

## О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ.

Захаров Р.Ю.<sup>1</sup>, Борбот И.Н.<sup>2</sup>, Скосарь Д.В.<sup>3</sup>

Институт «Академия строительства и архитектуры» ФГАОУ ВО КФУ им. В.И. Вернадского, 295050, г. Симферополь, ул. Киевская, 181, e-mail: zakharovr@mail.ru<sup>1</sup>, pust\_iren@mail.ru<sup>2</sup>

**Аннотация.** В данной статье обосновывается, что внутрипочвенное орошение является конкурентоспособным по отношению к другим способам, в том числе к капельному орошению. Поэтому внутрипочвенное можно рекомендовать к широкому внедрению на территории Крыма. На основании многофакторного анализа, данных лабораторных экспериментов и расчетов основных параметров системы внутрипочвенного орошения, определено, что внутрипочвенное орошение виноградников с применением микропористых шлангов является эффективным и экологически безопасным способом орошения и, в целом, перспективным направлением развития орошаемого земледелия в Крыму.

**Ключевые слова:** внутрипочвенное орошение, оросительная сеть, микропористый шланг, эффективность.

### ВВЕДЕНИЕ

Благоприятные агроклиматические условия и природно-ресурсный потенциал Республики Крым [1] всегда способствовали активному развитию сельского хозяйства. Расположение части региона в умеренно-континентальном климате (степной и предгорный Крым), и части территории с субтропическими условиями (в пределах Южного берега Крыма), высокие значения теплообеспеченности, значительные площади под черноземами (более 40 % площади региона) и высокая доля земель сельскохозяйственного назначения (около 2/3 от общей площади земель) позволяют выращивать в Республике Крым разнообразный спектр сельскохозяйственных культур.

В некоторых подотраслях растениеводства Республика Крым занимает лидирующие позиции среди регионов страны (на 2015 год занимала 3 место в России по валовому сбору винограда, 7 место - ягод и плодов, 10 место - овощей, 19 место по производству семян подсолнечника и 27 место по валовому сбору зерна) [2].

Основным препятствием, сдерживающим развитие сельского хозяйства на территории Крыма, является отсутствие в полном объеме потребностей водных ресурсов и эффективной технологии увлажнения в условиях дефицита водных ресурсов. Положительно решить вопрос увеличения площадей орошения можно внедряя новые технологии полива [3].

Поэтому в настоящий момент является весьма актуальным исследование целесообразности применения внутрипочвенного орошения в Республике Крым.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДОВ

На данный момент для зон недостаточного или неустойчивого увлажнения достаточно широко известны и наиболее часто применяются такие способы орошения, как полив по бороздам, дождевание, подкрановое орошение, синхронно-импульсное орошение, капельное орошение [4].

К недостаткам полива по бороздам можно отнести: неэффективное использование водных ресурсов вследствие высоких оросительных норм, ухудшение агрофизических свойств почвы; переуплотнение почвы; процесс миграции мелкодисперсных частиц почвы в нижележащие горизонты и их коагуляция; вероятное поднятие уровня грунтовых вод, ухудшение водно-солевого режима почв и, как следствие, их вторичное засоление и развитие процессов слитизации.

Недостатками орошения дождеванием являются: высокие финансовые затраты на покупку и монтаж оборудования; недостаточно надежная работа техники; большая энергоемкость данного процесса; неравномерность полива при ветреной погоде; нецелесообразность использования на тяжелых почвах в условиях сухого и жаркого климата; невозможность глубокого промачивания тяжелых почв при высокой интенсивности дождя без образования луж и поверхностного стока, что может приводить к эрозии и деградации почв.

Недостатками подкоронового орошения являются: высокие начальные инвестиции; высокие расходы на электроэнергию; чувствительность к ветру; водопотери от испарения с поверхности; опасность солевых ожогов и болезней листьев.

Недостатками синхронно-импульсного дождевания являются: высокие капитальные и эксплуатационные затраты; вероятность повреждений листьев каплями; вероятность развития поверхностной эрозии почв; сложность управления процессом в изменяющихся условиях эксплуатации текущего года.

Недостатками капельного орошения являются: необходимость относительно большого количества воды для глубокого проникновения в корнеобитаемый слой; развитие поверхностных корней в связи с тем, что в основном увлажняется верхний слой почвы; уплотнение почвы; засоление поверхностного слоя почвы; сильное развитие сорняков, что приводит к дополнительным трудозатратам по их уничтожению.

Таким образом все применяемые способы орошения имеют те или иные недостатки и ограничения по использованию.

В соответствии с ГОСТ 26967–86 «Гидромелиорация. Термины и определения» внутрипочвенное орошение (ВПО) – орошение земель путем подачи воды непосредственно в корнеобитаемую зону изнутри [5].

