

ЛИТЕРАТУРА

1. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года»): Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490 (ред. от 15.02.2024) URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_335184/ (дата обращения 23.07.2025)/
2. Заседание Совета по стратегическому развитию и национальным проектам. Стенограмма 21.12.2023 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/events/councils/by-council/1029/73083> (дата обращения 23.07.2025)/
3. Интеллектуальная система поддержки принятия решений для управления мелиоративно-водохозяйственным комплексом. К 100-летию Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова / С.Д. Исаева, Э.Б. Дедова, А.В. Матвеев [и др.]. М.: ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2024. 204 с. ISBN 978-5-907464-78-0. DOI 10.37738/VNIIGIM.2024.19.62.001. EDN ZTXNHM.
4. Веб-ГИС-платформа для обоснования решений по управлению мелиоративно-водохозяйственным комплексом Республики Калмыкия: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024687737 Российская Федерация. № 2024686384: заявл. 06.11.2024; опублик. 20.11.2024 / А.В. Матвеев, Э.Б. Дедова, С.Д. Исаева, Р.М. Шабанов; заявитель ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова. EDN GWNAHL.
5. Веб-ассистент для интеллектуального поиска по базе знаний: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025618901 Российская Федерация: заявл. 28.03.2025; опублик. 08.04.2025 / А.В. Матвеев; заявитель ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова. EDN ESBIWC.
6. Новые способы повышения продуктивности деградированных мелиорированных земель с применением информационных технологий / А.В. Ильинский, Н.В. Коломийцев, А.В. Матвеев [и др.]. М.: ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2022. 152 с. ISBN 978-5-907464-34-6. EDN BVVIEO.
7. Интеллектуальный веб-агент для анализа баз данных: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025682023 Российская Федерация: заявл. 29.07.2025; опублик. 20.08.2025 / А.В. Матвеев; заявитель ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова. EDN FUDKJJ.

REFERENCES

1. Decree of the President of the Russian Federation of 10.10.2019 No. 490 (as amended on 15.02.2024) «On the Development of Artificial Intelligence in the Russian Federation» (together with the

«National Strategy for the Development of Artificial Intelligence for the Period up to 2030»). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_335184/ (date of access 23.07.2025).

2. Meeting of the Council for Strategic Development and National Projects. Transcript of 21.12.2023 [Electronic resource]. URL: <http://www.kremlin.ru/events/councils/by-council/1029/73083> (date of access 23.07.2025).

3. Intelligent decision support system for managing the land reclamation and water management complex: On the 100th anniversary of the All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov / S.D. Isaeva, E.B. Dedova, A.V. Matveev [et al.]. Moscow: All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, 2024. 204 p. ISBN 978-5-907464-78-0. DOI 10.37738/VNIIGIM.2024.19.62.001. EDN ZTXNHM.

4. Certificate of state registration of computer program No. 2024687737 Russian Federation. Web GIS platform for substantiating decisions on managing the melioration and water management complex of the Republic of Kalmykia: No. 2024686384: declared. 06.11.2024; published. 20.11.2024 / A.V. Matveev, E.B. Dedova, S.D. Isaeva, R.M. Shabanov; applicant Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov». EDN GWNAHL.

5. Certificate of state registration of computer program No. 2025618901 Russian Federation. Web assistant for intelligent search in the knowledge base: declared 28.03.2025; published 08.04.2025 / A.V. Matveev; applicant Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov». EDN ESBIWC.

6. New methods for increasing the productivity of degraded reclaimed lands using information technologies / A.V. Ilyinsky, N.V. Kolomyitsev, A.V. Matveev [et al.]. Moscow: All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, 2022. 152 p. ISBN 978-5-907464-34-6. EDN BVVIEO.

7. Certificate of state registration of computer program No. 2025682023 Russian Federation. Intelligent web agent for database analysis: declared 29.07.2025; published 20.08.2025 / A.V. Matveev; applicant Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov». EDN FUDKJJ.

Матвеев Андрей Валерьевич, канд. техн. наук, вед. науч. сотрудник, andrey@vniigim.ru (ФНЦ «ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова», Россия, г. Москва).

УДК 631.674.6.

DOI: 10.32962/0235-2524-2025-5-28-32

КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ ЦВЕТОЧНЫХ РАСТЕНИЙ НА СКЛОНАХ ОВРАГА

М.И. ГОЛУБЕНКО, С.П. УМНОВ, Ю.А. МАЖАЙСКИЙ

Ключевые слова: капельное орошение, поливная вода, полив цветочных растений.

