

## СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

**Е. В. Мелихова**, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»,  
г. Волгоград, Россия

### Аннотация

В статье рассмотрены основные подходы к автоматизации управления водным режимом орошаемых сельскохозяйственных культур. Проведен анализ некоторых компьютерных программ для автоматизированного расчета параметров режимов орошения на основе ретроспективных данных и результатов мониторинга природно-климатических параметров орошаемых участков. Приведено описание разработанной системы поддержки принятия решения для оперативного управления водным режимом сельскохозяйственных культур при капельном орошении.

**Ключевые слова:** система поддержки принятия решений, режим орошения, компьютерные программы, информационные технологии, сельскохозяйственные культуры, имитационное моделирование

### Abstract

**E. V. Melikhova**

### CREATION OF A SYSTEM OF SUPPORTING DECISION-MAKING IN THE CHOICE OF THE REGIME OF AGRICULTURAL CULTURE IRRIGATION

The article discusses the main approaches to automate the management of the water regime of irrigated crops. The analysis of computer programs for the automated calculation of the parameters of irrigation regimes on the basis of retrospective data and the results of monitoring the climatic parameters of irrigated areas has been carried out. The description of the developed decision support system for the operational management of the water regime of crops under drip irrigation is given.

**Keywords:** decision support system, irrigation regime, computer programs, information technology, crops, simulation modeling

### Введение

Повышение качества и научной обоснованности управления созданием и эксплуатацией мелиоративных систем, предотвращение деградации орошаемых почв невозможно без использования современных программно-информационных средств, предназначенных для анализа данных о природных и техногенных показателях состояния мелиорированных земель и выборки на основе этого анализа эколого-экономически обоснованных решений по возделыванию сельскохозяйственных культур. Для эффективного и рационального использования природных ресурсов необходима поддержка принятия решений по распределению орошаемой воды на поля.

Предотвращение деградации мелиоративных агроландшафтов, обеспечение их стабильного эколого-мелиоративного состояния путем повышения качества управленческих решений в области использования орошаемых земель возможно за счет учета индивидуальных особенностей каждого орошаемого участка. Данный подход требуют применения автоматизированных технологий управления плодородием на каждом поле или орошаемом

участке, позволяющих повысить качество технологических и управленческих решений [1, 6].

Использование информационных технологий (ИТ) в управлении мелиорацией описаны в публикациях А. Г. Болотина, В. В. Бородычева, В. С. Бочарникова, С. М. Васильева, Н. С. Захарченко, П. В. Иванова, В. П. Остапчика, В. В. Корсака, Н. А. Пронько, И. Ф. Юрченко и др. Целью нашего исследования является разработка программы оперативного управления водным режимом сельскохозяйственных культур при капельном орошении.

Автоматизированные технологии управления, включая системы поддержки принятия решения (СППР), по функциональному назначению подразделяются на информационно-справочные, информационно-советующие и информационно-управляющие.

**Информационно-справочные системы** предоставляют информацию об управляемом процессе. При этом ее оценку осуществляет лицо, принимающее решение (ЛПР). **Информационно-советующие системы (ИСС)** характеризуются более высоким уровнем автоматизации управления. Они обеспечивают получение и оценку информации об объекте управления и генерируют допустимые

альтернативы управленческих решений, которые могут приниматься в качестве основы для ЛПР [3]. **Информационно-управляющие системы (ИУС)** обеспечивают следующую ступень автоматизации управления, осуществляя выработку исполняемых управленческих решений [9].

Разнообразие параметров, описывающих состояние орошаемых полей, и факторов, определяющих выбор видов и показателей технологических операций, наличие этапов управления с изменяющимися целями и методами воздействия с учетом различных технологических, экологических и технико-экономических ограничений определяют необходимость разработки автоматизированных технологий возделывания сельскохозяйственных культур с использованием ИСС, включая системы поддержки принятия решения.

Отдельные автоматизированные системы используют спутниковые данные дистанционного зондирования почв и ГИС-технологии [1, 7].

