-технологические соображения по обеспечению индустриальных подходов к ведению уходных и уборочных работ, расположению коммуникаций, садозащитных лесных полос, источников воды для орошения, соблюдению экологических требований, условий организации опыления растений, созданию возможности защиты от заморозковых и градовых воздействий, пожаров и других негативных явлений. Оценка известных рекомендаций специалистов-плодоводов садовыми инженерами и гидромелиораторами позволяет отметить, что при решении планировочных задач определенное предпочтение отдается вопросу обеспечения инсоляции («световому (лучевому) питанию культур» – созданию благоприятных условий для фотосинтеза) и в меньшей степени учитываются условия водно-минерального питания растений (создание благоприятных условий для роста, развития и функционирования корневых систем). Так, при плановом размещении отдельных растений в насаждениях с рядовой посадкой принимаются схемы посадки с преобладанием размера (ширины) междурядового пространства (междурядья) над расстоянием между растениями в ряду. Указанный подход заведомо предопределяет прямоугольную (вытянутую в плане) форму площади (зоны) водного и минерального питания культур. Судя по Н. П. Кривко, В. И. Копылову и др. [3, 4], рекомендуются схемы посадки древесно-плодовых культур в виде соотношений $B_{м/р} \times L_{м/р}$ со значениями: $3,0 \times 1,5$ м; $4,0 \times 2,0$ м; $4,0 \times 1,5$ м; $4,5 \times 2,5$ м и др., где $B_{м/р}$ – расстояние между двумя соседствующими рядами растений (ширина междурядья), м; $L_{м/р}$ – расстояние между соседствующими растениями в ряду, м. В большинстве рекомендуемых схем посадки ширина светотехнологического коридора (ширина междурядья) в среднем в 2 раза превышает расстояние между штамбами растений в рядовом направлении.

1 – внутриквартальная дорога; 2 – межклеточные дороги; 3 – садозащитная лесная полоса; 4 – древесные плодовые растения; $B_{кв}$ – ширина садового квартала, м;
 $L_{кв}$ – длина садового квартала, м; $B_{кл}$ – ширина клетки, м; $L_{кл}$ – длина клетки, м

**Рисунок 1 – Схема территориального устройства
восьмиклеточного садового квартала площадью 12,5 га**

1 – внутриквартальная дорога; 2 – межклеточные дороги; 3 – ряды многолетних древесных плодовых культур; $B_{кл}$ – ширина клетки, м; $L_{кл}$ – длина клетки, м;
 $B_{м/р}$ – ширина междурядья, м; $L_{м/р}$ – расстояние между растениями в ряду, м

Рисунок 2 – Схема садовой клетки в составе садового квартала

1 – междюточная дорога; 2 – многолетние древесные плодовые культуры;
 $L_{кл}$ – длина клетки, м; L_p – длина ряда растений, м; $B_{м/р}$ – ширина междурядья, м;
 $L_{м/р}$ – расстояние между растениями в ряду, м; $D_{кр}$ – диаметр кроны растения, м

Рисунок 3 – Схема двухрядья древесно-плодовых растений в саду

С учетом указанного обстоятельства (в соответствии с формой и размерами выделенной растению площади корневого питания) обоснованно предположить, что и корневая система, осваивающая эту зону, должна ей соответствовать и по форме и по размерам. Это предусматривает асимметричность распространения корней растения в садовом насаждении в соответствии с асимметричностью зоны их питания. Отметим, что, судя по данным специалистов в области корневедения [20], в реальных условиях корневые системы характеризуются в определенной мере (в разной степени) асимметричностью расположения их корневых ветвей в почвенном пространстве. Геометрия корневых систем (их глубинное и плановое расположение) зависит от влияния многих факторов: изотропности почвенной среды, наличия корней конкурирующих и «дружелюбных» растений, рельефных условий, биологических особенностей привойно-подвойных комбинаций культур. Корневые системы растений обладают определенным уровнем пластичности и приспособляемости к средовым условиям жизненного пространства. И при всем при этом устраиваемые при посадке растений затруднения в части ограничения для распространения их корней могут привести к дефициту в потреблении растениями влаги и содержащихся в почве элементов минерального питания при полном обеспечении культур световой энергией. Реально имеющий место дисбаланс между ука-

