

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Обзорная статья

УДК 631.67:634.4:634.7

К вопросу о влиянии оросительных мелиораций на рост и развитие плодовых и ягодных культур

Александр Владимирович Гемонов¹, Екатерина Сергеевна Калмыкова²

^{1, 2}Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

¹a.gemonov@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2561-8179>

²kalmukova.es@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0009-0006-6951-030X>

Аннотация. Цель: обоснование и оценка эффективности оросительных мелиораций при выращивании плодовых и ягодных культур, с учетом влияния различных способов полива на водный режим почвы, рост и развитие растений. **Обсуждение.** В качестве научно-аналитической базы исследования использовались опубликованные результаты научных исследований, посвященных применению способов орошения плодовых и декоративных культур в различных почвенно-климатических условиях. Выращивание плодовых культур – это длительный процесс, и поэтому в садоводстве крайне важно обеспечить благоприятные условия для роста растений. Растения демонстрируют тесную связь между процессами их развития и плодоношения и меняющимися факторами окружающей среды. Неблагоприятные условия могут долгое время негативно сказываться на плодовых насаждениях. Недостаток влаги в почве может замедлить вегетацию и уменьшить защитные способности растений противостоять вредителям и заморозкам. Одним из основных факторов, влияющих на развитие растений, является содержание влаги в почве, так как растения чаще всего испытывают дефицит увлажнения. Плодовые культуры – многолетние растения, поэтому недостаток влаги длительное время негативно влияет на их развитие и плодоношение. Многолетняя практика и научные изыскания подтверждают преимущества капельного орошения, обеспечивающего растения непрерывным питанием и влагой. Выверенное распределение водных ресурсов на протяжении вегетационного цикла, учитывающее особенности водопотребления каждой культуры, формирует благоприятный уровень увлажненности почвенного слоя, способствуя повышению урожайности агрокультур. **Выводы.** Для уменьшения риска иссушения почвы в течение вегетативного периода необходимо производить полив плодовых и ягодных культур. При выборе способа орошения необходимо учитывать не только водно-физические характеристики почвы, рельеф и мелиоративные условия орошаемой территории, но и возможность экономии водных и энергетических ресурсов.

Ключевые слова: орошение садов, метод орошения, способ орошения, сорта плодовых культур, саженцы, водопотребление

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 19 февраля 2025 г.).

Для цитирования: Гемонов А. В., Калмыкова Е. С. К вопросу о влиянии оросительных мелиораций на рост и развитие плодовых и ягодных культур // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2025. Т. 95, № 1. С. 66–90.

THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Review article

On issue of the effect of irrigation reclamation on the growth and development of fruit and berry crops

Alexander V. Gemonov¹, Ekaterina S. Kalmykova²

^{1, 2}Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after
K. A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation

¹a.gemonov@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2561-8179>

²kalmukova.es@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0009-0006-6951-030X>

Abstract. Purpose: to substantiate and evaluate the efficiency of irrigation reclamation in growing fruit and berry crops, taking into account the influence of different irrigation methods on soil water regime, plant growth and development. **Discussion.** The published results of scientific studies devoted to the use of irrigation methods for fruit and ornamental crops in various soil and climatic conditions were used as the scientific and analytical base for the study. Growing fruit crops is a long-term process, and therefore it is extremely important to provide favorable conditions for plant growth in horticulture. Plants demonstrate a close relationship between the processes of their development and fruiting and changing environmental factors. Unfavorable conditions can have a negative impact on fruit plantations for a long time. Lack of soil moisture can slow down vegetation and reduce the protective abilities of plants to resist pests and frost. One of the main factors influencing plant development is the moisture content in soil, since plants most often experience a moisture deficit. Fruit crops are perennial plants, so a lack of moisture for a long time negatively affects their development and fruiting. Long-term practice and scientific research confirm the advantages of drip irrigation, which provides plants with continuous nutrition and moisture. Verified distribution of water resources throughout the growing season, taking into account the peculiarities of water consumption of each crop, forms a favorable soil moisture level, contributing to an increase in the agricultural crops yield. **Conclusions.** To reduce the risk of soil drying out during the growing season, it is necessary to irrigate fruit and berry crops. When choosing an irrigation method, it is necessary to take into account not only the water-physical characteristics of the soil, the relief and reclamation conditions of the irrigated area, but also the possibility of saving water and energy resources.

Keywords: irrigation of gardens, irrigation method, irrigation practice, fruit crop varieties, seedlings, water consumption

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 19, 2025).

For citation: Gemonov A. V., Kalmykova E. S. On issue of the effect of irrigation reclamation on the growth and development of fruit and berry crops. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2025;95(1):66–90. (In Russ.).

Введение. В современном мире все больше внимания уделяется продовольственной безопасности, в связи с этим выращивание плодовых и ягодных культур становится актуальным направлением в сельском хозяйстве. Однако для успешного выращивания таких культур необходимо учиты-

вать множество факторов, включая климатические условия, тип почвы и методы ухода за растениями. Одним из ключевых аспектов успешного выращивания плодовых и ягодных культур является применение оросительных мелиораций. Орошение позволяет создать оптимальные условия для роста, обеспечивая их необходимым количеством влаги. Это особенно важно в регионах с засушливым климатом или на почвах с низким содержанием воды.

Обсуждение. Развитие фруктовых деревьев и их способность давать урожай напрямую зависят от совокупности природных факторов, включающих влагообеспеченность грунта, температурные показатели и наличие питательных элементов в почвенном слое.

Вопросами устойчивости плодовых культур к абиотическим стрессам летнего периода занимались ученые из Северо-Кавказского региона Российской Федерации. Исследования проводились в яблонево́м саду различного географического происхождения опытно-производственного хозяйства «Центральное» г. Краснодара в период с 2011 по 2013 г. Авторы ежемесячно отбирали образцы листьев с трех деревьев каждого сорта в трехкратной повторности. Содержание свободной и связанной форм воды определяли, руководствуясь рекомендациям М. Д. Кушниренко и С. Н. Печерской [1]. На основании результатов исследования устойчивости плодовых культур к засухе и высоким температурам воздуха было выявлено, что для некоторых отечественных сортов яблони характерно перенесение длительного отсутствия осадков при сохранении стабильности роста, высокого содержания воды и пигментов в листьях [2].

Комплексные исследования, посвященные выявлению потенциала устойчивости плодовых культур к высокотемпературным стрессорам, проводились на базе ВНИИ генетики и селекции плодовых растений им. И. В. Мичурина с 2008 по 2010 г. Исследование влияния засухи и высоких температур воздуха на более 200 форм груши и яблони проводилось по общепринятым методикам [3], при рассмотрении водного режима и динамики показателей

активности фотосинтетического аппарата в условиях обезвоживания и воздействия высоких температур, созданных искусственным путем, были выделены сорта яблони и груши с высоким уровнем устойчивости к засухе [4].

Несмотря на исследования, подтверждающие наличие отечественных сортов плодовых культур, устойчивых к засухе и высоким температурам воздуха, далеко не каждый сорт можно выращивать в других регионах РФ. Исходя из этого, можно сделать обоснованный вывод о том, что одним из основных факторов, влияющих на развитие растений, является содержание влаги в почве.