**Основная часть**

В области оросительной мелиорации задача автоматизации управления режимом орошения сельскохозяйственных культур включает выбор способа полива и расчета режима орошения. Выбор способа орошения зависит от следующих основных факторов: необходимости увлажнения почвы, ее гранулометрического состава, потребности регулировать фитоклимат растений, уровня залегания грунтовых вод и уклонов поверхности поля. Рекомендуемая автором блок-схема выбора способа орошения изображена на рис. 1.

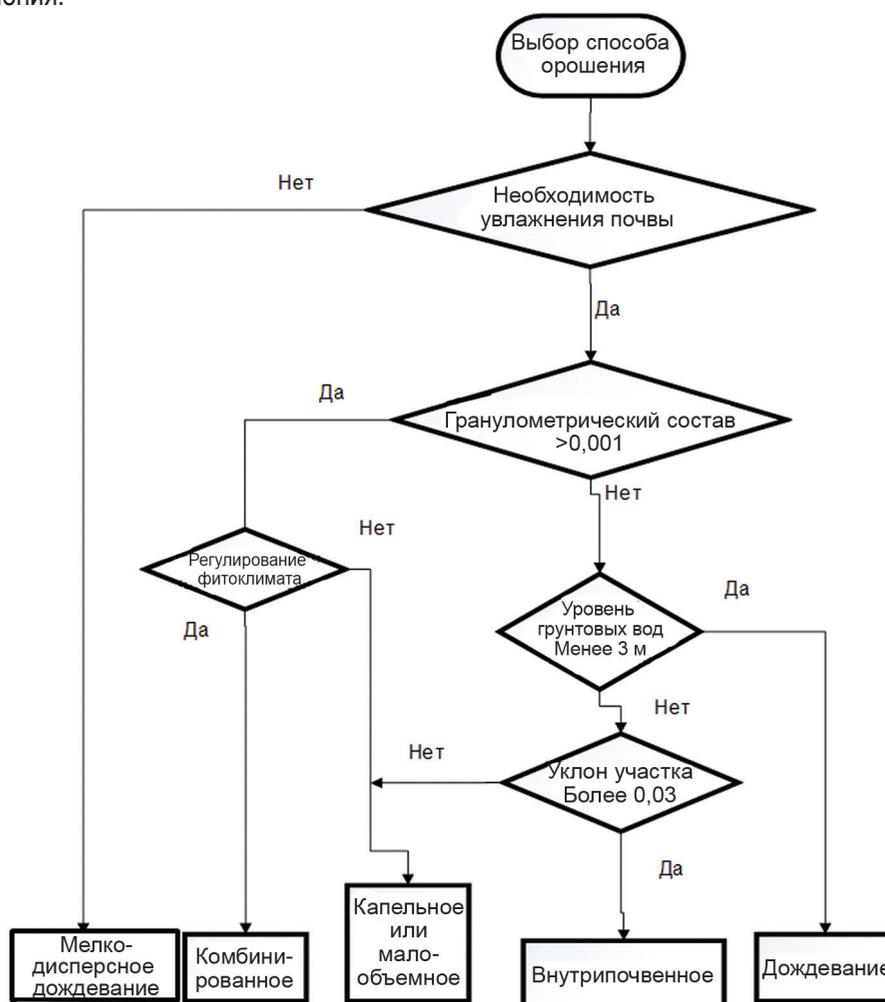


Рисунок 1 – Блок-схема выбора способа орошения

Для формирования режима орошения в мелиорации известны различные подходы [1–6, 9]. В работе [3] предложен алгоритм управления водным режимом почвы при орошении сельскохозяйственных культур, который позволяет: планировать поливной режим, формировать и корректировать потребность в поливах с оценкой вероятности осуществления

прогноза, составлять оперативно-текущие планы, анализировать необходимость проведения полива с использованием накопленной информации. Авторы [3] рассматривают использование современных решений в области мониторинга водного режима почвы в границах орошаемого участка и предлагают метод расчета с использованием

агрометеорологической информации, а также повышение точности прогнозных и ретроспективных расчетов за счет использования многопараметрических моделей определения суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур.