занными видами питания (световым, или «фотолучевым», и минеральным) предполагается регулировать (нейтрализовать) за счет орошения и внесения удобрений. При этом предполагается, что вода и агрохимпрепараты будут подаваться (вноситься) в зоны их потребления корнями растений (в зоны расположения основной массы потребляющих воду и минеральные вещества корней древесно-плодовых культур). Плодоводами допускается (в отсутствие альтернативных обоснований) приемлемость сложившегося подхода в устройстве древесно-плодовых насаждений (в части обеспечения светового и водно-минерального питания растений) и модульный принцип организации территории садов. Гидромелиораторы в свою очередь предложили соответствующие компоновочные решения систем их капельного орошения. При этом «орошенцы» («капельщики») при организации капельных оросительных сетей по аналогии с пловодами приняли модульный принцип их устройства. При разработке капельных модулей предусматривается их соответствие садовым модулям. Применительно к садовому кварталу предлагается устраивать капельный участковый модуль. Садовую клетку предполагается орошать посредством капельного оросительного модуля, а ряду растений соответствует поливной модуль. При этом каждому виду капельных модулей соответствует определенный комплекс (комплект) трубопроводов, регулирующей арматуры и (или) поливных элементов. Указанная согласованность растительных и капельных модулей позволяет унифицировать процесс проектирования капельно орошаемых промышленных древесно-плодовых садов. Предлагаемые компоновочно-конструктивные решения участкового, оросительного и поливного модулей капельной поливной сети приведены на рисунках 4–7.

Приведенные на рисунках 4–7 обозначения трубопроводов имеют следующее описание: Мт – магистральный трубопровод; Рт1 – участковый распределитель; Рт1/От1 – Рт1/От8 – оросительные трубопроводы; Рт1/От1//П1 – Рт1/От4//П58 – Рт1/От8//П29 – поливные трубопроводы.

1 – внутриквартальная дорога; 2 – межклеточные дороги; 3 – садооащитная лесная полоса; $B_{кв}$ – ширина садового квартала, м; $L_{кв}$ – длина садового квартала, м;
 $B_{кл}$ – ширина клетки, м; $L_{кл}$ – длина клетки, м

Рисунок 4 – Схема оросительной сети участкового модуля с центральным расположением участкового распределителя

1 – внутриквартальная дорога; 2 – межклеточные дороги; 3 – садооащитная лесная полоса; $B_{кв}$ – ширина садового квартала, м; $L_{кв}$ – длина садового квартала, м;
 $B_{кл}$ – ширина клетки, м; $L_{кл}$ – длина клетки, м

Рисунок 5 – Схема капельной сети участкового модуля с односторонним расположением участкового распределителя

1 – квартальная дорога; 2 – клеточные дороги; 3 – узел водораспределения;
4 – распределитель; 5 – ороситель; 6 – поливной трубопровод; $B_{o/t}$ – длина оросителя, м;
 $L_{п/т}$ – длина поливного трубопровода, м; $B_{кл}$ – ширина клетки, м; $L_{кл}$ – длина клетки, м;
 $B_{м/л}$ – расстояние между поливными линиями, м; $L_{м/к}$ – межкапельное расстояние, м

Рисунок 6 – Схема оросительного модуля для полива садовой клетки

I – оросительный трубопровод; 2 – поливной трубопровод; 3 – капельницы; 4 – кроны растений; $L_{п/т}$ – длина поливного трубопровода, м; $L_{м/р}$ – расстояние между растениями в ряду, м; $L_{м/к}$ – межкапельное расстояние на поливном трубопроводе, м

Рисунок 7 – Схема одноструйного поливного модуля

Магистральный трубопровод Мт предназначен для транспортировки оросительной воды из источника орошения к орошаемому участку и питания нескольких участковых модулей капельной оросительной сети. Распределительный трубопровод Рт1 распределяет оросительную воду внутри участкового модуля между отдельными клетками сада (оросительными модулями). Оросительный трубопровод предназначен для подачи воды на одну или две клетки и распределяет воду между поливными трубопроводами (поливными модулями). Поливной трубопровод предназначен для полива одного ряда растений и подает поливную воду в почвенное пространство через капельные микроводовыпуски.