При внутрипочвенном орошении вода по увлажнителям подается в корнеобитаемый слой почвы, где происходит увлажнение за счет как гравитационного, так и капиллярного передвижения влаги, благоприятно воздействуя на развитие корневой системы, что положительно сказывается на продуктивности, росте и развитии растения.

По способу подачи воды внутрипочвенное орошение делят на вакуумное или абсорбционное (вода поступает к растениям благодаря всасывающим свойствам почвы, обусловленным силами поверхностного натяжения), безнапорное (верхние слои почвы увлажняются благодаря капиллярному движению воды), напорное (вода подается в почву под давлением) [6].

В системах для внутрипочвенного увлажнения вода с помощью труб-увлажнителей вводится непосредственно в корнеобитаемый слой почвы. Системы с использованием труб-увлажнителей могут быть безнапорными и напорными. Во втором случае используются насосные установки.

На данный момент в России и в мире распространение получило внутрипочвенное орошение преимущественно с капельными трубками [7, 8].

В настоящее время в качестве труб-увлажнителей используются тонкостенные пластиковые трубы диаметром 16...32 мм. В исходном положении они имеют плоскую форму и сматаны в катушку. При укладке труба разматывается, покрывается почвенным слоем, а после нагнетания в нее воды она приобретает цилиндрическую форму, имеющиеся в стенке трубы микроотверстия при этом открываются и вода, просачиваясь сквозь них, увлажняет почву вокруг трубы. По окончании сезона труба извлекается и утилизируется. При глубине укладки труб ниже пахотного горизонта они могут использоваться многократно.

Отсутствие прямого контакта поливной воды с воздухом исключает её выветривание и испарение, что делает этот способ полива высокоэкономичным, верхний слой почвы не увлажняется. Верхний слой почвы легко содержать в рыхлом состоянии. Одновременно с поливом легко проводить корневые подкормки любыми растворимыми удобрениями.

Достоинства внутрипочвенного орошения:

- в верхних слоях почвы сохраняется ее структура и не образуется корка;
- на поверхности поля отсутствует постоянная оросительная сеть, что благоприятствует его механизированной обработке;
- уменьшается развитие сорняков и вредителей на поле;
- снижаются затраты рабочей силы на полив;
- по данным компании производителя высокая долговечность системы орошения, при температуре почвы порядка 15 градусов Цельсия система будет надежно работать не менее 18 лет.
- подтверждена многофункциональность системы внутрипочвенного орошения, она позволяет задать новое направление - барботирование (насыщение корневой системы кислородом).

Дополнительными преимуществами применения внутрипочвенного орошения можно считать следующее:

- Безопасная и эффективная доставка удобрений к корням растений, при которой удобрения не попадают в поверхностные стоки, например, во время дождей, при этом снижается химическое загрязнение почвы.
- Повышение аэрации почвы - мелкие частички почвы не вымываются, поверхность остается рыхлой, уменьшается уплотнение почвы.
- Затрудняется прорастание семян сорняков, следовательно, нужно меньше гербицидов и поверхностных обработок почвы культиваторами.
- Высокая эффективность. Низкие эксплуатационные расходы и низкие трудозатраты.
- Нет повреждений капельных линии людьми (защита от вандализма и воровства), животными и птицами.
- Система не мешает передвижению и работе сельскохозяйственной техники.
- Можно использовать оборотные и очищенные сточные (канализационные) воды, так как нет прямого контакта воды с растениями.
- Снижается риск заражения растений грибковыми болезнями, так как поверхность почвы, стебли и листья остаются сухими, что резко уменьшает риск распространения болезней.
- Шланги внутрпочвенного орошения можно прокладывать в земле по любой траектории, то есть, если участок имеет круглую или сложную форму с большим количеством изгибов, трубка может повторять форму участка, и ее положение не будет изменяться.
- Использование внутрпочвенного капельного орошения для многолетних насаждений является наиболее современным и прогрессивным в садоводстве, виноградарстве, садово-парковом хозяйстве и ландшафтном дизайне.

К недостаткам данного способа можно отнести:

- частичный перерасход воды, которая может уходить ниже активного слоя почвы;
- ограниченное применение на засоленных почвах;
- относительно высокая стоимость системы орошения.

Эффективность ВПО для различных сельскохозяйственных культур отмечается в работах и опытах российских и зарубежных исследователей: В.П. Остапчика, М.С. Григорова, В.И. Бобченко, Н.Р. Хамраева, В.Н. Кичигина, Д.П. Гостищева, Е.П. Борового, W. Mitchell, W. Gardner, В.И. Кременского, Ю.А. Селиванова, В.Н. Лунева, Л.Х. Ким, В.М. Масленникова, В.Н. Сторчоуса и других ученых [9, 10].