Keywords: drip irrigation, irrigation water, watering of flower plants.

Аннотация. Обзор литературных источников позволил установить, что в Российской Федерации проведение капельного орошения по использованию оросительной воды считается наиболее водосберегающим и экологически безопасным способом орошения, а по своей технической реализации наиболее автоматизированным.

В Российской Федерации имеется площадь капельного орошения до 150 тыс. га в 2021 г. Ежегодно происходит увеличение площади под капельным орошением и в 2025 г.

Для промышленного производства в Российской Федерации выпускаются ленты и трубки капельного полива в масштабах около 1 млрд п.м в год. Характеристики трубок позволяют подобрать необходимые параметры полива для любой культуры и почвенных особенностей. Выпускаются ленты и трубки капельного орошения диаметром 16 мм с тол-

щиной стенки от 0,15 до 1,2 мм с расстоянием между капельницами от 10 см и больше, расходом от 0,6 до 8 л/ч по давлению воды водовыпусками, позволяющими подобрать необходимую длину капельной линии в зависимости от величины участка.

При современном требовании экономии водных и энергетических ресурсов, сохранение и повышение плодородия почв, защиты растений и агроландшафтов в целом нашли подтверждение конкретно при выращивании растений «Патриарший сад» в центральной части города Владимир. На склонах оврага созданы террасы в сложных условиях рельефа, где размещается весь комплекс агроландшафта, в частности, полив цветочных растений, яблонь, вишни и других произрастающих растений, что делает сад завершенным для отдыха людей города со своим дизайном. Кроме того, обеспечивает зону отдыха в летний жаркий период на данном объекте.

Abstract. A review of the literature sources allowed us to establish that in the Russian Federation, drip irrigation for the use of irrigation water is

considered the most water-saving and environmentally friendly irrigation method, and the most automated in its technical implementation. In the Russian Federation, there is an area of drip irrigation up to 150 thousand hectares by 2021. There is an annual increase in the area under drip irrigation in 2025. For industrial production in the Russian Federation, drip irrigation tapes and tubes are produced on a scale of about 1 billion running meters per year. The characteristics of the tubes allow you to select the necessary irrigation parameters for any crop and soil features. Drip irrigation tapes and tubes with a diameter of 16 mm with a wall thickness of 0.15 to 1.2 mm with a distance between droppers of 10 cm or more, with a flow rate of 0.6 to 8 l/h by water pressure outlets, allowing you to select the required length of the drip line depending on the size of the site. With the modern demand for saving water and energy resources, the preservation and improvement of soil fertility, plant protection and agrolandscapes in general have been confirmed specifically in the cultivation of plants «Patriarch's Garden» in the central part of the city of Vladimir. Terraces have been created on the slopes of the ravine in difficult terrain conditions, where the entire complex of the agricultural landscape is located, in particular, watering of flower plants, apple trees, cherries and other growing plants, which makes the garden complete for the recreation of the city's people with its own design. In addition, it provides a recreation area during the hot summer period at this facility.

Введение. Ресурсосбережение в мелиорации связано с совершенствованием технологий орошения, применением ресурсосберегающих режимов и дифференцированных технологий орошения, охранной водных ресурсов и др. Объект парковой зоны использует природный склоновый ландшафтный овраг, глубиной (высотой) до 30 м, расположенный в центральной и исторической части города Владимир. Рядом протекает река Клязьма. Следует отметить, что многие элементы сада спроектированы и заложены в послевоенные годы (<http://patsad.ouvlad.ru>). Исходя из расположения территории оврага, полив производят из распределительной трубопроводной сети (городской водопровод) для капельного полива. Для внедрения выбран участок «Южный склон» для капельного полива. В большей степени реализация соответствует капельный полив, который благодаря нормированной подаче поливной воды, подается непосредственно в зону питания каждого растения, согласно его биологическим потребностям при одновременном улучшении качества роста и развития растений, в частности в жаркий период времени на площади 4 га, имеющей в своем составе зоны отдыха. «Патриарший сад» города Владимир, расположен на склоне оврага с террасами, имеет также свой дизайн, который помогает людям всех возрастов проводить здесь свой отдых. При этом такие парки превращаются в цветущий красивый сад для различных экскурсионных посещений туристов, специалистов и научных работников многих профессий, молодежи, а также составляет методическую и научную базы на данном объекте. Поэтому система капельного полива является одной из главных задач по совершенствованию новых технологий полива охрана водных ресурсов, исходя из местоположения сложности рельефа территории [1–4].

