

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Дмитрий Алексеевич Рогачев, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

E-mail: Rogachev.soft@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты анализа текущего состояния исследований в области технической эксплуатации оросительных систем и внедрения программ информационной поддержки в управление мелиоративной деятельностью. Обоснованы актуальность и целесообразность применения оптимизационного моделирования для планирования инвестиций на ремонтно-восстановительные работы в напряженных природно-хозяйственных условиях. В качестве инструментария оптимизации предложена многокритериальная нелинейная функция, реализуемая на основе генетических алгоритмов. Критерии оптимизации — максимумы площади орошения, снижения потерь воды и дохода водохозяйственной организации, планируемые от повышения технического состояния эксплуатируемых сооружений. Для реализации оптимизационной модели управления техническим состоянием оросительной системы разработана автоматизированная система планирования ремонтно-восстановительных мероприятий АСУ «Техническое состояние» и представлены результаты ее тестирования, проанализированы цели и задачи, определена ее функциональная структура. Исследованы информационные потоки на примере Красногвардейской оросительной системы в Крыму. Обосновано применение программного продукта серверной оболочки «1С: Предприятие 8» в качестве технологической платформы для разработки АСУ. Описана функциональная структура прикладного решения, включающая справочники, данные оперативного учета, алгоритмы обработки результатов и отчеты. Приведен интерфейс системы, примеры ввода данных и выходные формы. Обосновано использование ГИС для визуализации информации о планировании мероприятий по технической эксплуатации и анализу данных дистанционного зондирования. Установлено, что использование АСУ для реализации оптимизационных моделей управления техническим состоянием оросительной системы способствует эффективности работы, снижению издержек и повышению конкурентоспособности эксплуатационной организации.

Ключевые слова: цифровизация, управление, техническое состояние, оросительная система

DIGITAL TRANSFORMATION OF IRRIGATION SYSTEM PERFORMANCE MANAGEMENT

D.A. Rogachev, PhD in Engineering Sciences, Leading Researcher

A.N. Kostyakov Federal State Budgetary Scientific Research Center VNIIGiM, Moscow, Russia

E-mail: Rogachev.soft@gmail.com

Abstract. The paper presents the results of an analysis of the current state of research in the field of technical operation of irrigation systems and the introduction of information support systems in the management of land reclamation activities. The relevance and expediency of using optimization modeling for planning investments for repair and restoration work in stressful natural and economic conditions are substantiated. A multi-criteria nonlinear function based on genetic algorithms is proposed as an optimization tool. The optimization criteria are selected: maxima of the irrigation area under command, reduction of water losses and income of the water management organization, planned from improving the technical condition of the facilities in operation. To implement an optimization model for managing the technical condition of the irrigation system, an automated system for planning repair and restoration activities of the automated control system "Technical Operation" has been developed and the results of its testing are presented. The goals and objectives of the system are analyzed, and its functional structure is determined. The information flows are investigated using the example of the Krasnogvardeyskaya irrigation system in the Crimea. The use of the 1C-Enterprise server shell software product as a technological platform for automated control system development is substantiated. The functional structure of the application solution is described, including reference books, operational accounting data, data processing algorithms and reports. The system interface, data entry examples, and output forms are provided. The use of GIS for visualization of information on planning activities for technical operation and analysis of remote sensing data is justified. It is established that the use of automated control systems for the implementation of optimization models for managing the technical condition of the irrigation system contributes to increased operational efficiency, reduced costs and increased competitiveness of the operating organization.

Keywords: digitalization, management, technical condition, irrigation system

В эпоху климатических изменений и усиливающегося антропогенного воздействия на окружающую среду обостряются вопросы рационального использования водных ресурсов в мелиоративном водохозяйственном комплексе, который занимает важнейшее место в обеспечении продовольственной безопасности страны и считается одним из наиболее водоемких секторов АПК. [3, 6, 12]

Современной тенденцией повышения эффективности оросительных систем и рационального потребления воды становится совершенствование управления водопользованием на основе цифровизации

производственных технологических процессов с применением методов искусственного интеллекта. [5, 11]

Практика методов и способов математического моделирования, искусственного интеллекта, машинного обучения и передовых технологий дистанционного зондирования рассматривается научным сообществом мелиорации в качестве ключевых факторов повышения качества управленческих решений, направленных на рациональное использование важнейших природных ресурсов (вода, земля), а также устойчивое развитие сельского хозяйства в соответствии с требованиями времени. [1, 4]

Специалисты ФНЦ ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова активно занимаются исследованиями в области разработки компьютерных систем эффективного управления водопользованием на межхозяйственных оросительных системах, включая применение искусственного интеллекта. Особое внимание уделяется решению задач водораспределения в напряженных природных условиях и планирования инвестиций в поддержание и развитие инфраструктуры оросительной системы при недостаточном финансировании мероприятий технической эксплуатации.

В работе представлены результаты проектирования и разработки АСУ «Техническое состояние» как подсистемы более общей АСУ «Водопользование ОС». В частности, рассмотрены процессы программно-технологической реализации разработки, методическое обеспечение системы управления техническим состоянием мелиоративного водохозяйственного комплекса. [7]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализированы результаты научных работ и достижения практики, посвященные созданию, внедрению и применению управленческих решений по оптимизации одного из главных производственных процессов водопользования на межхозяйственных оросительных системах (ОС) – управлению техническим состоянием инфраструктуры, во многом определяющим успешность системной подачи, распределения и отведения воды. Используются авторские наработки по указанной тематике.

Для решения задачи оценки технического состояния и работоспособности ОС, планирования мероприятий технической эксплуатации сооружений гидромелиоративной системы в условиях ограниченных инвестиций применяли: информационно-аналитический подход, математическое моделирование и модели ГИС визуализации, методы искусственного интеллекта, такие как эволюционно-генетическое программирование и генетические алгоритмы.

