

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Научная статья

УДК 631.671

К вопросу определения норм водопотребности сельскохозяйственных культур

Роман Степанович Масный¹, Георгий Трифионович Балакай²

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

¹rosniipm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0254-738X>

²balakaygt@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8021-6853>

Аннотация. Цель исследований – подготовить предложения по уточнению и усовершенствованию методов расчета норм водопотребности сельскохозяйственных культур для корректировки отдельных положений ГОСТ Р. **Материалы и методы.** Используются общепринятые методики Н. Н. Иванова и Н. И. Данильченко для расчета водопотребления и эвапотранспирации растений по периодам роста, методы анализа и синтеза для разработки предложений по уточнению норм водопотребности. **Результаты и обсуждения.** В связи с необходимостью актуализировать ГОСТ Р 58331.3-2019 проведены исследования по повышению точности определения норм водопотребности сельскохозяйственных культур при разных способах полива и подготовлены предложения, в том числе необходимо привести расчеты связи нормы водопотребности культур с испаряемостью, а не с суммой среднесуточных температур за расчетный период. Внести в приложения ГОСТа новые культуры – хлопчатник и сою, с рассчитанными нормами водопотребности по регионам и в зависимости от обеспеченности года осадками. Добавить поправочные коэффициенты норм водопотребности на способ полива – поверхностный полив (борозды и полосы), капельное орошение (наземное и подземное, внутрипочвенное), коэффициенты потерь воды при этих способах полива по сравнению с дождеванием. **Выводы.** Внесение дополнений в новую редакцию ГОСТ позволит уточнить нормы водопотребности во взаимосвязи с испаряемостью территории и эвапотранспирацией растений, повысить для культурных растений точность определения норм водопотребности за счет введения уточняющих коэффициентов норм водопотребности и коэффициентов потерь воды при различных способах полива, что позволит обоснованно снизить нормы водопотребности и обеспечить экономию водных ресурсов в орошаемом земледелии на 10–15 %.

Ключевые слова: орошение, нормы водопотребности, обеспеченность года, федеральные округа, методы расчета испаряемости и водопотребления

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Международной научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 18 февраля 2026 г.).

Для цитирования: Масный Р. С., Балакай Г. Т. К вопросу определения норм водопотребности сельскохозяйственных культур // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2026. Т. 98, № 1. С. 1–18.

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

Original article

On issue of determining the water requirements for agricultural crops

Roman S. Masnyi¹, Georgiy T. Balakay²

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

¹rosniipm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0254-738X>

²balakaygt@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8021-6853>

Abstract. Purpose: to develop proposals for refining and improving the methods for calculating the water requirement standards for agricultural crops in order to adjust certain provisions of GOST R. **Materials and methods.** The generally accepted methods of N. N. Ivanov and N. I. Danilchenko to calculate the water consumption and evapotranspiration of plants by growth periods were used, and the methods of analysis and synthesis were used to develop proposals for refining the water requirement standards. **Results and discussion.** Due to the need to update GOST R 58331.3-2019, studies to improve the accuracy of determining the water requirement standards for agricultural crops with different irrigation methods were conducted and proposals were prepared, including the need to provide calculations of the relationship between the water requirement standards of crops and evaporation, rather than with the heat summation for the estimated period. Introduce new crops to the GOST appendices – cotton and soybeans – with calculated water requirement standards by regions and depending on the annual precipitation. Add correction factors for water requirement standards on irrigation methods – surface irrigation (furrows and strips), drip irrigation (surface and subsurface, subsoil), and water loss coefficients for these irrigation methods compared to sprinkling. **Conclusions.** Introducing amendments to the new GOST version will allow for a more precise water requirement standards in relation to the evaporation rate of the area and plant evapotranspiration. It will also improve the accuracy of water requirement standards for crops by introducing clarifying coefficients for water requirement standards and water loss coefficients for various irrigation methods. This will allow for a reasonable reduction in water requirement standards and ensure water conservation in irrigated agriculture by 10–15 %.

Keywords: irrigation, water requirement standards, annual availability, federal districts, methods for calculating evaporation and water consumption

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the International scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 18, 2026).

For citation: Masnyi R. S., Balakay G. T. On issue of determining the water requirements for agricultural crops. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2026;98(1):1–18. (In Russ.).

Введение. Орошаемые земли в России являются основными потребителям водных ресурсов сельскохозяйственного растениеводства. В Европейской части России эти земли ежегодно катастрофически уменьшаются, что не позволяет расширить посевные площади риса, овощных и технических культур. Причин снижения обеспеченности орошаемых земель водными ресурсами много: это несовершенная оросительная сеть и ее техническое состояние и, в связи с этим снижение КПД мелиоративной системы; большие потери воды при ее транспортировке; несовершенные техника и

технологии орошения; нарушение режимов орошения и частое превышение поливных и оросительных норм [1].

