

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 628.1:631.67

Об использовании мобильных ИТ-средств для оптимизации распределения ресурсов при эксплуатации оросительных систем

Иван Викторович Коржов¹, Екатерина Александровна Волкова²,
Эльвира Николаевна Степанова³

^{1, 2, 3}Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал
Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

¹ivkorzhov@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-7450-7768>

²7katerina7tomashevich7@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-6471-4490>

³bokhan.elvira@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9722-1288>

Аннотация. Цель: разработка и демонстрация возможностей ИТ-средств для решения задач распределения ресурсов при эксплуатации оросительных систем. **Материалы и методы.** В качестве ресурсов, используемых для решения задач оптимизации, рассматривались водные, людские, технические и финансовые ресурсы. В качестве целевой функции была определена задача оптимизации распределения оросительной воды между водопользователями, забирающими воду из оросительной системы. Основу используемых ИТ-средств составила специально разработанная компьютерная программа, ориентированная на использование в составе мобильных компьютерных средств. Для демонстрации ее возможностей использована версия программы, обеспечивающая оптимизацию распределения ресурсов на системе, включающей в себя 10 водопользователей. **Результаты.** Приведены примеры оптимизационных расчетов для двух вариантов действия ограничений на используемые ресурсы. Первый вариант предполагал наличие 90 % лимита на водные ресурсы при отсутствии каких-либо ограничений на людские, технические и финансовые ресурсы, имеющиеся на системе. Второй – отсутствие ограничений на водные ресурсы, но наличие 90 % ограничений на людские, технические и финансовые ресурсы. Для каждого из вариантов произведен расчет показателей, используемых при эксплуатации системы: распределение каждого из ресурсов между водопользователями; обеспеченность каждого из водопользователей оросительной водой; фактическое использование ресурсов в целом по системе. **Выводы.** Использование ИТ-средств для решения задач оптимизации распределения ресурсов позволяет: обеспечить научно обоснованное использование имеющихся на мелиоративных системах водных, технических, людских, финансовых и других ресурсов; повысить качество и оперативность управленческих и инженерно-технических решений, связанных с использованием и распределением ресурсов на мелиоративных системах; обеспечить работу с единой общесистемной базой данных.

Ключевые слова: оросительные системы, ресурсы, эксплуатация, ограничения, оптимизация, информационные технологии

Для цитирования: Коржов И. В., Волкова Е. А., Степанова Э. Н. Об использовании мобильных ИТ-средств для оптимизации распределения ресурсов при эксплуатации оросительных систем // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2025. Т. 96, № 2. С. 235–250.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

The use of mobile IT tools for optimizing resource allocation in the irrigation system operation

Ivan V. Korzhov¹, Ekaterina A. Volkova², Elvira N. Stepanova³

^{1, 2, 3}Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

¹ivkorzhov@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-7450-7768>

²7katerina7tomashevich7@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-6471-4490>

³bokhan.elvira@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9722-1288>

Abstract. Purpose: to develop and demonstrate the capabilities of IT tools for solving resource allocation problems during the irrigation system operation. **Materials and methods.** Water, human, technical and financial resources were considered as resources used to solve optimization problems. The objective function was defined as the task of optimizing irrigation water distribution between water users who take water from the irrigation system. The IT tools used were based on a specially developed computer program designed for using as part of mobile computing equipment. To demonstrate its capabilities, a version of the program that optimizes resource allocation in a system, including 10 water users, was used. **Results.** Examples of optimization calculations are given for two variants of restrictions on the resources used. The first variant assumed the presence of 90 % of restrictions on water resources in the absence of any restrictions on human, technical and financial resources available in the system. The second - no restrictions on water resources, but the presence of 90 % restrictions on human, technical and financial resources. For each of the options, the following indicators used in the operation of the system were calculated: distribution of each resource between water users; availability of irrigation water for each water user; actual use of resources in the system as a whole. **Conclusions.** The use of IT tools to solve problems for optimizing resource distribution allows: to ensure scientifically sound use of water, technical, human, financial and other resources available in reclamation systems; to improve the quality and efficiency of management and engineering decisions related to the use and allocation of resources in reclamation systems and to ensure work with a single system-wide database.

Keywords: irrigation systems, resources, operation, restrictions, optimization, information technology

For citation: Korzhov I. V., Volkova E. A., Stepanova E. N. The use of mobile IT tools for optimizing resource allocation in the irrigation system operation. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2025;96(2):235–250. (In Russ.).

Введение. При эксплуатации мелиоративных систем и объектов приходится решать целый комплекс задач разных уровней сложности. При этом многие из них требуют учета и анализа целого ряда факторов, оказывающих влияние на их решение [1, 2]. Особенно актуальным это становится в условиях оперативной работы, связанной с динамично изменяющимися условиями эксплуатации, сопряженными с возможностями возникновения различного рода ограничений на выполнения тех или иных работ [3].

Функционально-технические возможности современных ИТ-средств во многом обеспечили возможность решения значительного числа инженерно-технических и инженерно-мелиоративных задач, выполнение которых ранее было существенно ограничено из-за их сложности и трудоемкости [4–8].

Целью настоящей работы являлись разработка и демонстрация возможностей ИТ-средств для решения одной из актуальных задач эксплуатации мелиоративных систем и объектов: оптимизации распределения ресурсов, используемых при ее организации и проведении [9].