На территории СССР опыты применения внутрпочвенного орошения известны с 1935 года. Еще тогда в практике орошения разрабатывали и применяли системы полива с использованием сети из асбоцементных и перфорированных пластмассовых труб. В 80-е системы капельного полива и внутрпочвенного орошения активно внедрялись в Молдавии и Крыму, но широкого развития в тот момент они не получили. ВПО в Крыму пока слабо внедрено.

По мнению производителей «Принципиально суть эффективности и экологичности микропористых шлангов можно пояснить так. Резиновая крошка из изношенных автопокрышек измельчается до состояния муки. При этом она становится активной. Если взять этот порошок, смешать в определенной пропорции с безопасными полимерами, сдавить, нагреть и, с помощью экструдера, выдавить в форме трубы, то он снова превратится в резинотехническое изделие — микропористый шланг. Он имеет поры размером от одной до ста микрон. Такая трубка на 70% состоит из активной резиновой крошки и на 30% — из полимера» [11, 12].

Тестирование микропористого водопроводящего шланга производилось на опытных участках Академии биоресурсов и природопользования Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского с 2017 года [13, 14].

Ученые исследовали поведение одних и тех же культур при использовании традиционных систем полива и внутрпочвенного орошения. Подтверждены неплохие результаты по существенной экономии воды, влага от проложенной линии, как показали опыты, не только опускается вниз, но и за счет микрокапиллярного подъема поднимается вверх.

Требуется дальнейшее изучение возможностей применения данного способа орошения на территории Республики Крым. Особый интерес должны представлять технологии применения ВПО с использованием микропористых шлангов, что позволит более рационально использовать все виды ресурсов и откроет новые возможности утилизации очищенных сточных вод [15, 16].

## ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данной работы является изучение целесообразности применения внутрпочвенного орошения в Республике Крым. Данный способ изучен в меньшей степени, чем поверхностные способы полива, и требует дальнейших исследований.

Особое внимание необходимо уделить определению гидравлических характеристик поливных трубок (микропористых шлангов) и расходных характеристик сети при данном способе орошения. Значения характеристических параметров сети позволят более детально определить в сравнительной оценке эффективность применения внутрпочвенного орошения на территории Крыма.

## ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

С целью параметрических испытаний микропористого шланга ШМ-25-50, в лаборатории Гидравлики и гидротехнических сооружений кафедры Природоустройства и водопользования Института «Академия строительства и архитектуры» КФУ им. В.И. Вернадского была собрана экспериментальная лабораторная установка.

Схема установки приведена на рисунке 1.

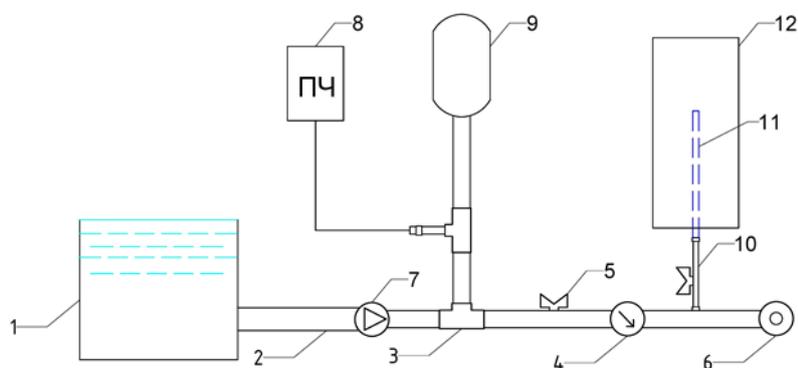


Рис. 1. Схема экспериментальной лабораторной установки

1- бак с водой; 2- пластиковый трубопровод; 3- фитинг сантехнический трехсторонний, с двумя переходами; 4- счетчик воды; 5- водопроводный вентиль; 6- манометр; 7- электронасос; 8- преобразователь частоты; 9- бак расширительный; 10- шланг усиленный; 11- шланг ШМ-25-50; 12- стенд гидравлический.

Описание оборудования и средств измерения, используемых при проведении испытаний:

- Бак с водой ёмкостью 50 л;
- Пластиковые трубопроводы диаметром 16 мм;
- Фитинг пластиковый трехсторонний сантехнический, с двумя переходами;
- Счетчик холодной воды NOVATOR ЛК-15Х;
- Вентиль шаровый водопроводный;
- Моновакуумметр пружинный общетехнический ОБМВ1-100;
- Электронасос Pedrollo JSWm 10M;
- Преобразователь частоты USR-VD-2R2G- 4;
- Бак расширительный емкостью 8 л;
- Шланг усиленный диаметром 16 мм;
- Шланг микропористый ШМ 25-50: Длина образца- 10 м; Диаметр 16 мм;
- стенд гидравлический.