Распределение лимитированных инвестиций на ремонтно-восстановительные работы по объектам инфраструктуры оросительной системы осуществляется с помощью модели многокритериальной оптимизации, позволяющей выбрать рациональный перечень планируемых мероприятий технической эксплуатации, минимизирующий потери поливной воды, при одновременном увеличении площади орошаемых земель и повышении финансовых показателей водохозяйственной организации, которые прогнозируются по результатам совершенствования технического состояния ОС. [8]

Математическое выражение функции цели Z для задачи планирования мероприятий повышения надежности и работоспособности инфраструктуры ОС в условиях ограниченных инвестиций, когда потребность в таких мероприятиях существенно превышает возможность их финансирования, имеет вид:

$$\begin{aligned} Z &= \sum_{i=1}^I z_i b_i \rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^I k_i b_i &\leq K; \\ b_i &\in \{0; 1\}, \quad i = \overline{1, \dots, I}, \end{aligned} \quad (1)$$

где k_i – стоимость работ i мероприятия по улучшению технического состояния инфраструктуры оросительной системы; I – общее количество планируемых мероприятий улучшения технического состояния ОС; z_i – функция «значимости» i мероприятия для совершенствования технического состояния инфраструктуры оросительной системы; K – объем финансирования ремонтно-восстановительных работ.

$$z_i = S_i/S + (1 - W_i/W) + P_i/P; \quad (2)$$

где S_i – площадь орошения, подверженная воздействию i мероприятия планируемых улучшений технического состояния оросительной системы, га; S – площадь орошения, подверженная воздействию планируемых мероприятий улучшения технического состояния инфраструктуры оросительной системы, га;

W_i – снижение потерь воды от реализации i мероприятия улучшения технического состояния ОС, тыс. м³; W – общее снижение потерь воды от реализации мероприятий улучшения технического состояния ОС, тыс. м³; P_i – финансовый результат водохозяйственной организации от реализации i мероприятия совершенствования технического состояния ОС, тыс. руб.; P – финансовый результат водохозяйственной организации при реализации мероприятий совершенствования технического состояния ОС, тыс. руб.;

$$W = \sum_{i=1}^I W_i; \quad (3)$$

$$P = \sum_{i=1}^I P_i. \quad (4)$$

Оптимизация нелинейной целевой функции (1) осуществляется эволюционно-генетическим программированием, которое считается одним из ключевых направлений в теории искусственного интеллекта. Генетические алгоритмы (ГА) позволяют исследовать более широкий спектр возможных решений проблемы, чем традиционные методы линейного программирования, из-за варьирования элементов целевой функции (Z) с использованием операторов отбора, скрещивания и мутации, что позволяет оценить пригодность анализируемых решений.

Алгоритм создан на основе библиотеки DEAP (Distributed Evolutionary Algorithms in Python), наряду с другими известными библиотеками GAFT, Pyevolve и PyGMO, предоставляющими удобные инструменты для реализации генетических алгоритмов на языке Python, который обладает широким функционалом, поддерживает расширяемость и имеет подробную документацию (<https://deap.readthedocs.io/en/master/>).

Программное обеспечение АСУ «Техническое состояние» реализовано с применением серверной оболочки «1С: Предприятие 8», разработанной российскими специалистами и лидирующей на отечественном рынке аналогичных программных продуктов. [10] Такой подход позволил значительно сократить время и усилия, необходимые для разработки интерфейсов и вспомогательных элементов АСУ, что дало возможность сосредоточиться на решении практических задач в области управления водопользованием.

Для визуализации пространственных данных применяется программный продукт «1С GIS Управление пространственными данными» серверной оболочки «1С: Предприятие 8», позволяющий отображать дан-

ные на картах и схемах, а также интегрировать их с различными электронными сервисами, включая данные Росреестра и спутниковые снимки. [9, 10]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Подача, распределение и отведение воды на межхозяйственных оросительных системах становится сложным из-за износа водопроводящих сетей и сооружений, что приводит к потерям воды и снижению качества услуг для сельскохозяйственных предприятий и водопользователей. Ремонт и модернизация инфраструктуры ОС требуют значительных финансовых ресурсов, технических знаний и слаженной работы всех участников процесса водопользования, сельскохозяйственных товаропроизводителей и водохозяйственной организации.

Обеспечение устойчивости системного водопользования нуждается в тщательном контроле технического состояния сооружений и оборудования, рациональном использовании крайне ограниченных финансовых ресурсов, направляемых на техническое обслуживание, ремонт и замену устаревшей и/или неработоспособной инфраструктуры. Последнее влечет за собой потребность в инновационных технологиях поддержки управленческих решений по совершенствованию технического состояния ОС, ошибки которых в напряженных природно-хозяйственных условиях стоят дорого.

Разработанная компьютерная система управления техническим состоянием оросительных систем должна

повысить эффективность водопользования на орошении. Основные функции:

1. **Мониторинг технического состояния.** Ведется учет объектов инфраструктуры (насосные станции, трубопроводы, каналы и сооружения на них). Фиксируются их геометрические характеристики, стоимость основных фондов, степень износа и даты последнего ремонта.

2. **Планирование ремонтных работ.** Многокритериальные экономико-математические модели, реализуемые на основе методов искусственного интеллекта, помогают оптимизировать распределение ограниченных ресурсов для ремонта и восстановления инфраструктуры оросительных систем. Это позволяет достичь максимальной эффективности и рациональности в использовании средств.

3. **Визуализация данных на карте.** Наглядное отображение объектов инфраструктуры, включая информацию о потребителях и запланированных мероприятиях, создает целостную картину состояния оросительных систем.