Материалы и методы. В качестве целевой функции оптимизации, рассматриваемой в настоящей работе, была определена задача оптимизации распределения оросительной воды между водопользователями, забирающими воду из оросительной системы, в условиях возможного действия ограничений на использование имеющихся на системе водных, людских, технических и финансовых ресурсов.

Алгоритм решения поставленной задачи оптимизации с использованием ИТ-средств представлен на рисунке 1.

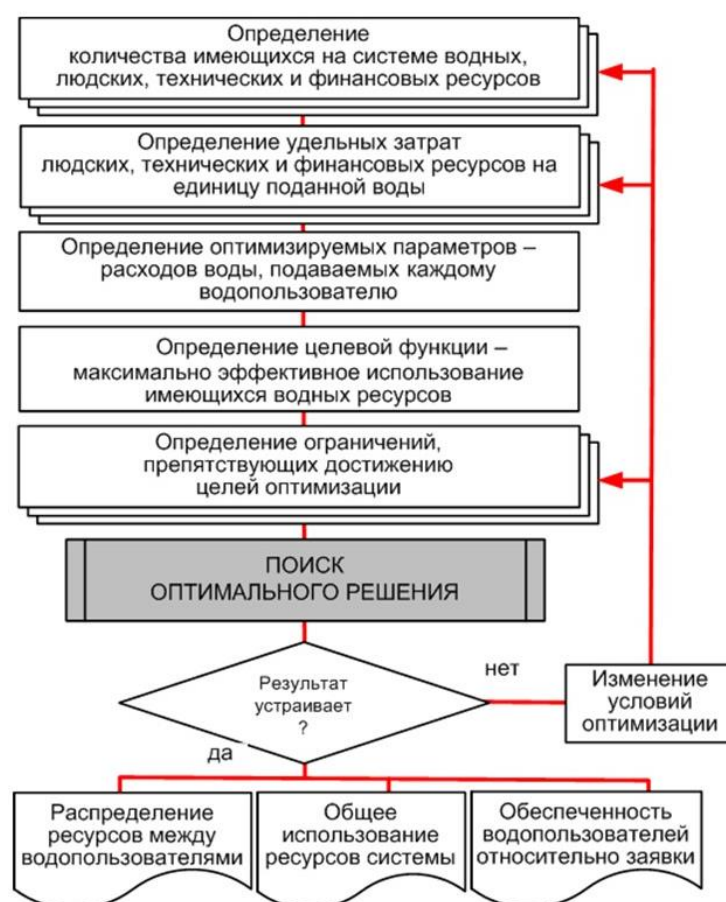


Рисунок 1 – Алгоритм решения задачи оптимизации распределения ресурсов на оросительной системе

Figure 1 – Algorithm for solving the problem of optimizing resource allocation in an irrigation system

За основу ИТ-средств, используемых для решения поставленной в настоящей работе задачи, были взяты разработки авторов в виде ИТ-приложения, реализованного на базе общедоступного пакета программ Microsoft Excel или его аналогов¹.

Фрагмент экранной формы этого ИТ-приложения представлен на рисунке 2.

Microsoft Excel - Программа оптимизации распределения ресурсов при управлении водопользованием

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:										
2	План забора воды из источника, л/с =		3000								
3	Людские ресурсы, ед. =		16000								
4	Технические ресурсы, ед. =		1500								
5	Финансовые ресурсы, ед. =		8000								
6											
7	Характеристики водопользователей:										
8	№ водопользователя ->	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	Заявки на воду, л/с	100	300	200	400	500	600	400	200	100	200
10	Уд.затраты люд.ресурсов, ед./л(с)	6.5	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	6.5
11	Уд.затр.техн.ресурсов, ед./л(с)	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.4
12	Уд.затраты фин.ресурсов, ед./л(с)	2.7	2.4	2.5	2.6	2.7	2.4	2.5	2.6	2.7	2.6
13											
14	РЕЗУЛЬТАТЫ ОПТИМИЗАЦИИ:										
15	1) Фактические расходы воды, подаваемые водопользователям:										
16	№ водопользователя ->	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	Расходы, л/с	100.0	300.0	200.0	400.0	500.0	600.0	400.0	200.0	100.0	200.0
18											
19	2) Факт. забор воды из источника, л/с =	3000									
20											
21	3) Фактические затраты по системе:										
22	- по людским ресурсам, ед. =	15800									
23	- по техн.ресурсам, ед. =	1455									
24	- по финанс. ресурсам, ед. =	7630									
25											
26	Факические затраты по водопользователям:										
27	№ водопользователя ->	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
28	Затраты люд.ресурсов, ед.	650	1050	800	1800	2500	3300	2400	1300	700	1300
29	Затраты техн.ресурсов, ед.	70	195	120	220	250	270	160	70	30	70
30	Затраты фин.ресурсов, ед.	270	720	500	1040	1350	1440	1000	520	270	520
31											
32	Распределение ресурсов между водопользователями (в % от имеющихся на системе)										
33	№ водопользователя ->	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
34	Водные	3.3	10.0	6.7	13.3	16.7	20.0	13.3	6.7	3.3	6.7
35	Затраты люд.ресурсов	4.1	6.6	5.0	11.3	15.6	20.6	15.0	8.1	4.4	8.1
36	Затраты техн.ресурсов	4.7	13.0	8.0	14.7	16.7	18.0	10.7	4.7	2.0	4.7
37	Затраты фин.ресурсов	3.4	9.0	6.3	13.0	16.9	18.0	12.5	6.5	3.4	6.5
38											
39	Использование ресурсов системы (в % от имеющихся)										
40	- водных	100.0									
41	- людских	98.8									
42	- технических	97.0									
43	- финансовых	95.4									
44	Обеспеченность водой водопользователей (в % от заявленной)										
45	№ водопользователя ->	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
46		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
47											
48											
49											
50											
51											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
59											
60											
61											
62											
63											
64											
65											
66											
67											
68											
69											
70											
71											
72											
73											
74											
75											
76											
77											
78											
79											
80											
81											
82											
83											
84											
85											
86											
87											
88											
89											
90											
91											
92											
93											
94											
95											
96											
97											
98											
99											
100											