Результаты испытаний:

Количество опытов – 10 шт. Время одного испытаний - 1 час. Давление в системе - 2 ат.

Среднее значение водоотдачи на 1 пм шланга составляет 3,6 л/час.

В связи с большими капитальными затратами на строительство, внутрпочвенное орошение наиболее целесообразно использовать при выращивании культур, отличающихся высокой рентабельностью. В Крыму к ним, прежде всего, относится виноград.

Применение внутрипочвенного орошения в Республике Крым представляется наиболее эффективным в виноградарстве. Виноградарство и виноделие можно отнести к отраслям экономики Республики Крым, потенциально перспективным в условиях санкций и способным принести в региональный бюджет собственные доходы [17, 18]. Выращивание винограда является одним из приоритетных направлений развития агропромышленного комплекса Республики Крым, т.к. данное направление позволит максимально эффективно использовать региональные преимущества и обладает максимальной отдачей от вложенных инвестиций.

Недостатком строительства системы внутрипочвенного орошения перед посадкой культур является тот факт, что произведенные капитальные вложения не приносят прибыли и не окупаются в течение нескольких лет (до начала плодоношения).

В современных рыночных условиях это является препятствием широкого внедрения внутрипочвенного орошения. По этой причине, появилась необходимость в проведении исследований по изучению эффективности строительства и эксплуатации систем внутрипочвенного орошения на территории действующих насаждений виноградников.

Для определения расходных характеристик сети к расчету принят участок виноградника площадью 50 га: 4 поливных участка соответственно площадью 2 участка по 15 га и 2 участка – по 10 га. Параметры оросительной сети следующие:

- Длина ряда- 100 м;
- Ширина модуля 500 м, длина-100 м;
- Ширина и длина сектора (клетки) 100 м;
- Междурядье- 3м;
- Расстояние между кустами винограда-2 м;
- Трубки закладываем на расстоянии 1,5 м от ряда, каждое междурядье;
- Ширина дорог между модулями- 6 м;
- Ширина дорог между секторами (клетками)- 5 м;
- Ширина главных дорог-10 м (для разворота техники).

Система ВПО включает водозаборное сооружение, насосную станцию, оросительную, увлажнительную и водоотводящую аэрационную сети с соответствующими сооружениями и арматурой на них. Далее вода по магистральному трубопроводу поступает в распределительный трубопровод. В местах их состыковки устанавливаются распределительные колодцы. Из распределительного трубопровода вода поступает на сектора для полива винограда с помощью увлажнительных трубок.

При проектировании нужно учитывать следующие особенности системы:

- Проектирование разводящих трубопроводов с учетом рельефа.
- Правильный расчет глубины закладки трубопроводов с учетом выращиваемых культур.

Например, для орошения газонов, для цветников и озеленения, трубки могут быть проложены на глубине 10-30 сантиметров. Для многолетних насаждений глубина закладки должна быть выше, и может составлять, в зависимости от вида растений, от 25 до 70 сантиметров.

- Точный расчет потребности воды позволяет уменьшить диаметр разводящих трубопроводов и мощность насосных установок.
- Система должна проектироваться как стационарная система орошения, рассчитанная на длительную эксплуатацию.
- Систему орошения рекомендуется оснащать автоматизированной системой фильтрации воды, системой фертигации и автоматизации полива.

Так как расстояние между рядами кустарника,  $a=3$  м, то количество рядов  $n=31$ . Длина увлажнителя  $L=50$  м, то количество увлажнителей на 1 га=62.

Исходя из того, что  $b_{\text{сектора}}=100$  м, а расстояние между кустарниками 2 м, то количество кустарников в ряду  $n=100/2=50$  шт, распределительный трубопровод не доходит до конца модуля на 3,5 м, данная система пригодна для использования при уклонах местности  $i=0\div 0,3$ .

Определяем расходы увлажнительного и участковых трубопроводов, а также расходы на участках распределительного трубопровода.

- Расход увлажнительного ТП:

$$Q_{ht}=q_h * l_h \quad (1)$$

$q_h$  – расход воды, поступающей в почву с 1 м увлажнителя,  
 $q_h=3,6$  л/ч (определен в результате лабораторного эксперимента);  
 $l_h$  – длина увлажнителя,  $l_h=50$  м.

$$Q_{ht}=3,6/3600*50=0,05 \text{ л/с}$$

- Потери пьезометрического напора

$$h_p = \frac{Q_{ht}^3 - 3K^2 * Q_{ht}}{3K^2 q_h} \quad (2)$$

Где  $Q_{ht}$ - расчетный или задаваемый расход увлажнителя, л/с;  
 $K$ - модуль расхода, л/с,  $K = SC\sqrt{R}$  ( $S$ - площадь живого сечения увлажнителя, м<sup>2</sup>;  $C$ - коэффициент Шези, м<sup>0,5</sup>/с;  $R$ - гидравлический радиус, м);  $i_h$ - уклон увлажнителя.

