

капельного увлажнения почвы устанавливаются опытные значения соотношения $d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}$ и определяется его среднеопытная величина $\left(\overline{d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}}\right)_{\text{опыт}}$;

- расчетом по зависимостям (1), (2) и (3) определяются значения $\left(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}\right)_{W_{\text{г/ч}}}$, $\left(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}\right)_{W_{\text{НВ}}}$ и $\left(d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}\right)_{\bar{V}_{\text{вп}}}$ и по зависимости (7) среднее расчетное значение $\left(\overline{d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}}\right)_{\text{расч}}$;

- при приемлемой точности определения значений $\left(\overline{d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}}\right)_{\text{расч}}$ в сравнении с опытными значениями $\left(\overline{d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}}\right)_{\text{опыт}}$ расчетная зависимость принимается за основу для последующих определений значений среднего по глубине зоны увлажнения диаметра контура $d_{\text{ср}}$, в соответствии с которым определяется поливная норма капельного полива.

Выводы

1 В результате исследования и дисперсионно-корреляционного анализа установлено наличие функциональной связи между средним диаметром капельного контура и его поверхностным значением.

2 Получены экспериментальные зависимости, позволяющие определить величину среднего диаметра контура по замеренному значению диаметра локального контура в приповерхностном (пятисантиметровом) почвенном слое, для широкого спектра почвенных условий проведения капельного полива.

3 Статистическая оценка результатов сопоставления расчетных и опытных значений соотношений $d_{\text{ср}}/d_{\text{пов}}$ показала приемлемость полученных экспериментальных зависимостей для практического использования.

4 На базе полученных данных и экспериментальных зависимостей предложен экспресс-метод определения среднего диаметра контура капельного увлажнения почвы по величине его поверхностного диаметра.

Список использованных источников

1 Ясонида, О. Е. Капельное орошение на Северном Кавказе / О. Е. Ясонида, Д. П. Гостищев // Вопросы мелиорации. – 2003. – № 5–6. – С. 19–26.

2 Гаджиев, М. К. Особенности капельного орошения виноградников в условиях Дагестанской АССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Гаджиев Магомед Кебедович. – Новочеркасск, 1985. – 24 с.

3 Карпенко, О. Н. Капельное орошение и агротехника возделывания роз в теплице / О. Н. Карпенко // Проблемы агротехники и мелиорации. Труды ЦКРНИИГиМ. – Днепропетровск, 1989. – С. 71.

4 Торбовский, В. И. Режим и техника капельного орошения малины: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Торбовский Василий Иванович. – Новочеркасск, 1992. – 24 с.

5 Шкура, В. Н. Капельное орошение яблони: монография / В. Н. Шкура, Д. Л. Обухов, А. Н. Рыжаков; под ред. В. Н. Шкуры. – Новочеркасск: Лик, 2014. – 310 с.

6 Штанько, А. С. Изменение параметров локальных контуров капельного увлажнения почв в постполивной период / А. С. Штанько, В. Н. Шкура // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 2(66). – С. 227–233.

УДК 631.674.6

А. В. Колганов, А. С. Штанько

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

О ГРАНИЦАХ КОНТУРОВ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Цель исследования – обоснование критериального показателя для определения координат линии (поверхности), которая ограничивает контур увлажнения, форми-

рующийся в почвенном пространстве при капельном поливе. Объект исследования – оконтуривающая зону капельного увлажнения почвенного профиля поверхность (линия). Предмет исследования – критериальный показатель для определения координат граничной поверхности (линии) контура капельного увлажнения почв. В современной практике определения линейных площадных и объемных параметров контуров капельного увлажнения почв используются различные критерии определения координат оконтуривающих их поверхностей (линий), что приводит к получению разных и не всегда сопоставимых результатов. В работе приведен анализ известных подходов, сформулированы предложения и дано обоснование использования наиболее приемлемого показателя для определения положения контурных поверхностей зон капельного увлажнения почв.

Ключевые слова: капельное орошение, капельный полив, контур увлажнения, изоплета влажности, оконтуривающая поверхность, граничная линия контура.