Функциональные возможности АСУ «Техническое состояние» помогают выстраивать три уровня планирования ремонтно-восстановительных работ на оросительной системе:

- перспективное (стратегическое) необходимо для подготовки обоснований нового строительства, реконструкции и планов капитального ремонта ГТС;
- годовое (тактическое) служит для увязки мероприятий по технической эксплуатации с планами системного водопользования на год;

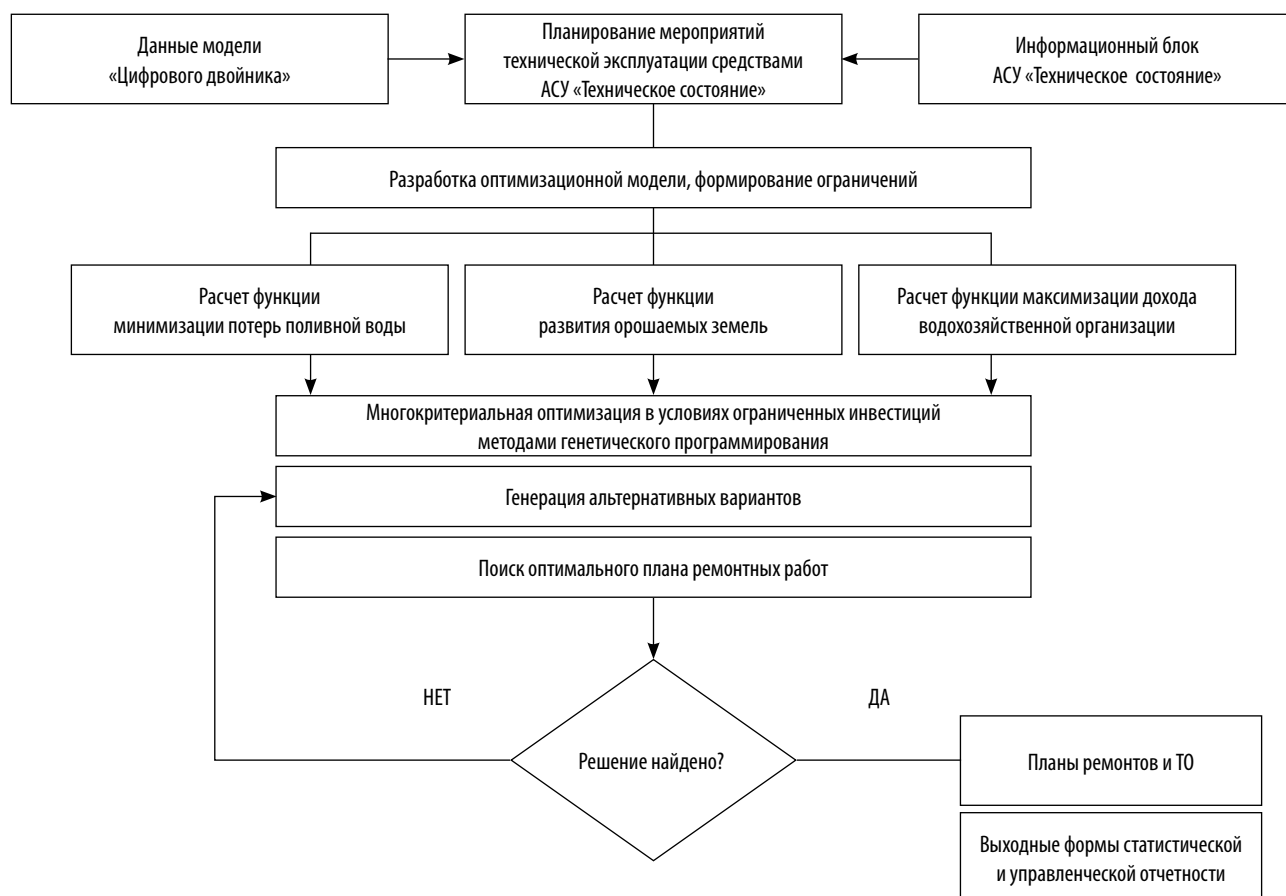


Рис. 1. Алгоритм автоматизированного планирования мероприятий технической эксплуатации межхозяйственной оросительной системы.

— текущее (оперативное) требуется для своевременного проведения аварийных ремонтов и оперативного перераспределения воды между хозяйствами — потребителями.

На рисунке 1 представлен алгоритм автоматизированного планирования мероприятий технической эксплуатации межхозяйственной оросительной системы средствами АСУ. Структура меню системы АСУ «Техническое состояние» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024667866) включает разделы: справочники, сервис, отчеты, демонстрируется на рисунке 2.

Структурные элементы автоматизированной системы управления «Техническое состояние» включают базовые подсистемы «Справочники», «Сервис», «Отчеты», которые соответственно: обеспечивают доступ к справочной исходной информации (о типах и первичных данных технических объектов оросительной системы, водопотребителях и сельскохозяйственных культурах);

реализуют возможность распределения финансирования на ремонтно-восстановительные работы с учетом ограничений, используя оптимизацию нелинейной многокритериальной функции на основе генетического программирования; позволяют решать задачи, связанные с обработкой информации и получением выходных результатов, формировать обобщенные отчеты по объектам инфраструктуры ОС, водопотребителям и планируемым мероприятиям технической эксплуатации.

Интеграция в структуру АСУ геоинформационной системы (ГИС) дает возможность управлять картографическими данными, а также атрибутивной информацией об инфраструктуре оросительных систем, эксплуатационных воздействиях, проведенных ремонтно-восстановительных работах, что способствует повышению эффективности управленческих решений.

Состав и структура системы «Техническая эксплуатация» в конфигурации «1С: Предприятие 8» приведены на рисунке 3.