$$C = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{n}$$

$$n=0,017$$

$$R = d/4$$

$$S = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$h_p = 0,17 \text{ м}$$

- Расход распределительных ТП

Так как крайние распределительные трубопроводы  $PT_1$  и  $PT_{11}$  обеспечивают водоснабжение 1-го модуля каждый (31 увлажнительная трубка на гектар), а остальные 9 трубопроводов  $PT_2 \dots PT_{10}$  по два модуля (62 увлажнительные трубки на гектар), расчет расхода распределительных трубопроводов имеет вид:

нетто:

$$Q_{PT1}=Q_{PT11}= Q_{ht} * n_{увл. тп} * 5=0,05*31*5=7,75 \text{ л/с}$$

$$Q_{PT2} \dots Q_{PT10}= Q_{ht} * n_{увл. тп} * 5=0,05*62*5=15,5 \text{ л/с}$$

Где  $n_{увл. тп}$  – кол-во увлажнительных ТП;

5- кол-во секторов на 1 распределитель.

брутто:

$$Q_{PT}^{бр} = Q_{PT}/\eta \quad (3)$$

$$Q_{PT1}^{бр} = Q_{PT11}^{бр} = 7,75/0,99 = 7,83 \text{ л/с}$$

$$Q_{PT2}^{бр} \dots Q_{PT10}^{бр} = 15,5/0,99 = 15,66 \text{ л/с}$$

- Расход распределительных трубопроводов:

Расходы участков магистрального трубопровода имеют следующие значения:

Нетто:

Для участка 1 (Модули 1,2,3) для участка 2 (Модули 4,5,6):

$$Q_1 = Q_{yt1} + Q_{yt2} + Q_{yt3} + 1/2 Q_{yt4} = Q_2 = 1/2 * Q_{yt4} + Q_{yt5} + Q_{yt6} + 1/2 Q_{yt7} = 7,75 + 15,5 * 2 + 1/2 * 15,5 = 46,5 \text{ л/с}$$

Для участка 3 (Модули 7,8) и для участка 4 (Модули 9,10):

$$Q_3 = 1/2 * Q_{yt7} + Q_{yt8} + 1/2 Q_{yt9} = Q_4 = 1/2 * Q_{yt9} + Q_{yt10} + Q_{yt11} = 7,75 + 15,5 + 1/2 * 7,75 = 31 \text{ л/с}$$

Брутто:

$$Q_{PT}^{бр} = Q_{yt}/\eta$$

$$Q_1^{бр} = Q_2^{бр} = 46,5/0,98 = 47,45 \text{ л/с} = \text{м}^3/\text{ч}$$

$$Q_3^{бр} = Q_4^{бр} = 31/0,98 = 31,63 \text{ л/с}$$

Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1.  
Расчетные расходы оросительной сети

Участок	Расход увлажнительного ТП, $Q_{ht}$ , л/с	Расход распределительных ТП, нетто, л/с	Расход распределительных ТП, брутто, л/с	Расход участков магистрального ТП, нетто, л/с	Расход участков магистрального ТП, брутто, л/с
1,2	0,05 л/с	7,75	7,83	46,5	47,45
3,4		15,5	15,66	31	31,63

Для исследования режима орошения необходимо определить единичную поливную норму, поливную норму на 1 га орошаемой площади и продолжительность полива на всех участках.

- Единичная поливная норма

$$m_{sh} = 0,65 d_w B (FC_1 - V_{01}) \quad (4)$$

$$d_w = 1,4 \text{ м};$$

$$B = 1$$

$$FC_1 = 0,32$$

$$V_{01} = 0,7 \dots 0,8 FC_1 = 0,7 * FC_1$$

$$m_{sh} = 0,65 * 1,4 * (0,32 - 0,7 * 0,32) = 0,0874$$

- Поливная норма в расчете на 1 га орошаемой площади:

$$m = m_{sh} * n_h * l_h \quad (5)$$

$$m = 0,0874 * 62 * 50 = 270,94, \text{ м}^3/\text{га}$$

- Продолжительность полива:

$$\tau = \frac{m * F}{Q}, \text{ с} \quad (6)$$

Единичная поливная норма  $m_{sh} = 0,0874$ ;

Поливная норма на 1 га орошаемой площади  $m = 270,94$ , м<sup>3</sup>/га;

Продолжительность полива на всех участках  $\tau = 24,3$  часа.