Значимым исследованием влияния влагообеспеченности почвы на продуктивность плодовых культур стал опыт, заложенный в лесостепной зоне Алтайского края в период с 2012 по 2014 г. на территории НИИ садоводства Сибири им. М. А. Лисавенко, так как практически во всех садах Алтайского края орошение не применяется. Исследование проводилось в течение всего вегетационного периода в условиях яблоневого и грушевого сада. Весной 2012 г. почвенные влагозапасы яблоневых насаждений характеризовались достаточным уровнем, постепенно снижаясь к середине вегетационного периода до минимальных значений. Грушевые насаждения демонстрировали более высокие показатели влагообеспеченности, сохраняя тенденцию к снижению в летние месяцы. Обильные атмосферные осадки 2013 г. не предотвратили значительного истощения почвенной влаги, сохранявшегося до начала осеннего периода. Третий год исследования характеризовался наиболее засушливым летним периодом, в результате неравномерного выпадения осадков и отсутствия оросительных мелиораций рост и продуктивность яблоневых и грушевых садов характеризовались низким, скачкообразным темпом, а плоды имели низкие качественные показатели [5].

Не менее значимым исследованием данного института можно считать опыт С. В. Макарычева по оценке произрастания насаждений облепихи при лиманном орошении в период с 2003 по 2004 г. на 3-ярусном скло-

новом лимане мелкого затопления. В исследовании использовались классические лабораторно-аналитические методы определения влажности, температуры и водно-физических свойств почвы. По данным С. В. Макарычева, корневая система облепихи располагается на глубине около 40 см, однако отдельные корни разрастаются на глубину 80–120 см. В случае, когда насаждения облепихи подвергаются влиянию паводков, повышается вероятность образования еще одного яруса придаточных корней. Как следует из приведенных данных, продуктивные запасы влаги в конце весны 2004 г. были удовлетворительными, однако уже во второй половине лета увлажнение почвы изменилось до неудовлетворительного состояния, что привело к водному голоданию растений в течение вегетационного периода [6].

В алтайском садоводстве в 2006 г. научные сотрудники С. В. Макарычев и А. В. Шишкин провели масштабное изучение особенностей водного баланса черноземных почв под плантациями облепихи. Исследования направлены на формирование оптимальных параметров ирригации насаждений, с учетом стратегической значимости культуры для региона. Уникальные пищевые характеристики и целебные свойства облепихи определяют приоритетность разработки эффективных методов выращивания растения в промышленных масштабах [7]. Засушливый июнь 2006 г. сменился дождливым июлем, восполнившим недостаток почвенной влаги. Августовские осадки не достигли среднемесячных показателей, вызвав значительное высыхание территории. Неблагоприятные погодные условия, включавшие холодную зиму, затяжную весну и недостаточное увлажнение почвы в период активного роста, негативно повлияли на продуктивность облепиховых насаждений, требовавших дополнительного полива большую часть вегетационного сезона.

Обильные дожди и температура воздуха, комфортная для произрастания культуры, благоприятно отразились на росте и плодоношении облепихи. Лето 2007 г. оказалось дефицитным по доступной влаге в почве,

поэтому отсутствие полива негативно отразилось на урожайности растений. В 2008 г. дефицит влаги в почве наблюдался только в конце вегетации, однако это все же привело к тому, что облепиха не получила того количества влаги, которое требовалось для оптимального роста, плодоношения [8].

Экономическая оценка урожайности плодовых культур, выращиваемых на скелетных почвах без орошения, а также при мелиорировании траншейным способом, в условиях Крыма проводилась Н. Е. Опанасенко в 2010 г. Оценка урожайности и общего состояния деревьев проводилась по принятым программам и методикам С. А. Косых и Г. А. Лобанова [9]. Результаты исследования показали, что урожайность лучших сортов персика при орошении составила 135 ц/га, что больше, чем урожай персика без орошения (95 ц/га). Алыча на скелетных почвах Тарханкутского полуострова в условиях орошения высокоурожайна и высокорентабельна. По данным С. А. Косых и Е. П. Шоферистова [10], урожайность алычи на орошаемых землях в степной предгорной местности Крыма составила 170–190 ц/га, следовательно, в данных условиях алычу необходимо поливать. Сравнение выращивания лучших сортов черешни в степной зоне показало, что урожайность данной культуры при поливе выше (110 ц/га), чем при отсутствии орошения (75 ц/га), это свидетельствует об экономической целесообразности возделывания черешни в условиях восполнения продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы [11].

Процесс выращивания плодовых культур занимает не один год, а недостаток влаги в почве негативно сказывается на росте, развитии и плодоношении растений в течение всего периода возделывания культуры [12]. Недостаточное увлажнение почвы вызывает снижение морозостойкости семенного материала, приводит к гибели почечных образований, существенно ослабляет защитные механизмы растительных организмов против патогенной микрофлоры и вредных насекомых. Грамотный подход к организации системы орошения требует тщательного анализа физико-химических

характеристик грунта, ландшафтных особенностей участка, дренажной специфики орошаемых площадей, ресурсоемкости процесса, видового разнообразия культур. Способы полива должны исключать возможность водной эрозии, минимизировать расход энергетических и водных ресурсов, создавать условия для механизации работ, давать возможность внесения удобрений с поливной водой, а также позволять автоматизировать процесс орошения [13, 14]. При поливе плодовых культур в садах, как правило, используют поверхностное орошение, дождевание и микроорошение. Поверхностное орошение садовых насаждений реализуется посредством бороздования грунта параллельно рядам деревьев. Молодые саженцы требуют прокладки двух поливных каналов с каждой стороны, плодоносящим деревьям достаточно одной борозды. Водоподача варьируется между 0,3 и 1,5 л/с с учетом протяженности борозд, рельефного наклона местности и структурной плотности грунта. При подаче воды и дальнейшем заполнении борозды оросительная вода равномерно увлажняет почву, не приводя к отслоению, улучшает газообмен в активном слое почвы, создавая оптимальные условия для роста и приживаемости растений [15].

Масштабное аграрное исследование, проведенное в ОПХ «Опытный» Тверского района Кабардино-Балкарии, сфокусировалось на изучении воздействия бороздкового полива на вегетативные процессы яблоневых насаждений. Экспериментальные данные продемонстрировали усиленный рост поглощающих корней при поддержании почвенной влажности 70–80 % ПВ. Комплексный анализ охватывал влияние ирригационных мероприятий совместно с внесением удобрений на формирование надземной части растений, корневой системы, урожайность и биохимические показатели плодов. Методология исследования включала регулярный контроль влажности грунта термостатно-весовым способом через 15–20 сут, определение концентрации клеточного сока рефрактометром, мониторинг развития корневой системы согласно методике В. А. Колесникова [16].

Исследования в степных регионах с дефицитом атмосферных осадков показали результативность комбинированного метода бороздкового орошения совместно с внесением удобрений для развития плодовых насаждений. Благоприятное произрастание яблоневых культур достигалось при оптимальных показателях почвенной влаги 70–80 % ПВ, измеренных на двухметровой глубине. Засушливые сезоны требовали проведения трехкратного полива за вегетационный период для сохранения необходимого водного режима почвы. Наибольший прирост побегов в высоту и по диаметру наблюдался при поддержании влажности почвы на уровне не менее 80 % ПВ. Помимо этого, исследование показало, что основная часть корневой системы находилась на глубине около 120–150 см, в свою очередь при возделывании плодовых культур без полива корневая система располагалась на глубине не более 80–90 см. Поддержание влажности почвы в оптимальном диапазоне увеличивает плодоношение деревьев в 2–3 раза в сравнении с уровнем возделывания плодовых культур на богаре. Так, прибавка урожая при поливе и внесении удобрений составила 6,4 т/га, вес одного плода составил 187–228 г, что значительно выше веса плода деревьев, выращиваемых без орошения (147–164 г) [17].

В условиях Ростовской области производилась разработка режимов орошения и доз минеральных удобрений вишни. Исследование проводилось на землях хозяйств ЗАО «Бакланниковский» Семикаракорского района. Сады располагались на территории площадью более 200 га. Оросительную воду подавали по бороздам перпендикулярно распределительным каналам с расходом 1 л/с. Длина борозд составила 250 м.