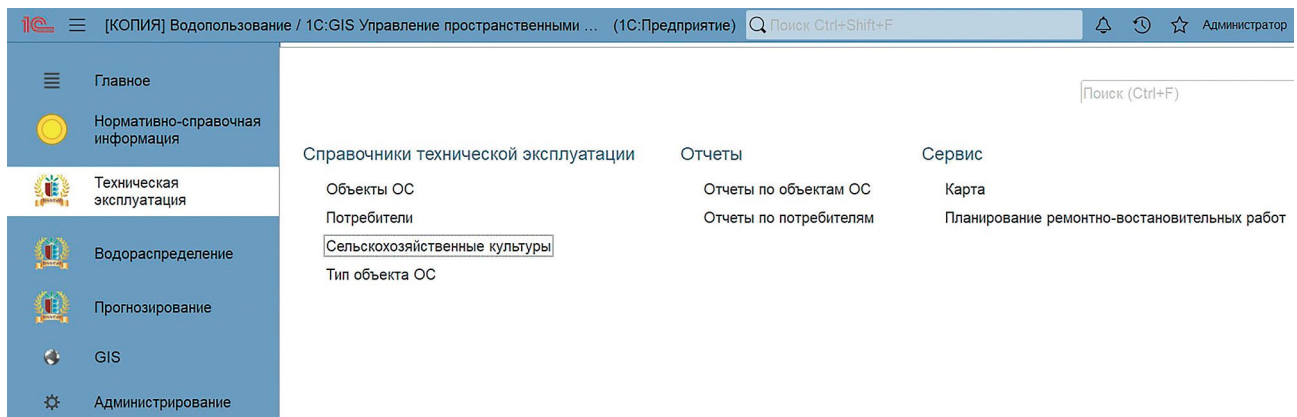


Рис. 2. Меню АСУ «Техническое состояние».

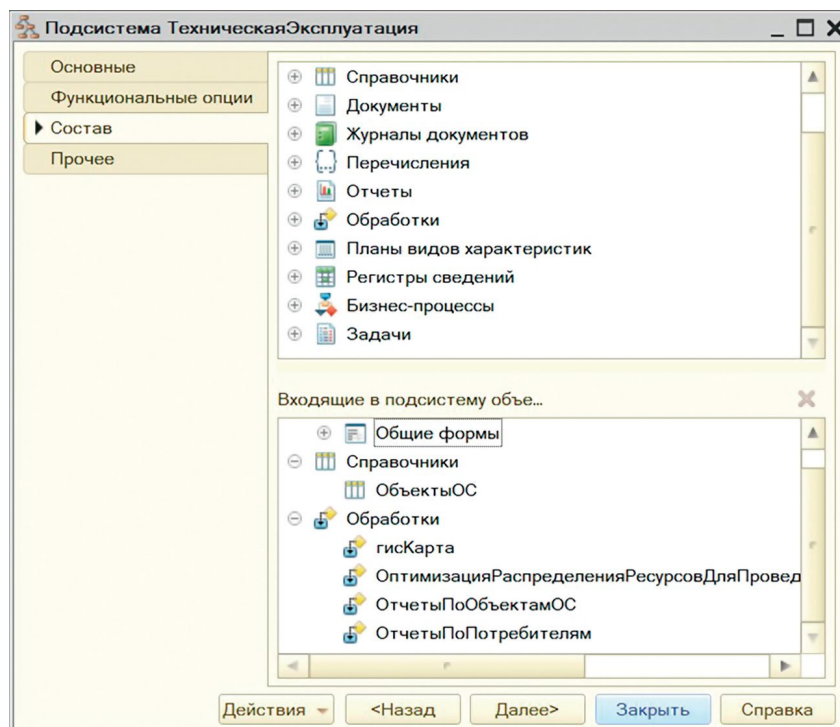


Рис. 3. Система «Техническая эксплуатация» в конфигурации «1С: Предприятие 8».

Раздел «Объекты ОС» подсистемы «Справочник» предназначен для ввода и хранения информации о характеристиках объектов инфраструктуры оросительной системы и связанных с ними элементов (рис. 4). В его составе сведения о типе объекта ОС, его геометрических параметрах, балансовой стоимости, степени износа, стоимости ремонтно-восстановительных работ, затратах на техническое обслуживание, датах последнего капитального ремонта и/или реконструкции,

а также другие технико-экономические показатели. Кроме того, указаны форма собственности, местоположение и другие важные характеристики объекта.

Для ввода исходной информации служат специальные формы, разработанные с учетом дружелюбности интерфейса. Такой интерфейс помогает пользователям легко работать с данными и выполнять необходимые действия. На рисунке 5 представлена в качестве примера форма для ввода информации об основных характе-

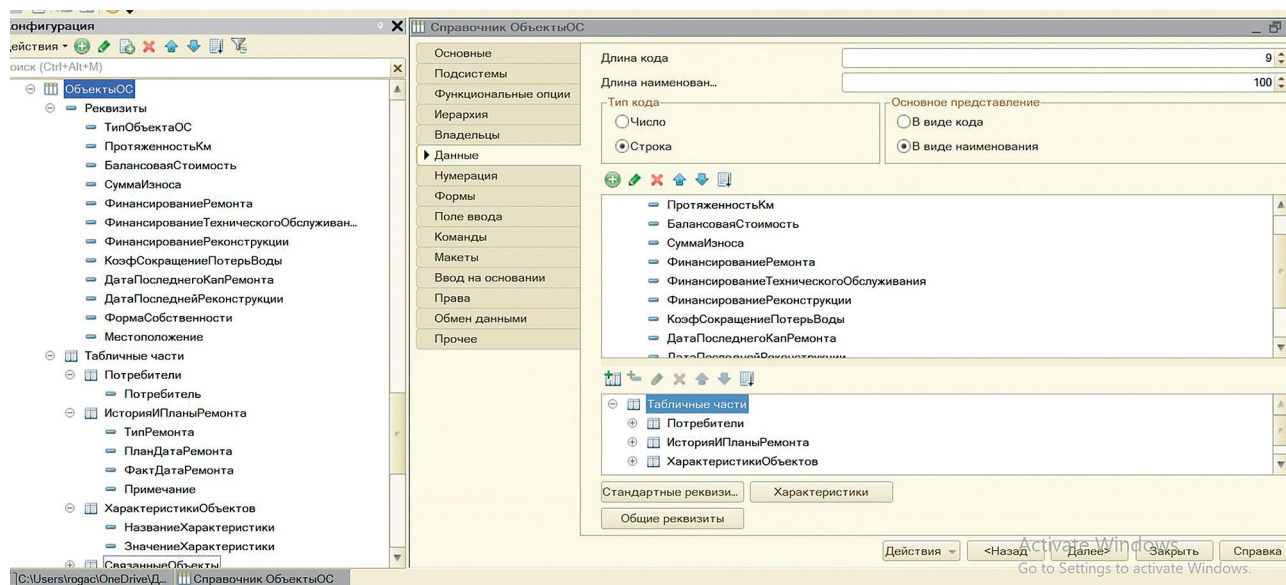


Рис. 4. Главная форма раздела «Объекты ОС».

