

Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-2-6-14>

УДК 631.67:004.8



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДСИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АСУ «ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ»

Д.А. Рогачев^{1✉}, Л.В. Кирейчева¹, С.Б. Адьяев², А.Г. Блохин³

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова» (ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»); 127434, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44, стр. 2, Россия

² Министерство агропромышленного комплекса и продовольственной политики Херсонской области; 273003, г. Херсон, ул. Филатова, 29, Россия

³ АО «Ситроникс»; 109316, г. Москва, Волгоградский проспект, 32, к. 31, Россия

Аннотация. Проведен анализ современного состояния исследований по технической эксплуатации оросительных систем и внедрению информационных систем в сфере управления мелиорацией. Выявлена целесообразность использования оптимизационного моделирования распределения ограниченных финансовых ресурсов на ремонтно-восстановительные работы с помощью многокритериальной нелинейной функции на базе генетических алгоритмов. В качестве критериев оптимизации при выборе первоочередных объектов для осуществления ремонтно-восстановительных работ использованы площадь орошения, снижение потерь воды, финансовый результат водохозяйственной организации. Выполнена разработка прототипа автоматизированной системы управления «Водопользование оросительной системы». Проанализированы цели и задачи системы, определена ее функциональная структура. Охарактеризованы информационные потоки производственной организации на основании данных обследования процессов технической эксплуатации Красногвардейской оросительной системы (Республика Крым), подведомственной Государственному бюджетному учреждению Республики Крым «Крымское управление водного хозяйства и мелиорации». Осуществлена программная реализация подсистемы «Техническая эксплуатация» и представлены результаты реализации контрольного примера. Обосновано использование в качестве технологической платформы разработки АСУ отечественного программного продукта «1С-Предприятие». Описана функциональная структура прикладного решения: состав справочников, данных оперативного учета, отчетов и обработки данных. Приведены описание интерфейса прикладного решения, примеры ввода данных и выходные формы. Обосновано использование прикладного решения 1С «GIS Управление пространственными данными» в качестве надстройки для решения задачи визуализации данных, связанных с планированием мероприятий технической эксплуатации, в том числе для анализа данных дистанционного зондирования в задачах контроля за состоянием объектов оросительных систем.

Ключевые слова: мелиорация, техническая эксплуатация, автоматизированные системы управления, водопользование, системы управления ресурсами, генетические алгоритмы, искусственный интеллект

Формат цитирования: Рогачев Д.А., Кирейчева Л.В., Адьяев С.Б., Блохин А.Г. Интеллектуальная подсистема технической эксплуатации АСУ «Водопользование оросительной системы» // Природообустройство. 2025. № 2. С. 6-14. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-2-6-14>

Scientific article

INTELLIGENT SUBSYSTEM OF TECHNICAL OPERATION OF THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM "WATER USE OF THE IRRIGATION SYSTEM"

D.A. Rogachev[✉], L.V. Kireicheva¹, S.B. Adyaev², A.G. Blokhin³

¹Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov" (A.N. Kostyakov Federal State Budgetary Scientific Research Center VNIIGiM), 44 Bolshaya Akademicheskaya str., building 2, Moscow, 127434, Russia

²Ministry of Agriculture and Food Policy of the Kherson region, Filatov str., 29, 273003, Kherson, Russia

³JSC "Sitronics", 109316, Moscow, Volgogradsky Prospekt, 32k31, Russia

Abstract. The analysis of the current state of research on the technical operation of irrigation systems and the introduction of information systems in the field of land reclamation management is carried out. The expediency of using optimization modelling of the allocation of limited financial resources for repair and restoration work using a multi-criteria nonlinear function based on genetic algorithms has been revealed. The following optimization criteria were used when choosing priority facilities for carrying out repair and restoration work: irrigation area, reduction of water losses, financial result of the water management organization. A prototype of the automated control system "Irrigation system water use" has been developed. The goals and objectives of the system are analyzed, and its functional structure is determined. The information flows of the production organization are characterized on the basis of data from a survey of the technical operation of the Krasnogvardeyskaya irrigation system (Republic of Crimea), subordinate to the State Budgetary Institution of the Republic of Crimea "Crimean Department of Water Resources and Land Reclamation". The software implementation of the subsystem "Technical operation" is carried out and the results of the implementation of the control example are presented. The use of the domestic software product 1C-Enterprise as a technological platform for the development of automated control systems is justified. The functional structure of the application solution is described: the composition of reference books, operational accounting data, reports and data processing. The application solution interface is described, as well as data entry examples and output forms. The use of the 1C GIS Spatial Data Management software solution as an add-on is justified to solve the problem of data visualization related to the planning of technical operation measures, including for the analysis of remote sensing data in the tasks of monitoring the state of irrigation system facilities.

