

## АЛГОРИТМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПОЛИВОВ НАСАЖДЕНИЙ ЧЕРЕШНИ

*Караев А.И., д-р техн. наук, ст. науч. сотр., зав. кафедрой,*

*e-mail: [akaraiev57@mail.ru](mailto:akaraiev57@mail.ru),*

*Одинцова В.А., канд. биол. наук, ст. преподаватель,*

*e-mail: [valya.odintsova.60@mail.ru](mailto:valya.odintsova.60@mail.ru),*

*Бойко О.В., канд. техн. наук, докторант каф., e-mail: [agro\\_nova15@mail.ru](mailto:agro_nova15@mail.ru)*

*(ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет»),*

*г. Мелитополь, Россия*

*Аннотация.* Приведено текстовое описание и блок-схема алгоритма управления режимами полива насаждений черешни системой мелкодисперсного дождевания, основанного на установленных закономерностях изменения скорости ксилемного потока в стволах деревьев от воздействия климатических факторов.

*Ключевые слова:* алгоритм, датчик, мелкодисперсное дождевание, ксилемный поток, насаждение черешни, фитомониторинг.

**Постановка проблемы.** В Южной степи во время летней вегетации деревьев черешни возникают продолжительные засушливые периоды, что приводит к появлению у деревьев стрессового состояния и, как следствие, к снижению количества плодов первого товарного сорта. Для полного раскрытия генетического потенциала помологических сортов черешни в условиях недостаточного увлажнения необходимо разработать механизм управления водным балансом деревьев в течение суток. Это позволит определить начало и окончание освежительных поливов деревьев для удержания их значений в

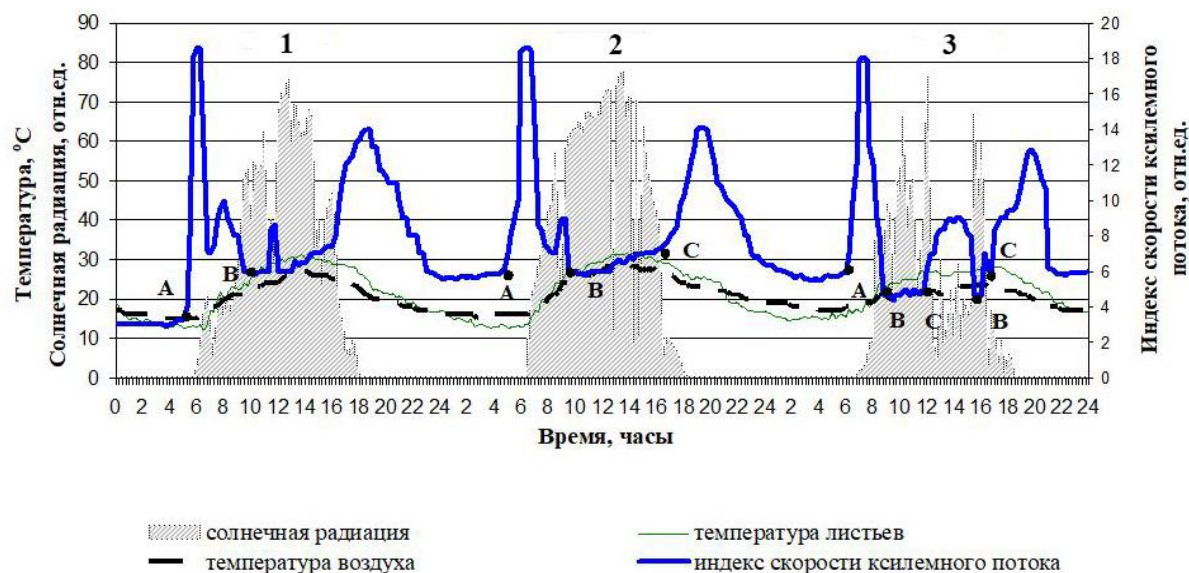
оптимальной области и, тем самым, предотвратить попадание деревьев в стрессовое состояние.

Решение обозначенной проблемы возможно путем разработки физиологического алгоритма и алгоритма принятия решения для вычисления значений управляющих воздействий, реализуемых в технологии управления «точечными» поливами деревьев мелкодисперсным дождеванием.

**Цель и методика исследований.** Целью данных исследований является повышение эффективности насаждений черешни путем анализа данных о физиологическом состоянии деревьев и принятия решений по удержанию контролируемых параметров в области оптимальных значений за счет «точечных» поливов деревьев мелкодисперсным дождеванием.