Изучением режимов орошения и нормирования водопотребности сельскохозяйственных культур занимались многие ученые. Наиболее известные методы зарубежных ученых Пенмана-Монтейта, Л. Тюрка, Х. Ф. Блейни и В. Д. Криддла и других. На их основе учеными разработаны модели и много сценарные подходы к расчету эвапотранспирации сельскохозяйственными культурами [2–4]. Причем в разных климатических условиях точность методов определения эвапотранспирации различаются значительно. Так в Индии (шт. Пенджаб) более точным оказался метод Пенмана-Монтейта, а метод Х. Ф. Блейни и В. Д. Криддла был менее эффективным и точным, что подтверждается и величиной урожайности [2]. Используются эти методы и при разработке модели потенциального испарения для прогноза сроков полива и засухи [3]. Однако, по мнению многих авторов научных работ, для расчетов эвапотранспирации этим методам требуются параметры, которые не определяются на большинстве метеостанций [5, 6].

В России вопросами нормирования водопотребления занимались многие ученые. Например, Г. А. Сенчуков, И. В. Новикова (2013) определяли водопотребление сельскохозяйственных культур за вегетационный период по уравнению водного баланса с учетом вневегетационных поливов и затрат поливной воды, обеспечивающей при необходимости соблюдение промывного режима [7].

А. С. Исаев (2024) предлагал расчет эвапотранспирации ведущих сельскохозяйственных культур (ET) на территории объекта исследования определять с учетом коэффициента культуры (K_c), учитывающего потребность культур в воде, и коэффициента адвекции (K_a), учитывающего изменение метеорологического режима поля под влиянием орошения, а расчет норм (дефицита) водопотребления ведущих сельскохозяйственных культур рассчитывать на основе уравнения водного баланса корнеобитаемой зоны [8].

В 2022 г. в ФГБНУ ВНИИ «Радуга» учеными Г. В. Ольгаренко, Т. А. Капустиной, Е. В. Медведевой на основе научных исследований, на базе расчетных моделей, баз данных и компьютерной программы разработаны «Методические указания по нормированию орошения ...» агробиocenозов с учетом климатических изменений в границах установленных природно-климатических зон, пространственно-временной изменчивости гидрометеорологических факторов и влажности почвы, использования нелинейных зависимостей и алгоритма, позволяющих снизить влияние на параметры моделей амплитуды колебаний количественной изменчивости гидрометеорологических условий, в различные по тепло-, влагообеспеченности годы [9].

В работе Е. В. Гайдукова (2025) рассмотрены показатели увлаженности почвы и агрогидрологические константы, на основе которых обосновано уравнение для величины поливной нормы, а расчет сроков поливов основан на уравнении водного баланса для орошаемого поля с учетом фактических и возможных прогнозных дат выпадения осадков и их величин [10].

Учеными ФГБНУ «РосНИИПМ» также предложена методика расчета и корректировки сроков полива сельскохозяйственных культур. Были проанализированы различные методы расчета испарения растений отечественных и зарубежных ученых А. М. и С. М. Алпатьевых, Г. К. Льгова, Н. Н. Иванова, Н. В. Данильченко, Х. Л. Пенмана, Л. Тюрка и Х. Ф. Блейни и В. Д. Кридла. Наиболее простым и точным оказался метод определения испаряемости по формуле Н. Н. Иванова в модификации Н. В. Данильченко на основе исходных запасов влаги в почве и испарения полем, определяемым по метеорологическим показателям: среднесуточной температуры и относительной влажности воздуха, атмосферных осадков, скорости ветра и рассчитанных биологических коэффициентов водопотребления сельскохозяйственных культур для конкретных регионов возделывания [11, 12].

Для рационального использования оросительной воды в 2019 г., по заданию Минсельхоза России ФГБНУ «ВНИИ «Радуга» были разработаны нормы водопотребности (оросительные нормы) для орошения сельскохозяйственных культур, которые регламентируются ГОСТ Р 58331.3-2019 Системы и сооружения мелиоративные. Водопотребность для орошения сельскохозяйственных культур. Общие требования¹ (далее – ГОСТ Р). В данных нормах изложены методики определения влагообеспеченности территории и количественные параметры режима орошения, в табличной форме нормы водопотребности распределены по федеральным округам и регионам России с привязкой к зонам увлажнения (через коэффициент природного увлажнения (K_y)) и к расчетному году с 50, 75 и 95% обеспеченности осадками. Это первый в России утвержденный ГОСТ, который нормирует водопотребность сельскохозяйственных культур на орошаемых землях. В 2026 г. ФГБНУ ВНИИ «Радуга» планирует актуализировать и усовершенствовать этот документ, в связи с чем РосНИИПМ предлагает внести поправки и дополнения на основе последних исследований.

Цель – подготовить предложения по уточнению и усовершенствованию методов расчета норм водопотребности сельскохозяйственных культур для корректировки отдельных положений ГОСТ Р.

Материалы и методы. При разработке норм водопотребности использовали методы теоретический (балансовый), расчетно-теоретический и экспериментальный. Расчет поливных норм проводился по методике А. Н. Костякова. Исследования по вопросам нормирования водопотребности (оросительных норм) проводились в ФГБНУ ВНИИ «Радуга» и ФГБНУ «РосНИИПМ» на протяжении 50 лет. На основе использования методов анализа и обобщения были рассчитаны усредненные нормы водо-

¹ГОСТ Р 58331.3-2019. Системы и сооружения мелиоративные. Водопотребность для орошения сельскохозяйственных культур. Общие требования. Введ. 2019-07-01. М.: Стандартинформ, 2019. 32 с.