Информационно-советующая система управления плодородием орошаемых почв [1, 6] может использоваться как в составе комплексной системы проектирования технологий выращивания культур и оперативного управления ими, так и самостоятельно – для проектирования и управления операциями по внесению органических и минеральных удобрений. При ее разработке использовались реляционные базы данных (БД), что позволило унифицированно использовать различные справочники и наборы процедурных правил оценки почвенно-мелиоративного состояния орошаемого участка, правила и алгоритмы определения видов, доз и сроков внесения удобрений [1, 6]. Система ориентирована на сохранение и повышение плодородия орошаемых участков и эффективное использование ресурсов. Это достигается путем оптимизации состава и параметров технологического процесса внесения органических и минеральных удобрений. Они способны обеспечить получение планируемых урожаев, предотвратить деградацию почвы.

По мнению авторов [4, 5], для управления водным режимом сельскохозяйственных культур необходимо проводить имитационное моделирование развития растений, учитывающее вид культуры, способ полива, агроклиматические условия, включая характеристики почвы, фазы развития растений, связанные с суммой накопленных температур и ФАР и др.

Основой расчета в используемой модели является формула Пенмана–Монтейта для определения суммарного водопотребления [10]:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{t + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)}, \quad (1)$$

где  $ET_0$  – эталонная эвапотранспирация, мм/сут.,

$R_n$  – чистая радиация на поверхности растений, мДж/м<sup>2</sup> в сут.,

$G$  – плотность теплового потока почвы, мДж/м<sup>2</sup> в сут.,

$t$  – среднесуточная температура воздуха на высоте 2 м,

$U_2$  – скорость ветра на высоте 2 м, м/с,  $e_s$  – давление пара насыщения, кПа,

$e_a$  – фактическое давление пара, кПа,

$\Delta$  – уклон кривой давления пара, кПа/°С,

$\gamma$  – психрометрическая постоянная, кПа/°С.

Расчет текущего значения влажности почвы (прогнозирующий режим) производился по формуле (2):

$$W = W_H - Kt * Kt_{\text{попр.}} * St_j * Kof + \frac{P_j}{D}, \quad (2)$$

где  $W$  – текущее значение влагозапасов почвы;

$W_H$  – начальные влагозапасы почвы;

$Kt$  – текущее значение биоклиматического коэффициента суммарного испарения (для текущей накопленной суммы температур);

$Kt_{\text{попр.}}$  – поправочный коэффициент для  $Kt$ ;

$St_j$  – средняя температура для  $j$ -й декады, °С;

$Kof$  – значение коэффициента влагообмена (для текущей накопленной суммы температур);

$P_j$  – осадки для  $j$ -й декады, мм;

$D$  – количество дней в декаде.

Фрагмент блок-схемы программы имитационного моделирования режимов орошения сельскохозяйственных культур представлен на рис. 2 [4].

Для определения поливных норм под планируемую урожайность в среде Borland Delphi 7 разработана компьютерная программа, предназначенная для работы на IBM-совместимых компьютерах под управлением ОС MS Windows и обеспечивающая ведение БД статистических материалов и параметров агроценозов и технологий орошения; составление научно обоснованных планов оросительных работ в диалоговом режиме; сохранение, визуализацию и экспорт результатов работы. Программа включает модули: метеорологический, почвенный, биологический, технический, расчетный.

На первом и втором этапах вводятся название метеостанции и биоклиматические данные за год по месяцам и декадам. На третьем этапе – название, сорт культуры и вид сельскохозяйственной продукции.

Метеорологический блок содержит метеоданные по федеральным округам и метеостанциям по годам, месяцам, декадам: среднюю температуру, °С; осадки, мм; скорость ветра, м/с; влажность, % – которые заносятся в таблицу, позволяющую частично автоматизировать ввод данных. Подекадное представление метеоданных дает возможность контролировать их полноту.