Рисунок 2 – Фрагмент экранной ИТ-приложения для решения задачи оптимизации ресурсов при эксплуатации оросительной системы
Figure 2 – Fragment of the on-screen IT application for solving the problem of resource optimization during irrigation system operation

¹Рудикова Л. В. Microsoft Office Excel 2016. СПб.: БХВ-Петербург, 2017. 640 с. ISBN: 978-5-9775-3743-8.

Для универсализации использования разработанного ИТ-приложения значения людских, технических и финансовых затрат приводятся в условных единицах. Это связано с уникальностью каждой из мелиоративных систем, особенностями их эксплуатации, условиями финансирования и т. п. При необходимости получаемые результаты оптимизации могут быть переведены в реальные значения.

В качестве объекта водопользования, для которого были продемонстрированы возможности использования исходных ИТ-средств, был определен вариант оросительной системы, включающий в себя 10 водопользователей. Значения их заявок на воду приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Заявки водопользователей на воду

Table 1 – Applications for water by water users

Показатель	Номер водопользователя									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Заявка на воду, л/с	100	300	200	400	500	600	400	200	100	200

В качестве затрат людских, технических и финансовых ресурсов, используемых на подачу единицы воды каждому из потребителей, были приняты значения, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Значения удельных затрат ресурсов на подачу воды водопользователям

Table 2 – Values of specific resource costs for water supply to water users

Удельные затраты на единицу подаваемой воды	Номер водопользователя									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Людские ресурсы, ед./л/с	6,5	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	6,5
Технические ресурсы, ед./л/с	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4
Финансовые ресурсы, ед./л/с	2,7	2,4	2,5	2,6	2,7	2,4	2,5	2,6	2,7	2,6

Расчет затрат на обеспечение режимов эксплуатации по каждому водопользователю при отсутствии каких-либо ограничений на используемые ресурсы приведен в таблице 3.

**Таблица 3 – Затраты ресурсов на подачу заявленных расходов
воды каждому из водопользователей
(при отсутствии ограничений)**

**Table 3 – Resource costs for supplying the declared water consumption
to each water user (in the absence of restrictions)**

Наименование ресурса	Номер водопользователя									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Водные, л/с	100	300	200	400	500	600	400	200	100	200
Людские, ед.	650	1050	800	1800	2500	3300	2400	1300	700	1300
Технические, ед.	70	195	120	220	250	270	160	70	30	70
Финансовые, ед.	270	720	500	1040	1350	1440	1000	520	270	520

При этом общие затраты ресурсов по системе составляют:

- водных ресурсов – 3000 л/с;
- людских ресурсов – 15800 ед.;
- технических ресурсов – 1455 ед.;
- финансовых ресурсов – 7630 ед.

Для демонстрации возможностей использования ИТ-средств для оптимизации распределения ресурсов при эксплуатации исходного объекта в настоящей работе было необходимо решить следующие задачи.

1 Провести расчет оптимальных режимов водопользования на объекте в условиях действия лимита на забор воды в систему, но при отсутствии ограничений на людские, технические и финансовые ресурсы.

2 Провести расчет оптимальных режимов водопользования на объекте в условиях отсутствия лимита на забор воды в систему, но наличия ограничений на людские, технические и (или) финансовые ресурсы.

Результаты и обсуждение. Для демонстрации оптимизации ресурсов для варианта, когда на системе могут существовать лимиты на использование водных ресурсов, было условно принято, что фактическое значение водных ресурсов составляет 90 % потребного, а остальные ресурсы имеются в достаточном (потребном) количестве (таблица 4).

Таблица 4 – Исходные данные для оптимизации распределения ресурсов при наличии лимита на воду

Table 4 – Initial data for optimizing the resource allocation in the presence of a water limit

Наименование ресурса	Потребное значение	Фактическое значение	% от потребного
Водные, л/с	3000	2700	90
Людские, ед.	15800	15800	100
Технические, ед.	1455	1455	100
Финансовые, ед.	7630	7630	100

Заявки водопользователей на водоподачу и удельные затраты на их реализацию приняты такими же, как при расчете водопользования без наличия ограничений на ресурсы (таблицы 1 и 2).