потребности (оросительные нормы) для многих изучаемых сельскохозяйственных культур при различных режимах орошения, с привязкой к зонам возделывания по природному коэффициенту увлажнения (K_y) и для года 25, 50, 75 и 95% обеспеченности и при поливе дождеванием и системами капельного орошения (СКО).

Результаты исследований. По результатам исследований РосНИИПМ предлагает в таблицы А.1–Б.3... приложений ГОСТ Р внести в перечень культур сою и хлопчатник для расчетов норм водопотребности культуры и их биоклиматические коэффициенты водопотребления (K_6). Значения приведены в рисунке 1, которые позволяют в дальнейшем увязать с нормами водопотребности в регионах и зонами с различным коэффициентом увлажнения (K_y) и обеспеченностью года осадками для года 25, 50, 75 и 95% обеспеченности.

В ГОСТ Р приведены биоклиматические коэффициенты водопотребления сельскохозяйственных культур (K_6) в зависимости от суммы среднесуточных температур воздуха нарастающим итогом от начала вегетации, которые предлагается привести во взаимосвязи с испаряемостью, как в формуле (6) на стр. 6 ГОСТ Р, где приводится пример расчета эвапотранспирации именно во взаимосвязи с испаряемостью (учитывает температурный режим, влажность воздуха, осадки и скорость ветра), который будет более точным, чем биоклиматический коэффициент во взаимосвязи с температурой воздуха.

В ГОСТ Р приводятся нормы водопотребности, разработанные по многолетним исследованиям различными НИИ и вузами, но, к сожалению, эти данные основаны на исследованиях, полученных при поливе дождеванием, поэтому предлагается внести поправочные коэффициенты, позволяющие уточнить поливные и соответственно оросительные нормы при поливе другими способами орошения (таблица 1).

Культура	Расчетный (вегетационный) период		Сумма среднесуточных температур воздуха нарастающим итогом от начала вегетации, °С															
			0–200	200–400	400–600	600–800	800–1000	1000–1200	1200–1400	1400–1600	1600–1800	1800–2000	2000–2200	2200–2400	2400–2600	2600–2800	2800–3000	3000–3200
	Начало	Окончание																
Зона сухих степей ($K_v = 0,31 - 0,40$)																		
Колосовые озимые	6	1400	0,70	0,76	0,90	1,08	1,13	0,96	0,60	0,6	0,60	0,60	0	0	0	0	0	0
Колосовые яровые	8	1450	0,63	0,69	0,80	1,01	1,11	1,05	0,80	0,56	0,56	0,56	0,56	0	0	0	0	0
Картофель поздний	10	1850	0,54	0,58	0,66	0,79	0,96	1,10	1,12	1,01	0,80	0,57	0,57	0,57	0,57	0	0	0
Кукуруза на зерно	10	2300	0,53	0,56	0,65	0,76	0,89	1,02	1,11	1,12	1,04	0,84	0,63	0,63	0,63	0,63	0	0
Кукуруза на силос	10	1950	0,53	0,56	0,65	0,76	0,89	1,02	1,10	1,11	1,03	1,03	1,03	1,03	0	0	0	0
Кукуруза пожнивная	6	1300	0,50	0,54	0,60	0,71	0,87	0,99	1,08	1,10	1,08	0	0	0	0	0	0	0
Соя, зерно	10	2500	0,51	0,54	0,63	0,72	0,88	1,02	1,11	1,13	1,10	0,95	0,87	0,81	0,74	0,64	0,62	0,55
Хлопчатник	15	2800	0,64	0,68	0,77	0,81	0,88	0,97	1,01	1,10	1,13	1,13	1,08	1,01	0,83	0,77	0,60	0,52
Свекла сахарная	10	2800	0,56	0,62	0,67	0,74	0,82	0,92	1,00	1,08	1,13	1,12	1,08	1,00	0,90	0,77	0,77	0,77
Свекла кормовая	8	2000	0,52	0,57	0,66	0,78	0,94	1,09	1,10	1,04	0,91	0,76	0,76	0,76	0,76	0	0	0
Свекла столовая	10	2100	0,62	0,65	0,75	0,87	0,96	1,10	1,10	1,03	0,90	0,80	0,72	0	0	0	0	0
Люцерна подпокровная	8	1350	0,50	0,55	0,66	0,90	1,08	0,71	0,80	1,00	1,10	0,71	0,80	0,96	0	0	0	0
Люцерна прошлых лет	6	2500	0,75	0,83	1,01	1,12	0,71	0,80	1,00	1,12	0,71	0,80	1,00	1,12	0,71	0,80	1,00	1,00

Рисунок 1 – Пример дополнений в ГОСТ в таблицу А.1

Figure 1 – Example of additions to GOST in table A.1

Таблица 1 – Поправочные коэффициенты к поливной норме в проекте ГОСТ при поливе разными способами

Table 1 – Correction factors to the irrigation rate in the draft GOST for irrigation by different methods

Способ полива	Поправочный коэффициент к поливной норме по сравнению с дождеванием (K_n)
Дождевание	1,0
Внутрипочвенное	0,8–0,9 (потери на инфильтрацию)
Поверхностный (борозды, полосы)	1,2–1,3 / 1,3–1,4 (испарение, влагозапасы + инфильтрация)
Затопление риса в чеках	6,0–7,0 (испарение, влагозапасы + инфильтрация)
Капельное наземное орошение	0,75–0,80
Капельное подземное (внутрипочвенное) орошение	0,5–0,6