☆ НС №1 (Объекты ОС) *

Записать и закрыть Записать

Тип объекта ОС:	Насосные станции
Протяженность км. / количество шт.:	1,00
Балансовая стоимость (тыс.руб):	2 788,00
Сумма износа (тыс.руб):	1 260,00
Финансирование капитального ремонта (тыс.руб):	2 025,00
Финансирование технического обслуживания (тыс.руб):	0,00
Финансирование реконструкции (тыс.руб):	256,00
Сокращение потерь воды (доля к единице):	0,30
Дата последнего кап. ремонта:	16.08.2020
Дата послдений реконструкции:	12.09.2019
Форма собственности:	Государственная
Местоположение:	КГВ ПК 91+33

Потребители История и планы ремонта Характеристики объектов Связанные объекты				
Добавить		Поиск (Ctrl+F)		
N	Тип ремонта	План дата ремонта	Факт дата ремонта	Примечание
1	Капитальный ремонт	15.05.2024		
2	Капитальный ремонт	16.07.2020	16.08.2020	
3	Реконструкция	12.02.2019	12.09.2019	

Рис. 5. Форма раздела «Объекты ОС» для ввода информации об основных характеристиках объекта и истории ремонтно-восстановительных работ.

ристиках объектов инфраструктуры и истории ремонтно-восстановительных работ раздела «Объекты ОС».

Аналогично главные формы и формы для работы с данными разработаны для разделов «Типы объектов ОС», «Потребители», «Сельскохозяйственные культуры». В разделе «Потребители» подсистемы «Справочник» содержатся сведения о площади орошаемых земель и структуре сельскохозяйственных культур на орошении, стоимости подачи воды и другие важные сведения, которые необходимы для управления техническим состоянием инфраструктуры оросительной системы.

Раздел «Сельскохозяйственные культуры» включает информацию об оросительной норме, урожайности, закупочной цене, затратах на производство и других данных, которые необходимы для решения производственных задач водопользования.

В разделе «Типы объектов ОС» находится вспомогательная информация о типах объектов, единицах измерения геометрических параметров.

Сведения справочников автоматически передаются и используются по запросу в подсистеме «Сервис» для моделирования альтернативных сценариев и оптимизации решений по распределению средств на ремонтно-восстановительные работы.

Подсистема «ГИС-визуализация» в рамках АСУ «Техническое состояние» применяется для решения следующих задач: визуализация технико-экономических показателей (состояние объектов, потери воды, количество отказов оборудования, дебиторская задолженность потребителей, удельная стоимость подачи воды и прибыль водохозяйственной организации); анализ технического состояния объектов с использованием методов искусственного интеллекта; мониторинг несанкционированных подключений; оценка мелиоративного состояния участков на основе данных о посевах; прогнозирование урожайности с помощью спутниковых снимков высокого разрешения и методов искусственного интеллекта.

Функциональные возможности разработанного прикладного решения «ГИС-визуализация» АСУ представлены на рисунке 6.

Подсистема состоит из разделов: управление пространственными данными (сбор, хранение и анализ пространственной информации); картографическая визуализация (представление пространственных данных в графическом формате); анализ пространственной ин-

фраструктуры; управление кадастровыми земельными участками (учет и контроль над распределением земель).

Решение интегрируется с электронными публичными сервисами, включая данные Росреестра и спутниковые снимки. Это позволяет использовать различные картографические подложки и специализированные слои информации в режиме реального времени. Интеграция с данными Росреестра обеспечивает доступ к материалам кадастрового деления непосредственно из АСУ, а также государственных электронных сервисов Росреестра, необходимых для осуществления ремонтно-восстановительных и эксплуатационных мероприятий. [9] На рисунке 7 демонстрируется пример интерфейса интеграции подсистемы «ГИС-визуализация» с данными участков из Росреестра.

Структура подсистемы «Отчеты», обеспечивающей решение задач, связанных с обработкой информации и подготовкой выходных результатов, включает разделы «Отчет по объектам», «Отчет по потребителям», «Оптимизация распределения ресурсов на ремонтно-восстановительные работы», «ГИС-Карта». Возможные форматы отчетов включают: текстовый, табличный, графический и визуализацию на схемах, картах и спутниковых снимках. Примеры выходных форм отчетных документов приведены на рисунках 8, 9.

Апробация программного комплекса АСУ «Техническое состояние» проведена на примере Краснодарской системы орошения в Республике Крым. Основные фонды этой системы изношены на 90% и более, водопроводящая сеть – 100%, насосные станции – 91%. [2] Результаты апробации показали, что использование АСУ «Техническое состояние» для планирования мероприятий технической эксплуатации оросительных систем с помощью метода многокритериальной оптимизации повышает качество управленческих решений, по сравнению с однокритериальными. Преимущество составляет до 11% из-за снижения издержек водохозяйственной организации, сокращения потерь воды, увеличения площади полива.