Исследования проводились на модельных деревьях черешни в г. Мелитополе в период с 2016 по 2020 год. Данные о физиологическом состоянии деревьев черешни получены методами фитомониторинга [1, 2], главной задачей которого является диагностика физиологического состояния растений соответствующего генотипа в различных почвенно-климатических условиях [3]. Основным требованием фитомониторинга является проведение непрерывной регистрации физиологических параметров растений посредством системы датчиков на одном и том же объекте продолжительный период времени. Таким требованиям всецело отвечает параметр «индекс скорости ксилемного потока» в стволе плодовых деревьев [4], который является интегрированным показателем их физиологического состояния [5], характеризующий реакцию дерева на изменение его водного статуса. Изучение индекса скорости ксилемного потока проводили методом теплового постоянного нагрева [6] при помощи датчика регистрации индекса скорости ксилемного потока в стволе деревьев.

**Результаты исследований и обсуждения.** Суточные ритмы индекса скорости ксилемного потока и абиотических факторов характеризуют динамику их изменений, что позволило установить закономерности водного баланса деревьев (рис.1).



*Рис. 1. Динамика индекса скорости ксилемного потока в стволе черешни на фоне солнечной радиации, температуры воздуха и листьев*

На рис. 1 представлено 3 суточных ритма индекса скорости ксилемного потока черешни. Установлено, что если отношение предрассветного значения индекса скорости ксилемного потока (точка А) к его дневному значению (точка В) больше или равно единице, то у деревьев черешни возникает водный дефицит (суточные ритмы 2 и 3). По показаниям значений скорости ксилемного потока суточного ритма 1 водный дефицит отсутствует (отношение предрассветного значения индекса к его дневному значению меньше единицы). Отмечены значительные флуктуации хода индекса скорости ксилемного потока в утреннее и вечернее время – утренний и вечерний максимумы. В свою очередь, по периоду между точками В и С устанавливается длительность водного дефицита черешни, то есть время, в течение которого расход воды деревом в целом преобладает над его поступлением из почвы даже при ее оптимальной влажности.

Установлено, что деревья черешни активно реагируют на изменения абиотических факторов. Согласно проведению фитомониторинговых исследований доказано, что индекс скорости ксилемного потока деревьев черешни в значительной степени зависит от изменений условий окружающей среды.

На основании продолжительной регистрации теплопереноса в проводящих сосудах ксилемы ствола деревьев черешни сформирована база данных для автоматизированного управления физиологическим состоянием деревьев [7] и разработан моделирующий алгоритм с вычислением значений корректирующих действий по управлению режимами освежительных поливов системой мелкодисперсного дождевания.

Текстовое описание алгоритма:

1. Полив деревьев черешни начинают тогда, когда отношение предрассветного значения индекса скорости ксилемного потока к его дневному значению становится больше 1;

2. Полив по устранению водного дефицита деревьев черешни в дневное время происходят при температуре воздуха больше плюс 25°C и влажности воздуха менее 70%.

3. Полив деревьев черешни оканчивают при достижении соотношения предрассветного значения индекса скорости ксилемного потока к его дневному значению меньше 1.

4. Обязательным условием проведения поливов мелкодисперсным дождеванием является прерывистый цикл работы системы орошения (полив-пауза).

5. Продолжительность полива зависит от времени, в течение которого листья деревьев полностью смачиваются водой, а длительность паузы зависит от скорости испарения воды с листовой пластинки.

Блок-схема моделирующего алгоритма с вычислением значений корректирующих действий по управлению режимом освежительных поливов приведена на рис. 2. Она описывает алгоритм принятия решений о необходимости назначения полива по данным параметров окружающей среды и физиологическим параметрам дерева, измерения значений которых проходят через установленные промежутки времени.