По сравнению с дождеванием более экономным является внутрипочвенный полив с понижающим коэффициентом $K_n = 0,8–0,9$, полив системами капельного орошения $K_n = 0,75–0,80$ и полив с укладкой подземной капельной трубки – $0,5–0,6$. При поливе поверхностными способами (борозды, полосы) часть воды от 20 до 40 % теряется на инфильтрацию и испарение с влажной поверхности почвы. При поливе затоплением риса в чеках поправочный коэффициент увеличивается в 6,0–7,0 раз, так как помимо транспирации и испарения с поверхности воды в чеке, большая часть оросительной воды теряется на создание влагозапасов в почве под рисом и инфильтрацию. Это подтверждает анализ суммарного водопотребления посевов риса при поливе затоплением чеков, который показал, что структура водопотребления составляет: на транспирацию растениями 6–7 тыс. м³/га (15–20 %), испарение в атмосферу с водной поверхности чека – 20–25 % и на создание влагозапасов в почве и инфильтрацию – 65–75 % воды [13].

Поливная норма при разных способах полива также должна корректироваться с учетом затрат воды, идущей на создание влагозапасов почвы и на потери в виде испарения в воздух и инфильтрацию (таблица 2).

Таблица 2 – Соотношение частей поливной нормы, расходуемые на пополнение влагозапасов и потери [14]

Table 2 – Ratio of parts of the irrigation rate used for replenishing moisture reserves and losses [14]

Наименование способа и технологии водораспределения (полива)	Соотношение частей поливной нормы, идущих на восполнение запасов воды в почве (числитель) и испарение в воздух (знаменатель)	
	В проекте ГОСТ	Предлагаются поправочные коэффициенты
Дождевание	0,15 / 0,85	на 0,85 / 0,15
Дождевание синхронно-импульсное	0,5–0,7 / 0,5–0,3	–
Дождевание мелкодисперсное (аэрозольное орошение)	0,02–0,05 / 0,98–0,95	–
Внутрипочвенное орошение (все технологии)	0,98 / 0,02	–
Поверхностное:		
- борозды	–	0,90–0,95 / 0,10–0,05
- полосы	–	0,85–0,90 / 0,15–0,10
Затопление рисовых чеков, расход в долях:		
- водопотребление растениями	–	0,15–0,20
- испарение в атмосферу	–	0,20–0,25
- влагозапасы и инфильтрация	–	0,65–0,55
Капельное наземное орошение	0,98/0,02	–
Капельное подземное орошение	0,99/0,01	–

При поливе дождевальными машинами часть воды теряется на испарение в воздух в момент полива и часть воды испаряется с поверхности листьев растений и увлажненной поверхности орошаемого поля, которая может изменяться от 5 до 15 % в зависимости от температурного режима, относительной влажности воздуха и, особенно, от скорости ветра.

При синхронно-импульсном дождевании в почву поступает 50–70 % от поливной нормы, а остальные 30–50 % испаряются в воздух. Мелкодисперсное (аэрозольное) дождевание предназначено для создания растениям благоприятного микроклимата путем увлажнения воздуха и снижение ее температуры при котором основная доля воды до 98–95 % испаряется в воздух.

Самыми водосберегающими способами являются поливы СКО с наземным расположением капельной линии и с подземной укладкой капельных трубок, где потери снижаются до 1–2 %.

Предложенные поправочные коэффициенты позволят обосновать изменение поливных норм и влагозапасов в почве по сравнению с дождеванием.

Остановимся на методах определения и корректировки поливной нормы при разных способах полива.

Наиболее распространенный метод определения поливной нормы в м³/га при сплошном способе увлажнения поверхности почвы и создании планируемых влагозапасов, например, при поливе дождеванием, является формула А. Н. Костякова¹:

$$m_{\text{max}} = W_{\text{HB}} - W_0 = 10 \cdot \gamma \cdot h_p (\beta_{\text{HB}} - \beta_0),$$

где W_{HB} – запасы влаги в расчетном слое почвы, соответствующие НВ, мм;

W_0 – допустимые или фактические предполивные запасы воды в том же слое почвы, мм;

γ – плотность сложения расчетного слоя почвы, т/м³;

h_p – расчетная глубина промачивания, м;

β_{HB} – влажность почвы при НВ, % массы сухой почвы;

β_0 – предполивная (допустимая) влажность почвы, % массы сухой почвы.

Для определения поливной нормы (m) необходимо знать показатели глубины промачивания (h), плотности сложения этого слоя (γ), наименьшей влагоемкости (W_{HB} , β_{HB}) и порога увлажнения (W_0 , β_0) в процентах от массы сухой почвы.

В тоже время при увлажнении только части (доли) почвы, например, при капельном орошении, требуется введение в формулу дополнительного показателя в виде доли увлажняемой почвы (S). В свою очередь эта доля определяется по наибольшему диаметру проекции контура увлажнения. Например, на глинистых или тяжелосуглинистых почвах при поливе плодовых деревьев с шириной междурядий 3 м и расстоянием между деревьями в ряду 2 м с установкой одной капельницы, глубиной промачивания 1,0 м и диаметре контура увлажнения 1,0 м доля (S) составляет $S = 0,15$.