A. V. Kolganov, A. S. Shtanko

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

ON DRIP IRRIGATION CONTOURS BORDERS

The purpose of the research is the substantiation of the criterion index for determining the coordinates of the line (surface), which limits the moisture contour formed in soil space during drip irrigation. The object of the research is the surface (the line) contouring the zone of drip wetting of the soil profile. The subject of the research is the criterion index for determining the coordinates of the boundary surface (line) of soil drip wetting contour. In modern practice of determining the linear areal and volumetric parameters of soil drip moisture contours, various criteria to determine the coordinates of the surfaces (lines) contouring them that leads to different and not always comparable results are used. The analysis of the known approaches is given, the proposals are formulated and the rationale for using the most acceptable indicator for determining the position of the contour surfaces of the drip-wetting zones of soils is provided.

Key words: drip irrigation, drip watering, moisture contour, humidity isopleth, contouring surface, border contour line.

Введение. Современные предложения по расчету поливных норм капельного полива и методики таких расчетов предусматривают определение линейных, площадных и объемных показателей контуров (зон) увлажнения, формирующихся в подкапельном почвенном пространстве. Указанные геометрические параметры контуров увлажнения могут быть получены по материалам непосредственных измерений влажности почв в подкапельном пространстве путем лабораторного анализа почвенных образцов и камеральной обработки его результатов, которая предусматривает построение сечений контуров вертикальной плоскостью, проходящей через ось капания. При определении искомых геометрических параметров зон капельного увлажнения почв особое внимание уделяется установлению их внешних границ – очертаний контуров.

Решению указанной задачи уделялось должное внимание. Известны различные подходы к ее разрешению, сформулированные в публикациях О. Е. Ясониди, В. И. Горбовского, В. Н. Шкуры, С. М. Васильева, Д. Л. Обумахова [1–7] и других специалистов. Несмотря на важность определения очертаний капельных контуров, в известных работах применяются разные критериальные (как качественные, так и количественные) показатели для определения координат граничных (оконтуривающих) линий. В большей части публикаций с наличием в них графических образов контуров или количественных значений их глубины $h_{\text{кон}}$, максимального горизонтального диаметра $d_{\text{кон}}$, площади вертикального $\omega_{\text{кон/верт}}$ и горизонтального $\omega_{\text{кон/гор}}$ сечений контура (увлажнения) и

объема увлажняемого пространства $W_{\text{кон}}$ не приводятся сведения о таком критериальном показателе, как влажность координаты зоны капельного увлажнения почвы. Например, такие сведения отсутствуют в публикациях Н. О. Кохно, О. Н. Карпенко, Е. Ю. Галиуллиной, Д. О. Завадского и ряда других исследователей.