Для рассмотренного восьмиклеточного участкового модуля предложены два варианта расположения поливной сети в зависимости от применяемой схемы расположения распределительного трубопровода. На рисунке 4 приведена схема участкового модуля с центральным расположением участкового распределителя Рт1, включающего восемь оросительных трубопроводов, каждый из которых подает поливную воду на одну садовую клетку и питает 29 поливных трубопроводов. А на рисунке 5 представлена схема участкового модуля с односторонним расположением участкового распределителя Рт1, включающая четыре оросительных трубопровода, каждый из которых питает по две садовых клетки и подает воду в 58 поливных трубопроводов. Количество поливных трубопроводов рассчитано для одностороннего поливного модуля капельной оросительной сети.

Отметим, что к настоящему времени пловодоты и гидромелиораторы согласованно приняли решение о возможности применения односторонних поливных модулей с расположением (укладкой на поверхность земли или подвешиванием на шпалере) капельного поливного трубопровода по оси ряда растений. При таком техническом решении капельного поливного модуля в подкапельном почвенном пространстве формируется полоса

увлажнения почвы шириной, равной диаметру локального контура влажности, образующегося под одним капельным микроводовыпуском [21]. При этом большая часть междурядового почвенного пространства остается неувлажненной, несмотря на наличие в его почвенной толще корней культивируемых растений. Общая площадь увлажняемой зоны при использовании однониточного модуля в зависимости от почвенных условий, глубины увлажняемого слоя и схемы посадки растений не превышает 15–20 % от общей площади питания культуры, что для условий влагодефицитных степной и сухостепной природно-климатических зон является недостаточным. Так, судя по данным Б. Г. Штепы и др. [22], требуемая относительная площадь увлажнения зависит от типа почвы (по гранулометрическому составу легкой, средней и тяжелой), расходов капельниц и схемы их расположения. Рекомендуемые значения площади увлажнения $\omega_{увл}$ составляют: при капельном поливе легких почв капельницами с расходом $q_{кап} = 4$ л/ч с шагом их размещения на поливном трубопроводе (межкапельным расстоянием) $L_{м/к} = 0,6$ м и расстоянием между поливными линиями (междурядовым расстоянием) $B_{м/р} = 4,0$ м $\omega_{увл} = 23$ %; при значениях $q_{кап} = 3$ л/ч, $L_{м/к} = 0,7$ м и $B_{м/р} = 4,0$ м в средних по гранулометрии почвах $\omega_{увл} = 27$ %; для условий $q_{кап} = 2$ л/ч, $L_{м/к} = 1,0$ м и $B_{м/р} = 4,0$ м при поливе тяжелых почв $\omega_{увл} = 34$ %. В связи с приведенными рекомендациями отметим, что они не учитывают условия природно-климатических зон и биологические особенности культур.

Необходимая доля площади увлажнения от площади питания многолетней плодовой культуры и требование по расположению капельных микроводовыпусков (точек капания) не ближе 0,2 м от штамба растений обеспечиваются двухниточным поливным модулем (рисунки 8, 9).

1 – оросительный трубопровод; 2 – поливные трубопроводы; 3 – капельницы; 4 – кроны растений; $L_{п/т}$ – длина поливного трубопровода, м; $L_{м/р}$ – расстояние между растениями в ряду, м; $L_{м/к}$ – межкапельное расстояние на поливном трубопроводе, м

Рисунок 8 – Схема двухниточного поливного модуля для капельного полива одного ряда древесно-плодовых растений

1 – квартальная дорога; 2 – клеточная дорога; 3 – узел водораспределения; 4 – распределитель; 5 – ороситель; 6 – поливной трубопровод; 7 – капельница; 8 – крона растения; $B_{о/т}$ – длина оросителя, м; $B_{кл}$ – ширина клетки, м; $B_{м/л}$ – расстояние между поливными линиями, м; $L_{м/к}$ – межкапельное расстояние, м; $L_{м/р}$ – расстояние между растениями в ряду, м; $B_{м/р}$ – расстояние между рядами растений, м

Рисунок 9 – Схема оросительного модуля, оборудованного двухниточным поливным модулем

Предложенная конструкция двухниточного поливного модуля предусматривает возможность перемещения поливных трубопроводов в направ-

лении от штамба растения к оси междурядья и обратно, что значительно снижает возможность деградации почв от систематического их переувлажнения и не препятствует ведению уходных работ с применением средств механизации. Применение двухниточных капельных поливных модулей предусматривает соответствующие изменения в компоновочно-конструктивных решениях участкового и оросительного модулей.