В результате решения задачи оптимизации были определены:

а) численные показатели оптимизации, представленные на фрагменте экранной формы ИТ-приложения (рисунок 3);

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПТИМИЗАЦИИ:										
1) Фактические расходы воды, подаваемые водопользователям:										
№ водопользователя ->	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Расходы, л/с	70.0	270.0	170.0	370.0	470.0	570.0	370.0	170.0	70.0	170.0
2) Факт. забор воды из источника, л/с =										
	2700									
3) Фактические затраты по системе:										
- по людским ресурсам, ед. =	14150									
- по техн. ресурсам, ед. =	1310									
- по финанс. ресурсам, ед. =	6859									
Факические затраты по водопользователям:										
№ водопользователя ->	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Затраты люд. ресурсов, ед.	455	945	680	1665	2350	3135	2220	1105	490	1105
Затраты техн. ресурсов, ед.	49	176	102	204	235	257	148	60	21	60
Затраты фин. ресурсов, ед.	189	648	425	962	1269	1368	925	442	189	442

Рисунок 3 – Результаты оптимизации ресурсов при наличии 90 % лимита на воду (фрагмент экранной формы программы)

Figure 3 – Results of resource optimization with 90 % of the water restrictions (fragment of the program screen form)

б) удельное распределение между водопользователями водных, людских, технических и финансовых ресурсов системы, необходимых для реализации данного режима эксплуатации (в % от имеющихся на системе) (рисунок 4);

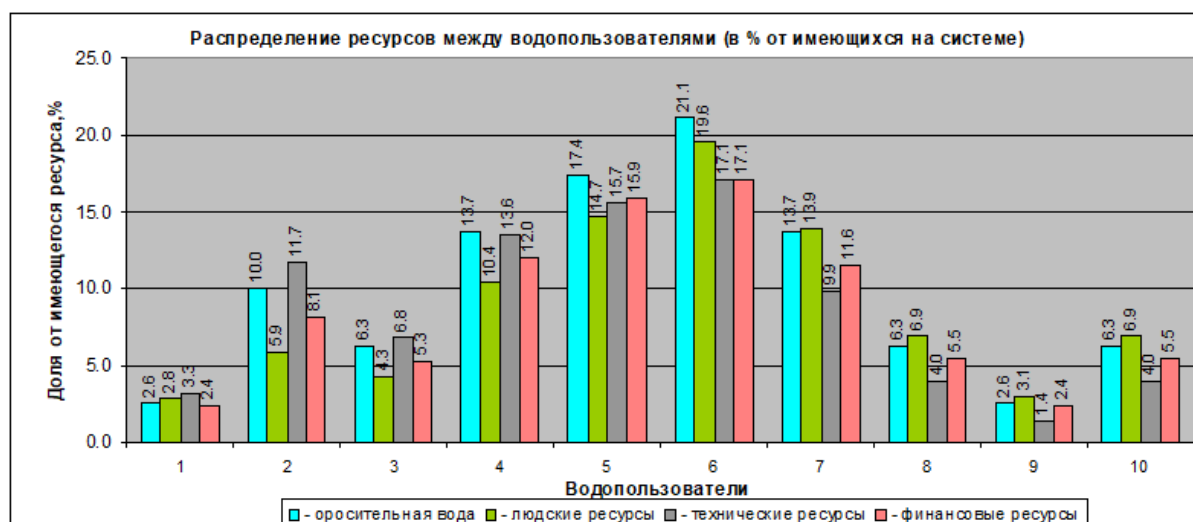


Рисунок 4 – Удельное распределение между водопользователями имеющихся на системе ресурсов при наличии 90 % лимита на воду (фрагмент экранной формы программы)

Figure 4 – Specific resource allocation available in the system with 90 % of the water restrictions (fragment of the program screen form) between water users

в) обеспеченность водой водопользователей, относительно поданной ими заявки на воду (рисунок 5);

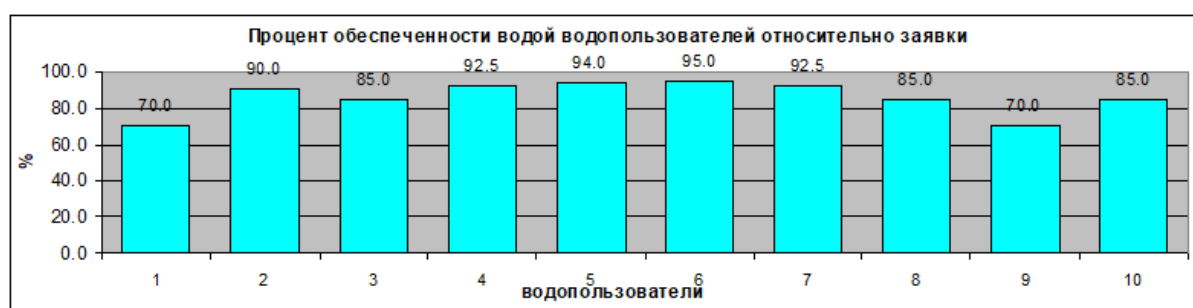


Рисунок 5 – Обеспеченность водой водопользователей относительно поданной ими заявки при наличии 90 % лимита на воду (фрагмент экранной формы программы)

Figure 5 – Water supply to water users relative to their submitted application with 90 % of the water restriction (fragment of the program screen form)

г) удельное использование водных, людских, технических и финансовых ресурсов, относительно имеющихся на системе (рисунок 6).