Климатические условия региона, оказывающие влияние на возделывание плодовых культур, имеют свои особенности. Осадки распределяются неравномерно и выпадают в недостаточном количестве для выращивания плодовых культур. Суховеи негативно влияют на верхний слой почвы, иссушая его, а также приводят к обсыпанию завязи, тем самым снижая уро-

жайность. Полевые исследования проводились по методике Б. А. Доспехова [18]. Увлажнение производилось на глубину 80 см, где располагалась основная масса корней. Главным критерием эффективности какой-либо технологии возделывания плодовых культур является урожайность. Автор проанализировал урожайность по годам исследований и выявил, что наименьшая урожайность была представлена на вариантах без орошения.

Чрезмерный расход водных ресурсов при орошении садов приводит к существенным финансовым затратам. Традиционные методы поверхностного полива не гарантируют равномерного распределения влаги между рядами насаждений, вследствие чего даже соблюдение графика поливов и норм расхода воды не предотвращает полную потерю почвенной влаги в летний период.

В регионах с проблемой неравномерного распределения осадков в течение вегетационного периода и увеличения дефицита оросительной воды поливы продолжают производиться неэкономичными способами. В результате этого культуры не получают должного увлажнения для оптимального произрастания и плодоношения. Поэтому ученые ставят перед собой задачу внедрения новых способов орошения или модернизации уже существующих для экономии поливной воды без вреда для выращивания сельскохозяйственных культур. Такую цель перед собой поставила Х. А. Зайналова. Автор занималась изучением предпосылок улучшения возделывания плодовых культур в условиях Азербайджана. Исследуемая территория отличается немалыми площадями засушливых зон. Использувавшиеся ранее технические средства орошения не удовлетворяют природным условиям республики. Поэтому Х. А. Зайналова разработала новую конструкцию для орошения взамен существующего поверхностного способа полива. В полевых условиях автором были исследованы полив по бороздам и микродождевание в период с 2005 по 2009 г. Эффективность того или иного способа орошения, а также влияние удобрений на развитие молодых яблоневых са-

дов оценивались в условиях светло-каштановых почв Габалинского района Азербайджана. По ходу исследования автор отметила, что средняя высота деревьев при поливе по бороздам составила 159 см, при микродождевании – 173 см. Также по результатам наблюдений автор сделала вывод, что по действию на рост и урожайность яблони орошение микродождеванием намного опережало по показателям поверхностное орошение, так как прибавка урожая при микродождевании составила 3,34 ц/га [19].

Дождевание – эффективный метод полива садовых участков без оросительных канав. Механизированная подача воды гарантирует равномерное распределение влаги среди плодовых насаждений. Высокая точность дозирования оросительной воды при дождевании значительно превосходит традиционные способы поверхностного полива. Автоматизированные системы дождевания позволяют создать оптимальный режим увлажнения для каждой культуры. Однако, помимо достоинств данного способа, есть ряд недостатков. Во-первых, высокая стоимость оборудования и энергопотребления, во-вторых, сложное использование на склоновых землях, в-третьих, сложность при расчетах необходимой поливной воды.

В условиях ведения горного садоводства возможно применение мелкодисперсного дождевания. Результаты исследования З. С. Албогачиева подтверждают влияние орошения на рост, развитие и плодоношение плодовых культур. Данный способ орошения характеризуется различными размерами капель искусственного дождя, уменьшение которых приводит к более интенсивному испарению, также наиболее высока уязвимость для влияния ветра. Объем поливной нормы при мелкодисперсном дождевании зависит от орошаемой культуры, ее листовой пластины и погодных условий. Дождевание проводится в тот период, когда для выращивания плодовой культуры складываются неблагоприятные метеорологические условия, такие как: высокая температура воздуха в пределах 25–30 °С, пониженная относительная влажность воздуха в пределах 40–50 %. На орошаемой тер-

ритории производили отбор образцов почвы на предмет измерения ее влажности, проводили наблюдение за климатическим режимом, а также определяли урожайность орошаемых культур. Результаты исследования показали, что изменение микроклимата в грушевых насаждениях под воздействием мелкодисперсного дождевания существенно отразилось на приросте однолетних побегов, состоянии и размере листовой пластины, а также на урожайности грушевого сада. На контрольном участке по причине засухи листовая пластина груши сильно повреждалась. При орошении листовая поверхность растений была в отличном состоянии, что обуславливает улучшение водного режима груши [20].

Современное садоводство активно применяет технологию подземного орошения, основанную на размещении оросительных труб непосредственно в грунте. Рациональное распределение влаги в корневой зоне растений позволяет значительно сократить расход водных ресурсов при поливе. Грамотно спроектированная система подпочвенного полива минимизирует вероятность разрушения верхних слоев почвы, успешно функционирует на участках с различным рельефом местности. Дополнительным преимуществом метода выступает возможность внедрения автоматизированного управления системой орошения, однако существуют и значительные недостатки подземного полива. Проектирование и монтаж системы орошения требуют высоких затрат, увлажнители системы часто забиваются, что парализует возможность эксплуатации отдельных элементов и системы орошения в целом.

Вопрос разработки новых высокоэффективных, ресурсосберегающих технологий орошения коснулся и Волгоградской области. Исследованием применения внутрипочвенного орошения занимались на опытном участке, расположенном в ОАО «Сады Придонья» Городищенского района, в период с 2000 по 2002 г. Исследуемый сад был заложен в 1993 г. Влагосберегающие режимы полива определялись вариативностью вегетационного орошения на основе показателей влажности активного почвенного гори-

зоната. Пороговые значения составляли 60, 70 и 80 % наименьшей влагоемкости. Сортовые особенности яблонь выступали ключевым дифференцирующим признаком при проведении исследований. Контрольные замеры осуществлялись при бороздовом поливе с поддержанием уровня почвенной влаги в метровом слое не менее 70 % наименьшей влагоемкости.

Необходимость орошения яблони обуславливается тем, что осадков, выпадающих в течение вегетационного периода, недостаточно для оптимального роста и развития штамба. В ходе исследования в варианте внутрипочвенного орошения с поддержанием влажности почвы не ниже 60 % НВ отмечены плоды крупнее, чем в варианте орошения по бороздам. В сравнении с контролем размер плодов в вариантах полива с поддержанием влажности почвы не ниже 70 и 80 % НВ также увеличился. Что касается урожайности, то в варианте полива по бороздам она постепенно снижалась в течение исследования. Поддержание влажности не ниже 70 % НВ повысило продуктивность яблони. Автор сделал вывод, что по всем сортам яблони лучшими показателями были деревья, произрастающие на варианте с поддержанием влажности не менее 70 %. Таким образом, применение внутрипочвенного орошения благоприятно влияет на рост и развитие плодовых насаждений, а также на увеличение количества плодов, так как урожайность исследуемых сортов в сравнении с поливом по бороздам в среднем возросла в 1,5 раза [16].

Экономия поливной воды при орошении сельскохозяйственных культур без ущерба для урожайности – один из важных вопросов современного садоводства. Для решения данной проблемы основной упор приходится на разработку все новых способов и техник орошения, одним из них является капельное. Преимущества капельного орошения перед классическими способами полива были установлены в Азербайджане. Р. Б. Алиев сравнил применение ресурсо- и энергосберегающего способа орошения с поливом по бороздам. При применении капельного орошения создается равномерное

увлажнение орошаемой площади, что значительно повышает урожайность культур и снижает риск развития почвенной эрозии. Важное преимущество данного способа полива в том, что он позволяет экономить оросительную воду в 2,0–2,5 раза, а также увеличивать урожай в 1,3–1,5 раза. Это объясняется тем фактом, что применение капельного орошения позволяет подавать воду непосредственно к корневой системе и предотвращает отток воды [21]. При поливе по бороздам, так как вода подается на орошаемую площадь в большом объеме, практически невозможно обеспечить ежесуточную норму за длительный период времени, а также это сказывается на увеличении продуктивности культур. При капельном орошении возможно поддерживать влажность почвы на оптимальном уровне для роста и развития сельскохозяйственных культур. Исследование капельного орошения проводилось на территории Апшеронской опытно-плодовой станции механизации орошения [22]. В 2017 г. автор изучал воздействие капельного орошения и полива по бороздам на урожайность виноградников. В ходе исследования автор установил, что урожайность садов на участке, орошаемом капельным способом, на 14 % выше, чем при орошении по бороздам. Помимо этого, коэффициент использования оросительной воды при капельном поливе составил $545 \text{ м}^3/\text{т}$, а на участке, орошаемом бороздами, – $1926 \text{ м}^3/\text{т}$, что в 3,5 раза выше, чем на участке капельного орошения [23].