Цель исследования. Разработать оптимальный режим полива цветочных растений, кустарников, плодовых деревьев, смородины и других растений способа полива данного ландшафта.

Материалы и методы. Если достоинства и недостатки капельного орошения доказаны многочисленными исследователями в различных регионах Российской Федерации, то относительно той и или иной си-

стем орошения склоновых земель оврага в условиях полива растений на практике существенно не раскрывается достаточно полно [5–14].

Модернизация существующей системы полива включала в себя на первом этапе создание пилотного проекта для внедрения капельного полива склонового оврага с различными многочисленными построенными террасами, начиная сверху до подошвы оврага с перепадом высот до 30 м.

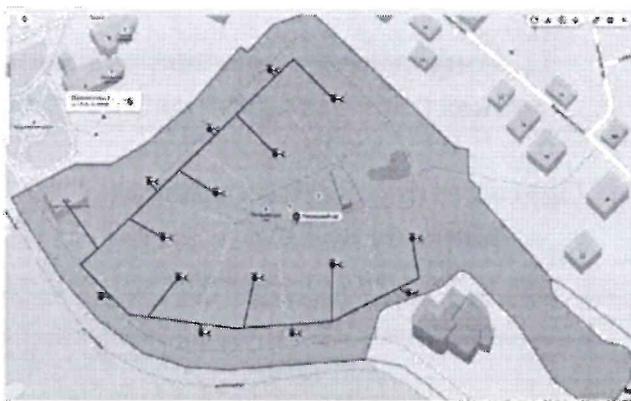
На рисунке приведена существующая схема полива с узлами для подключения поливных шлангов. В центре, на дне подошвы оврага, расположен многоструйный фонтан.

Опыты проводили к привязке к существующей распределительной открытой трубопроводной системы полива.

На примере посадки цветочных разных видов растений рассматривали расстояние между капельницами порядка 30 см, расход капельницы 1,6 л/ч, а также укладка капельных лент, как на землю, так и на высоте 20...30 см выше растений, чтобы проводить все операции по уходу за растениями. Для полива использовали капельную ленту, «Зеленая река», выпускаемая во Владимирской области, Александровский район, г. Струнино (ЗАО «Центр инноваций»), а также материалы авторских исследований, посвященных геометрических размеров (параметров) контура увлажнения для известных растений в данных рельефных условиях, учитывающей количество расположенных цветочных растений по длине не менее 50 шт., на капельной линии длиной до 180 м на каждой террасе.

Результаты и обсуждения. При проведении исследований известной разработанной капельной ленты с водовыпусками (эмиттеров), выше отмеченной разработки, принята следующая методика капельного полива на склонах оврага с многочисленными террасами.

В качестве первого этапа выполнения этой задачи предложен пилотный проект с привязкой всех ее узлов к существующей поливной трубопроводной системе с требованием оптимизации водообеспеченности выращивания разных видов цветочных растений при отсутствии смыва почвы на склонах, а с другой стороны, дефицит водопроводной воды из городского водопровода в пределах парковой зоны города Владимир, опре-



Общая схема полива сада на склонах оврага (существующая)

деляющий необходимость оптимизации забора данной нормы полива для растений при сохранении почвенного плодородия.

Для реализации поставленной задачи и для поддержания влажности активного слоя почвы на уровне не менее 70% НВ производился полив одной капельницей с нормой 1,6 л/ч (может быть до 2,2 л/ч) с возможностью использования существующей разводящей сети. В зависимости от погодных условий для поддержания предполивного порога 70% НВ полив проводили в основном в утренние и вечерние часы, так как исходили также из требований поочередного поддержания на террасах предполивной нормы порога влажности каждого высаженного вида цветочных растений и разбора водопроводной воды, поступающей из городского трубопровода для данной территории.

Большое значение это имело в жаркий летний период, чтобы поддерживать предполивной порог влажности растений и ресурсосбережения, особенно с недостаточностью в данном районе города.

В работе рассматривается внедрение в эксплуатацию капельного полива и ее узлов распределения на узких террасах от вершины до подошвы оврага, в центре которого построен и функционирует многоструйный фонтан (рисунок).