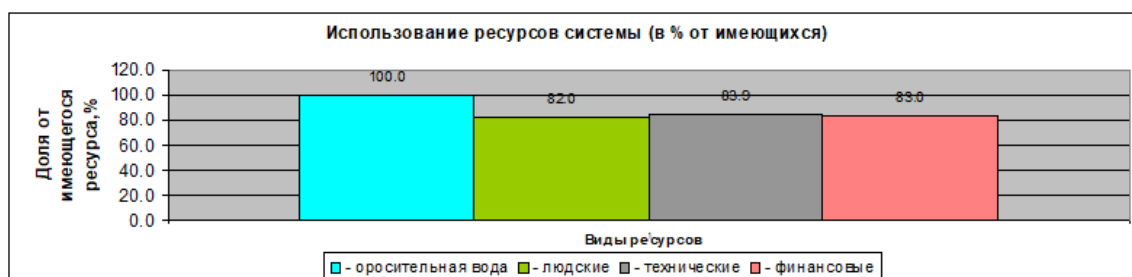


Рисунок 6 – Использование ресурсов относительно имеющихся на системе при наличии 90 % лимита на воду (фрагмент экранной формы программы)

Figure 6 – Use of resources relative to those available on the system with 90 % of the water restriction (fragment of the program screen form)

Анализ результатов оптимизации для данного примера позволяет сделать следующие выводы:

- подача воды практически всем водопользователям должна быть снижена с учетом совокупных затрат людских, технических и финансовых ресурсов системы на подачу им этой воды;

- лимит на воду может приводить к непропорциональному недоиспользованию других имеющихся ресурсов (например, 90 % ограничения на воду ведет к недоиспользованию имеющихся людских ресурсов на 18 %, технических – на 16,1 %, финансовых – на 17 %).

При решении задачи оптимизации распределения ресурсов на системе в условиях отсутствия лимита на забор воды, но наличия ограничений на людские, технические и (или) финансовые ресурсы возможны несколько вариантов (таблица 5).

Таблица 5 – Варианты возможных ситуаций, связанных действием ограничений ресурсов на процесс эксплуатации

Table 5 – Variants of possible situations related to the action of resource restrictions on the operation process

Наименование ресурса	Номер ситуации / наличие ограничения							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Людские	нет	есть	нет	нет	есть	есть	нет	есть
Технические	нет	нет	есть	нет	есть	нет	есть	есть
Финансовые	нет	нет	нет	есть	нет	есть	есть	есть

В настоящей работе приведен пример оптимизации в соответствии с ситуацией 8, предполагающий наличие ограничений и на людские, и на

технические, и на финансовые ресурсы. Для решения этой задачи было условно принято, что фактическое значение людских, технических и финансовых ресурсов составляет 90 % от потребного, а водные ресурсы имеются в достаточном (потребном) количестве (таблица 6).

Таблица 6 – Исходные данные для оптимизации распределения ресурсов при наличии ограничений на людские, технические и финансовые ресурсы

Table 6 – Initial data for optimizing the resource allocation in the presence of restrictions on human, technical and financial resources

Наименование ресурса	Потребное значение	Фактическое значение	% от потребного
Водные, л/с	3000	3000	100
Людские, ед.	15800	14220	90
Технические, ед.	1455	1310	90
Финансовые, ед.	7630	6867	90

Заявки водопользователей на водоподачу и удельные затраты на их реализацию принимаются такими же как при расчете водопользования без наличия ограничений на ресурсы (таблицы 1 и 2).

В результате решения задачи оптимизации были определены:

а) численные показатели оптимизации, представленные на фрагменте экранной формы ИТ-приложения (рисунок 7);

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПТИМИЗАЦИИ:										
1) Фактические расходы воды, подаваемые водопользователям:										
№ водопользователя ->	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Расходы, л/с	0.0	300.0	200.0	400.0	398.9	600.0	400.0	200.0	18.5	200.0
2) Факт. забор воды из источника, л/с =										
	2717									
3) Фактические затраты по системе:										
- по людским ресурсам, ед. =	14074									
- по техн.ресурсам, ед. =	1310									
- по финанс. ресурсам, ед. =	6867									
Факические затраты по водопользователям:										
№ водопользователя ->	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Затраты люд.ресурсов, ед.	0	1050	800	1800	1994	3300	2400	1300	130	1300
Затраты техн.ресурсов, ед.	0	195	120	220	199	270	160	70	6	70
Затраты фин.ресурсов, ед.	0	720	500	1040	1077	1440	1000	520	50	520

Рисунок 7 – Результаты оптимизации ресурсов при наличии 90 % ограничений на людские, технические и финансовые ресурсы (фрагмент экранной формы программы)

Figure 7 – Results of resource optimization with 90 % restrictions on human, technical and financial resources (fragment of the program screen form)

б) удельное распределение между водопользователями водных, людских, технических и финансовых ресурсов системы, необходимых для реализации данного режима водопользования (в % от имеющихся на системе) (рисунок 8);