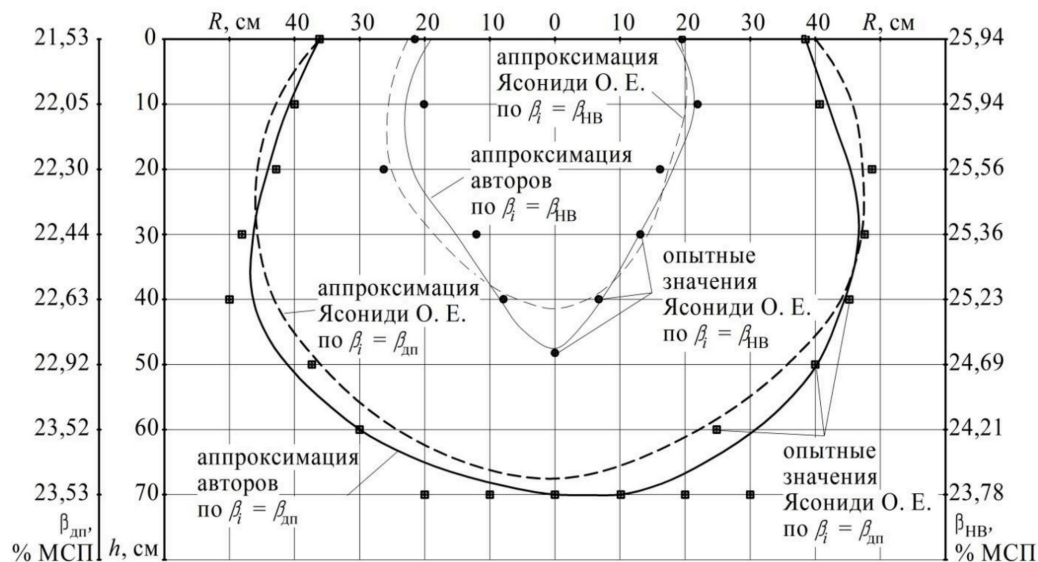
Исследователи агрономического направления (П. С. Попов, М. А. Акулинина, В. А. Федосеева и др.) при назначении необходимых размеров зон (контуров) увлажнения при капельном поливе ограничивались требованием постоянного поддержания порога предполивной влажности на определенном уровне (обычно 70, 80 или 90 % от влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости $\beta_{\text{нв}}$) в определенном почвенном горизонте (чаще всего на глубинах (в слоях почвы) от 0,3 до 0,7 м и реже от 0,7 до 1,0 м). Исходя из указанного требования значения дополивной влажности $\beta_{\text{дп}}$, равные 70, 80 или 90 % $\beta_{\text{нв}}$, принимаются в качестве критериального показателя для определения координат оконтуривающей зону увлажнения линии (поверхности). Указанный уровень влажности должен выдерживаться на заданной глубине корнеобитаемого почвенного пространства вне зависимости от «увлажненности» окружающего контур почвенного пространства. Отметим, что в реальных условиях при влажности законтурного почвенного пространства, меньшей указанных нижнепороговых значений, фактические границы влияния контура на педосферу будут простирались значительно дальше изоплетной поверхности (линии) с $\beta_{\text{из/п}} = 70, 80 \text{ или } 90 \% \beta_{\text{нв}}$. Указанное обстоятельство затрудняет или делает невозможным сопоставление и обобщение имеющегося опытного материала. На устранение указанного недостатка в описании результатов исследований в части определения ограничивающих (оконтуривающих) зону капельного увлажнения поверхностей (линий) направлено настоящее исследование.

Материалы и методы. В качестве материала для аналитического исследования рассмотрена матрица опытных данных измерений контура капельного увлажнения тепличного почвогрунта, приведенная в монографии О. Е. Ясониди [1], и данные по измерениям геометрических и влажностных параметров контура капельного увлажнения почвы («открытого грунта»), приведенные в рекомендациях О. Е. Ясониди, М. В. Григоренко [2]. Методика аналитического исследования предусматривала построение оконтуривающих зону увлажнения подкапельного почвенного пространства линий (изоплет) с использованием разных критериальных показателей. В процессе исследования построенные с применением разных подходов очертания контуров анализировались и взаимно сопоставлялись. И на завершающем этапе аналитического исследования сформулировано заключение о достоинствах и недостатках рассмотренных подходов и сделано предложение по обоснованному способу построения огибающих (ограничивающих) контуры капельного увлажнения линий (изоплет).

Результаты и обсуждение. В реальной практике специалисты и исследователи капельного орошения не определились с критериями фиксации положения линии, которая ограничивает контур увлажнения, сформировавшийся в подкапельном почвенном пространстве при капельном поливе. В результате часть специалистов за границу (граничную линию) контура принимают линию с четким отличием цвета увлажненной и неувлажненной почвы и определяют очертание условно названного «видимого контура». При этом положение оконтуривающей линии не привязывается к определенному уровню влажности на границе «увлажненной» и «неувлажненной» почвенной среды. Имеющий при таком подходе место «субъективизм» исследователей в определении границ контура позволяет получать преимущественно качественную картину по распределению (распространению) влаги в почвенном пространстве. Точность такого подхода чаще всего не устанавливалась. В известном примере сопоставления параметров зрительно видимого контура с инструментальным его определением сделан вывод о возможно-

сти использования такого подхода только в качестве вспомогательного средства для предварительного установления зон отбора почвенных проб с целью определения значений влажности почвы в приграничной зоне контуров увлажнения [2].