Поэтому, прежде всего, принято оценивать воду по степени жесткости, мг-экв/дм³: очень мягкая – 1,5...3; средней жесткости – 3...6; жесткая – 6...10; очень жесткая – 10 и более.

Вода поступала на полив цветочных растений из городского трубопровода, поэтому не ставилась задача определения содержания микроэлементов (жесткой воды), таких как Ca²⁺ и Mg²⁺, которые могут засорить эпиттер-капельницы в системе капельного полива. Срок службы применяемой капельной линии в данных условиях составил не менее трех лет, и показал надежность и простоту ее работы, а также экономию поливной воды. В связи с этим целью исследования является обобщение требований к возможности эксплуатации для внедрения системы капельного полива и рассмотрения способов предотвращения размыва грунта на участках террас на склонах оврага парковой зоны отдыха, т. к. отсутствует опыт полива склоновых оврагов с ярусным трассированием полива, каким является объект «Патриарший сад» в центре города Владимира и системы в ее отдельных элементах.

Имеются рекомендации по расчету влажности, базирующихся на условии эмпирически принятых формах в виде «шарового пояса», «усеченного конуса», «цилиндра», «эллипсоида вращения» и других, кото-

рые имеют локальный характер. В реальной практике известно орошение, изложенное в [2, 3].

Известны предложения по определению поливных норм, рассчитанных в объемах поливной воды (м³ или л) на одно растение, на одну капельницу и на один локальный (единичный) контур увлажнения (в л³ на растение, м³ на капельницу, м³ на контур). Данные предложения по разновидностям поливных норм имеют определенное физическое обоснование, но формально не соответствуют общепринятому определению термина «поливная норма». В общепринятом толковании под термином «поливная норма» понимается «количество воды, подаваемое (ый) на единицу увлажнения площади за один полив».

Несмотря на значительное количество предложений в области разработок искусственно-напорных (принудительно) капельных систем орошения, в частности, при поливе склоновых земель (агроландшафта) отсутствует разработка методик до настоящего времени. Указанное обстоятельство позволяет сформулировать предложения по компоновочно-конструктивным решениям и методологическим основам проектирования полносамонапорным (безнасосных или внешнеэнергезависимых) капельных систем для таких земель, где склоны оврага от вершины до подошвы устраивают целый каскад узких террас.

Капельные линии укладывали как на землю, так и подвешивали на высоте 20...30 см выше растений, что дает возможность проводить все операции по уходу за растениями. Узел распределения воды включал стандартный фильтр тонкой очистки, счетчик холодной воды, измеритель давления воды (манометр давления воды стандартный), регулируемые шаровые краны, в конце линии шаровой кран для промывки и сброса воды по окончании полива.

Следует привести пример скорости впитывания воды в почву в зависимости от гранулометрического состава почв (таблица).

Общий требуемый расход подачи единичной поливной нормы рассчитывается, м³/ч:

$$q = K\mu / K_2 t,$$

где K – коэффициент, учитывающий возможные потери при поливе ($K=1,05...1,1$) на испарение и за пределы контура увлажнения; μ – единичная поливная норма, м³; K_2 – коэффициент, учитывающий почвенные условия, для песчаных почв принимается 1,1; для суглинков – 1,2...1,3; для глинистых – 1,4.

В зависимости от принятого типа капельниц, при увлажнении поливная норма м³/га определяется по известным формулам. Однако локальный характер увлажнения почв при капельном орошении зависит от уровня предполивной влажности зоны орошения. При этом существует общая закономерность уменьшения диаметра зоны увлажнения с увеличением исходной влажности почвогрунта [3].

Таким образом, расчеты по режиму капельного полива, привязаны к данным водно-физическим исследованиям. Расход воды, контур промачивания, время перераспределения влаги по профилю зависит от водно-физических свойств почвы.

Скорость впитывания воды в почву

Тип почвы	Коэффициент впитывания	
	мм/мин	м/ч
Глины тяжелые	0,015...0,08	0,9...4,8
Глины средние	0,17...0,84	10,2...50,5
Суглинки	0,84...1,7	50,4...102,0
Супеси	1,7...2,5	102,0...150,0
Пески	>3,3	>200,0

Следует отметить, в системах капельного орошения можно использовать переходные, или, как их называют, солоноватые воды, но стоит учитывать, что вода должна иметь минерализацию не более 1...3 г/л, т. е. должны являться слабосолоноватыми по мнению автора [15, 16].