Почвенный блок содержит следующие данные: тип; подтип; плотность, т/м<sup>3</sup>; наименьшую влагоемкость, %; максимальную гигроскопичность, %; объемную массу расчетного слоя почвы, т/м<sup>3</sup>; влажность расчетного слоя почвы, в % от массы сухой почвы; среднюю скорость впитывания за первую единицу времени, м/ч; коэффициент затухания скорости впитывания; удельный расход воды (полив по полосам), л/с; удельный расход воды (полив по бороздам), л/с.

Программа может функционировать в двух режимах: корректирующем и прогнозном. Прогностический позволяет рассчитать значение поливной нормы, продолжительность полива, количество поливов, оросительную норму под планируемую урожайность.

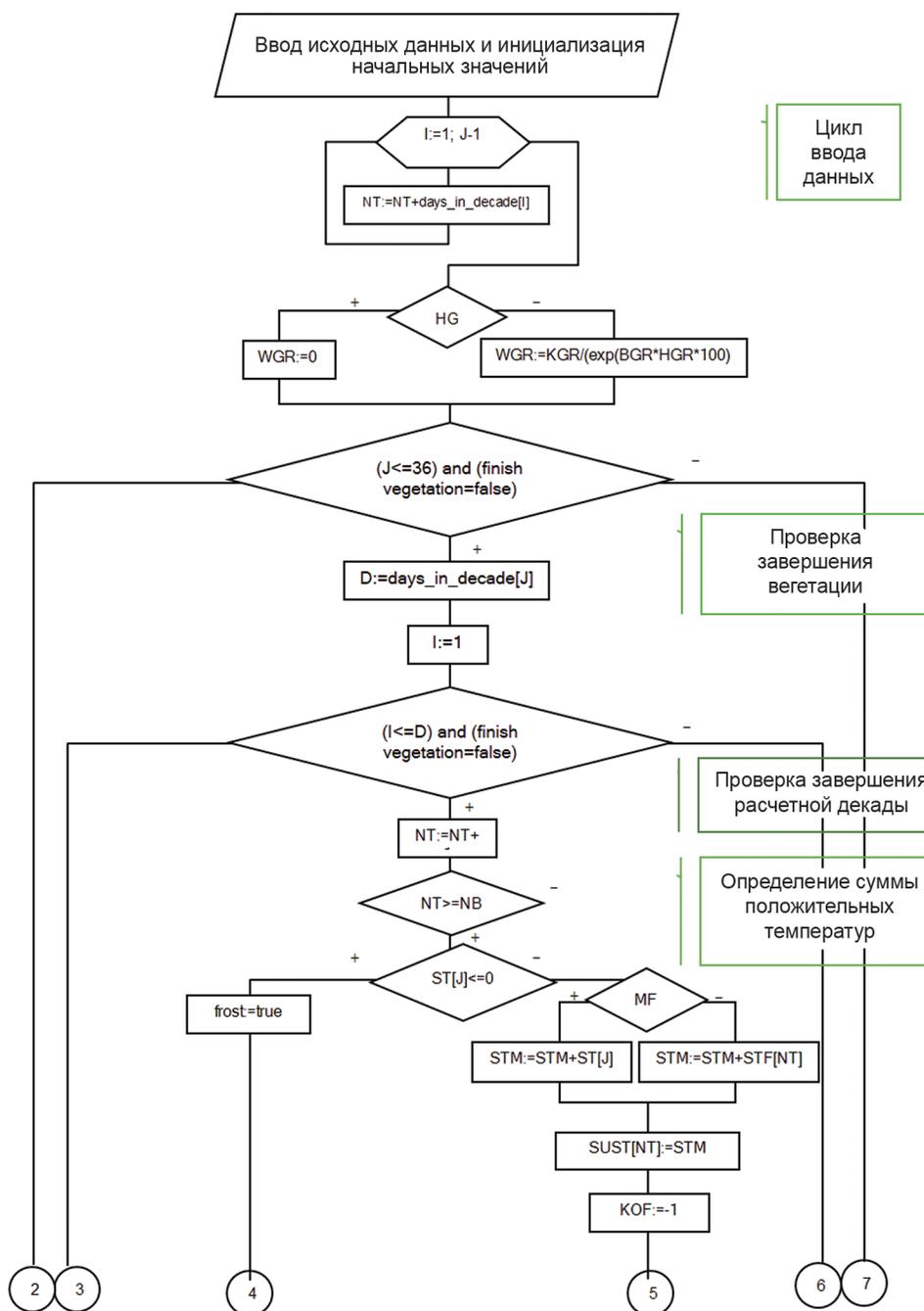


Рисунок 2 – Фрагмент блок-схемы имитационного моделирования режимов орошения

**Заключение**

Разработанная программа использует базу данных (БД), предназначенную для расчета режимов орошения сельскохозяйственных культур с учетом тепло- и влагообеспеченности региона, и включает данные об основных реквизитах решаемой задачи: метеоданные, возделываемые культуры, типы почв, способы орошения, биоклиматические коэффициенты суммарного испарения и др. В БД реализованы элементы бизнес-логики, обеспечивающие целостность данных при операциях актуализации записей, корректную инициализацию значений [5].

Результаты экспериментальной проверки функционирования разрабатываемой на основе описанной ИТ автоматизированной информационной системы для управления мелиоративными процессами, в системе поддержке принятия решения, подтвердили ее эффективность в опытно-производственных условиях. Применение разработанной компьютерной программы повышает устойчивость сельскохозяйственного производства за счет обоснованности его планирования на орошении и эффективности принятых решений в области управления мелиоративной деятельностью.

## Библиографический список

1. Бородычев, В. В. Информационная технология поддержки принятия решений при эксплуатации гидромелиоративных систем / В. В. Бородычев, А. Ф. Рогачев, Д. А. Рогачев // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2010. – № 5. – С. 24-26.