По установленной методике «Режим внутрпочвенного орошения рассчитывается на обеспеченность дефицита водного баланса, устанавливаемую по соответствующим технико-экономическим показателям» [19].

Дефицит водного баланса рассчитываем по формуле:

$$ДБ_{\text{кап}} = 10 \cdot \gamma \cdot \mu \cdot \Sigma d [K_6 - K_i (1 - s)\sigma + s\Delta K_i \sigma] - 10 \cdot s \cdot \varphi \cdot P + \Phi, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (7)$$

где  $\gamma$  - коэффициент влагообмена;

$\mu$  - микроклиматическая поправка;

$\Sigma d$  - сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха, мб;

$s$  - доля площади питания куста, подлежащая расчету;

$\sigma$  - коэффициент затенения;

$\varphi$  - доля осадков, попадающих под крону, долей единицы;

$P$  - осадки, мм;

$K_i$  - коэффициент испарения почвой, мм/мб;

$K_6$  - биологический коэффициент, мм/мб;

$\Phi$  - фильтрация воды за пределы достижения ее корневой системой куста, м<sup>3</sup>/га.

Сумму среднесуточных дефицитов влажности воздуха  $\Sigma d$ , осадки  $P$  и другие метеорологические и агроклиматические элементы устанавливают по данным наблюдений репрезентативных метеостанций или постов.

Площадь увлажнения под кустом винограда определяется по формуле:

$$S = n \cdot \omega / ab, \quad (8)$$

где  $n$  - число водовыпусков под деревом (кустом);

$\omega$  - площадь, увлажняемая из одного водовыпуска, м<sup>2</sup>;

$a$  - расстояние между кустами в ряду, м;

$b$  - расстояние между рядами кустов.

Коэффициент затенения почвы кроной  $\sigma$  зависит от возраста и вида куста, схемы его посадки и самой кроны, для виноградников это значение постоянно и равно единице.

Доля осадков  $\phi$ , попадающих под крону дерева, зависит от структуры кроны, количества и характера осадков.

Коэффициент испарения почвой  $K_i$  в формуле:

$$E_{\text{п}} = K_i \sum d, \text{ мм}, \quad (9)$$

для расчета физического испарения наиболее полным применительно к условиям орошения, величина  $K_i$  изменяется в следующих пределах (табл. 2).

Таблица 2  
Величина коэффициента испарения почвой,  $K_i$

Сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха, за декаду, мб	Значение $K_i$
< 65	0,1
66...132	0,09
133...210	0,08
>210	0,07

Коэффициенты биологической кривой  $K_b$  устанавливаются в результате специальных экспериментов в соответствующих зонах при традиционных способах полива.

Расчет сроков полива производится по интегральным кривым дефицита водного баланса, причем норма полива не может превышать активный запас влаги в увлажняемом объеме почвы, то есть:

$$m_{\text{нетто}} \leq 100 h \cdot \alpha \cdot s (r_{\text{нв}} - \lambda_{\text{нв}}) \leq W_{\text{акт}}, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (10)$$

где  $h$  – глубина расчетного слоя почвы, м;

$\alpha$  – плотность сложения почвы, г/см<sup>3</sup>, т/м<sup>3</sup>;

$r_{\text{нв}}$  – наименьшая влагоемкость, % массы абсолютно сухой почвы;

$\lambda$  – коэффициент предполивной влажности почвы, соответствующий нижней границе оптимального увлажнения, долей единицы;

$s$  – часть площади питания, увлажняемая при поливе, долей единицы.

Соответственно для одного дерева или куста норма

$$m_{\text{нетто}} = m_{\text{нетто}} \cdot 1000 / N, \text{ л/раст}. \quad (11)$$

где  $N$  – число кустов на 1 га, шт.

Продолжительность одного полива каждого куста можно найти по формуле:

$$t = m_{\text{нетто}} / \eta q_0 n, \text{ ч} \quad (12)$$

где  $q_0$  – расход воды из одного водовыпуска, л/ч;

$n = \text{abs} / \omega$  – число водовыпусков под кустом, шт.;

$\eta$  – коэффициент использования воды на поле ( $\eta = 0,98$ ).

Модульные участки поливаются по секторам, площадью 1,0 га.

Расход воды на сектор одновременного полива площадью 1,0 га).

Определяют по формуле:

$$Q = \frac{q_0 \cdot N \cdot C}{3600}, \text{ л/сек} \quad (13)$$

где  $q_0$  – расход воды водовыпуском, л/час;

$N$  – количество водовыпусков на 1 га;

$C$  – площадь сектора одновременного полива ( $C=1,0$ га).

Ордината гидромодуля будет равна:

$$q = \frac{Q}{A}, \text{ л/(с·га)}, \quad (14)$$

где  $Q$  – расход воды на сектор одновременного полива, л/сек;

$A$  – общая площадь модульного участка.