Сельское хозяйство является одной из важнейших отраслей экономики Азербайджанской Республики. Особое внимание уделяется разработке новых технологий, способных повысить эффективность производства и снизить негативное воздействие на окружающую среду. В этом контексте комбинированно-капельное орошение становится все более популярным методом полива ореховых культур в Габалинском районе Шеки-Закатальской зоны. Опытные исследования, проведенные в данном регионе, показали значительные преимущества комбинированно-капельного орошения перед традиционным бороздовым поливом. Во-первых, этот метод позволяет су-

ущественно экономить воду. Практические результаты внедрения комбинированно-капельного метода орошения демонстрируют существенное снижение расхода поливной воды на 70 %, создаются благоприятные условия для рационального водопользования в условиях дефицита природных ресурсов. Во-вторых, применение данной методики благотворно влияет на продуктивность орехоплодных насаждений, значительно увеличивая показатели урожайности. Сравнительные данные показали, что при использовании этой технологии урожайность увеличивается в 1,45 раза по сравнению с бороздовым поливом. Таким образом, фермеры, применяющие комбинированно-капельное орошение, получают больше продукции при сниженных затратах на воду. Интересно отметить, что для получения 1 ц урожая при комбинированно-капельном орошении требуется в 2,8 раза меньше воды по сравнению с бороздовым поливом [24].

Садоводство в Крыму является одной из ключевых отраслей сельскохозяйственного производства. Чтобы обеспечить постоянное снабжение жителей полуострова сельскохозяйственной продукцией, требуется повысить эффективность использования земли. В связи с проблемой дефицита пресной воды, рациональное использование водных ресурсов имеет большое значение. В данном контексте внедрение капельного орошения является эффективным способом экономии воды и снижения зависимости выращивания плодовых культур от неблагоприятных климатических условий [25]. Научные разработки В. Н. Сторчоуса направлены на установление оптимальных параметров капельного орошения садовых насаждений и виноградников Крымского полуострова. Методология исследований базировалась на комплексном подходе, включающем мониторинг почвенной влаги тензиометрическим методом, математическое обоснование поливных норм с учетом водного дефицита в корнеобитаемом слое грунта. Практические наблюдения проводились на экспериментальных площадках согласно стандартизированным методическим указаниям [26]. Автор в статье ссылался

на результаты 30-летних исследований, проводимых в различных хозяйствах Крыма, в которых изучались технологии микроорошения для садов и виноградников. Многолетние исследования выявили оптимальные показатели предполивной влажности грунта для различных плодовых культур. Согласно полученным данным, яблоневые, грушевые сады и виноградные плантации демонстрируют максимальную продуктивность при поддержании влажности почвы на уровне 70 % наименьшей влагоемкости. Успешное выращивание персиковых деревьев требует повышенного увлажнения грунта до 80 % НВ. Летние сорта семечковых культур нуждаются в проведении от 6 до 12 поливов за период вегетации с расходом поливной воды 1020–2380 м³/га. Для плодовых насаждений достаточно проведения 5–10 поливов с объемом оросительной воды от 850 до 1700 м³/га во влажный и засушливый год соответственно. Исследования подтверждают, что использование капельного орошения эффективно – урожайность яблонь составляет от 220 до 650 ц/га, виноградников – от 70 до 140 ц/га. Применение капельного орошения увеличивает урожай плодовых культур и винограда на 20–40 % по сравнению с дождеванием [27].

Экспериментальный анализ воздействия систем капельного полива на продуктивность плодовых насаждений проводился в течение трехлетнего периода (2012–2014 гг.) на промышленных площадях яблоневого сада ЗАО «Совхоз им. Ленина» Московской области. Производственный участок, высаженный в 2008 г. на территории 5,6 га, достиг периода активного плодоношения к моменту начала научных наблюдений. Методология исследований базировалась на классических агрономических подходах, применяемых при оценке эффективности ирригационных систем в промышленном садоводстве [28]. В ходе опыта производился фенологический и биометрический учет и анализ почвенных образцов, по методике А. А. Роде [29] авторы наблюдали за влажностью почвы. Капельное орошение яблоневых садов требует создания равномерно увлажненной зоны грунта, достигаемой при эксплуа-

тации капельниц с производительностью 1,2 л/ч. Расположение точек полива через каждые 0,5 м при схеме размещения деревьев $4,2 \times 1,5$ м позволяет достичь оптимального увлажнения при норме $50 \text{ м}^3/\text{га}$ за 8–9-часовой период. Метеорологические условия определяют частоту поливов. Средние климатические показатели требуют пяти поливов с нормой $244 \text{ м}^3/\text{га}$, влажные периоды – трех поливов с нормой $145 \text{ м}^3/\text{га}$, засушливые сезоны – девяти поливов с нормой $441 \text{ м}^3/\text{га}$. Максимальная продуктивность насаждений достигается при поддержании предполивной влажности почвы 85 % НВ в корнеобитаемом слое 0,5 м. Повышение влагообеспеченности с 65 до 75 % НВ увеличивает урожайность на 15,6–22,7 %, дальнейший рост до 85 % НВ обеспечивает прибавку 13,1–15,7 % [30].

Многолетний опыт изучения садовых насаждений свидетельствует о способности корневых систем к адаптации при первичном применении капельного полива. Подобная практика позволяет сформировать оптимальную зону увлажнения. Растения, выращенные при традиционных методах орошения, требуют продолжительного периода приспособления к капельному поливу. Коревая система постепенно развивается только на участках почвы с максимально подходящим водным режимом.

Масштабное научное исследование специалистов Подмосковья выявило прямую зависимость развития молодых яблонь от методики капельного полива. Дефицит влаги и нерегулярность орошения существенно уменьшают площадь листовой пластины, количественные показатели листы и общую облиственность саженцев. Растения при водном голодании демонстрируют характерные волнообразные циклы вегетативного роста. Оптимальный режим увлажнения для однолетних саженцев яблони составляет 70–95 % от наименьшей влагоемкости. Однако для двухлетних саженцев рекомендуется использовать дифференцированный режим полива, который обеспечивает более экономное использование водных ресурсов. Данный режим позволил сэкономить $776,7 \text{ м}^3/\text{га}$ оросительной воды.

Результаты исследования демонстрируют значительную корреляцию между качеством полива и развитием молодых растений. Показатели влияния ирригационных мероприятий варьируются в диапазоне 54–91 %, причем степень воздействия определяется возрастными характеристиками саженцев и спецификой анализируемых биометрических параметров. Контуры увлажнения показали, что при капельном поливе отсутствуют непроизводительные потери воды на инфильтрацию в более глубокие горизонты. На основе проведенных исследований ученые разработали рациональные режимы орошения для одно-, двух- и трехлетних саженцев яблони при капельном поливе в условиях Московской области [29].