2. Васильев, С. М. Оценка процессов деградации орошаемых земель в рамках калибровки сервисов мониторинга сельскохозяйственных земель / С. М. Васильев, Л. А. Митяева // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 4 (24). – С. 70-85. – Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_27320488\\_67297494.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_27320488_67297494.pdf).
3. Информационно-советующая система управления орошением / В. П. Остапчик [и др.] – Киев : Урожай, 1989. – 248 с.
4. Оптимальное управление поливами на основе современных вычислительных алгоритмов / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов, А. С. Овчинников, В. С. Бочарников // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 4 (40). – С. 21-28.
5. Параметры для расчета режимов орошения сельскохозяйственных культур с учетом тепловлагообеспеченности региона: номер регистрации (свидетельства): 2017620719 / А. Г. Гагарин, А. Ф. Рогачев, Е. В. Мелихова. – Заяв. № 2017620443 от 11.05.2017. – Дата публикации: 04.07.2017.
6. Пронько, Н. А. Гис-мониторинг мелиоративного состояния орошаемых земель (на примере сухостепного Заволжья) / Н. А. Пронько, В. В. Корсак, Т. В. Корнева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2008. – № 6. – С. 26-29.
7. Рогачев, А. Ф. Математическое обеспечение системы поддержки принятия решений на основе ГИС-технологий / А. Ф. Рогачев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2009. – № 2. – С. 144-151.
8. Александрина, Н. А. Компьютерное моделирование в системе КОМПАС-ГРАФИК. Графическое 2D моделирование : учеб. пособие / Н. А. Александрина, Н. С. Воробьева / ФГБОУ ВПО Волгоградская ГСХА. – Волгоград, 2011. – С. 160.
9. Юрченко, И. Ф. Компьютерная технология поддержки решения как фактор реформирования системы эксплуатации в мелиорации России / И. Ф. Юрченко // Природообустройство. – 2008. – № 1. – С. 34-40.
10. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements ( FAO Irrigation and drainage) / Richard G. Allen, Luis S. Pereira, Dirk Raes, Martin Smith. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998. – 326 p.

Поступила 19.02.2019