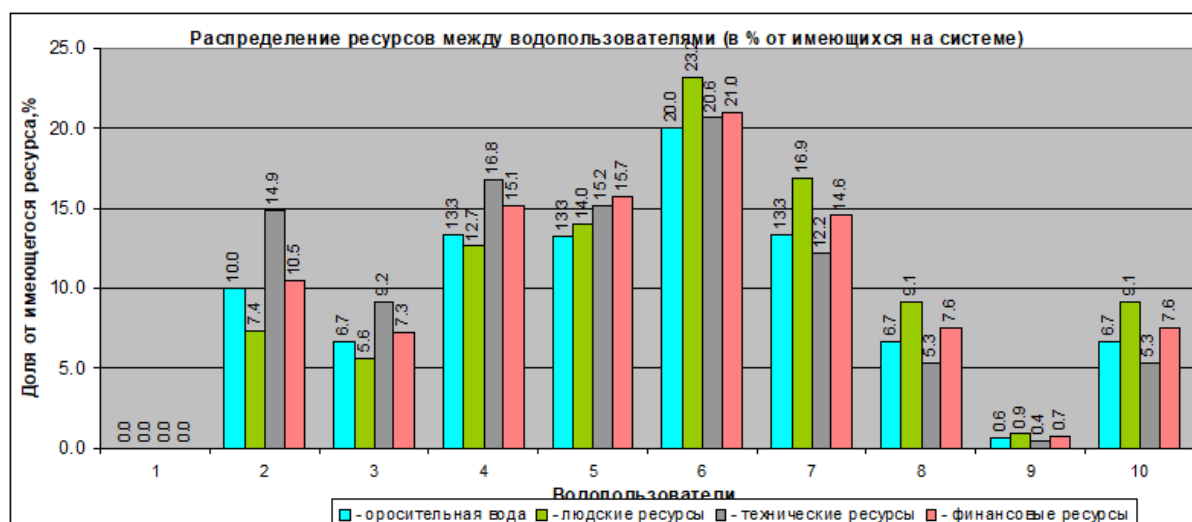


Рисунок 8 – Удельное распределение имеющихся на системе ресурсов при наличии 90 % ограничений на людские, технические и финансовые ресурсы (фрагмент экранной формы программы)

Figure 8 – Specific distribution of available system resources with 90 % restrictions on human, technical and financial resources (fragment of the program screen form)

в) обеспеченность водой водопользователей относительно поданной ими заявки на воду (рисунок 9);

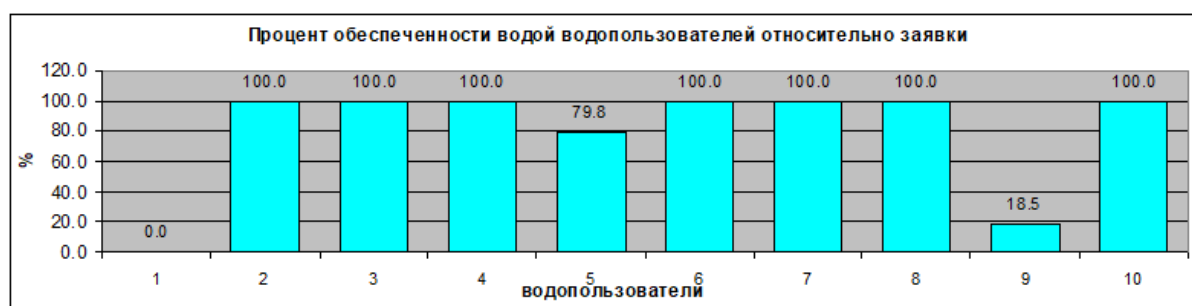


Рисунок 9 – Обеспеченность водой водопользователей относительно заявки при наличии 90 % ограничений на людские, технические и финансовые ресурсы (фрагмент экранной формы программы)

Figure 9 – Water supply to water users relative to the application with 90 % restrictions on human, technical and financial resources (fragment of the program screen form)

г) удельное использование водных, людских, технических и финансовых ресурсов относительно имеющихся на системе (рисунок 10);

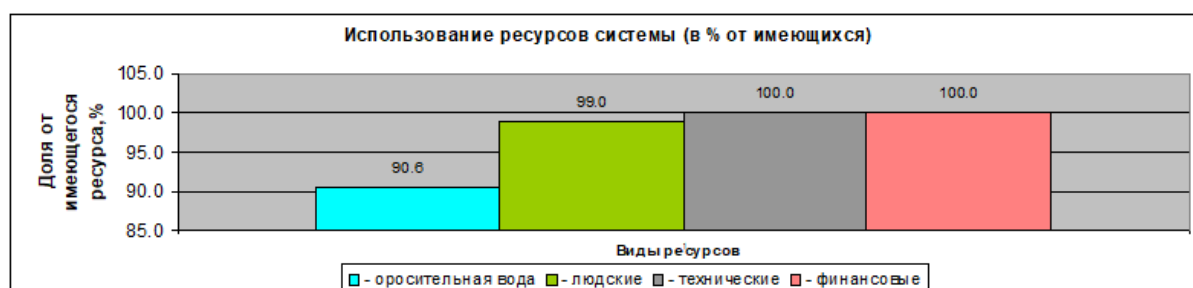


Рисунок 10 – Использование ресурсов относительно имеющихся на системе при наличии 90 % ограничений на людские, технические и финансовые ресурсы (фрагмент экранной формы программы)

Figure 10 – Use of resources relative to those available in the system with 90 % restrictions on human, technical and financial resources (fragment of the program screen form)

Анализ результатов оптимизации для данного примера позволяет сделать следующие выводы:

- подача воды отдельным водопользователям относительно поданной ими заявки должна быть ограничена (например, 6-му водопользователю – до 79,8 %, 9-му – до 18,5 %, а 1-му и вовсе нецелесообразна) ввиду совокупной недостаточности ресурсов на ее реализацию;

- ограничения по одним ресурсам могут приводить к непропорциональному недоиспользованию других ресурсов (например, 90 % ограничений по людским, техническим и финансовым ресурсам приводят к возможности использования 90,6 % имеющихся водных ресурсов);

- ограничения сразу по нескольким видам ресурсов может приводить к возникновению дополнительных ограничений, связанных с их взаимозависимостью между собой (например, использованию всего 99 % людских ресурсов от и без того уже ограниченных до 90 % людских ресурсов).