Рядом исследователей применяется способ определения внешнего очертания контура по значениям влажности почвы, соответствующим дополнившему уровню, т. е. по линии, приближенной к зоне увлажнения, но не затронутой влиянием полива. Такая граничная линия проводится по точкам подкапельного пространства, в которых влажность почвы соответствует дополнившему уровню. Пример такого методического подхода проиллюстрирован рисунками 1 и 2.



β_i – влажность почвы в подкапельном пространстве, % от массы сухой почвы (% МСП);

R – расстояние от оси капания, см; h – глубина, см

Рисунок 1 – Очертания контура капельного увлажнения, сформировавшегося во влагонасыщенном защищенном (тепличном) грунте (по первичным данным, приведенным в рекомендациях О. Е. Ясонида, М. В. Григоренко [2])

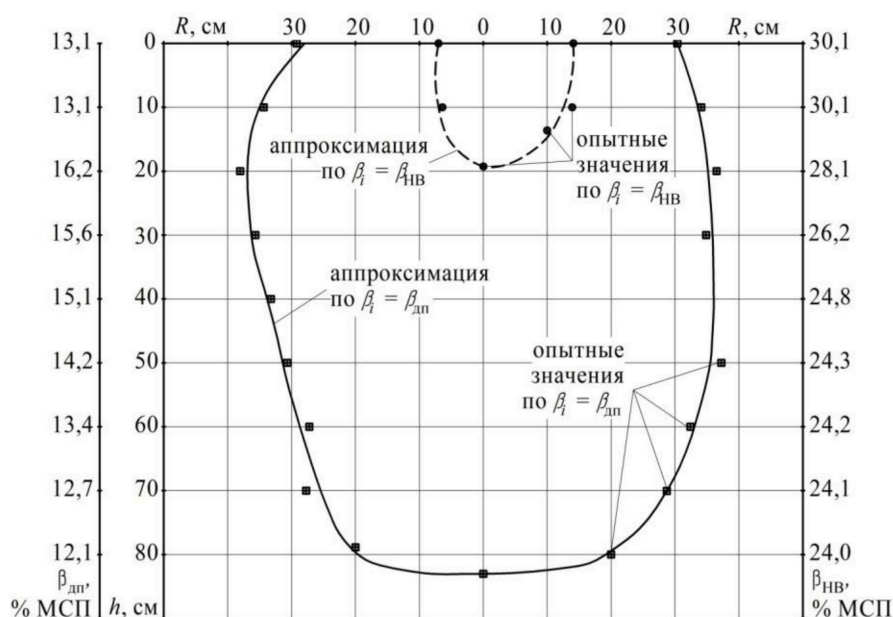


Рисунок 2 – Очертания контура капельного увлажнения, сформировавшегося во влагодефицитном открытом грунте (по первичным данным, приведенным в монографии В. Н. Шкуры, Д. Л. Обумахова, А. Н. Рыжакова [4])

Граничные линии контуров на рисунках 1 и 2, проведенные по погоризонтным значениям допильной влажности почвы, не являются изоплетами, так как уровень влажности почвенного профиля не постоянен. При незначительных колебаниях значения уровня допильной влажности почвы по глубине увлажняемого слоя в качестве влажностного критерия использовалось осредненное по глубине увлажняемого почвенного профиля значение $\beta_{\text{дп}}$. Такой подход приводит к определенному осреднению очертания контура. Указанные подходы к определению ограничивающих контуры увлажнения поверхностей (линий) и на их основе установлению линейных, площадных и объемных параметров контуров позволяют получить максимальные значения, но в настоящее время практически не используются.

Широкое распространение получила методика определения координат границы контура по относительному параметру $\beta_i/\beta_{\text{нв}}$. При этом оконтуривающая зону увлажнения линия строится по процентному значению соотношения $\beta_{\text{дп}}/\beta_{\text{нв}}$, определенному по средним в пределах глубины контура увлажнения значениям $\bar{\beta}_{\text{дп}}$ и $\bar{\beta}_{\text{нв}}$. Указанное соотношение позволяет определить предельные геометрические параметры контура, за границу которого влияние искусственного увлажнения почвы практически не распространяется. Пример такого подхода проиллюстрирован рисунками 3 и 4.