Таким образом, если водозабор для капельного полива осуществляется из источника воды, загрязненного наносами более допустимого предела, то требуется установка усиленного блока механической очистки в системе капельного полива (орошения) или оптимизированного водозаборно-очистного сооружения. Однако на данный момент отсутствует нормативно-техническая документация и следует придерживаться рекомендаций [1].

Авторами также установлено, что при использовании капельной линии при поливе необходимо периодически осуществлять колебание рабочего давления, что помогает снизить содержание веществ, закупоривающих изнутри эмиттер-капельницы. Для этого в конце каждой капельной линии имеются сбросные шаровые краны.

Для предложенного участка капельного полива (орошения) необходимо разрабатывать проект для различных природных климатических зон и для различных типов почв. Следует также отметить, что ориентировочная продолжительность полива определяется средней скоростью впитывания в интервале от 1 до 4 ч, которая рассчитывается по кривой на основании данных водно-физических исследований почвы на конкретном участке при влажности почвы, близкой к предполивной, что отмечено выше.

В зависимости от принятого типа капельницы и ее расхода при заданной поливной норме, м³/га, количество капельниц определяется по формуле, известной из литературных источников. Однако локальный характер увлажнения почв при капельном поливе (орошении) зависит от уровня предполивной влажности зоны орошения [4].

Продолжительность времени межполивного периода устанавливается отношением величины поливной нормы нетто к суточному дефициту водопотребления культуры.

Выводы. Применение капельного полива на склонах оврага с террасами, благодаря пилотному проекту позволило получить значительную экономию воды и других средств (трудовых затрат и энергии), предотвратить эрозию почвы и сорняки.

Установлено, что используемая водопроводная вода из городской трубопроводной системы не допускала засорения эмиттеров-капельниц с диаметром отверстий менее 1 мм. Этот показатель для капельных систем является нормой. Требования к химическим и физическим показателям нормируются по [1].

При правильном выборе технических решений, связанных с капельным поливом на склоновых землях, предлагается использовать новые технические предложения, защищенные патентами, что дает возможность улучшить капельный полив данной территории, сохранить благоприятную экологическую обстановку и сэкономить природную воду по сравнению с другими способами.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 17.1.2.03–90. Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения. Введ. 1991–07-01. М.: Изд-во стандартов, 2001. 8 с.
- Храбов М.Ю., Губин В.К., Колосова Н.Г. Определение технологических параметров систем капельного орошения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016, № 1(61). С. 132–136. EDN: VRCUDB.
- Мелихов Е.В. Моделирование и обоснование ресурсосберегающих параметров капельного орошения при возделывании корнеплодов. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2017. 112 с. EDN: ZHVNIP.
- Бородычев В.В. Современные технологии капельного орошения овощных культур. Коломна: ФГБНУ «Радуга», 2010. 241 с.
- Пат. 2576441 Российская Федерация. МПК А01G 25/00. Капельница М.И. Голубенко. Опубл. 10.03.2016.
- Пат. 2686231 Российская Федерация. МПК А01G 25/00. Низконапорная сеть капельного орошения при поливе склоновых земель / М.И. Голубенко. Опубл. 24.04.2010.
- Пат. 2683520 Российская Федерация. МПК А01G 25/00, А01G 25/06. Способ орошения плодовых деревьев и кустарников на склонах оврага / А.Н. Стариков, М.И. Голубенко. Опубл. 28.03.2019.
- Пат. 2685139 Российская Федерация. МПК А01G 25/00. Способ капельного орошения плодово-ягодных кустарниковых культур и цветочных растений / М.И. Голубенко. Опубл. 16.04.2025.
- Пат. 2719029 Российская Федерация. МПК А01G 25/00. Низконапорная система капельного полива склоновых земель / М.И. Голубенко. Опубл. 16.04.2020.
- Пат. 2736640 Российская Федерация. МПК А01G 25/02, А01G 25/16, А01G 17/00. Способ для капельного полива многолетних насаждений склоновых земель / М.И. Голубенко. Опубл. 19.11.2020.
- Пат. 2729812 Российская Федерация. МПК А01G 22/25, А01G 25/02, А01В 79/02. Способ интенсивного выращивания картофеля с обогащением почвы водой с помощью суперсорбента при капельном орошении / М.И. Голубенко. Опубл. 12.08.2020.
- Пат. 2796683 Российская Федерация. МПК А01С 22/25, А01М 5/06. Способ интенсивного выращивания картофеля с обогащением почвы питательными веществами и сбора колорадского жука и его личинок / С.А. Апреликов, М.И. Голубенко, А.Я. Конова. Опубл. 29.05.2023.
- Пат. 2622910 Российская Федерация. МПК А01G 25/00. Система капельного орошения / М.И. Голубенко. Опубл. 21.06.2017.
- Пат. 2720910 Российская Федерация. МПК А01G 9/24, А01G 25/02. Способ полива растений при выращивании их в условиях защищенного грунта в оранжереях (варианты) / М.И. Голубенко. Опубл. 14.05.2020.
- Воеводина А.А. Оценка качества воды для систем капельного орошения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр./ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2009. Вып. 42. С. 174–179.
- Воеводина Л.А. Влияние капельного орошения дождевой водой на физико-химические свойства черноземов обыкновенных // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2021. № 2(2). 8 с. URL: <http://www.rosniipt-sm.ru/article?n=439> (дата обращения: 20.08.2021).