В Центральном Нечерноземье проводилось исследование влияния различных режимов орошения на саженцы сливы сортов Машенька и Утро, в опыте на вариантах с орошением развитие корневой системы происходило намного интенсивнее, чем на контроле, где развитие происходило без орошения. Благодаря использованию капельного полива саженцы были обеспечены доступной влагой с растворенными питательными веществами в корнеобитаемой зоне, что существенно влияло на развитие посадочного материала и расположение корневой системы на небольшой глубине и вдоль капельной линии. Это привело к меньшей их поврежденности при пересадке [31–35].

Многолетняя практика и научные изыскания подтверждают преимущества капельного орошения, обеспечивающего растения непрерывным питанием и влагой. Выверенное распределение водных ресурсов на протяжении вегетационного цикла, учитывающее особенности водопотребления каждой культуры, формирует благоприятный уровень увлажненности почвенного слоя, способствуя повышению урожайности агрокультур. Внедрение капельной системы полива позволяет сократить расход воды до 60–70 % в сравнении с методом двухбороздного орошения, охватывающим 75 % посевной площади, и до 70–80 % сравнительно с традиционным сплошным увлажнением грунта [36–41].

В сельскохозяйственной отрасли на протяжении многих лет проводятся обширные исследования и производственные эксперименты, подтверждающие исключительные преимущества капельного орошения. Данный способ обеспечивает непрерывное снабжение растений влагой и питательными веществами, позволяет поддерживать оптимальный уровень влажности в почве в течение всего вегетационного периода, повышая урожайность сельскохозяйственных культур. Перед традиционными методами полива капельное орошение обладает рядом неоспоримых преимуществ. Система полива методом капельного орошения существенно минимизирует расход воды, сокращая потребление водных ресурсов до 70 % при сопоставлении с традиционным бороздовым методом, а сравнительный анализ со сплошным увлажнением грунта демонстрирует экономию влаги до 80 %.

Выводы. В результате исследований, посвященных изучению влияния засухи и высоких температур на плодовые культуры, были выявлены некоторые сорта яблони и груши, устойчивые к неблагоприятным природным условиям произрастания. Однако не каждый сорт из предложенных можно выращивать в других регионах РФ. Одним из основных факторов, влияющих на развитие растений, является содержание влаги в почве, так как растения чаще всего испытывают дефицит увлажнения. Плодовые культуры – многолетние растения, поэтому недостаток влаги длительное время негативно влияет на развитие и плодоношение выращиваемых культур. Для уменьшения риска иссушения почвы в течение вегетативного периода необходимо производить полив. К способу орошения важно подходить ответственно, учитывать водно-физические характеристики почвы, рельеф и мелиоративные условия орошаемой территории, использовать системы орошения, позволяющие экономить водные и энергетические ресурсы.

Список источников

1. Кушниренко М. Д. Физиология водообмена и засухоустойчивости растений. Кишинев: Штиинца, 1991. 304 с.

2. Физиолого-биохимические критерии устойчивости яблони к абиотическим стрессам летнего периода / Н. И. Ненько, Г. К. Киселева, Е. В. Ульяновская, Е. К. Яблонская, А. В. Караваева // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54, № 1. С. 158–168. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.1.158rus. EDN: YZIPZJ.

3. Леонченко В. Г., Семенова Т. П., Григорьева Г. В. Жаро- и засухоустойчивость сортов яблони и груши и методы их оценки // Научные основы устойчивого садоводства в России: докл. конф., 11–12 марта 1999 г. Мичуринск, 1999. С. 58–60.

4. Потенциал устойчивости семечковых культур к высокотемпературным стрессорам / Н. И. Савельев, А. Н. Юшков, В. В. Чивилев, Н. Н. Савельева, Н. В. Борзых, А. С. Земисов, А. В. Хожайнов, И. Н. Савельева // Плодоводство и ягодоводство России. 2012. Т. 29, № 2. С. 147–152. EDN: OPYHIL.

5. Макарычев С. В. Влагообеспеченность почвы в плодовом саду и необходимость ее регулирования // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 10(204). С. 37–43. DOI: 10.53083/1996-4277-2021-204-10-37-43. EDN: GDNAAI.

6. Макарычев С. В. Оценка условий произрастания насаждений облепихи при лиманном орошении // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 9(203). С. 30–36. DOI: 10.53083/1996-4277-2021-203-30-36. EDN: KRQQWJ.

7. Пантелеева Е. И. Облепиха крушиновая (*Hipporhae rhamnoides* L.): монография. Барнаул: НИИСС, 2006. 249 с.

8. Шишкин А. В., Макарычев С. В. Особенности формирования водного режима чернозема под насаждениями облепихи и возможности его регулирования орошением // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 11(193). С. 39–45. EDN: AAWFUM.

9. Косых С. А. Методика производственного сортоиспытания плодовых культур // Труды Никитского ботанического сада. 1999. Т. 118. С. 200–204.

10. Косых С. А., Шоферистов Е. П. Итоги производственно-биологической оценки сортов алычи в Крыму // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 1979. № 40. С. 41–44. EDN: ZRHTXX.

11. Опанасенко Н. Е. Экономическая оценка урожайности плодовых культур на скелетных почвах Крыма // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2010. № 101. С. 67–72. EDN: UNOTRR.

12. Многофункциональная система орошения и защиты низкорослых садов интенсивного типа и их лесозащитных полос / А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев, Л. М. Хажметов, Р. Х. Кудасев, А. М. Егожев, В. Б. Дзуганов, В. Х. Мишхожев, А. Г. Фиапшев, Л. З. Шекихачева, А. Б. Балкизов, А. С. Сасиков, А. Л. Хажметова. Нальчик, 2018. 285 с. EDN: ZSUCOM.

13. Шекихачева Л. З. Обоснование мероприятий по орошению и защите плодовых насаждений от неблагоприятных погодных явлений в Северо-Кавказском регионе // Экология и природопользование: тенденции, модели, прогнозы, прикладные аспекты: материалы Нац. науч.-практ. конф. Рязань, 2020. С. 156–160. EDN: NWGKGB.

14. Шекихачева Л. З., Шекихачев А. А., Жемухов Р. А. Альтернативное (биологическое) земледелие как главная составляющая экологической конверсии // Энергосбережение и энергоэффективность: проблемы и решения: сб. науч. тр. IX Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения Заслуж. деят. науки и техники РФ, д-ра техн. наук, проф. Хазретали Умаровича Бугова. Нальчик, 2020. С. 332–335. EDN: HWCERX.

15. Апажев А. К., Шекихачев Ю. А. Инновационные технологии и техника орошения садов // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 1(31). С. 73–79. EDN: TWJQCA.

16. Колесников В. А. Корневая система плодовых и ягодных растений и методы ее изучения. М.: Сельхозиздат, 1962. 191 с.