Keywords: Land reclamation, technical operation, automated management systems, water use, resource management systems, genetic algorithms, artificial intelligence

Format of citation: Rogachev D.A., Kireicheva L.V., Adyaev S.B., Blokhin A.G. Intelligent subsystem of technical operation of the automated control system "Water use of the irrigation system" // Prirodoobustrojstvo. 2025. № 2. P. 6-14. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-2-6-14>

Введение. В условиях глобального изменения климата и повышающейся антропогенной нагрузки эффективность использования водных ресурсов в сфере мелиорации, как одной из наиболее водоемких секторов АПК, становится крайне актуальной [1-3]. По мнению ряда экспертов мелиоративной отрасли, внедрение информационных систем управления оросительными системами позволит повысить эффективность эксплуатации оросительных систем, и прежде всего – эффективность водопользования [4, 5].

Использование методов искусственного интеллекта, машинного обучения, а также современных технологий дистанционного зондирования (в том числе с использованием БПЛА) в информационных системах может стать ведущим фактором повышения качества управленческих решений, обеспечивающих

рациональное природопользование, и агропроизводства.

В рамках плана НИР специалисты ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им А.Н. Костякова» выполняют разработку систем управления водопользованием, в том числе с применением методов искусственного интеллекта. Особое внимание уделяется решению задач распределения ограниченных водных ресурсов в условиях их дефицита, а также ограниченного финансирования на ремонтно-восстановительные работы. В статье представлены результаты проектирования и разработки подсистемы «Техническая эксплуатация» АСУ «Водопользование ОС» с акцентированием процесса ее технологической реализации. Материалы методического обеспечения подсистемы характеризуются в работе [6].

Материалы и методы исследований. АСУ «Водопользование ОС» обеспечивает повышение качества управления:

– технологическими процессами планирования оптимального водораспределения на межхозяйственных оросительных системах, имеющего решающее значение в условиях маловодья источников орошения, аварий и других форс-мажорных обстоятельств;

– техническим состоянием и ремонтно-восстановительными работами на ГТС по результатам плановых обследований, обеспечивающих возможность реализации управляющих воздействий системной водоподачи;

– финансово-экономическими процессами водохозяйственной организации, необходимыми для сохранения и расширения требующегося преимущества предприятия при усиливающейся

конкуренции на рынке сельскохозяйственной продукции.

С учетом целей и задач эксплуатационной службы ОС была спроектирована функциональная структура АСУ «Водопользование ОС». Фрагмент функциональной схемы представлен на рисунке 1.

Процессы, обеспечивающие работу интеллектуальной автоматизированной системы «Водопользование ОС», формируются в составе блоков:

– ввода данных из внешних или внутренних источников;

– обработки входных данных и представления их в удобном виде;

– вывода данных для предоставления специалисту внутри организации или передачи в другую систему;

– обратной связи – данных, переработанных персоналом, для коррекции входных данных.



Рис. 1. Фрагмент функционального прототипа АСУ Водопользование ОС»

Fig. 1. Fragment of the functional prototype of the ACS "IS water use"

Разработка технологии управления водопользованием на межхозяйственных оросительных системах базируется на оптимизации решений, принимающихся в условиях неполноты и неопределенности сведений и информации, а также требующих обработки больших массивов данных.

Реализация системного водораспределения на орошение в условиях дисбаланса спроса и предложения поливной воды на основе многокритериальной оптимизации методом эволюционно-генетического программирования повысит результативность управленческих решений за счет роста информационной и технологической поддержки.

В процессе экономико-математического моделирования водораспределения решается задача оценки технического состояния и работоспособности сооружений ОС, для реализации которого привлекаются модели ГИС визуализации и искусственного интеллекта. Распределение ограниченных финансовых ресурсов на ремонтно-восстановительные работы осуществляется на модели многокритериальной оптимизации, включающей в себя минимизацию потерь поливной воды, при увеличении площади орошаемых земель и повышении финансовых показателей водохозяйственной организации.