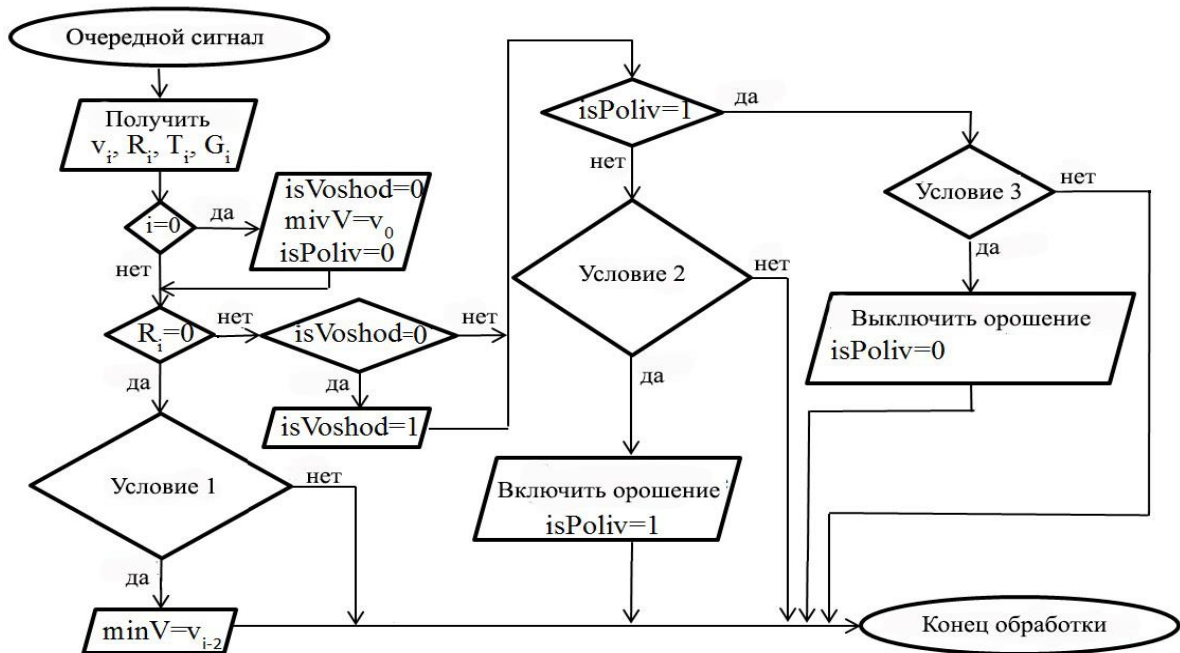


Рис.2. Блок-схема алгоритма управления режимом полива

Измерению подлежат следующие параметры:

$v_i$  – индекс скорости ксилемного потока в стволе дерева;

$R_i$  – солнечная радиация;

$T_i$  – температура воздуха, °C;

$G_i$  – относительная влажность воздуха, %.

На блок-схеме приняты следующие обозначения:

Условие 1 –  $i \geq 4 \text{ AND } (v_{i-4} \geq v_{i-2}) \text{ AND } (v_{i-3} \geq v_{i-2}) \text{ AND } (v_{i-1} \geq v_{i-2})$   
 $\text{AND } (v_i \geq v_{i-2}) \text{ AND } isVoshod = 0$

Условие 2 –  $\min V \geq v_i \text{ AND } T_i \geq 25^\circ\text{C AND } G_i < 70\%$

Условие 3 –  $\min V < v_i \text{ OR } R_i = 0$

Переменные системы:

$\min V$  – последнее минимальное предрассветное значение скорости ксилемного потока в стволе дерева;

$isPoliv$  – принимает значения 0, 1 (соответственно выключена или включена система орошения);

$isVoshod$  – принимает значение 0, 1 (соответственно было утро или нет)

При включенном поливе система функционирует по алгоритму, который представлен блок-схемой, приведенной на рис. 3.