17. Азаматов М. А. Влияние орошения и удобрения на рост, развитие и плодоношение яблони в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 4(16). С. 3–10. EDN: OPOOQV.
18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с. EDN: ZJQBUD.
19. Зейналова Х. А. Предпосылки улучшения возделывания плодовых культур в горно-орошаемых условиях в Азербайджане (на примере Габалинского района республики) // Перспективы науки и образования. 2013. № 3(3). С. 203–209. EDN: QCSJNBX.
20. Албогачиев З. С. Техника и технология мелкодисперсного дождевания на горных склонах // Природообустройство. 2010. № 4. С. 19–23. EDN: NCMVNX.
21. Баширов Н. Б. Капельное орошение виноградника в Азербайджане // Аграрная наука Азербайджана. 1998. № 2. С. 17–20.
22. Алиев Р. Б., Ахмедов С. А. Сравнительный анализ капельного и бороздового способа полива плодоносного виноградного сада в условиях Апшерона // Сборник научных трудов Азербайджанского научно-производственного объединения гидрологии и механизации. Баку: Елм, 2018. Т. 37. С. 192–198.
23. Алиев Р. Б. Капельное орошение за рубежом и в Азербайджане // Бюллетень науки и практики. 2022. Т. 8, № 4. С. 128–133. DOI: 10.33619/2414-2948/77/15. EDN: FMAWPU.
24. Алиев З. Г., Алиев И. Г. Эффективность применения системы малоинтенсивного орошения ореховых садов в условиях Габалинского района // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 8(94). С. 29–32. EDN: PBOGWV.
25. Ясониди О. Е. Капельное орошение. Новочеркасск: Лик, 2011. 322 с. EDN: QLCBER.
26. Марков Ю. А. Программа и методика исследований по орошению плодовых и ягодных культур. Мичуринск: ВНИИС им. И. В. Мичурина. 1985. 116 с.
27. Сторчоус В. Н. Капельное орошение – резерв эффективности использования земли, воды и энергии // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 5(55). С. 30–33. EDN: SWOSRI.
28. Гончарова Л. А. Сибирские яблони. Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2002. 158 с.
29. Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге. Т. 2. Методы определения водного режима почв. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 287 с. EDN: YXAXUX.
30. Капельное орошение яблоневого сада интенсивного типа на дерново-подзолистых почвах Московской области / А. С. Овчинников, В. В. Бородычев, Д. Е. Кучер, А. В. Шуравилин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2(42). С. 211–220. EDN: WIMNEB.
31. Дубенок Н. Н., Гемонов А. В. Параметры контуров увлажнения при капельном орошении саженцев сливы в плодовом питомнике // Мелиорация как драйвер модернизации АПК в условиях изменения климата: материалы Междунар. науч.-практ. интернет-конф. Новочеркасск, 2020. С. 21–25. EDN: DPTTNO.
32. Дубенок Н. Н., Гемонов А. В., Лебедев А. В. Особенности формирования корневой системы саженцев сливы в питомнике при капельном орошении // Овощи России. 2020. № 2. С. 74–77. DOI: 10.18619/2072-9146-2020-2-74-77. EDN: HGITAI.
33. Дубенок Н. Н., Гемонов А. В., Лебедев А. В. Влияние капельного орошения на рост и развитие саженцев сливы в питомнике в условиях Центрального Нечерноземья России // Мелиорация и водное хозяйство. 2020. № 4. С. 6–11. EDN: GYMPUG.
34. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Алгоритм создания технических систем для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза с использованием метода морфологической комбинаторики // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2(62). С. 314–330. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-33. EDN: YMIBWO.

35. Аппаратурное оформление совмещенных процессов в технологии водоподготовки / В. В. Бородычев, А. Е. Новиков, М. И. Ламскова, М. И. Филимонов // Новые технологии. 2020. Т. 16, № 5. С. 55–62. DOI: 10.47370/2072-0920-2020-16-5-55-62. EDN: AANTMR.

36. Дубенок Н. Н., Калмыкова Е. С., Гемонов А. В. Особенности применения малообъемного орошения для выращивания саженцев плодовых культур в условиях различных природно-климатических зон России // Орошаемое земледелие. 2023. № 4(43). С. 7–10. DOI: 10.35809/2618-8279-2023-4-1. EDN: BUAZRX.

37. Дубенок Н. Н., Гемонов А. В., Лебедев А. В. Биоклиматические коэффициенты саженцев плодовых и ягодных культур при капельном орошении в условиях Центрального Нечерноземья // Овощи России. 2024. № 3. С. 96–101. DOI: 10.18619/2072-9146-2024-3-96-101. EDN: HCGKTW.

38. Дубенок Н. Н., Гемонов А. В., Селиверстов А. М. Особенности водопотребления саженцев жимолости при выращивании в плодовых хозяйствах: обзор // Орошаемое земледелие. 2024. № 4(47). С. 23–27. DOI: 10.35809/2618-8279-2024-4-3. EDN: ETDSGA.

39. Дубенок Н. Н., Бородычев В. В., Чечко Р. А. Малоинтенсивное дождевание картофеля в условиях юга России. М.: Проспект, 2023. 176 с. EDN: YNHUFB.

40. Набздоров С. В. Влияние пищевого режима, влаго- и теплообеспеченности вегетационных периодов на водопотребление сахарной свеклы // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4. С. 135–142. EDN: MJNXUI.

41. Физиолого-биохимическая оценка сопряженной устойчивости сортов винограда к абиотическим стрессорам летнего периода Анапо-Таманской зоны / Н. И. Ненько, И. А. Ильина, В. С. Петров, Г. К. Киселева, М. А. Сундырева, Т. В. Схаляхо // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2014. № 25(1). С. 51–74. EDN: RTCZAB.

References

1. Kushnirenko M.D., 1991. *Fiziologiya vodoobmena i zasukhoustoychivosti rasteniy* [Physiology of Water Exchange and Drought Resistance of Plants]. Chisinau, Shtiintsa, 304 p. (In Russian).

2. Nenko N.I., Kiseleva G.K., Ulyanovskaya E.V., Yablonskaya E.K., Karavaeva A.V., 2019. *Fiziologo-biokhimicheskie kriterii ustoychivosti yabloni k abioticheskim stressam letnego perioda* [Physiological-biochemical criteria of the apple-tree resistance to the summer period abiotic stresses]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural Biology], vol. 54, no. 1, pp. 158-168, DOI: 10.15389/agrobiology.2019.1.158rus, EDN: YZIPZJ. (In Russian).

3. Leonchenko V.G., Semenova T.P., Grigorieva G.V., 1999. *Zharo-i zasukhoustoychivost' sortov yabloni i grushi i metody ikh otsenki* [Heat and drought resistance of apple and pear varieties and methods for their assessment]. *Nauchnye osnovy ustoychivogo sadovodstva v Rossii: dokl. konf.* [Scientific Basics of Sustainable Gardening in Russia: Proceed. of the Conference]. Michurinsk, pp. 58-60. (In Russian).

4. Saveliev N.I., Yushkov A.N., Chivilev V.V., Savelieva N.N., Borzykh N.V., ZemISOV A.S., Khozhainov A.V., Savelieva I.N., 2012. *Potentsial ustoychivosti semechkovykh kul'tur k vysokotemperaturnym stressoram* [Potential for resistance of pome crops to high-temperature stressors]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii* [Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia], vol. 29, no. 2, pp. 147-152, EDN: OPYHIL. (In Russian).

5. Makarychev S.V., 2021. *Vлагообеспеченность почвы в плодовом саду и необходимость ее регулирования* [Soil moisture availability in an orchard and the need for its regulation]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulet. of Altai State Agrarian University], no. 10(204), pp. 37-43, DOI: 10.53083/1996-4277-2021-204-10-37-43, EDN: GDNAAI. (In Russian).

6. Makarychev S.V., 2021. *Otsenka usloviy proizrastaniya nasazhdeniy oblepikhi pri limannom oroshenii* [Evaluation of the growing conditions of sea-buckthorn plantations under

inundative irrigation]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bullet. of Altai State Agrarian University], no. 9(203), pp. 30-36, DOI: 10.53083/1996-4277-2021-203-30-36, EDN: KRQQWJ. (In Russian).

7. Panteleeva E.I., 2006. *Oblepikha krushinovaya (Hippophae rhamnoides L.): monografiya* [Sea Buckthorn (Hippophae Rhamnoides L.): monograph]. Barnaul, NIIS Publ., 249 p. (In Russian).

8. Shishkin A.V., Makarychev S.V., 2020. *Osobennosti formirovaniya vodnogo rezhima chernozema pod nasazhdeniyami oblepikhi i vozmozhnosti yego regulirovaniya orosheniem* [The features of water regime formation of chernozem under sea-buckthorn plantations and the possibility of its regulation by irrigation]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bullet. of Altai State Agrarian University], no. 11(193), pp. 39-45, EDN: AAWFUM. (In Russian).