Выводы. В результате проведенного исследования была создана автоматизированная система управления АСУ «Техническое состояние» – важная составляющая общей автоматизированной системы управления водопользованием на межхозяйственных оросительных системах АСУ «Водопользование ОС». Разработка предназначена для контроля, оценки и планирования мероприятий по улучшению технического состояния

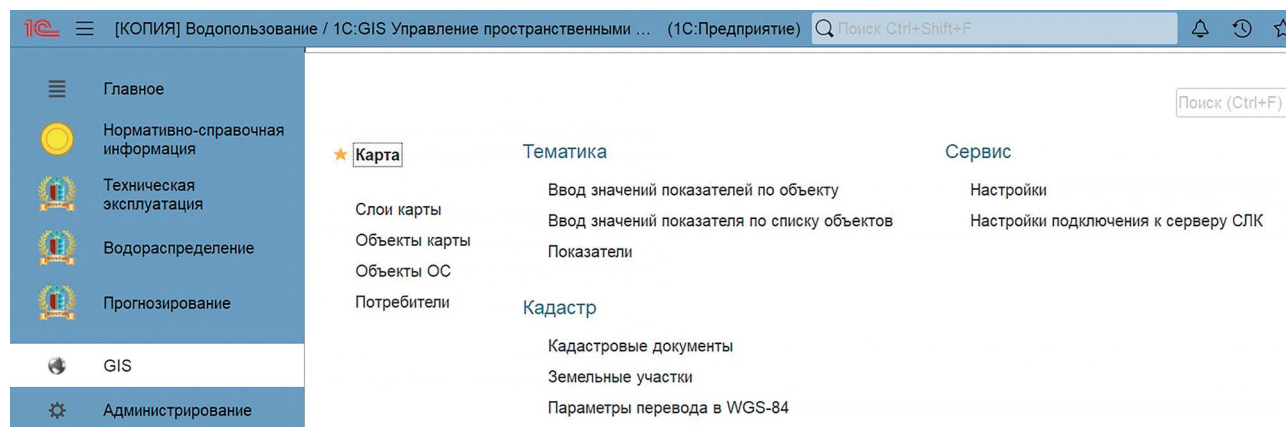


Рис. 6. Меню подсистемы «ГИС-визуализация» АСУ «Техническое состояние ОС».

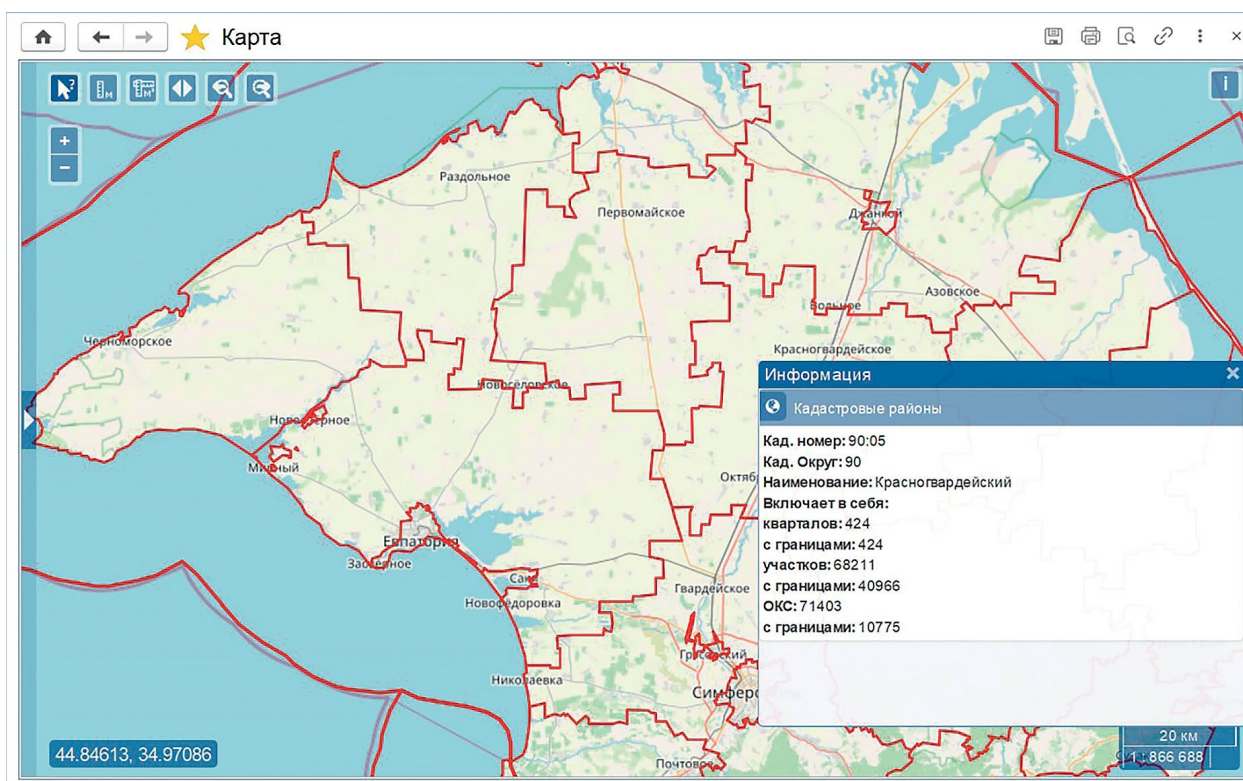


Рис. 7. Пример использования данных Росреестра в подсистеме «ГИС визуализация» на Красногвардейской оросительной системе (Республика Крым).