При поливе полевых культур, посеянных, например, на тяжелом суглинке пунктирным способом с шириной междурядий 0,7 м при глубине промачивания 0,5 м и шарообразном контуре увлажнения с диаметром контура 0,5 м доля увлажняемой почвы определяется по проекции наибольшего диаметра контура доля, которая составляет $S = 0,5 \text{ м} / 0,7 \text{ м} = 0,71$. Но такая методика не отражает объективные влагозапасы в почве и усложняет расчет поливной нормы и сроки полива, так как остается часть не орошаемой почвы и неучтенной в формуле (на рисунке 2 обозначено желтым цветом), что искажает результаты учета влагозапасов в расчетном слое почвы, поэтому предлагается рассмотреть вариант определения доли увлажняемой почвы не по проекции наибольшего диаметра контура увлажнения ($k_{кор_s}$), а по его объему ($k_{кор_v}$) (рисунок 2).

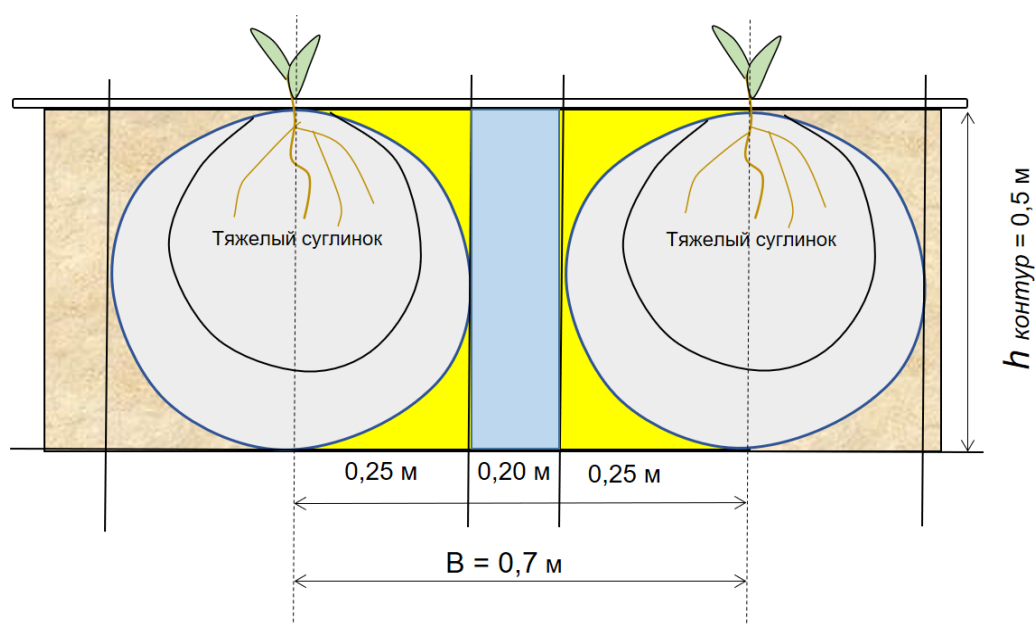


Рисунок 2 – Схема для расчета доли увлажняемой почвы при поливе системой капельного орошения с расчетом по площади и по объему увлажнения почвы

Figure 2 – Scheme for calculating the share of moistened soil under drip irrigation system, taking into account the area and volume of soil moisture

На рисунке желтым цветом обозначена часть почвы, которая не учитывается при определении доли увлажняемой почвы по площади (S) проекции диаметра контура увлажнения.

Для сравнения методов приведем расчеты корректирующего коэффициента доли увлажняемой почвы по показателям площади увлажнения ($k_{кор_s}$) и фактического объема увлажнения ($k_{кор_v}$):

$$k_{кор_s} = d / B,$$

$$k_{кор_v} = 4/3\pi R^3 / Vn,$$

где $4/3\pi R^3$ – объем контура увлажнения, m^3 ;

Vn – объем почвы под одной капельницей (определяется h контура x на ширину междурядий (B x) расстояние между капельницами C).

Пример расчета:

$$k_{кор_s} = (0,25 + 0,25) \text{ м} / 0,7 \text{ м} = 0,71;$$

$$k_{кор_v} = 4/3 \cdot \pi \cdot R^3 / Vn = 4/3 \cdot 3,14 \cdot 0,25^3 / 0,5 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 0,19.$$

На рисунке 2 приводится схема контура увлажнения на тяжелом суглинке, которая по форме близка к форме шара, но на практике контур увлажнения может быть различным в зависимости от многих факторов. Исследованиями, проведенными в РосНИИПМ [15, 16], НИМИ [17], ВолГАУ [18] установлено, что основное влияние на форму контура увлажнения оказывает гранулометрический состав почвы (рисунок 3).

Для определения типа почвы по гранулометрическому составу широко используется треугольник Ферре, который упрощает процесс и позволяет по таким гранулометрическим показателям как соотношение глинистых (фракция $\leq 0,001$ мм), пылеватых (фракция $0,05–0,001$ мм) и песчаных частиц (фракция $1–0,05$ мм) определить тип почвы.

Форма контура увлажнения, например, в зависимости от гранулометрического состояния может меняться: от плоскоовальной – в глинистой почве, до шарообразной – в тяжелосуглинистой почве и вытянутой цилиндрической формы в супесчаных почвах (рисунок 4).