9. Kosykh S.A., 1999. *Metodika proizvodstvennogo sortoispytaniya plodovykh kul'tur* [Methodology for industrial variety testing of fruit crops]. *Trudy Nikitskogo botanicheskogo sada* [Proceed. of the Nikitsky Botanical Garden], vol. 118, pp. 200-204. (In Russian).

10. Kosykh S.A., Shoferistov E.P., 1979. *Itogi proizvodstvenno-biologicheskoy otsenki sortov alychi v Krymu* [Results of production and biological assessment of cherry plum varieties in Crimea]. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada* [Bullet. of the State Nikitsky Botanical Garden], no. 40, pp. 41-44, EDN: ZRHTXX. (In Russian).

11. Opanasenko N.E., 2010. *Ekonomicheskaya otsenka urozhaynosti plodovykh kul'tur na skeletnykh pochvakh Kryma* [Economical evaluation of yield capacity of fruit crops on skeleton soils of the Crimea]. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada* [Bullet. of the State Nikitsky Botanical Garden], no. 101, pp. 67-72, EDN: UHOTRR. (In Russian).

12. Apazhev A.K., Shekihachev Yu.A., Khazhmetov L.M., Kudayev R.Kh., Egozhev A.M., Dzuganov V.B., Mishkhozhev V.Kh., Fiapshv A.G., Shekihacheva L.Z., Balkizov A.B., Sasiakov A.S., Khazhmetova A.L., 2018. *Mnogofunktsional'naya sistema orosheniya i zashchity nizkoroslykh sadov intensivnogo tipa i ikh lesozashchitnykh polos* [Multifunctional system of irrigation and protection of low-growing orchards of intensive type and their forest shelterbelts]. Nalchik, 285 p., EDN: ZSUCOM. (In Russian).

13. Shekihacheva L.Z., 2020. *Obosnovanie meropriyatiy po orosheniyu i zashchite plodovykh nasazhdeniy ot neblagopriyatnykh pogodnykh yavleniy v Severo-Kavkazskom regione* [Justification of measures for irrigation and protection of fruit plantations from adverse weather in the North Caucasus region]. *Ekologiya i prirodopol'zovanie: tendentsii, modeli, prognozy, prikladnye aspekty: materialy Natsionalnoy nauchno-prakt. konferentsii* [Ecology and Environmental Protection: Trends, Models, Forecasts, Applied Aspects: Proceed. of the National Scientific-Practical Conference]. Ryazan, pp. 156-160, EDN: NWGKGB. (In Russian).

14. Shekihacheva L.Z., Shekihachev A.A., Zhemukhov R.A., 2020. *Al'ternativnoe (biologicheskoe) zemledelie kak glavnaya sostavlyayushchaya ekologicheskoy konversii* [Alternative (biological) farming as the main component of environmental conversion]. *Energo-sberezhenie i energoeffektivnost': problemy i resheniya: sb. nauch. tr. IX Vseros. (nats.) nauchno-prakt. konf., posvyashchennoy 90-letiyu so dnya rozhdeniya Zasluzh. deyat. nauki i tekhniki RF, d-ra tekhn. nauk, prof. Khazretali Umarovicha Bugova* [Energy saving and energy efficiency: problems and solutions: Proceed. of the IX All-Russian (National) Scientific-Practical Conf., Dedicated to the 90th Anniversary of the Birth of the Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Prof. Kh. Um. Bugov]. Nalchik, pp. 332-335, EDN: HWCERX. (In Russian).

15. Apazhev A.K., Shekihachev Yu.A., 2021. *Innovatsionnye tekhnologii i tekhnika orosheniya sadov* [Innovative technologies and gardens irrigation technology]. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V. M. Kokova* [Bullet. of Kabardino-

Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov], no. 1(31), pp. 73-79, EDN: TWJQCA. (In Russian).

16. Kolesnikov V.A., 1962. *Kornevaya sistema plodovykh i yagodnykh rasteniy i metody ee izucheniya* [Root System of Fruit and Berry Plants and Methods of its Research]. Moscow, Selkhozizdat Publ., 191 p. (In Russian).

17. Azamatov M.A., 2011. *Vliyanie orosheniya i udobreniya na rost, razvitie i plodonoshenie yabloni v usloviyakh stepnoy zony Kabardino-Balkarii* [Effect of irrigation and fertilization on growth, development and fruiting of apple trees in the steppe zone of Kabardino-Balkaria]. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulet. of Ulyanovsk State Agricultural Academy], no. 4(16), pp. 3-10, EDN: OPOOQV. (In Russian).

18. Dospekhov B.A., 1985. *Metodika polevogo opyta* [Field Experiment Methodology]. Moscow, Agropromizdat Publ., 351 p., EDN: ZJQBUD. (In Russian).

19. Zeynalova H.A., 2013. *Predposylki uluchsheniya vozdel'yvaniya plodovykh kul'tur v gorno-oroshaemykh usloviyakh v Azerbaydzhane (na primere Gabalinskogo rayona respubliki)* [Prerequisites to improve the cultivation of fruit crops in mountain-irrigated conditions in Azerbaijan (using the Gabala district of the republic as an example)]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya* [Prospects of Science and Education], no. 3(3), pp. 203-209, EDN: QCJNBX. (In Russian).

20. Albogachiyev Z.S., 2010. *Tekhnika i tekhnologiya melkodispersnogo dozhdevaniya na gornykh sklonakh* [The techniques and technology of fine disperse sprinkling on mountain slopes]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 4, pp. 19-23, EDN: NCMVNX. (In Russian).

21. Bashirov N.B., 1998. *Kapel'noe oroshenie vinogradnika v Azerbaydzhane* [Drip irrigation of vineyards in Azerbaijan]. *Agrarnaya nauka Azerbaydzhana* [Agrarian Science in Azerbaijan], no. 2, pp. 17-20. (In Russian).

22. Aliyev R.B., Akhmedov S.A., 2018. *Sravnitel'nyy analiz kapel'nogo i borozdovogo sposoba poliva plodonosnogo vinogradnogo sada v usloviyakh Apsheronu* [Comparative analysis of drip and furrow irrigation of a fruitful vineyard in Absheron]. *Sbornik nauchnykh trudov Azerbaydzhanskogo nauchno-proizvodstvennogo ob"edineniya gidrologii i mekhanizatsii* [Proceed. of the Azerbaijan Scientific and Production Association of Hydrology and Mechanization]. Baku, Elm Publ., vol. 37, pp. 192-198. (In Russian).

23. Aliyev R.B., 2022. *Kapel'noe oroshenie za rubezhom i v Azerbaydzhane* [Drip irrigation in Azerbaijan and abroad]. *Byulleten' nauki i praktiki* [Bulet. of Science and Practice], vol. 8, no. 4, pp. 128-133, DOI: 10.33619/2414-2948/77/15, EDN: FMAWPU. (In Russian).

24. Aliyev Z.G., Aliyev I.G., 2012. *Effektivnost' primeneniya sistemy malointensivnogo orosheniya orekhovykh sadov v usloviyakh Gabalinskogo rayona* [Efficiency of application of irrigation systems with low intensity for walnut orchards in the Gabala region]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agrarian University], no. 8(94), pp. 29-32, EDN: PBOGWV. (In Russian).

25. Yasonidi O.E., 2011. *Kapel'noe oroshenie* [Drip Irrigation]. Novocherkassk, Lik Publ., 322 p., EDN: QLCBEP. (In Russian).

26. Markov Yu.A., 1985. *Programma i metodika issledovaniy po orosheniyu plodovykh i yagodnykh kul'tur* [The Program and Research Methods for Irrigation of Fruit and Berry Crops]. Michurinsk, VNIIS im. I.V. Michurina, 116 p. (In Russian).