Выводы

1 Предложены компоновочные решения участкового, оросительного и поливного модулей, обеспечивающих капельное орошение соответствующих им садовых модулей (садового квартала, садовой клетки и садового ряда) в древесно-плодовых промышленных садах. Предложенные компоновочные решения модулей капельной поливной сети позволят унифицировать проектные решения организации территории капельно орошаемых садов, культивируемых по индустриальным технологиям ведения посадочных, уходных и уборочных работ.

2 Предложено компоновочное решение двухниточного поливного модуля, предусматривающего два поливных трубопровода для полива одного ряда древесных плодовых растений. Предложенная схема обеспечит повышение доли увлажняемой площади от площади питания по сравнению с однониточной схемой и соблюдение требования по расположению капельницы на расстоянии не менее 0,2 м от штамба растения. Кроме этого, использование двух ниток позволит перемещать поливные трубопроводы в межполивной период в направлении от штамба растения к оси междурядья и обратно, что призвано снизить интенсивность деградации почв от систематического их переувлажнения.

Список источников

1. Щедрин В. Н., Васильев С. М. Стратегические направления развития мелиоративного сектора в АПК // Стратегические направления развития АПК стран СНГ: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф. 2017. С. 167–169.

2. Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель / под ред. В. Н. Щедрина. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. 137 с.
3. Плодоводство: учеб. пособие / под ред. Н. П. Кривко. СПб.: Лань, 2014. 416 с.
4. Организация территории сада. Система садоводства Республики Крым / В. И. Копылов, Е. Б. Балыкина, И. Б. Беренштейн, В. А. Бурлак, Н. Г. Валеева, Н. Я. Корниенко, Н. Е. Опанасенко, Д. В. Потанин, А. М. Пичугин, В. А. Рябов, С. И. Скляр, В. Н. Сторчоус, Н. М. Стрюкова, М. Е. Сычевский; Крым. федер. ун-т им. В. И. Вернадского; Акад. биоресурсов и природопользования. Симферополь, 2016. 288 с.
5. Попова В. П., Фоменко Т. Г. Зональные особенности капельного орошения и фертигации интенсивных насаждений яблони Северо-Кавказского региона // Садоводство и виноградарство. 2011. № 3. С. 33–35.
6. Плодоводство / Ю. В. Трунов [и др.]; под ред. Ю. В. Трунова и Е. Г. Самощенко. М.: КолосС, 2012. 415 с.
7. Борисова А. А., Куликов И. М. Интенсивные сады яблони на семенном подвое. М.: ВСТИСП, 2016. 51 с.
8. Ясонида О. Е. Капельное орошение. Новочеркасск: Лик, 2011. 322 с.
9. Галиуллина Е. Ю. Капельное орошение яблоневого сада в условиях сухостепной зоны Волгоградской области: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02. Саратов, 2015. 21 с.
10. Кучер Д. Е. Эксплуатационные показатели и параметры капельного полива для увлажнения плодового сада // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2015. № 2(23). С. 18–20.
11. Системы капельного орошения: учеб. пособие / М. Л. Ромащенко [и др.]; под ред. М. Л. Ромащенко. Днепропетровск: Оксамит-текст, 2007. 175 с.
12. Шкура В. Н., Обумахов Д. Л., Рыжаков А. Н. Капельное орошение яблони / под ред. В. Н. Шкуры. Новочеркасск: Лик, 2014. 310 с.
13. Справочник мелиоратора / сост.: Б. С. Маслов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Россельхозиздат, 1980. 256 с.
14. Фоменко Т. Г., Попова В. П. Плодоношение яблони при капельном орошении и фертигации на Северном Кавказе // Плодоводство и ягодоводство России. 2011. Т. 27. С. 275–282.
15. Семерджян А. К., Бень А. В. Опыт проектирования и строительства систем капельного орошения в Краснодарском крае // Природообустройство. 2018. № 4. С. 85–88.
16. Шуравилин А. В., Кучер Д. Е., Сурикова Н. В. Водопотребление яблоневого сада на древесно-подзолистых почвах Подмоскovie при капельном орошении // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. № 4. С. 17–21.
17. 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.
18. Остаев Г. Я., Хосиев Б. Н., Гурциев К. Э. Некоторые особенности учета закладки и функционирования промышленного сада // Научное обозрение: теория и практика. 2018. № 4. С. 142–155.
19. Гегечкори Б. С., Орленко С. Ю., Задорожный А. П. Альтернативный способ в технологии закладки орошаемых плодовых насаждений // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 4. С. 14–17.
20. Шкура В. Н., Обумахов Д. Л., Лунева Е. Н. Геометрия корневых систем яблони: монография / под ред. В. Н. Шкуры; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. Новочеркасск: Лик, 2013. 124 с.
21. Штанько А. С. О расстановке микроводовыпусков капельной поливной сети при орошении многолетних плодовых садовых насаждений // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 2(82). С. 34–40.