Для расчета поливной нормы и прогнозирования сроков полива СКО необходимо знать закономерности изменения формы контура увлажнения в зависимости от воздействия биотических (биологические требования

растений к условиям произрастания, определение способов и норм посадки/высадки, подбор капельных линий по количеству, расстоянию и расходу эмиттеров, способов подготовки почвы и многих других) и абиотических факторов (гранулометрический состав почвы, наличие органического вещества, равновесная плотность сложения почвы и др.).



Рисунок 3 – Треугольник Ферре, для определения гранулометрического состава почвы [19]

Figure 3 – Ferret triangle, for determining soil granulometric composition [19]



Рисунок 4 – Схемы контура увлажнения при разном гранулометрическом составе почвы (по обобщенным данным)

Figure 4 – Moisture contour diagrams for different soil granulometric compositions (based on generalized data)

Полевые исследования позволили получить предварительные показатели формы контура увлажнения по соотношению «наибольшие диаметр контура – глубина контура» для почвы с различным гранулометрическим составом, выраженный через коэффициент формы соотношения (k_f), который составил: для глины 1:0,8–0,9; для тяжелосуглинистых почв – 1,0:1,0–1,1; для супесчаных почв 1:1,5–1,8. Исследования продолжаются.

Хотя имеются многочисленные исследования в этом направлении, но остаются не уточненными еще много вопросов, которые требуют изучения, особенно для набирающего темпы развития – подземного / внутрипочвенного способа полива с размещением многолетней капельной трубки в почве и полива в зоне развития корневой системы растений, например, на глубине 0,6 м для виноградников, 0,5–0,4 м для сои, кукурузы и свеклы сахарной.

Выводы

1 Совершенствование нормирования водопотребности сельскохозяйственных культур и актуализация положений проекта ГОСТ Р 58331.3-2019 позволит нормировать и контролировать расход водных ресурсов потенциальными потребителями воды для орошения сельскохозяйственных культур, что потребует от потребителей более бережного отношения к воде и позволит уменьшить оросительные нормы на 10–15 %.

2 В статье, на основании многолетних исследований РосНИИПМ предложены: дополнения и изменения касающиеся совершенствования расчетного метода определения поливных норм во взаимосвязи с испаряемостью и другими метеопараметрами; поправочные коэффициенты к нормам водопотребности при различных способах полива, так как в ГОСТ Р они приведены при дождевании; даны поправки в показатели соотношения доли воды, используемой для пополнения влагозапасов почвы и доли потерь на испарение и инфильтрацию; предложено при поливе системами капельного орошения долю увлажняемой почвы определять не по макси-

мальному диаметру проекции контура увлажнения, а по отношению объема фактически увлажненной почвы (в контуре увлажнения) к общему объему расчетного слоя почвы на 1 га. Применение этих предложений позволит более точно определять нормативы водопотребности, поливные и оросительные нормы в конкретных условиях земельных участков и более экономно расходовать водные ресурсы.

Список литературы

1. Балакай Г. Т., Масный Р. С. Обоснование мероприятий по водосбережению на рисовых оросительных системах // Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11, № 4. С. 1–16. DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-1-16 EDN: GEIXES.
2. Climatological approaches of irrigation scheduling for growing tomato crop under drip irrigation in sub-tropical region of Punjab / V. Sharma, N. M. Changade, S. B. Tarate, K. K. Yadav, B. K. Yadav // Journal of Agrometeorology 2023. Vol. 25, no. 4. P. 565–570. DOI: 10.54386/jam.v25i4.2269.
3. Analyzing the uncertainty of potential evapotranspiration models in drought projections derived for a semi-arid watershed / U. Okkan, O. Fistikoglu, Z. B. Ersoy, A. T. Noori // Theoretical and Applied Climatology. 2024. Vol. 155. P. 2329–2346. DOI: 10.1007/s00704-023-04817-2.
4. Unraveling the contribution of potential evaporation formulation to uncertainty under climate change / T. Lemaitre-Basset, L. Oudin, G. Thirel, L. Collet // Hydrology and Earth System Sciences. 2022. Vol. 26. No. 8. P. 2147–2159. DOI: 10.5194/hess-26-2147-2022. EDN: QUPTVL.
5. Implication of climate variable selections on the uncertainty of reference crop evapotranspiration projections propagated from climate variables projections under climate change / C. Lai, X. Chen, R. Zhong, Z. Wang // Agricultural Water Management. 2022. Vol. 259. Article number: 107273. DOI: 10.1016/j.agwat.2021.107273.
6. Estimating Evapotranspiration using artificial neural network / M. Kumar, N. S. Raghuwanshi, R. W. Singh, W. W. Wallender, O. Pruitt // Journal of Irrigation and drainage engg. 2002. Vol. 128, iss. 4. P. 224–233.
7. Сенчуков Г. А., Новикова И. В. Нормирование водопотребности сельскохозяйственных культур // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 3(11), 2013. С. 40–53. EDN: QYOKCD.
8. Исаев А. С. Эвапотранспирация и нормы водопотребления ведущих сельскохозяйственных культур бассейна саны // Мелиорация и водное хозяйство. 2023. № 3. С. 16–20. DOI: 10.32962/0235-2524-2023-3-16-20. EDN: IMORHJ.
9. Оценка точности определения эвапотранспирации с учетом вероятностного характера гидрометеорологической и водно-балансовой информации / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, В. И. Ольгаренко // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 1. С. 42–46. DOI: 10.30850/vrsn/2022/1/42-46. EDN: TFRQAI.
10. К вопросу определения величины поливной нормы и сроков полива сельскохозяйственных культур / Е. В. Гайдукова, В. С. Девятков, С. А. Мережкин, Е. К. Семенова, И. А. Чепель [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2025. № 8(158). DOI: 10.60797/IRJ.2025.158.45. EDN: SJMITB.
11. Оценка агроклиматических ресурсов юга России для возделывания хлопчат-