Аналогичным образом можно произвести расчеты и для других ситуаций, представленных в таблице 5.

В заключение отметим, что получаемые результаты оптимизации могут быть учтены при планировании и организации других работ, выпол-

няемых при эксплуатации данной оросительной системы. Это могут быть работы, связанные с уточнением сроков и норм полива сельскохозяйственных культур, корректировкой режимов работы насосно-силового оборудования и дождевальнoй техники, проведением работ по техническому обслуживанию и ремонту сети и оборудования, а также формированием и ведением общесистемнoй базы данных в составе информационнoй системы «Цифровая мелиорация» [10].

Выводы. Прoдемонстрировав возможности разработанных мобильных ИТ-средств для решения задач распределения ресурсов, делаем вывод, что их применение позволяет:

- обеспечить научное и инженерно-техническое обоснование использования имеющихся на мелиоративных системах водных, технических, людских, финансовых и других ресурсов;
- повысить качество и оперативность управленческих, инженерно-технических и инженерно-мелиоративных решений, связанных с использованием и распределением ресурсов на мелиоративных системах и объектах;
- обеспечить возможность работы специалистов всех уровней в эксплуатации мелиоративных систем в едином для всех информационном пространстве с единой для всех информационнoй базой.

Список источников

1. Стратегический подход к развитию мелиорации в условиях меняющегося климата / В. Н. Щедрин, Р. С. Масный, С. А. Манжина, С. В. Куприянова // Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 2. С. 11–17. DOI: 10.32962/0235-2524-2022-2-11-18. EDN: KVGWSI.
2. Topical issues on the development of the industry amelioration and use of water resources in the agro-industrial complex / V. Schedrin, A. Kolganov, G. Senchukov, V. Gostischev // Melioration and Water Management. 2021. Vol. 4. P. 8–11. DOI: 10.32962/0235-2524-2021-4-8-11. EDN: GVOWEA.
3. К вопросу оптимизации планирования водопользования на экологически сбалансированных оросительных системах с использованием метода системного анализа / В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, О. Н. Ольгаренко, И. И. Карманцева // Мелиорация как драйвер модернизации АПК в условиях изменения климата: материалы III Междунар. науч.-практ. интернет-конф., г. Новочеркасск, 26–28 апр. 2022 г. Новочеркасск: Лик, 2022. С. 96–101. EDN: RONOTN.

4. Юрченко И. Ф. Системы поддержки принятия решений как фактор повышения эффективности управления мелиорацией // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 2(26). С. 195–209. EDN: YNWTHT.

5. Юрченко И. Ф. Планирование системного водораспределения: современное состояние и приоритетные направления совершенствования // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 1. С. 184–199. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-184-199>. EDN: CUPZJN.

6. Коржов В. И. Использование средств информационно-технологической поддержки на мелиоративных системах. Новочеркасск: Лик, 2022. 167 с. ISBN: 978-5-907391-61-1. EDN: NYDQBN.

7. Коржов В. И. Научная и информационно-технологическая поддержка задач водораспределения на оросительных системах. Новочеркасск: Лик, 2023. 168 с. ISBN: 978-5-907708-03-7. EDN: QXBZGB.

8. Использование мобильных IT-средств для решения задач управления водными ресурсами при эксплуатации орошаемых участков / В. И. Коржов, И. В. Коржов, Д. А. Кудравец [и др.] // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2023. № 3. С. 5–16. DOI 10.35567/19994508_2023_3_1. EDN: KRNTZY.

9. Оптимизация ресурсов при организации и проведении заборов и распределения воды на оросительных системах / В. И. Коржов, А. А. Белоусов, О. В. Сорокина, В. Б. Черемисова // Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения) с междунар. участием, посвящ. 130-летию со дня рождения акад. Б. А. Шумакова, 24 окт. 2019 г. Вып. 17. Инновационные технологии мелиорации, водного и лесного хозяйства Юга России. В 2 ч. Ч. 1. / Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т Донского ГАУ. Новочеркасск: Лик, 2019. С. 43–48. EDN: CINHBTJ.

10. 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.

References

1. Shchedrin V.N., Masny R.S., Manzhina S.A., Kupriyanova S.V., 2022. *Strategicheskiy podkhod k razvitiyu melioratsii v usloviyakh menyayushchegosya klimata* [Strategic approach to development of land reclamation in a changing climate]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 2, pp. 11-17, DOI: 10.32962/0235-2524-2022-2-11-18, EDN: KVGWSI. (In Russian).

2. Schedrin V., Kolganov A., Senchukov G., Gostishev V., 2022. Topical issues on the development of the industry amelioration and use of water resources in the agro-industrial complex. *Melioration and Water Management*, vol. 4, pp. 8-11. DOI: 10.32962/0235-2524-2021-4-8-11, EDN: GVOWEA.