КОПИЯ] Водопользование / 1С:GIS Управление пространственными данными (1С:Предприятие)

Поиск Ctrl+Shift+F

Администр

Главное

Нормативно-справочная информация

Техническая эксплуатация

Водораспределение

Прогнозирование

GIS

Администрирование

Таблица

Границы - Ячейки -

1	2	3	4	5	6	7
№ п.п.	Наименование показателей	Ед. измерения	Кол-во	Требуется кап.ремонта	Балансовая стоимость, тыс.руб.	Стоимость износа, тыс.руб.
5	Межхозяйственные каналы, облицованные	Км	27	2	3 847	1 954
6	Сооружения на МК и межхозяйственных каналах (кроме выделов воды в хозяйства)	Шт	31	2	908,45	456,3
7	Напорный трубопровод	Км	68,69	65,69	66 432	30 388
8	Насосные станции	Шт	22	7	4 318	2 080
9	Трансформаторные подстанции	Шт	1		2 332	1 856
10	Мосты и переезды	Шт	1		1 921	826
11	Водосборно-сбросная сеть	Км	7,4		162,3	75
12	Межхозяйственные закрытые каналы	Км	5,86		9 284,23	4 828,64

Рис. 8. Балансовые показатели объектов эксплуатации (раздел «Отчет по объектам»).

инфраструктуры мелиоративного водохозяйственного комплекса.

В исследованиях процессов технической эксплуатации объектов мелиоративного водохозяйственного комплекса использованы информационно-аналитический подход, математическое моделирование, методы искусственного интеллекта и модели геоинформационной визуализации. Распределение инвестиций на ремонтно-восстановительные работы в напряженных условиях эксплуатации ОС предлагается с помощью модели многокритериальной оптимизации. Решение основывается на оценке текущего и прогнозируемого состояния водопроводящей сети и сооружений на ней.

Для решения задачи планирования мероприятий по улучшению технического состояния ОС необходимо учитывать стоимость работ, площадь орошения, снижение потерь воды и финансовый результат водохозяйственной организации от реализации мероприятий технической эксплуатации. Оптимизация целевой функции осуществляется методом эволюционно-генетического программирования.

В условиях растущей потребности в ремонтно-восстановительных мероприятиях объектов инфраструктуры оросительных систем, сформировавшейся в 60-х годах XX столетия, ключевым фактором повышения эффективности водопользования становится цифровизация управления технической эксплуатацией

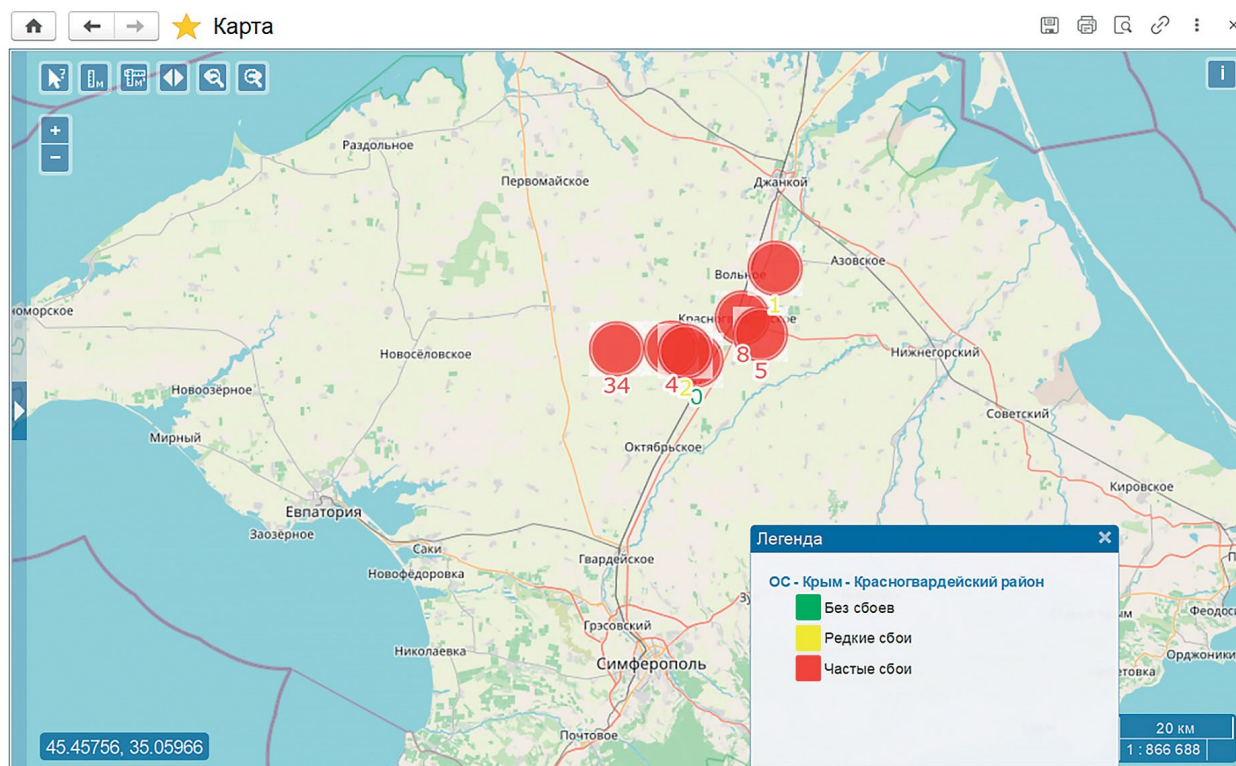


Рис. 9. Визуализация данных по количеству отказов объектов инфраструктуры (раздел «ГИС-Карта»).

с использованием компьютерных систем поддержки принимаемых решений. Значимость такого подхода возрастает в условиях недостаточных инвестиций в развитие инфраструктуры ОС.