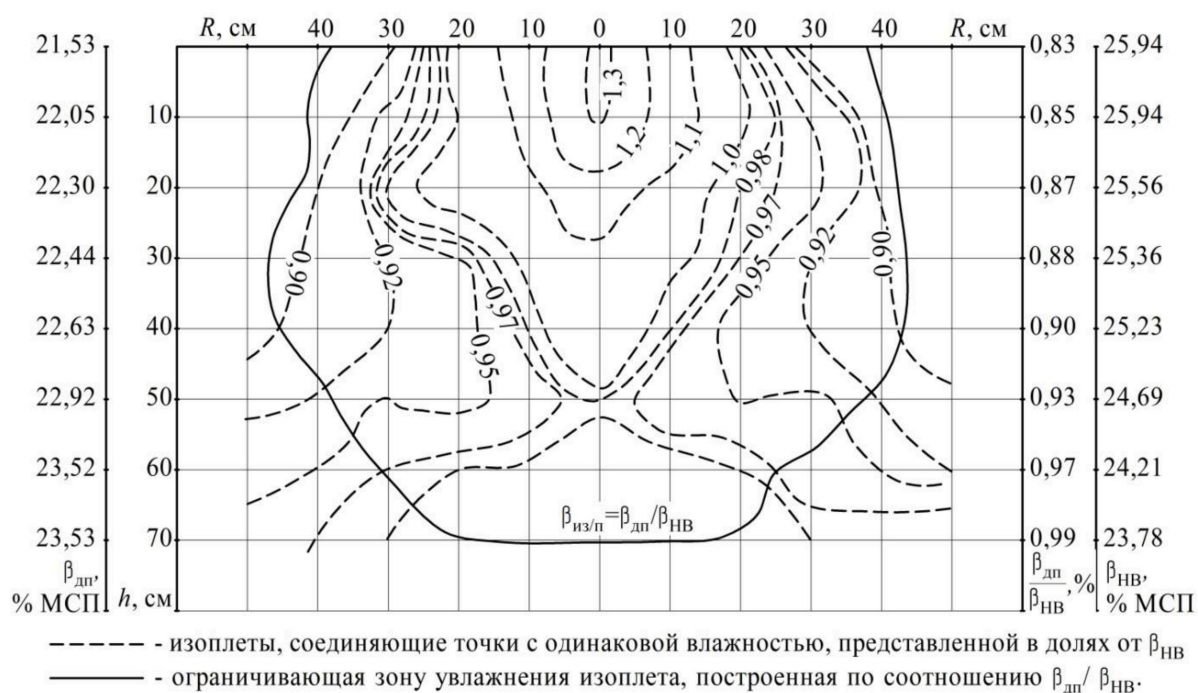


Рисунок 3 – Контур капельного увлажнения почвы, представленный системой изоплет в долях от $\beta_{\text{нв}}$ и относительной влажности, по рекомендациям О. Е. Ясониди, М. В. Григоренко [2]

Для приведенного на рисунке 3 контура характерны следующие особенности. Среднее значение соотношения $\bar{\beta}_{\text{дп}}/\bar{\beta}_{\text{нв}}$ по увлажняемому слою глубиной 0,7 м составляет 0,93. При $\bar{\beta}_{\text{дп}}/\bar{\beta}_{\text{нв}} = 0,93$ изоплета с таким уровнем влажности в нижней части почвенного профиля не прослеживается. Учитывая указанное обстоятельство, а также сложность точного определения координат точек оконтуривающей линии с таким значением уровня влажности, в работах О. Е. Ясониди и др. [1, 2] предлагалось в качестве критериального показателя принимать значения $(1,05 \dots 1,10) \cdot \bar{\beta}_{\text{дп}}/\bar{\beta}_{\text{нв}}$. С учетом данно-

го предложения в данном контуре расчетное значение $\bar{\beta}_{\text{дп}}/\bar{\beta}_{\text{нв}}$ составляет 0,98, что соответствует замкнутой изоплете с таким уровнем относительной влажности.