3. Olgarenko V.I., Olgarenko I.V., Olgarenko O.N., Karmantseva I.I., 2022. *K voprosu optimizatsii planirovaniya vodopol'zovaniya na ekologicheski sbalansirovannykh orositel'nykh sistemakh s ispol'zovaniem metoda sistemnogo analiza* [To the question of optimization of planning water use on environmentally balanced irrigation systems using the system analysis method]. *Melioratsiya kak drayver modernizatsii APK v usloviyakh izmeneniya klimata: materialy III Mezhdunar. nauch.-prakt. internet-konf.* [Land Reclamation as a Driver for Agro-Industrial Complex Modernization in the Context of Climate Change: Proceed. of the III International Scientific and Practical Internet Conference]. Novocherkassk, Lik Publ., pp. 96-101, EDN: RONOTN. (In Russian).

4. Yurchenko I.F., 2017. *Sistemy podderzhki prinyatiya resheniy kak faktor povyshe-niya effektivnosti upravleniya melioratsiey* [Decision support systems as a factor for improv-

ing reclamation management efficiency]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsi* [Scientific Journal of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems], no. 2(26), pp. 195–209, EDN: YNWTHT. (In Russian).

5. Yurchenko I.F., 2023. *Planirovanie sistemnogo vodoraspredeleniya: sovremennoe sostoyanie i prioritetye napravleniya sovershenstvovaniya* [System water distribution planning: modern state and priority areas for improvement]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 13, no. 1, pp. 184–199. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-184-199>, EDN: CUPZJN. (In Russian).

6. Korzhov V.I., 2022. *Ispol'zovanie sredstv informatsionno-tekhnologicheskoy podderzhki na meliorativnykh sistemakh* [Use of Information Technology Support Tools on Land Reclamation Systems]. Novocherkassk, Lik Publ., 167 p., ISBN: 978-5-907391-61-1, EDN: NYDQBN. (In Russian).

7. Korzhov V.I., 2023. *Nauchnaya i informatsionno-tekhnologicheskaya podderzhka zadach vodoraspredeleniya na orositel'nykh sistemakh* [Scientific and Information Technology Support for Water Distribution Problems in Irrigation Systems]. Novocherkassk, Lik Publ., 168 p., ISBN: 978-5-907708-03-7, EDN: QXBZGB. (In Russian).

8. Korzhov V.I., Korzhov I.V., Kudravets D.A. [et al.], 2023. *Ispol'zovanie mobil'nykh IT-sredstv dlya resheniya zadach upravleniya vodnymi resursami pri ekspluatatsii oroshayemykh uchastkov* [The use of mobile IT-tools for solving of water management tasks in the operation of irrigated plots]. *Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie* [Water Management in Russia: Problems, Technologies, Management], no. 3, pp. 5–16, DOI: 10.35567/19994508_2023_3_1, EDN: KRNTZY. (In Russian).

9. Korzhov V.I., Belousov A.A., Sorokina O.V., Cheremisova V.B., 2019. *Optimizatsiya resursov pri organizatsii i provedenii zaborov i raspredeleniya vody na orositel'nykh sistemakh* [Optimization of resources in the organization and implementation of water intake and distribution in irrigation systems]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. (Shumakovskie chteniya) s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoy 130-letiyu so dnya rozhdeniya akademika B. A. Shumakova. Vyp. 17. Innovatsionnye tekhnologii melioratsii, vodnogo i lesnogo khozyajstva Yuga Rossii. V 2 ch. Ch. 1* [Land Reclamation and Water Management: Proceed. of the All-Russian Scientific and Practical Conference (Shumakov Readings) with international Participation, Dedicated to the 130th Anniversary of the Birth of Academician B. A. Shumakov. Iss. 17. Innovative technologies of land reclamation, water and forestry in the South of Russia. In 2 parts. Part 1]. Novocherkassk, Lik Publ., pp. 43–47, EDN: CIHBTJ. (In Russian).

10. Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Slabunov V.V. [et al.], 2020. *Podkhody k formirovaniyu informatsionnoy sistemy «Tsifrovaya melioratsiya»* [Approaches to the information system formation “Digital Land Reclamation”]. *Informatsionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy* [Journal of Information Technology and Computing Systems], no. 1, pp. 53–64, DOI: 10.14357/20718632200106, EDN: FAWTUT. (In Russian).

Информация об авторах

И. В. Коржов – соискатель, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация, ivkorzhov@yandex.ru, AuthorID: 566063, ORCID ID: 0009-0004-7450-7768;

Е. А. Волкова – старший преподаватель, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация, 7katerina7tomashevich7@mail.ru, AuthorID: 1082343, ORCID ID: 0009-0007-6471-4490;

Э. Н. Степанова – аспирант 2-го года обучения, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация, bokhan.elvira@yandex.ru, AuthorID: 1122253, ORCID ID: 0000-0001-9722-1288.

Information about the authors

I. V. Korzhov – Applicant, Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation, ivkorzhov@yandex.ru, AuthorID: 566063, ORCID ID: 0009-0004-7450-7768;

E. A. Volkova – Senior Lecturer, Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation, 7katerina7tomashevich7@mail.ru, AuthorID: 1082343, ORCID ID: 0009-0007-6471-4490;

E. N. Stepanova – Postgraduate Student of 2 years of study, Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation, bokhan.elvira@yandex.ru, AuthorID: 1122253, ORCID ID: 0000-0001-9722-1288.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 14.05.2025; одобрена после рецензирования 05.06.2025;
принята к публикации 15.07.2025.
The article was submitted 14.05.2025; approved after reviewing 05.06.2025; accepted for
publication 15.07.2025.*