22. Справочник по механизации орошения / Б. Г. Штепа [и др.]; под ред. Б. Г. Штепы. М.: Колос, 1979. 303 с.

References

1. Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., 2017. *Strategicheskie napravleniya razvitiya meliorativnogo sektora v APK* [Strategic directions of development of the reclamation sector in the agro-industrial complex]. *Strategicheskie napravleniya razvitiya APK stran SNG: materialy XVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Strategic Directions of the CIS Countries Agro-Industrial Complex Development: Proc. of the XVI International Scientific-Practical Conference], pp. 167-169. (In Russian).
2. Schedrin V.N., 2017. *Rukovodstvo po kontrolyu i regulirovaniyu pochvennogo plodorodiya oroshaemykh zemel'* [Guidelines on the Control and Regulation of Soil Fertility of Irrigated Lands]. Novocherkassk, RosNIIPM, 137 p. (In Russian).
3. Krivko N.P., 2014. *Plodovodstvo: uchebnoe posobie* [Fruit Growing: textbook]. Saint Petersburg, Lan' Publ., 416 p. (In Russian).
4. Kopylov V.I., Balykina E.B., Berenshtein I.B., Burlak V.A., Valeeva N.G., Kornienko N.Ya., Opanasenko N.E., Potanin D.V., Pichugin A.M., Ryabov V.A., Sklyar S.I., Storchovs V.N., Stryukova N.M., Sychevsky M.E., 2016. *Organizatsiya territorii sada. Sistema sadovodstva Respubliki Krym* [Organization of the Territory of the Garden. Gardening System of the Republic of Crimea]. Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Academy of Bioresources and Environmental Management, Simferopol, 288 p. (In Russian).
5. Popova V.P., Fomenko T.G., 2011. *Zonal'nye osobennosti kapel'nogo orosheniya i fertigatsii intensivnykh nasazhdeniy yabloni Severo-Kavkazskogo regiona* [Zonal features of drip irrigation and fertigation of intensive apple plantations in the North Caucasus region]. *Sadovodstvo i vinogradarstvo* [Gardening and Viticulture], no. 3, pp. 33-35. (In Russian).
6. Trunov Yu.V., Samoshchenkova E.G. [et al.], 2012. *Plodovodstvo* [Fruit Growing]. Moscow, Kolos Publ., 415 p. (In Russian).
7. Borisova A.A., Kulikov I.M., 2016. *Intensivnye sady yabloni na semennom podvoe* [Intense Apple Gardens on a Seed Basement]. Moscow, VSTISP, 51 p. (In Russian).
8. Yasonidi O.E., 2011. *Kapel'noe oroshenie* [Drip Irrigation]. Novocherkassk, Lik Publ., 322 p. (In Russian).
9. Galiullina E.Yu., 2015. *Kapel'noe oroshenie yablonevogo sada v usloviyakh sukhostepnoy zony Volgogradskoy oblasti. Avtoreferat diss. kand. tekhn. nauk* [Drip irrigation of an apple orchard in the dry steppe zone of Volgograd region. Abstract of cand. tech. sci. diss.]. Saratov, 21 p. (In Russian).
10. Kucher D.E., 2015. *Ekspluatatsionnye pokazateli i parametry kapel'nogo poliva dlya uvlazhneniya plodovogo sada* [Performance indicators and parameters of orchard drip irrigation]. *Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa* [Theoretical and Applied Problems of the Agro-Industrial Complex], no. 2(23), pp. 18-20. (In Russian).
11. Romashchenko M.L. [et al.], 2007. *Sistemy kapel'nogo orosheniya: uchebnoe posobie* [Drip Irrigation Systems: textbook]. Dnepropetrovsk, Oksamit-text Publ., 175 p. (In Russian).
12. Shkura V.N., Obumakhov D.L., Ryzhakov A.N., 2014. *Kapel'noe oroshenie yabloni* [Apple Drip Irrigation]. Novocherkassk, Lik Publ., 310 p. (In Russian).
13. Maslov B.S., 1980. *Spravochnik melioratora* [Handbook of Ameliorator]. 2nd rev. ed., Moscow, Rosselkhozizdat Publ., 256 p. (In Russian).
14. Fomenko T.G., Popova V.P., 2011. *Plodonoshenie yabloni pri kapel'nom oroshenii i fertigatsii na Severnom Kavkaze* [Fruiting of an apple tree with drip irrigation and fertigation in the North Caucasus]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii* [Fruit and Berry Production in Russia], vol. 27, pp. 275-282. (In Russian).
15. Semerdzhyan A.K., Ben A.V., 2018. *Opyt proektirovaniya i stroitel'stva sistem*