Функциональные возможности системы обеспечат построение трех уровней планирования:

- перспективного (стратегического) – для обоснования нового строительства, реконструкции и планов капитального ремонта водопроводящих гидротехнических сооружений (ГТС);
- годового (тактического) – для согласования мероприятий технической эксплуатации с планами системного водопользования;
- текущего (оперативного) – для проведения аварийных ремонтов оборудования и срочного перераспределения воды между хозяйствами-потребителями в текущем периоде (декаде, месяце).

Включение в состав АСУ «Водопользование ОС» модели «Цифровой двойник» предприятия реализует требование повышения качества управления, гарантирующего конкурентоспособность, и как следствие – выживаемость водохозяйственной организации.

Тестирование программного обеспечения выполнялось по результатам исследования документооборота и информационных потоков, связанных с управлением процессами водопользования службы эксплуатации Красногвардейской оросительной системы Республики Крым.

АСУ позволяет на основании введенной информации о процессах водопользования решать задачи распределения водных и финансовых ресурсов в условиях их дефицита с помощью методов эволюционно-генетической оптимизации распределения с использованием нелинейных многокритериальных функций [6, 7].

Результаты и их обсуждение. В качестве технологической платформы разрабатываемой автоматизированной системы управления «Водопользование» был выбран отечественный программный продукт «1С: Предприятие 8». Использование данной платформы позволило существенно снизить трудозатраты на разработку интерфейсов и вспомогательных элементов и сфокусироваться на прикладном решении производственных задач [8]. Выбор платформы позволил также использовать функциональные возможности большого числа отраслевых решений [8].

Для визуализации пространственных данных применялся программный продукт 1С «GIS Управление пространственными данными», который обеспечил возможность их отображения на картах и схемах, а также интеграцию с электронными публичными сервисами, в том числе с данными Росреестра и спутниковыми снимками. Это позволяет в режиме реального времени использовать различные картографические подложки и специализированные таблицы.

Меню характеризуемого в настоящей работе прикладного решения: подсистема «Техническая эксплуатация» АСУ (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024667866) – представлено на рисунке 2.

Функциональная структура подсистемы:

- обеспечивает ведение справочной информации по техническим объектам оросительной системы, хозяйствам-потребителям, сельскохозяйственным культурам;
- позволяет получить обобщенные отчеты по объектам, потребителям и планируемым мероприятиям технической эксплуатации;
- реализует возможность распределения финансирования на ремонтно-восстановительные работы в условиях его ограничения с помощью нелинейной многокритериальной функции на базе генетического программирования.

Использование встроенной ГИС позволяет осуществить ведение картографической информации с привязкой к атрибутивным данным объектов оросительных систем, мероприятиям технической эксплуатации и ремонтно-восстановительным работам на системе.

Таблица 1. Функциональные подсистемы АСУ «Водопользование ОС»
 Table 1. Functional subsystems of the automated control system “IS water use”

№ п.п	Подсистема <i>Subsystem</i>	Решаемые задачи <i>Tasks to be solved</i>
1	«Техническая эксплуатация» <i>“Technical operation”</i>	Обеспечивает учет информации об объектах технической эксплуатации, планирование ремонтно-восстановительных работ, распределение денежных средств в том числе в условиях ограничения финансирования <i>Provides accounting for information on technical operation facilities, planning of repair and restoration work, distribution of monetary funds, including in conditions of limited financing</i>
2	«Водораспределение» <i>“Water distribution”</i>	Позволяет вести учет сведений связанных со сбором заявок от потребителей, планированием водоподачи, распределением ограниченных водных ресурсов в условиях дефицита <i>It allows you to keep records of information related to the collection of applications from consumers, planning of water supply, distribution of limited water resources in conditions of shortage</i>
3	«Прогнозирование» <i>“Forecasting”</i>	С использованием методов искусственного интеллекта обеспечивает прогнозирование состояния оросительной системы, урожайности и прочих вспомогательных параметров <i>Using artificial intelligence methods, it provides forecasting of the state of the irrigation system, yields and other auxiliary parameters</i>
4	«ГИС» <i>GIS</i>	Обеспечивает визуализацию и анализ пространственных данных, в том числе с использованием методов искусственного интеллекта. Используются данные временных рядов урожайности и метеоданных из базы данных системы <i>Provides visualization and analysis of spatial data, including the use of artificial intelligence methods. Yield time series data and meteorological data from the system database are used</i>
5	«Нормативно-справочная» <i>“Reference information”</i>	Обеспечивает хранение нормативно-справочной информации необходимой для работы прочих функциональных подсистем <i>Provides storage of reference information necessary for the operation of other functional subsystems</i>
6	«Администрирование» <i>“Administration”</i>	Сервисная подсистема, обеспечивающая авторизацию, управление доступом, регламентные работы по обслуживанию СУБД <i>A service subsystem that provides authorization, access control, routine maintenance of the DBMS</i>