REFERENCES

- Gost 17.1.2.03–90. Nature conservation. The hydrosphere. Criteria and indicators of water quality for irrigation. Introduction. 1991–07-01. Moscow: Publishing House of standards, 2001. 8 p.
- Khrabov M.Yu., Gubin V.K., Kolosova N.G. Determination of technological parameters of drip irrigation systems // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2016, No. 1(61). Pp. 132–136. EDN: VRCUDB
- Melikhov E.V. Modeling and substantiation of resource-saving parameters of drip irrigation in root crop cultivation. Volgograd: Volgogradsky State University. 2017. 112 p. EDN: ZHVNIP.

4. Borodychev V.V. Modern technologies of drip irrigation of vegetable crops. Kolomna: research institute «Raduga», 2010, 241 p.

5. Pat. 2576441 Russian Federation. IPC A01G 25/02. Dropper / M.I. Golubenko. Publ. 10.03.2016.

6. Pat. 2686231 Russian Federation. IPC A01G 25/00. Low-pressure drip irrigation network for watering slope lands / M.I. Golubenko. Publ. 24.04.2019.

7. Pat. 2683520 Russian Federation. MPC A01G 25/00, A01G 25/06. Method of irrigation of fruit trees and shrubs on the slopes of a ravine / A.N. Starikov, M.I. Golubenko Publ. 03.28.2019.

8. Pat. 2685139 Russian Federation. IPC A01G 25/00. Method of drip irrigation of fruit and berry shrub crops and flower plants / M.I. Golubenko. Published on 04.16.2025.

9. Pat. 2719029 Russian Federation. IPC A01G 25/00. Low-pressure drip irrigation system for sloping lands / M.I. Golubenko. Published on 04/16/2020.

10. Pat. 2736640 Russian Federation. IPC A01G 25/02, A01G 25/16, A01G 17/00. A method for drip irrigation of perennial plantings of sloping lands / M.I. Golubenko. Published on 11.19.2020.

11. Pat. 2729812 Russian Federation. IPC A01G 22/25, A01G 25/02, A01B 79/02. A method of intensive potato cultivation with soil enrichment with water using a supersorbent for drip irrigation / M.I. Golubenko. Published on 08.12.2020.

12. Pat. 2796683 Russian Federation. IPC A01C 22/25, A01M 5/06. Method of intensive potato cultivation with soil enrichment with

nutrients and harvesting of the Colorado potato beetle and its larvae / S.A. Aprelikov, M.I. Golubenko, A.Ya. Konova. Published on 05.29.2023.

13. Pat. 2622910 Russian Federation. IPC A01G 25/00. Drip irrigation system / M.I. Golubenko. Publ. 21.06.2017.

14. Pat. 2720910 Russian Federation. IPC A01G 9/24, A01G 25/02. The method of watering plants when growing them in protected soil conditions in greenhouses (options) / M.I. Golubenko. Published on 05.14.2020.

15. Voevodina A.A. Assessment of water quality for drip irrigation systems // Ways to increase the efficiency of irrigated agriculture: Collection of scientific papers FSBI «RosNIIPM». Novocherkassk. 2009. Issue 42. Pp. 174–179.