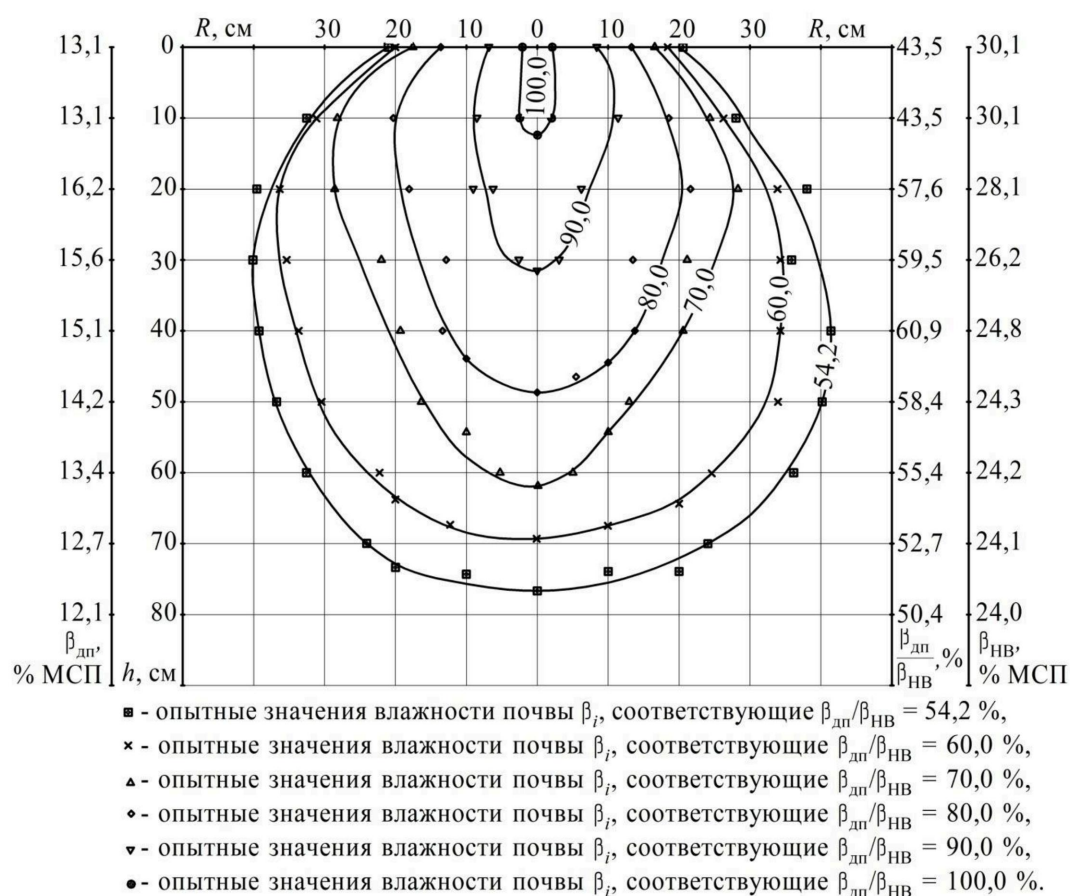


Рисунок 4 – Контур капельного увлажнения почвы, представленный системой изоплет относительной влажности, по данным В. Н. Шкуры, Д. Л. Обумахова, А. Н. Рыжакова [4]

В соответствии с данными рисунка 4 в наблюдаемых почвенных и влажностных условиях контурообразования ограничивающая контур линия характеризуется значением $\beta_{\text{дп}}/\beta_{\text{нв}} = 54,2 \%$. Отметим, что в реальных условиях капельного орошения значения $\beta_{\text{дп}}$ (в большей степени) и $\beta_{\text{нв}}$ (в меньшей степени) подвержены изменениям во времени и пространстве, что приводит к изменению их соотношения, а следовательно и к «плавающему» положению ограничивающей контуры линии.