27. Storchous V.N., 2015. *Kapel'noe oroshenie – rezerv effektivnosti ispol'zovaniya zemli, vody i energii* [Drip irrigation as the reserve of effective use of land, water and energy]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulet. of Orenburg State Agrarian University], no. 5(55), pp. 30-33, EDN: SWOSRI. (In Russian).

28. Goncharova L.A., 2002. *Sibirskie yabloni* [Siberian Apple Trees]. Novosibirsk, NGAU Publ., 158 p. (In Russian).

29. Rode A.A., 1969. *Osnovy ucheniya o pochvennoy vlage. T. 2. Metody opredeleniya vodnogo rezhima pochv* [Fundamentals of soil moisture doctrine. Vol. 2. Methods for Determining the Water Regime of Soils]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 287 p., EDN: YXAQUX. (In Russian).

30. Ovchinnikov A.S., Borodychev V.V., Kucher D.E., Shuravilin A.V., 2016. *Kapel'noe oroshenie yablonevogo sada intensivnogo tipa na dernovo-podzolistykh pochvakh Moskovskoy oblasti* [Apple orchard drip irrigation of intense type on sod podzolic soils of Moscow region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bullet. of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 2(42), pp. 211-220, EDN: WIMHEB. (In Russian).

31. Dubenok N.N., Gemonov A.V., 2020. *Parametry konturov uvlazhneniya pri kapel'nom oroshenii sazhentsev slivy v plodovom pitomnike* [Humidification contours parameters for drip irrigation of plum seedlings in a fruit nursery]. *Melioratsiya kak drayver modernizatsii APK v usloviyakh izmeneniya klimata: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. internet-konf.* [Land Reclamation as a Driver for Modernization of the Agro-Industrial Complex in the Context of Climate Change: Proceed. of International Scientific and Practical Internet Conference]. Novocherkassk, pp. 21-25, EDN: DPTTNO. (In Russian).

32. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V., 2020. *Osobennosti formirovaniya kornevoy sistemy sazhentsev slivy v pitomnike pri kapel'nom oroshenii* [Features of the formation of the root system of plum seedlings in a nursery during drip irrigation]. *Ovoshchi Rossii* [Vegetable Crops of Russia], no. 2, pp. 74-77, DOI: 10.18619/2072-9146-2020-2-74-77, EDN: HGITAI. (In Russian).

33. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V., 2020. *Vliyanie kapel'nogo orosheniya na rost i razvitie sazhentsev slivy v pitomnike v usloviyakh Tsentral'nogo Nechernozem'ya Rossii* [The influence of drip irrigation on the growth and development of plum seedlings in a nursery in the Central Non-Black Earth Region of Russia]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 4, pp. 6-11, EDN: GYMUG. (In Russian).

34. Borodychev V.V., Lytov M.N., 2021. *Algoritmy sozdaniya tekhnicheskikh sistem dlya regulirovaniya gidrotermicheskogo rezhima agrofytotsenozov s ispol'zovaniem metoda morfologicheskoy kombinatoriki* [Algorithm for creating technical systems for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis using the method of morphological combinator]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bullet. of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 2(62), pp. 314-330, DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-33, EDN: YMIBWO. (In Russian).

35. Borodychev V.V., Novikov A.E., Lamskova M.I., Filimonov M.I., 2020. *Apparaturnoe oformlenie sovmeshchennykh protsessov v tekhnologii vodopodgotovki* [Instrumentation of combined processes in water treatment technology]. *Novye tekhnologii* [New Technologies], vol. 16, no. 5, pp. 55-62, DOI: 10.47370/2072-0920-2020-16-5-55-62, EDN: AANTMR. (In Russian).

36. Dubenok N.N., Kalmykova E.S., Gemonov A.V., 2023. *Osobennosti primeneniya maloob'emnogo orosheniya dlya vyrashchivaniya sazhentsev plodovykh kul'tur v usloviyakh razlichnykh prirodno-klimaticheskikh zon Rossii* [Features of the use of low-volume irrigation for growing seedlings of fruit crops in various natural and climatic zones of Russia]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 4(43), pp. 7-10, DOI: 10.35809/2618-8279-2023-4-1, EDN: BUZRXX. (In Russian).

37. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V., 2024. *Bioklimaticheskie koeffitsienty sazhentsev plodovykh i yagodnykh kul'tur pri kapel'nom oroshenii v usloviyakh Tsentral'nogo Nechernozem'ya* [Bioclimatic coefficients of fruit and berry crop seedlings with drip irrigation in the Central Non-Black Earth Region]. *Ovoshchi Rossii* [Vegetable Crops of Russia], no. 3, pp. 96-101, DOI: 10.18619/2072-9146-2024-3-96-101, EDN: HCGKTW. (In Russian).

38. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Seliverstov A.M., 2024. *Osobennosti vodopotrebleniya sazhentsev zhimolosti pri vyrashchivanii v plodovyykh khozyaystvakh: obzor* [Features of water consumption of honeysuckle seedlings when grown in fruit farms: a review]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 4(47), pp. 23-27, DOI: 10.35809/2618-8279-2024-4-3, EDN: ETDSGA. (In Russian).

39. Dubenok N.N., Borodychev V.V., Chechko R.A., 2023. *Malointensivnoe dozhdevanie kartofelya v usloviyakh yuga Rossii* [Low-Intensity Sprinkling of Potatoes in the South of Russia]. Moscow, Prospect Publ., 176 p., EDN: YNHUFB. (In Russian).

40. Nabzdorov S.V., 2020. *Vliyanie pishchevogo rezhima, vlago- i teploobespechennosti vegetatsionnykh periodov na vodopotreblenie sakharной svekly* [Influence of food regime, moisture and heat supply of growing seasons on water consumption of sugar beet]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulet. of Belarusian State Agricultural Academy], no. 4, pp. 135-142, EDN: MJNXUI. (In Russian).

41. Nenko N.I., Ilyina I.A., Petrov V.S., Kiseleva G.K., Sundyreva M.A., Skhalyakho T.V., 2014. *Fiziologo-biokhimicheskaya otsenka sopryazhennoy ustoychivosti sortov vinograda k abioticheskim stressoram letnego perioda Anapo-Tamanskoy zony* [Physiological and biochemical assessment of the coupled resistance of grape varieties to abiotic stressors of summer in the Anapa-Taman zone]. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii* [Fruit Growing and Viticulture of the South of Russia], no. 25(1), pp. 51-74, EDN: RTCZAB. (In Russian).

Информация об авторах

А. В. Гемонов – доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, кандидат сельскохозяйственных наук, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация, a.gemonov@rgau-msha.ru, ORCID ID: 0000-0002-2561-8179;

Е. С. Калмыкова – ассистент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация, kalmukova.es@rgau-msha.ru, ORCID ID: 0009-0006-6951-030X.

Information about the authors

A. V. Gemonov – Associate Professor of the Department of Agricultural Land Reclamation, Candidate of Agricultural Sciences, Russian State Agrarian University – Timiryazev Agricultural Academy, Russian Federation, a.gemonov@rgau-msha.ru, ORCID ID: 0000-0002-2561-8179;

E. S. Kalmykova – Assistant Professor at the Department of Agricultural Land Reclamation, Russian State Agrarian University – Timiryazev Agricultural Academy, Russian Federation, kalmukova.es@rgau-msha.ru, ORCID ID: 0009-0006-6951-030X.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 10.02.2025; одобрена после рецензирования 03.03.2025; принята к публикации 01.04.2025.

The article was submitted 10.02.2025; approved after reviewing 03.03.2025; accepted for publication 01.04.2025.