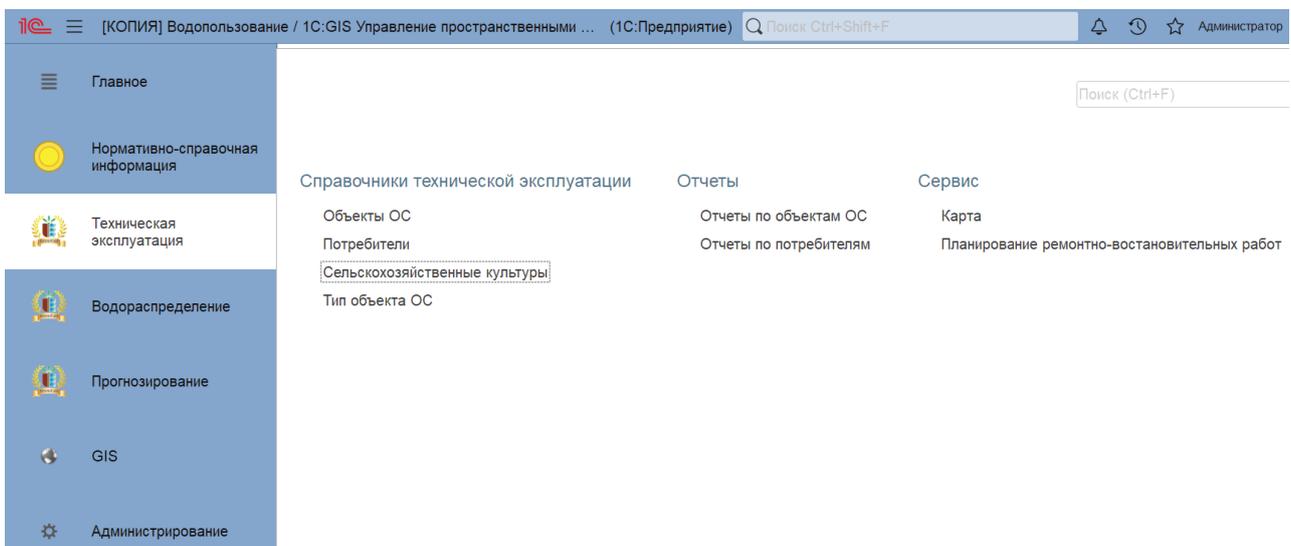


Рис. 2. Меню подсистемы «Техническая эксплуатация» АСУ «Водопользование ОС»

Fig. 2. Menu of the subsystem “Technical operation” of the “ACS “IS Water use”

Справочная информация. Подсистема реализует формирование иерархического справочника объектов технической эксплуатации («Объекты ОС») и хозяйств водопотребителей («Потребители»), устанавливает связи между ними, а также осуществляет привязку объектов к географическим координатам (рис. 3).

В справочнике «Потребители» хранятся сведения об орошаемых культурах, площадях, урожайности, оросительных нормах, удельной стоимости подачи воды и удельной стоимости водоподачи, в справочнике «Объекты ОС» – сведения о наименовании сооружения, месте нахождения на системе, форме собственности, технических характеристиках, балансовых показателях, размере износа, об истории ремонтов и мероприятиях технической эксплуатации. В справочнике «Объекты ОС» могут быть заданы подчиненные объекты, работа которых невозможна без родительского элемента.

Решение позволяет применять справочник «Сельскохозяйственные культуры», содержащий информацию об оросительной норме, урожайности, закупочной стоимости, затратах на сельскохозяйственное производство и прочих данных, необходимых для решения производственных задач. Сведения справочника автоматически используются для моделирования альтернативных сценариев распределения средств

на ремонтно-восстановительные работы в части оценки их эффективности.

Отчеты, результаты обработки данных. По результатам справочной информации прикладное решение АСУ формирует обработанную, обобщенную и сгруппированную информацию в виде отчетов и выходных форм в соответствии с предпочтениями пользователей.