ника / Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, С. А. Селицкий // Экологический вестник Северного Кавказа. 2023. Т. 19, № 3. С. 13–24. EDN: CSTQVN.

12. Нормативы водопотребности риса в различных агроклиматических зонах России: монография / С. М. Васильев, Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, С. Н. Якуба, Н. Н. Малышева, С. В. Кизинёк. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2020. 202 с. ISBN: 978-5-6042865-2-4. EDN: APXRNW.

13. Балакай Г. Т., Гурина И. В., Тагиров Ф. Г. Программное обеспечение для расчета режима орошения томатов открытого грунта // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 2. С. 1–17. DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-2-1-17. EDN: TVCYTS.

14. Планирование водопользования при орошении сельскохозяйственных культур / Г. В. Ольгаренко, Т. А. Капустина, Д. Г. Ольгаренко, Ф. К. Цекоева. М.: Росинформагротех, 2014. 172 с. EDN: UAHFGV.

15. Шкура В. Н., Обумахов Д. Л., Рыжаков А. Н. Капельное орошение яблони: монография. Новочеркасск: Лик, 2014. 310 с. ISBN: 978-5-906758-24-8. EDN: ZDOAGV.

16. Шкура В. Н., Масный Р. С., Штанько А. С. Системы капельного орошения садов. М.: Росинформагротех, 2023. 300 с.

17. Водосбережение при орошении/ О. Е. Ясониди; Новочеркасская государственная мелиоративная академия. Новочеркасск, Набла, 2004. 473 с. EDN: QKXUUP.

18. Овчинников А. С., Бочарников В. С., Мещериков М. П. Методика расчета и обоснование параметров контура увлажнения в условиях открытого и закрытого грунта // Природообустройство. 2012. № 4. С. 29–33. EDN: PEXITP.

19. Гаврилов Д. А. Использование R для классификации гранулометрических классов почв и построения диаграммы Ферре // Почвы и окружающая среда. 2021. Т. 4, № 1. DOI: 10.31251/pos.v4i1.136. EDN: YKBQWI.

References

1. Balakai G.T., Masny R.S., 2021. *Obosnovanie meropriyatiy po vodosberezheniyu na risovykh orositel'nykh sistemakh* [Water saving measures substantiation for rice irrigation systems]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 11, no. 4, pp. 1-16, DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-1-16. EDN: GEIXES. (In Russian).

2. Sharma V., Changade N.M., Tarate S.B., Yadav K.K., Yadav B.K., 2023. Climatological approaches of irrigation scheduling for growing tomato crop under drip irrigation in sub-tropical region of Punjab. *Journal of Agrometeorology*, vol. 25, no. 4, pp. 565-570, DOI: 10.54386/jam.v25i4.2269.

3. Okkan U., Fistikoglu O., Ersoy Z.B., Noori A.T., 2024. Analyzing the uncertainty of potential evapotranspiration models in drought projections derived for a semi-arid watershed. *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 155, pp. 2329-2346, DOI: 10.1007/s00704-023-04817-2.

4. Lemaitre-Basset T., Oudin L., Thirel G., Collet L., 2022. Unraveling the contribution of potential evaporation formulation to uncertainty under climate change. *Hydrology and Earth System Sciences*. vol. 26, no. 8, pp. 2147-2159, DOI: 10.5194/hess-26-2147-2022. EDN: QUPTVL.

5. Lai C., Chen X., Zhong R., Wanq Z., 2022. Implication of climate variable selections on the uncertainty of reference crop evapotranspiration projections propagated from climate variables projections under climate change. *Agricultural Water Management*, vol. 259, article number: 107273, DOI: 10.1016/j.agwat.2021.107273.

6. Kumar M., Raghuwanshi N.S., Singh R.W., Wallender W.W., Pruitt O., 2002. Estimating Evapotranspiration using artificial neural network. *Journal of Irrigation and drainage engg*, vol. 128, iss. 4, pp. 224-233.

7. Senchukov G.A., Novikova I.V., 2013. *Normirovanie vodopotrebnosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Rate setting of water requirements for agricultural crops]. *Nauchnyy zhur-*

nal Rossiyskogo NII problem melioratsii [Scientific Journal of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems], no. 3(11), pp. 40-53, EDN: QYOKCD. (In Russian).

8. Isaev A.S., 2023. *Evapotranspiratsiya i normy vodopotrebleniya vedushchikh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur basseyna Sany* [Evapotranspiration and water consumption standards of the leading agricultural crops in the Sana basin]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 3, pp. 16-20, DOI: 10.32962/0235-2524-2023-3-16-20, EDN: IMORHJ. (In Russian).