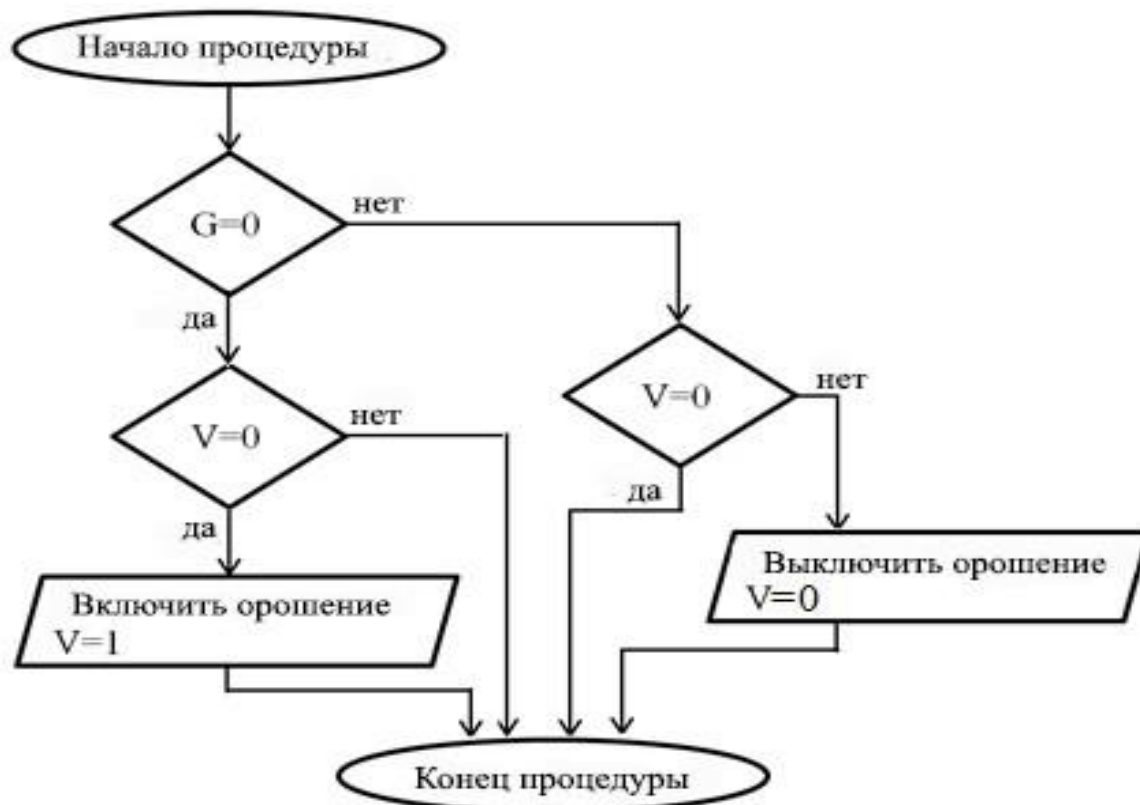


Рис.3. Блок-схема алгоритма управления внутренним циклом системы орошения

В алгоритме использованы следующие переменные:

G – увлажнение листа:

0 – поверхность листовой пластины сухая,

1 – поверхность листовой пластины влажная;

V – переменная, принимающая значение 0, если дождевание выключено и 1, если дождевание включено.

Из блок-схемы видно, что если листовая поверхность сухая ( $G=0$ ) и система полива была выключена, то ее нужно включить. При  $G=1$  происходит обратное действие.

### Выводы

1. Накопленная база данных суточных ритмов индекса скорости ксилемного потока деревьев черешни позволила установить закономерности

водного обмена деревьев, с помощью которых определены периоды появления водного дисбаланса деревьев и возникновения водного дефицита.

2. Разработанные моделирующие алгоритмы с вычислением значений корректирующих действий являются частью математического обеспечения автоматизированной системы «точечных» освежительных поливов насаждений черешни системой мелкодисперсного дождевания.

### **Использованные источники**

1. **Ермаков Е.И.** Фитомониторинг. Современные проблемы и перспективы / С.Н. Мелешенко, С.С. Радченко; Сельскохозяйственная биология: Сер. биология растений. 2002. № 3. С.25-35.

2. **Ильницкий О.А.** Основы фитомониторинга / Бойко М.Ф., Федорчук М.И. и др.; Херсон, 2005. 345 с.

3. **Плугатарь Ю.В.** Экологический фитомониторинг: исторический экскурс, состояние и перспективы / О.А. Ильницкий, С.П. Корсакова, А.В. Паштецкий; Бюлетень ГНБС. 2015. Вып.114. С. 7-13.

4. **Nadezhdina N.** Sap flow index as an indicator of water storage use/ J. Čermak, A. Downey, V. Nadezhdin, M. Perämäk, J. S. David., C.A. Pinto, T. S David; J. Hydrol. Hydromech. 2015. Vol. 63. № 2. P. 124-133.

5. **Одинцова В.А.** Фитомониторинг при изучении водного обмена и температурного режима растений черешни / В.А. Одинцова; Научные труды СКФНЦСВВ «Современные методы и способы повышения эффективности отраслевого производства». Краснодар, 2017. Т. 13. С.55-58.

6. **Тихов П.В.** Тепловой метод непрерывной регистрации относительной скорости движения пасоки в ксилеме древесных растений / П.В. Тихов; Биофизические методы исследований в экофизиологии древесных растений. Ленинград: Наука, 1979. С. 68-85.

7. **Караев А.И.** [Формирование базы данных для автоматизированного управления физиологическим состоянием плодовых деревьев мелкодисперсным дождеванием](#) // А.И. Караев С.Л., Сушко, В.А. Одинцова;

## THE ALGORITHM FOR MAKING DECISIONS ON WATERING CHERRY PLANTATIONS

*Karaiev A.I., Dr. tech. sciences, senior scientific researcher, head department of  
"Technical Systems in Agriculture",*

*Odintsova V.A., Cand. boil. sciences, senior lecturer of the department of  
"Technical Systems in Agriculture" senior scientific researcher, head department of  
"Technical Systems in Agriculture",*

*Boyko O.V., Cand. tech. sciences, doctoral student at the department of  
"Technical Systems in Agriculture"*

*(Melitopol State University), Melitopol, Zaporozhye region, Russia*

**Annotation.** *A textual description and a block diagram of an algorithm for controlling the modes of watering cherry plantations with a fine sprinkling system based on established patterns of changes in the rate of xylem flow in tree trunks from the influence of climatic factors has been given.*

**Key words:** *algorithm, sensor, fine sprinkling, xylem flow, cherry planting, phyto-monitoring.*