Пример выходного документа по решению оптимизационной задачи планирования ремонтно-восстановительных работ приведен на рисунке 4.

Данная обработка позволяет с помощью нелинейной многокритериальной функции осуществить поиск оптимального решения по распределению ограниченных средств, используя генетический алгоритм.

Визуализация информации на схемах и картах с использованием ГИС. Использование встроенной ГИС (настройка 1С «GIS Управление пространственными данными») позволяет визуализировать информацию о техническом состоянии объектов ОС на картах и схемах (рис. 5), в том числе используя электронные сервисы федеральных государственных информационных систем за счет интеграций с электронными сервисами Росреестра [9].

В рамках подсистемы возможны ввод кадастровых данных земельных участков

N	Потребитель	Договор
1	ООО «Борис — Агро»	324

N	Культура	Площадь (га)	Урожайность (ц/га)	Оросительная норма (л/га)
1	Озимая рожь	272,30	27,72	
2	Кукуруза на зерно	154,70	83,55	
3	Подсолнечник	208,10	25,40	
4	Соя	17,70	29,49	

Рис. 3. Справочник объектов ОС. Сведения о потребителях и площадях орошения

Fig. 3. Reference directory of IS objects. Information on consumers and irrigation areas

Планирование ремонтно-восстановительных работ

Группа объектов ОС: Насосные станции

Объем финансирования (тыс. руб.): 10 000,00

Название объекта	Финансирование ремонта	Площадь орошения	Сокращение потерь воды	Финансовый результат
НС №1	2 025,00	652,80	783,36	522,24
НС №2	6 983,00	1 396,60	1 340,74	223,46
НС №3	756,50	151,30	90,78	605,20
НС №4	775,00	155,00	124,00	62,00
НС №5	1 750,00	350,00	182,00	980,00
НС №6	175,00	35,00	29,40	21,00
НС №7	217,50	43,50	24,36	34,80

А)

С:\Проекты\ДВ\04_2024_Разработка ГИС - Крым\Результаты расчета\Результат_расчета_230524_1310.xlsx *

Вид ограничения	Переменные оптимизационной модели							Ограничения			Сумма
	НС №1	НС №2	НС №3	НС №4	НС №5	НС №6	НС №7	Расчет	Форма	Задано	
1	1	0	0	0	0	0	0	1	-	-	
4	2025,00	6983,00	756,50	775,00	1750,00	175,00	217,50	9982,00	<=	10000,00	
5	652,80	1396,60	151,30	155,00	350,00	35,00	43,50	2244,20	>=	0,00	2784,20
6	783,36	1340,74	90,78	124,00	182,00	29,40	24,36	2239,24	>=	0,00	2574,64
7	522,24	223,46	605,20	62,00	980,00	21,00	34,80	1385,70	>=	0,00	2448,70
8	0,751998276	1,11362138	0,336753209	0,129152918	0,596611212	0,032565987	0,039297017	2,24	>=	max	оптимиз. цф

Б)

Рис. 4. Обработка данных «Планирование ремонтно-восстановительных работ»:

А) параметры для оптимизации средств на ремонтные работы;

Б) результат оптимизации с использованием генетического алгоритма

Fig. 4. Data processing “Planning of repair and restoration” works

A) Parameters for optimization of funds for repair work; B) Result of optimization using a genetic algorithm