9. Olgarenko V.I., Olgarenko G.V., Olgarenko I.V., Olgarenko V.I., 2022. *Otsenka tochnosti opredeleniya evapotranspiratsii s uchetom veroyatnostnogo kharaktera gidrometeorologicheskoy i vodno-balansovoy informatsii* [Accuracy evaluation of evapotranspiration determining taking into account the probabilistic nature of the hydrometeorological and water balance information]. *Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Bulletin of the Russian Agricultural Science], no. 1, pp. 42-46, DOI: 10.30850/vrsn/2022/1/42-46, EDN: TFRQAI. (In Russian).

10. Gaidukova E.V., Devyatov V.S., Merezhkin S.A., Semenova E.K., Chepel I.A. [et al.], 2025. *K voprosu opredeleniya velichiny polivnoy normy i srokov poliva sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [To the issue of determining the value of irrigation rate and timing of irrigation of agricultural crops]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Research Journal], no. 8(158), DOI: 10.60797/IRJ.2025.158.45, EDN: SJMITB. (In Russian).

11. Balakai G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Selitsky S.A., 2023. *Otsenka agroklimaticheskikh resursov yuga Rossii dlya vozdeystviya khlopchatnika* [Assessment of agroclimatic resources of the south of Russia for cotton cultivation]. *Ekologicheskii vestnik Severnogo Kavkaza* [The North Caucasus Ecological Herald], vol. 19, no. 3, pp. 13-24, EDN: CSTQVN. (In Russian).

12. Vasiliev S.M., Balakai G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Yakuba S.N., Malysheva N.N., Kizinyok S.V., 2020. *Normativy vodopotrebnosti risa v razlichnykh agroklimaticheskikh zonakh Rossii: monografiya* [Rice Water Requirements in Various Agro-Climatic Zones of Russia: monograph]. Novocherkassk, RosNIIPM, 202 p., ISBN: 978-5-6042865-2-4, EDN: APXRNW. (In Russian).

13. Balakai G.T., Gurina I.V., Tagirov F.G., 2024. *Programmnoe obespechenie dlya rascheta rezhima orosheniya tomatov otkrytogo grunta* [Software for calculating the irrigation regime of tomatoes in open ground]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 14, no. 2, pp. 1-17, DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-2-1-17, EDN: TVCYTS. (In Russian).

14. Olgarenko G.V., Kapustina T.A., Olgarenko D.G., Tsekoeva F.K., 2014. *Planirovaniye vodopol'zovaniya pri oroshenii sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Planning of water use for crop irrigation]. Moscow, Rosinformarotekh Publ., 172 p., EDN: UAHFGV. (In Russian).

15. Shkura V.N., Obumakhov D.L., Ryzhakov A.N., 2014. *Kapel'noe oroshenie yabloni: monografiya* [Drip Irrigation of Apple Trees: monograph]. Novocherkassk, Lik Publ., 310 p., ISBN: 978-5-906758-24-8, EDN: ZDOAGV. (In Russian).

16. Shkura V.N., Masny R.S., Shtanko A.S., 2023. *Sistemy kapel'nogo orosheniya sadov* [Drip Irrigation Systems for Gardens]. Moscow, Rosinformagrotech Publ., 300 p. (In Russian).

17. Yasonidi O.E., 2004. *Vodosberezhenie pri oroshenii* [Water Conservation in Irrigation]. Novocherkassk State Land Reclamation Academy, Novocherkassk, Nabla Publ., 473 p., EDN: QKXUUP. (In Russian).

18. Ovchinnikov A.S., Bocharnikov V.S., Mescheryakov M.P., 2012. *Metodika rascheta i obosnovaniye parametrov kontura uvlazhneniya v usloviyakh otkrytogo i zakrytogo grunta* [The calculation method and substantiation of the contour of moistening parameters under the conditions of the open and closed ground]. *Prirodoobustroystvo* [Prirodoobustroystvo], no. 4, pp. 29-33, EDN: PEXITP. (In Russian).

19. Gavrilov D.A., 2021. *Ispol'zovaniye R dlya klassifikatsii granulometricheskikh klassov pochvy i postroyeniya diagrammy Ferre* [Using r-software for classification of soil granu-

lometry classes and creating the Ferrers diagrams]. *Pochvy i okruzhayushchaya sreda* [Soils and Environment], vol. 4, no. 1, DOI: 10.31251/pos.v4i1.136, EDN: YKBQWI. (In Russian).

Информация об авторах

Р. С. Масный – ведущий научный сотрудник, кандидат военных наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, rosniipm@yandex.ru, Author ID: 1102932, ORCID: 0000-0002-0254-738X;

Г. Т. Балакай – главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации Новочеркасск, Российская Федерация, balakaygt@rambler.ru, ORCID: 0000-0001-8021-6853.

Information about the authors

R. S. Masnyi – Leading Researcher, Candidate of Military Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, rosniipm@yandex.ru, Author ID: 1102932, ORCID: 0000-0002-0254-738X;

G. T. Balakay – Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, balakaygt@rambler.ru, ORCID: 0000-0001-8021-6853.

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 09.02.2026; одобрена после рецензирования 04.03.2026; принята к публикации 13.04.2026.

The article was submitted 09.02.2026; approved after reviewing 04.03.2026; accepted for publication 13.04.2026.