16. Voevodina L.A. The effect of drip irrigation with Don water on the physico-chemical properties of ordinary chernozems // Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2021. No. 2(2). 8 p. URL: <http://www.rosniip-sm.ru/article?n=439> (accessed: 08.20.2021).

Голубенко Михаил Иванович, заслуженный изобретатель Российской Федерации, golubenko-mihail@mail.ru (ООО «Мещерский научно-технический центр», г. Рязань, Россия); **Умнов Сергей Петрович**, канд. физ.-хим. наук, telio33@mail.ru (ФГБУ Управление «Владимирмелиоводхоз», г. Владимир, Россия); **Мажайский Юрий Анатольевич**, доктор с.-х. наук, профессор, director@mntc.pro (филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГИМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, Россия).

УДК 631.412

DOI: 10.32962/0235-2524-2025-5-32-35

РАСЧЕТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ НА СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

А.Н. НИКОЛАЕНКО

Ключевые слова: почва, вода, ионообменное равновесие, солонцовый процесс, качество оросительной воды.

Keywords: soil, water, ion exchange equilibrium, salt process, irrigation water quality.

Аннотация. Структура почв является важной агрофизической характеристикой, которая влияет на потенциальную урожайность возделываемых культур. Основой структуры является почвенный поглощающий комплекс (ППК), состав которого определяется обменным взаимодействием с катионами порового раствора (ПР). Обмен катионов математически описывается различными изотермами, нами используется изотерма Б.П. Никольского. Вводится понятие равновесных и критических состояний, определяющих солонцовый процесс. Предложены показатели качества оросительной воды – дефицит кальция (DK) и C_n , которые имеют определенный физический смысл. В зависимости от соотношений этих показателей оросительная вода делится на 3 класса. Класс воды зависит как от катионного состава оросительной воды, так и от физико-химических характеристик орошаемой почвы. Для расчета показателей и определения класса воды разработана программа для ЭВМ. Приводится пример расчета показателей качества для 3 видов оросительной воды различного состава при орошении чернозема.

Abstract. Soil structure is an important agrophysical characteristic that affects the potential yield of cultivated crops. The basis of the structure is a soil absorbing complex (SAC), the composition of which is determined by the exchange interaction with cations of the pore solution (PS). The exchange of cations is mathematically described by various isotherms, we use the B.P. Nikolsky isotherm. The concept of equilibrium and critical states defining the salt process is introduced. The indicators of irrigation water quality – calcium disadvantage (DK) and C_n , which have a certain physical meaning, are proposed. Depending on the ratios of these indicators, irrigation water is divided into 3 classes. The water class depends on both the cationic composition of the irrigation water and the physico-chemical characteristics of the irrigated soil. A computer program has been developed to calculate the indicators and determine the water class. An example of calculating quality indicators for 3 types of irrigation water of different composition during irrigation of chernozem soil is given.

Введение. Структура почв является важной агрофизической характеристикой, которая влияет на влаго- и воз-

духпроводность, перенос питательных веществ и, в конечном счете, определяет потенциальную урожайность возделываемых культур. Основой структуры является почвенный поглощающий комплекс (ППК), учение о котором К.К. Гедройца [3] ставит почвоведение в ряд фундаментальных наук. При взаимодействии порового раствора (ПР) с ППК устанавливается определенное равновесие химических ингредиентов посредством ионообменных реакций. Исследования К.К. Гедройца, Н.И. Горбунова, Е.Н. Гапона, Б.П. Никольского, И.Н. Антипова-Каратаева и др. позволили сформулировать общие закономерности обмена катионов в дисперсных средах: обмен катионов происходит в эквивалентных количествах и обратим; поглощение катионов увеличивается с увеличением их концентрации в растворе; процесс обмена усиливается с ростом pH раствора; обмен катионов можно математически описывать уравнениями изотерм [4].

Материалы и методы. Исследователями применяются различные изотермы, в которых учитывается обмен различных катионов натрия, кальция и магния, используя их парные отношения в ПР и ППК. Наиболее известны изотермы Б.П. Никольского [7], Е.Н. Гапона [2], А.П. Венселю [12] и некоторые другие. Фактически различные изотермы обмена это различные функциональные зависимости между концентрациями катионами в ПР и ППК и связанные коэффициентами ионообменного равновесия. Успешность выбора той или иной изотермы определяется относительным постоянством численных значений коэффициентов при изменении концентрации ионов исходных растворов.