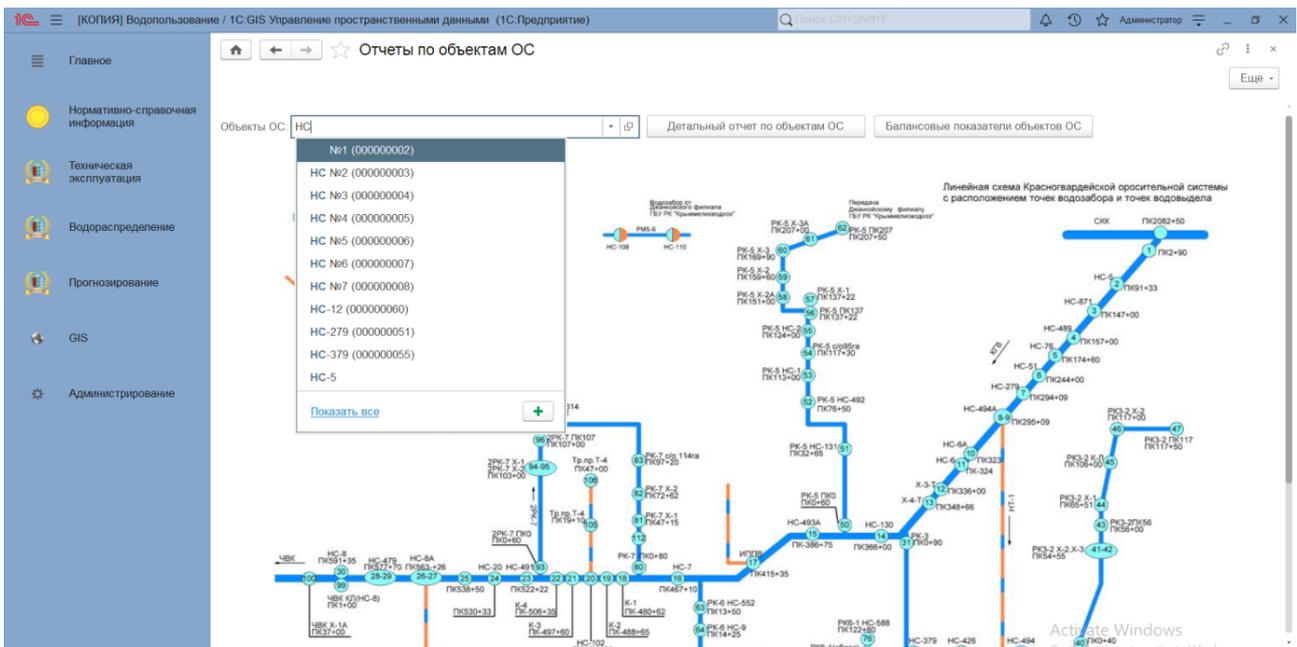


Рис. 5. Использование линейной схемы «Объекты ОС»

для визуализации данных о системе на примере насосных станций

Fig. 5. Using the linear diagram of “IS Objects” to visualize data about the system

on the example of pumping stations

и интеграция с электронными сервисами Росреестра [9], проводится работа по интеграции с Федеральным агентством водных ресурсов и другим внешними системами государственных учреждений. На рисунке 6 представлен пример оперативного получения данных кадастрового деления Росреестра с привязкой к картографической информации, которая используется для

планирования мероприятий технической эксплуатации.

Разработанная система обеспечивает повышение уровня поддержки управленческих решений в сфере технической эксплуатации оросительных систем в отличие от существующих аналогов, используемых в задачах АПК России [10, 11].

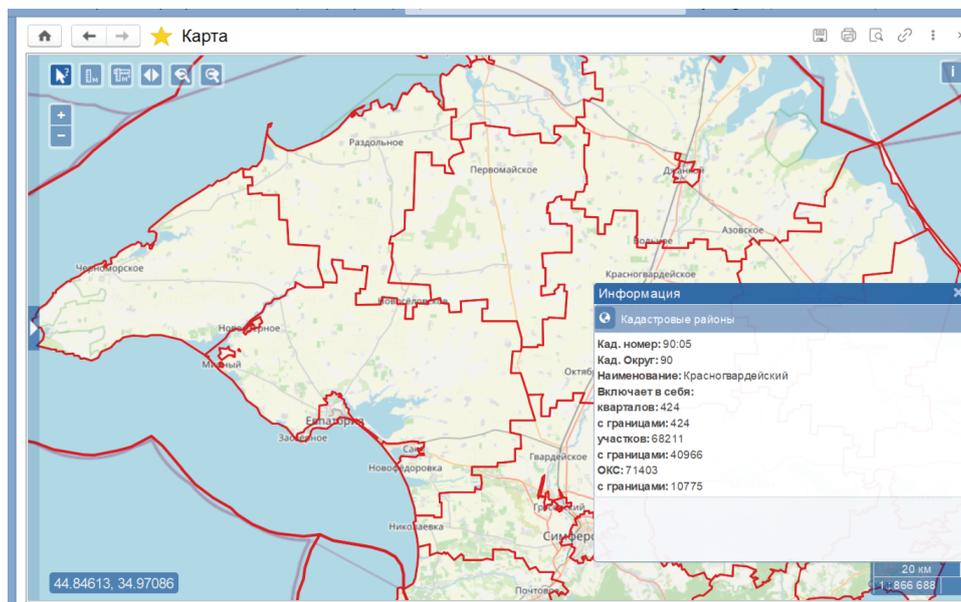


Рис. 6. Пример использования данных Росреестра в АСУ «Водопользование ОС» на Красногвардейской оросительной системе (Республика Крым)