Результаты расчета водного баланса при внутрипочвенном орошении представлены в таблице 3.

Таблица 3  
Результаты расчета водного баланса при внутрипочвенном орошении

Месяц	декада	параметры							
		Σd, мб	Σ P, мм	Кб, мм/мб	Кi, мм/мб	σ, мм/мб	Е <sub>кап</sub>	ДБ <sub>кап</sub> м <sup>3</sup> /га	Σ ДБ <sub>кап</sub> , м <sup>3</sup> /га
май	I	36,9	4,5	0,08	0,1	1	0,0	-3,6	46,4
	II	29,3	6,1	0,09	0,1	1	1,1	-2,6	43,8
	III	35,6	4,5	0,1	0,1	1	2,7	-0,8	43,0
июнь	I	31,8	0	0,18	0,1	1	11,9	10,3	53,3
	II	47,6	7	0,22	0,1	1	25,0	20,0	73,2
Месяц	декада	параметры							
		Σd, мб	Σ P, мм	Кб, мм/мб	Кi, мм/мб	σ, мм/мб	Е <sub>кап</sub>	ДБ <sub>кап</sub> м <sup>3</sup> /га	Σ ДБ <sub>кап</sub> , м <sup>3</sup> /га
	III	81,5	0	0,26	0,09	1	57,5	50,8	124,0
июль	I	56,5	23,4	0,35	0,1	1	57,3	46,7	170,7
	II	63,7	4,3	0,4	0,1	1	76,5	72,5	243,2
	III	76,8	6,3	0,45	0,09	1	109,0	118,6	361,8
август	I	90,4	0	0,45	0,09	1	128,3	126,9	488,6
	II	98,8	0	0,5	0,09	1	158,7	157,2	645,8
	III	100,8	0	0,55	0,09	1	180,8	179,3	825,1
сентябрь	I	111,9	1,3	0,6	0,09	1	221,8	220,1	1045,2
	II	111,8	0	0,64	0,09	1	238,3	240,2	1285,4
	III	83,4	1,4	0,62	0,09	1	171,5	172,4	1457,8
октябрь	I	51,4	0	0,5	0,1	1	81,0	82,6	1540,3
	II	45,7	2	0,44	0,1	1	61,7	62,4	1602,8
	III	50,0	5,1	0,38	0,1	1	56,3	54,6	1657,34

Из таблицы видно, что по удельным показателям затрачиваемых объёмов поливной воды за сезон, а, следовательно, и по требуемым расходно-напорным характеристикам сети, ВПО является конкурентоспособным по отношению к другим способам, в том числе к капельному орошению. Поэтому внутрипочвенное орошение после полевых испытаний на ряде пилот-объектов можно рекомендовать к широкому внедрению на территории Крыма.

### ВЫВОДЫ

На основании аналитических исследований, данных лабораторных экспериментов и расчетов основных параметров системы внутрипочвенного орошения, можно сделать вывод, что применение ВПО в общем, и с микропористыми шлангами в том числе, является перспективным направлением развития водного и сельского хозяйства в Крыму, эффективным и экологически безопасным способом орошения.

При этом, с учётом многофакторного анализа преимуществ, наиболее эффективно и целесообразно применять системы ВПО в Крыму для виноградарства.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров, Р.Ю. Оценка природно-ресурсного потенциала территории [Текст] / Р.Ю. Захаров, Т.О. Ульяникова, А.Ю. Шадрин // Сборник тезисов участников III научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского». – 2017. – С.128-129. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://science.cfuv.ru/wp-content/uploads/2017/11/ACA.pdf>

2. Сельское хозяйство Крыма. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5\\_%D1%85%D0%BE%D0%B7%D1%8F%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE\\_%D0%9A%D1%80%D1%8B%D0%BC%D0%B0%D0%A0%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D1%85%D0%BE%D0%B7%D1%8F%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE_%D0%9A%D1%80%D1%8B%D0%BC%D0%B0%D0%A0%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE) (дата

обращения 4.11.2021 г.)

3. Кизяев, Б. М. Водное хозяйство: проблемы и пути решения [Текст] / Б.М. Кизяев, С.Д. Исаева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 6. – С. 23-27.

4. Штепа, Б.Г. Механизация полива. Справочник. [Текст] / Б.Г. Штепа, Носенко В.Ф., Винникова Н.В., Данильченко Н.В., Остапов И.С., Фомин Г.Е., Афанасьев В.А. / под. ред. Штепа Б.Г. –М: Агропромиздат. – 1990. - 336 с.