На последующем этапе унификации подходов к построению ограничивающих контуры увлажнения линий специалисты пришли к выводу о целесообразности рассмотрения и построения изоплет (линий относительной влажности) по определенным уровням влажности от $(\beta_{\text{дп}}/\beta_{\text{нв}})_{\text{min}}$ до $(\beta_i/\beta_{\text{нв}})_{\text{max}}$ (от 50 до 90 % $\beta_{\text{нв}}$) с градацией через 10 % (чаще) и через 5 % (реже).

Выводы

1 До настоящего времени исследователи контуров капельного увлажнения почвенного пространства при определении их геометрических размеров и положения оконтуривающих их поверхностей и линий используют различные критериальные показатели влажности почвы. В большей части научных публикаций и материалов исследований отсутствуют указания на используемый их авторами влажностный критерий. В результате даже в сходных почвенных и технологических условиях капельного полива приводятся различные значения глубин, диаметров, площадей и объемов контуров

увлажнения. Указанное обстоятельство затрудняет или делает невозможным проведение оценок, сопоставлений и обобщений результатов исследований.

2 В результате выполненного аналитического исследования на реальных контурах капельного увлажнения почвы показаны примеры применяемых подходов к использованию разных критериальных показателей при определении координат ограничивающих контуры поверхностей. По материалам анализа в качестве влажностного критерия предложено использовать процентное соотношение средних по увлажняемому почвенному профилю значений дополивной влажности почвы $\bar{\beta}_{\text{дп}}$ и влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости $\bar{\beta}_{\text{нв}}$, в виде $(\bar{\beta}_{\text{дп}}/\bar{\beta}_{\text{нв}}) \cdot 100\%$.

Список использованных источников

1 Ясониди, О. Е. Капельное орошение: монография / О. Е. Ясониди; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск: Лик, 2011. – 322 с.

2 Ясониди, О. Е. Капельное орошение томатов в весенних пленочных теплицах: рекомендации / О. Е. Ясониди, М. В. Григоренко. – Новочеркасск: Лик, 2014. – 60 с.

3 Торбовский, В. И. Режим и техника капельного орошения малины: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Торбовский Василий Иванович. – Новочеркасск, 1992. – 24 с.

4 Шкура, В. Н. Капельное орошение яблони: монография / В. Н. Шкура, Д. Л. Обумахов, А. Н. Рыжаков; под ред. В. Н. Шкуры. – Новочеркасск: Лик, 2014. – 310 с.

5 Анохин, А. М. Основы мелиорации вод и водных объектов / А. М. Анохин, М. М. Мордвинцев, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: НГМА, 2001. – 290 с.

6 Васильев, С. М. Технические средства капельного орошения: учеб. пособие / С. М. Васильев, Т. В. Коржова, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. – 200 с.

7 Шкура, В. Н. Расчетный метод определения параметров контура увлажнения при подземно-капельном орошении / В. Н. Шкура, Д. Л. Обумахов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2014. – № 4(16). – С. 25–36. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec294-field6.pdf.

УДК 631.671

Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, А. Н. Бабичев

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

К ПРОБЛЕМЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ

Цель исследований – обосновать экологические нормы водопотребности основных орошаемых почв Крыма для оптимизации мелиоративного состояния и почвенного плодородия. По коэффициенту благоприятного экологического состояния почв и агроландшафтов рассчитаны экологические нормы водопотребности основных почв Крыма. Это количество воды, которое ежегодно может подаваться на почвы, исключая возникновение негативных почвенных процессов. Экологические нормы водопотребности для южных черноземов составили 1750 м³/га, а для темно-каштановых почв – 2116 м³/га. Так как культура для своего развития требует воды больше, чем почва, необходимо сочетание орошаемых и неорошаемых режимов, что возможно при циклическом виде орошения. Соотношение орошаемых и неорошаемых режимов для южных черноземов Крыма составило 70:30, а для темно-каштановых почв – 80:20. При циклическом орошении могут осваиваться как 4-польные, что удобно мелким хозяйствам, так и 6- и 8-польные севообороты. В условиях Крыма периодичность орошаемых и неорошаемых режимов составляет соответственно в 4-польных севообо-