Fig. 6. An example of using Rosreestr data in the ACS "IS Water use" on the Krasnogvardeyskaya irrigation system (Republic of Crimea)

Выводы

Разработка и внедрение в практику мелиоративного водохозяйственного комплекса автоматизированных систем управления техническим состоянием оросительных систем, созданных на базе инновационных продуктов

с использованием методов искусственного интеллекта, позволят повысить качество управленческих решений в области надежности и безопасности гидротехнических сооружений, и как следствие – эффективность использования поливной воды на орошении.

Список использованных источников

1. Юрченко И.Ф. Правила планирования мероприятий технической эксплуатации оросительных систем / И.Ф. Юрченко, Ю.Г. Злодеев, Г.Х. Ялалова // 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. EDN ZAYXLG.
2. Жезмер В.Б. Алгоритм анализа гидромелиоративной системы с целью выявления причин снижения эксплуатационной надежности и производительности / В.Б. Жезмер, С.Б. Адьяев, Р.М. Шабанов // Природообустройство. 2023. № 1. С. 54-61. DOI 10.26897/1997-6011-2023-1-54-61. EDN NQIEPM.
3. Техническая эксплуатация закрытой мелиоративной сети / Н.Н. Погодин, А.С. Анженков, В.А. Болбышко, В.П. Закржевский. Минск: Беларуская навука, 2022. 154 с. ISBN 978-985-08-2898-9. EDN IBZKEN.

References

1. Yurchenko I.F. Rules of planning measures of the technical operation of irrigation systems / I.F. Yurchenko I.F., Zlodeev Yu., G.Kh. Yalalova // Scientific and technical achievements and developments of FGBNU VNIIGiM (2016-2021): Collection of Scientific Works. Moscow: A.N. Kostyakov All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow. 2021, P. 14-16. EDN ZAYXLG.
2. Zhezmer V.B. Algorithm for the analysis of the hydro-drainage system in order to identify the causes of reducing operational reliability and productivity / V.B. Zhezmer, S.B. Adjyaev, R.M. Shabanov. Prirodoobustrojstvo. 2023. № 1. P. 54-61. DOI 10.26897/1997-6011-2023-1-54-61. EDN NQIEPM.
3. Technical operation of the closed land reclamation system / N.N. Pogodin, A.S. Anzhenkov, V.A. Bolbyshko, V.P. Zakrzhevsky. Minsk: Belorussian science, 2022. 154 p. ISBN 978-985-08-2898-9. EDN IBZKEN.

4. Ольгаренко В.И. Система интегральных показателей оценки эффективности водопользования / В.И. Ольгаренко, И.В. Ольгаренко, С.Д. Дезюра [и др.] // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 1(33). С. 139-152. DOI 10.31774/2222-1816-2019-1-139-152. EDN YYTEHR.

5. Щедрин В.Н. Подходы к формированию информационной системы «Цифровая мелиорация» / В.Н. Щедрин, С.М. Васильев, В.В. Слабунов [и др.] // Информационные технологии и вычислительные системы. 2020. № 1. С. 53-64. DOI 10.14357/20718632200106. EDN FAWTUT.

6. Рогачев Д.А. Оптимизация мероприятий технической эксплуатации оросительных систем методами искусственного интеллекта // Природообустройство. 2024. N4. С. 12-19. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-4-12-19>

7. Рогачев Д.А. Управление системным водораспределением на основе экономико-математического моделирования и методов искусственного интеллекта / Д.А. Рогачев, И.Ф. Юрченко, А.Ф. Рогачев // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 3. С. 87-106. DOI 10.31774/2712-9357-2023-13-3-87-106. EDN YPTZVK.

8. Обзор системы «1С: Предприятие» [электронный ресурс] <https://v8.1c.ru/tekhnologii/overview/> (режим доступа 25.06.24).

9. Росреестр РФ. Электронные услуги и сервисы [электронный ресурс] <https://rosreestr.gov.ru/eservices/> (дата обращения 25.06.24).

10. Исаева С.Д. Интеллектуальная система поддержки принятия решений для управления мелиоративно-водохозяйственным комплексом: монография / С.Д. Исаева, Э.Б. Дедова, А.В. Матвеев и др. М.: ФГБНУ «ФНИЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2024. 204 с.

