

Оригинальная статья

УДК 631.6.02

DOI: 10.26897/1997-6011-2023-1-54-61



## АЛГОРИТМ АНАЛИЗА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИЧИН СНИЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

**Жезмер Валентин Борисович**<sup>1✉</sup>, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник  
SPIN-код: 3974-7933; AuthorID: 897093; //orcid.org/0000-0003-2889-5638; v1532133@yandex.ru

**Адьяев Санал Борисович**<sup>1</sup>, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник  
Scopus: 57220038266; SPIN-код: 1952-3108; AuthorID: 783931; //orcid.org/0000-0001-8012-692X; a.s.b08@mail.ru

**Шабанов Рустам Михайлович**<sup>2</sup>, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник  
SPIN-код: 4514-9455; AuthorID: 1128620; //orcid.org/0000-0002-4739-0945; rustam1\_9@mail.ru

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова; 127550, г. Москва, ул. Б. Академическая, 44, корп. 2, Россия

<sup>2</sup> Калмыцкий филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова»; 358011, Республика Калмыкия, г. Элиста, пл. им. О.И. Городовикова, 1, Россия

**Аннотация.** В настоящее время сложилась ситуация, когда средства на поддержание в работоспособном состоянии инженерных мелиоративных систем используются недостаточно рационально. Одними из причин этого являются низкий уровень проработки целей и задач ремонта или реконструкции сооружений, игнорирование запросов организаций, непосредственно занимающихся эксплуатацией гидромелиоративных систем и заинтересованных в регулярной, достаточной и безопасной водоподаче. Вопрос выбора способа восстановления объектов приобретает первостепенное значение. На каждой гидромелиоративной системе путем детального анализа можно выделить так называемое узкое звено, ликвидация которого, требующая сравнительно незначительных затрат, может существенно повысить производительность ГМС. Разработан алгоритм анализа ГМС с целью выявления причин изменения (снижения) эксплуатационной надежности и производительности системы, возникших в процессе эксплуатации. Установлено, что алгоритмы анализа ГМС, в целом схожие по структуре, различаются в зависимости от типа орошения, структуры орошаемых площадей и водопотребности выращиваемых культур. В условиях дефицита финансовых ресурсов для увеличения производительности системы вместо капитального ремонта или реконструкции подчас можно ограничиться устранением только части неполадок, входящих в состав работ при текущем ремонте мелиоративных объектов. Такие неполадки, представляющие собой узкое звено производства, в каждом отдельном случае определяются путем тщательного анализа работы ГМС. Необходимость проведения капитального ремонта или реконструкции указанные действия не устраняют, однако дают возможность эксплуатации ГМС с приемлемой производительностью на протяжении предшествующего ремонту периода. Разработанный алгоритм использовался при анализе конкретного объекта (канала Р-3, Малодербетовский и Октябрьский районы Республики Калмыкия) и показал высокую эффективность.

**Ключевые слова:** водопользование, негативное воздействие вод, гидромелиоративные системы (ГМС), гидротехнические сооружения (ГТС), эффективность водоподачи, безопасность ГТС

**Формат цитирования:** Жезмер В.Б., Адьяев С.Б., Шабанов Р.М. Алгоритм анализа гидромелиоративной системы с целью выявления причин снижения эксплуатационной надежности и производительности // Природобустройство. 2023. № 1. С. 54-61. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-1-54-61.

© Жезмер В.Б., Адьяев С.Б., Шабанов Р.М., 2023

Original article

## ALGORITHM FOR ANALYZING A HYDRO MELIORATION SYSTEM TO IDENTIFY THE CAUSES OF A DECREASE IN OPERATIONAL RELIABILITY AND PRODUCTIVITY

**Zhezmer Valentin Borisovich**<sup>1✉</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher  
SPIN-код: 3974-7933; AuthorID: 897093; //orcid.org/0000-0003-2889-5638; v1532133@yandex.ru

**Adjyaev Sanal Borisovich**<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory  
Scopus: 57220038266; SPIN-код: 1952-3108; //orcid.org/0000-0001-8012-692X; AuthorID:783931; a.s.b08@mail.ru

**Shabanov Rustam Mikhailovich**<sup>2</sup>, candidate of agricultural sciences senior researcher  
SPIN-код: 4514-9455; AuthorID: 1128620; //orcid.org/0000-0002-4739-0945; rustam1\_9@mail.ru

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov; 127550, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya str., 44, bldg.2. Russia

<sup>2</sup>Kalmyk branch FSBSI «All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov»; 358011, Republic of Kalmykia, Elista, O.I. Gorodovikov Square, 1, Russia