kapel'nogo orosheniya v Krasnodarskom krae [Experience of designing and construction of drip irrigation systems in Krasnodar Territory]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 4, pp. 85-88. (In Russian).

16. Shuravilin A.V., Kucher D.E., Surikova N.V., 2016. *Vodopotreblenie yablonevogo sada na drevesno-podzolistykh pochvakh Podmoskov'ya pri kapel'nom oroshenii* [Water consumption of apple orchard on sod-podzolic soils of Moscow region under drip irrigation]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 4, pp. 17-21. (In Russian).

17. 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*, 52093, DOI: 10.1088/1742-6596/1679/5/052093.

18. Ostaev G.Ya., Khosiev B.N., Gurtsiev K.E., 2018. *Nekotorye osobennosti ucheta zakladki i funktsionirovaniya promyshlennogo sada* [Some features of recording for commercial garden laying and functioning]. *Nauchnoe obozrenie: teoriya i praktika* [Scientific Review: Theory and Practice], no. 4, pp. 142-155. (In Russian).

19. Gegechkori B.S., Orlenko S.Yu., Zadorozhnyy A.P., 2014. *Al'ternativnyy sposob v tekhnologii zakladki oroshaemykh plodovykh nasazhdeniy* [Alternative method in technology of laying irrigated fruit plantations]. *Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk* [Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences], no. 4, pp. 14-17. (In Russian).

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

21. Shtanko A.S., 2021. *O rasstanovke mikrovodovypuskov kapel'noy polivnoy seti pri oroshenii mnogoletnikh plodovykh sadovykh nasazhdeniy* [On the arrangement of micro-outlets of a drip irrigation network during irrigation of perennial fruit orchard plantations]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(82), pp. 34-40. (In Russian).

22. Shtepa B.G. [et al.], 1979. *Spravochnik po mekhanizatsii orosheniya* [Handbook on Mechanization of Irrigation]. Moscow, Kolos Publ., 303 p. (In Russian).

Информация об авторах

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

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

Information about the authors

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

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

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 26.07.2021; одобрена после рецензирования 07.09.2021; принята к публикации 14.09.2021.

The article was submitted 26.07.2021; approved after reviewing 07.09.2021; accepted for publication 14.09.2021.