Таким образом, внедрение и использование системы управления техническим состоянием оросительных систем АСУ «Техническое состояние» в практику мелиоративного водохозяйственного комплекса может способствовать становлению устойчивого и рационального водопользования на орошении.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Альт В.В., Исакова С.П. Планирование производства продукции растениеводства с применением цифровых технологий // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16. № 3. С. 12–19. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-3-12-19>
- Годовой отчет по технической эксплуатации за 2022 год Красногвардейского филиала. Раздел II. Водопользование и гидрометрия. Государственное бюджетное учреждение Республики Крым «Крымское управление водного хозяйства и мелиорации».
- Жезмер В.Б., Адыяев С.Б., Шабанов Р.М. Алгоритм анализа гидромелиоративной системы с целью выявления причин снижения эксплуатационной надежности и производительности // Природообустройство. 2023. № 1. С. 54–61. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-1-54-61>
- Исаева С.Д., Дедова Э.Б., Матвеев А.В. и др. Интеллектуальная система поддержки принятия решений для управления мелиоративно-водохозяйственным комплексом: монография. М.: ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», 2024. 204 с.
- Ольгаренко В. И., Ольгаренко И.В., Дезюра С.Д. и др. Система интегральных показателей оценки эффективности водопользования // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 1(33). С. 139–152. <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2019-1-139-152>
- Погодин Н.Н., Анженков А.С., Болбышко В.А., Закржевский В.П. Техническая эксплуатация закрытой мелиоративной сети. Минск: Беларуская навука, 2022. 154 с. ISBN 978-985-08-2898-9.
- Рогачев Д.А. Оптимизация мероприятий технической эксплуатации оросительных систем методами искусственного интеллекта // Природообустройство. 2024. № 4.
- Рогачев Д.А., Юрченко И.Ф., Рогачев А.Ф. Управление системным водораспределением на основе экономико-математического моделирования и методов искусственного интеллекта // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 3. С. 87–106. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-3-87-106>
- Росреестр РФ. Электронные услуги и сервисы [Электронный ресурс]. URL: <https://rosreestr.gov.ru/eservices/> (дата обращения 25.06.24).
- 1С:Предприятие [Электронный ресурс]. URL: <https://v8.1c.ru/tekhologii/overview/> (дата обращения 25.06.24).
- Щедрин В.Н., Васильев С.М., Слабунов В.В. и др. Подходы к формированию информационной системы «Цифровая мелиорация» // Информационные технологии и вычислительные системы. 2020. № 1. С. 53–64. EDN: FAWTUT. <https://doi.org/10.14357/20718632200106>
- Юрченко И.Ф., Злодеев Ю.Г., Ялалова Г.Х. Правила планирования мероприятий технической эксплуатации оросительных систем // Научно-технические достижения и разработки ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» (2016–2021 гг.). Сборник научных трудов. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2021. С. 14–16.

REFERENCES

1. Al't V.V., Isakova S.P. Planirovanie proizvodstva produkcii rastenievodstva s primeneniem cifrovyykh tekhnologiy // Sel'skoxozyajstvennyye mashiny i tekhnologii. 2022. T. 16. № 3. S. 12–19.
<https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-3-12-19>
2. Godovoj otchet po tekhnicheskoy ekspluatatsii za 2022 god Krasnogvardejskogo filiala. Razdel II. Vodopol'zovanie i gidrometriya. Gosudarstvennoe byudzhetnoe uchrezhdenie Respubliki Krym «Krymskoe upravlenie vodnogo hozyajstva i melioracii».
3. Zhezmer V.B., Ad'yaev S.B., Shabanov R.M. Algoritm analiza gidromeliorativnoj sistemy s cel'yu vyyavleniya prichin snizheniya ekspluatatsionnoj nadezhnosti i proizvoditel'nosti // Prirodoobustrojstvo. 2023. № 1. S. 54–61.
<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-1-54-61>
4. Isaeva S.D., Dedova E.B., Matveev A.V. i dr. Intellektual'naya sistema podderzhki prinyatiya reshenij dlya upravleniya meliorativno-vodohozyajstvennym kompleksom: monografiya. M.: FGBNU «FNC VNIIGiM im. A.N. Kostyakova», 2024. 204 s.
5. Ol'garenko V. I., Ol'garenko I.V., Dezyura S.D. i dr. Sistema integral'nyh pokazatelej ocenki effektivnosti vodopol'zovaniya // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2019. № 1(33). S. 139–152.
<https://doi.org/10.31774/2222-1816-2019-1-139-152>
6. Pogodin N.N., Anzhenkov A.S., Bolbyshko V.A., Zakrzhevskij V.P. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya zakrytoj meliorativnoj seti. Minsk: Belaruskaya navuka, 2022. 154 s. ISBN 978-985-08-2898-9.
7. Rogachev D.A. Optimizatsiya meropriyatij tekhnicheskoy ekspluatatsii orositel'nyh sistem metodami iskusstvennogo intellekta // Prirodoobustrojstvo. 2024. № 4.
8. Rogachev D.A., Yurchenko I.F., Rogachev A.F. Upravlenie sistemnym vodoraspredeleniem na osnove ekonomiko-matematicheskogo modelirovaniya i metodov iskusstvennogo intellekta // Melioratsiya i gidrotekhnika. 2023. T. 13. № 3. S. 87–106.
<https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-3-87-106>
9. Rosreestr RF. Elektronnyye uslugi i servisy [Elektronnyj resurs]. URL: <https://rosreestr.gov.ru/eservices/> (data obrashcheniya 25.06.24).
10. 1S:Predpriyatie [Elektronnyj resurs]. URL: <https://v8.1.c.ru/tekhnologii/overview/> (data obrashcheniya 25.06.24).
11. Shchedrin V.N., Vasil'ev S.M., Slabunov V.V. i dr. Podhody k formirovaniyu informacionnoj sistemy «Cifrovaya melioratsiya» // Informacionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy. 2020. № 1. S. 53–64. EDN: FAWTUT.
<https://doi.org/10.14357/20718632200106>
12. Yurchenko I.F., Zlodeev Yu.G., Yalalova G.H. Pravi-la planirovaniya meropriyatij tekhnicheskoy ekspluatatsii orositel'nyh sistem // Nauchno-tekhnicheskie dostizheniya i razrabotki FGBNU «VNIIGiM im. A. N. Kostyakova» (2016–2021 gg.). Sbornik nauchnyh trudov. M.: Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut gidrotekhniki i melioracii imeni A.N. Kostyakova, 2021. S. 14–16.

*Поступила в редакцию 24.01.2025
Принята к публикации 07.02.2025*