11. Альт В.В. Планирование производства продукции растениеводства с применением цифровых технологий / В.В. Альт, С.П. Исакова // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16, № 3. С. 12-19. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-3-12-19. EDN DOXFUN.

4. Olgarenko V.I. System of integral indicators of the efficiency assessment of water use / V.I. Olgarenko, I.V. Olgarenko, S.D. Dezyura [and others] // Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2019. № 1(33). P. 139-152. DOI 10.31774/2222-1816-2019-1-139-152. EDN YYTEHR.

5. Shchedrin V.N. Approaches to the formation of the "Digital land reclamation" / V.N. Shchedrin, S.M. Vasiljev, V.V. Slabunov [and others] // Information technologies and computing systems. 2020. № 1. P. 53-64. DOI 10.14357/20718632200106. EDN FAWTUT.

6. Rogachev D.A. Optimization of the measures of the technical operation of irrigation systems by the methods of artificial intellect // Prirodoobustrojstvo. 2024. N4. P. 12-19. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-4-12-19>

7. Rogachev D.A. Management of system water distribution based on economic and mathematical modeling and methods of artificial intelligence / D.A. Rogachev, I.F. Yurchenko, A.F. Rogachev // Land reclamation and hydraulic engineering. 2023. V. 13, No 3. P. 87-106. DOI 10.31774/2712-9357-2023-13-3-87-106. EDN YPTZVK.

8. Review of the system 1S: Enterprise [electronic resource] <https://v8.1c.ru/tekhnologii/overview/> (access mode 25.06.24).

9. Rosreestr RF. Electronic services [Electronic resource] <https://rosreestr.gov.ru/eservices/> (accessed 25.06.24).

10. Isaeva S.D. Intellectual system of supporting the decision adoption to manage a land reclamation – water economic complex: monograph / S.D. Isaeva, E.B. Dedova, A.V. Matveev and others. M.: FGBNU FNTS VNIIGiM named after A.N. Kostyakov, 2024. 204 p.

11. Alt V.V. Planning of the production of crop production using digital technologies / V.V. Alt, S.P. Isakova // Agricultural machines and technologies. 2022. V. 16, № 3. P. 12-19. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-3-12-19. EDN DOXFUN.

Об авторах

Дмитрий Алексеевич Рогачев, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник отдела Природоохранных и информационных технологий; ORCID: 0009-0003-4014-4770, rogachev.soft@gmail.com

Людмила Владимировна Кирейчева, д-р техн. наук, профессор, руководитель научного направления Федерального научного центра гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова; ORCID: 0000-0002-7114-2706; kireychevalw@mail.ru

Санал Борисович Адьяев канд. с.-х. наук, Министр агропромышленного комплекса и продовольственной политики Херсонской области, a.s.b08@mail.ru

Александр Геннадьевич Блохин, Заместитель директора департамента безопасности-руководитель по ИБ, АО «Ситроникс»: kep_al@mail.ru

About the authors

Lyudmila V. Kireicheva, DSc (Eng), professor, head of the scientific direction of the Federal scientific center of hydraulic engineering and land reclamation named after A.N. Kostyako; ORCID: 0000-0002-7114-2706; kireychevalw@mail.ru

Dmitry A. Rogachev, CSc (Eng), leading researcher of the department of natural resources and information technology; ORCID: 0009-0003-4014-4770, Rogachev.soft@gmail.com

Sanal B. Adyaev, CSc (Agro), Minister of agro-industrial complex and food policy of the Kherson region, a.s.b08@mail.ru

Alexander G. Blokhin, Deputy director of the department of security – head on IS, JSC "Sitronics": kep_al@mail.ru

Критерии авторства / Authorship criteria

Рогачев Д.А., Кирейчева Л.В., Адьяев С.Б., Блохин А.Г. выполнили практические и теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов / The authors declare that there are no conflicts of interest

Вклад авторов / Contribution of authors

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации / The authors made an equal contribution to the preparation of the publication

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 29.12.2024

Поступила после рецензирования / Received after peer review 10.02.2025

Принята к публикации / Accepted for publication 10.02.2025

Rogachev D.A., Kireicheva L.V., Adyaev S.B., Blokhin A.G. carried out practical and theoretical research, on the basis of which they generalized and wrote a manuscript. They have a copyright to the article and are responsible for plagiarism.