5. ГОСТ 26967–86 «Гидромелиорация. Термины и определения». Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 июля 1986 г. № 2303. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://base.garant.ru/3924354/>

6. Техника для орошения. Дождевальные системы, машины и установки. Машины и системы для внутрипочвенного орошения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа [https://itexn.com/2682\\_tehnika-dlja-oroshenija-dozhdevalnye-sistemy-mashiny-i-ustanovki.html#7](https://itexn.com/2682_tehnika-dlja-oroshenija-dozhdevalnye-sistemy-mashiny-i-ustanovki.html#7).

7. Copyright © Green Step Turf grass & irrigation systems. ROOTGUARD® Подземный капельный полив. URL: [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://green-step.ru/rootguard-podzemnyu-kapelnyu-pol> (Дата обращения: 19.02.2020).

8. INNARI Innovation Nature Irrigation- Оросительная система в земле. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <http://permatube.de> Дата обращения: 02.06.2020).

9. EARTHPAPERS - Диссертация по теме "Научно-экспериментальное обоснование внутрипочвенного орошения яблоневого сада" Автор- Ветренко Е.А., кандидат технических наук. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <http://earthpapers.net/nauchno-eksperimentalnoe-obosnovanie-vnutripochvennogo-orosheniya-yablonevogo-sada> (Дата обращения: 20.11.2019).

10.Международный научно-исследовательский журнал- Эффективность применения внутрипочвенного орошения при выращивании плодовых культур в степной зоне. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <https://research-journal.org/agriculture/effektivnost-primeneniya-vnutripochvennogo-orosheniya-pri-vyrashhivanii-plodovyx-kultur-v-stepnoj-zone/> (Дата обращения: 19.02.2020).

11.Саморегулируемая организация «Казахстанская ассоциация по управлению отходами «KazWaste». ТОО «КазКаучук» Казахстанская ассоциация по управлению отходами. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <http://kaz-waste.kz> (Дата обращения: 02.06.2020).

12.The Steppe - прогрессивный сайт о жизни, работе и увлечениях. КазКаучук: Что делает вторая в мире компания по переработке автопокрышек? [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <https://the-steppe.com/business/kazkauchuk-cto-delaet-vtoraya-v-mire-kompaniya-popererabotke-avtopokryshek> (Дата обращения: 02.06.2020).

13.Первый Крымский. Олег Донец: Академия биоресурсов и природопользования КФУ – локомотив аграрной науки в Крыму. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <https://firstcrimean.ru/news/krym/109865-oleg-donec-akademiya-bioresursov-i-prirodopolzovaniya-kfu-lokomotiv-agrarnoy-nauki-v-krymu.html> (Дата обращения: 04.11.2019).

14.В Крыму запущено производство микропористого водопроводящего шланга системы орошения. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа. URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/121369/> (Дата обращения: 02.06.2020).

15.Захаров, Р.Ю. Орошение как способ утилизации очищенных сточных вод в Республике Крым [Текст] / Р.Ю. Захаров, Н.Е. Волкова// Экономика строительства и природопользования. – 2016. - №1. – С. 54-61.

16.Волкова, Н.Е. Об использовании сточных вод для целей орошения [Текст]/Н.Е. Волкова, Р.Ю. Захаров // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. - №4 (72).

17.Закон Республики Крым «О стратегии социально-экономического развития Республики Крым до 2030 года от 09 января 2017 года». [Электронный ресурс]. – Режим доступа. URL: [https://rk.gov.ru/rus/file/pub/pub\\_322716.pdf](https://rk.gov.ru/rus/file/pub/pub_322716.pdf) (Дата обращения: 21.11.2019).

18.МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, концепция развития виноградарства и виноделия в Российской Федерации на период 2016-2020 годов и плановый период до 2025 года (Дата обращения: 02.06.2020). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kbvw.ru/images/docs/konceptsiya17062016.pdf>.

19.Всё о винограде. ОРОШЕНИЕ ВИНОГРАДНИКОВ. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://vinograd.info/info/vinogradarstvo/oroshenie-vinogradnikov.html> (Дата обращения: 02.06.2020).

IN THE EXPEDIENCY OF THE USE OF SUBSURFACE IRRIGATION IN THE REPUBLIC OF  
CRIMEA

Zakharov R. Yu., Borbot I. N., Skosar D. V.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea

**Annotation.** This article substantiates that intra-soil irrigation is competitive in relation to other methods, including drip irrigation. Therefore, the intra-soil can be recommended for widespread implementation on the territory of the Crimea. Based on multifactorial analysis, data from laboratory experiments and calculations of the main parameters of the intra-soil irrigation system, it was determined that intra-soil irrigation of vineyards using microporous hoses is an effective and environmentally safe irrigation method and, in general, a promising direction for the development of irrigated agriculture in the Crimea.

**Keywords:** subsurface irrigation, irrigation network, microporous hose, efficiency