**Annotation.** Currently, there is a situation where the funds for maintaining the engineering reclamation systems in working condition are used rationally enough. One of the reasons is the low level of elaboration of the goals and objectives of the repair or reconstruction of structures, ignoring the requests of organizations directly involved in the operation of hydromelioration systems and interested in regular, sufficient and safe water supply. The question of choosing how to restore objects is of paramount importance. On each hydro-reclamation system, a detailed analysis can identify the so-called «bottleneck», the elimination of which, which requires relatively insignificant costs, can significantly increase the productivity of the HMS. An algorithm for analyzing HMS has been developed in order to identify the causes of changes (decreases) in the operational reliability and performance of the system that arose during operation. It has been established that the algorithms for analyzing HMS, generally similar in structure, differ depending on the type of irrigation, the structure of the irrigated areas and the water consumption of the crops grown. In conditions of a shortage of financial resources, in order to increase the productivity of the system, instead of major repairs or reconstruction, it is sometimes possible to limit the elimination of only a part of the problems that are part of the work during the current repair of reclamation facilities. Such problems, which are a «bottle neck of production», in each individual case are determined by a thorough analysis of the work of the HMS. These actions do not eliminate the need for major repairs or reconstruction, but they make it possible to operate the HMS with acceptable performance during the period preceding the repair. The developed algorithm was used in the analysis of a specific object (channel R-3, Maloderbetovskiy and Oktyabrskiy district of the Republic of Kalmykia) and showed high efficiency.

**Keywords:** water use, negative impact of waters, hydro melioration systems (HMS), hydraulic technical structures (HTS), water supply efficiency, safety of HTS

**Format of citation:** Zhezmer V.B., Adjyaev S.B., Shabanov R.M. Algorithm for analyzing a hydro melioration system to identify the causes of a decrease in operational reliability and productivity // Prirodobustroystvo. 2023. No.1. S. 54-61. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-1-54-61.

**Введение.** В настоящее время восстановить необходимую работоспособность и эксплуатационную надежность сооружений можно (исходя из состояния значительной части гидромелиоративных систем) только путем капитального ремонта или реконструкции. Полная реконструкция гидромелиоративной системы имеет ряд следующих существенных недостатков:

1. Сложный процесс экспертизы проектной документации на объекты.
2. Необходимость прекращения работы системы на весь срок реконструкции – подчас значительный.
3. Высокая стоимость работ. Стоимость реконструкции напрямую зависит от степени износа сооружений, в среднем составляющей 70% (некоторой части систем – 90-100% [1]).
4. Низкая рентабельность. Известно, что работы считаются рентабельными, если затраты на их проведение не превышают 70% стоимости нового сооружения [2]. В нашем же случае

стоимость реконструкции некоторых мелиоративных систем будет сопоставима с новым строительством.

5. Практическая невозможность достижения проектных показателей работы при реконструкции систем с высокой степенью износа вследствие возрастающей вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций.

6. Нерентабельность полной реконструкции ГМС, возникающая при изменении способов эксплуатации мелиорируемых земель, ведущих к снижению потребности в орошаемой воде.

Вследствие указанных причин вопрос выбора способа восстановления гидромелиоративных объектов приобретает первостепенное значение. На каждой системе путем детального анализа можно выделить так называемые узкие звенья, ликвидация которых, требующая сравнительно низких затрат, может существенно повысить производительность ГМС.

### Материалы и методы исследований.

В ходе работы, на основании существующих методик по защите и безопасной эксплуатации ГТС, а также натуральных наблюдений за состоянием гидромелиоративных систем в различных регионах аридной зоны Европейской части Российской Федерации, определены способы повышения надежности и производительности ГМС за счет выявления и устранения причин снижения эксплуатационных характеристик. Научно-методические основы исследований базируются на работах отдела гидротехники и гидравлики и лаборатории безопасности ГТС гидромелиоративного комплекса, ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова».

**Результаты и их обсуждение.** Гидромелиоративные системы проектировались с условием полного водообеспечения орошаемых площадей в согласовании с водопотребностью выращиваемых культур на протяжении всего срока орошения. Часто наблюдаемые в настоящее время периоды острого водodefицита обусловлены как неспособностью водоисточника обеспечить необходимый уровень водоподдачи, так и теми неблагоприятными изменениями в работе ГМС, которые произошли в процессе длительной эксплуатации системы. Выявление и устранение причин водodefицита являются целью разрабатываемого алгоритма.

Алгоритмы анализа ГМС, в целом схожие по структуре, различаются в зависимости от типа орошения, структуры орошаемых площадей и водопотребности выращиваемых культур.

Наиболее просто выглядит алгоритм анализа при необходимости затопления лиманов, которое происходит одноразово в начале сезона вегетации [3]:

1. Определение площадей орошения, водоподачу на которые осуществляет данная гидромелиоративная система.
2. Определение объема оросительной воды, необходимого для водоресурсного обеспечения орошаемых площадей.
3. Оценка способности водоисточника обеспечить подачу необходимого количества оросительной воды.
4. Оценка способности ГМС осуществлять доставку необходимого для водоресурсного обеспечения площадей орошения количества оросительной воды.
5. Причины (при невозможности водоресурсного обеспечения площадей орошения) низкой производительности мелиоративной системы.
6. Анализ состояния, степени износа, КПД и пропускной способности гидротехнических

сооружений, входящих в данную гидромелиоративную систему.

7. Анализ функционирования гидромелиоративной системы, поиск узких мест в ее работе, перечень мероприятий по повышению эффективности ГМС (при условии сохранения безопасности эксплуатации).

Для решения вопроса вовлечения в оборот деградированных мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения, согласно Постановлению Правительства РФ от 14 мая 2021 г. № 731 [4], пп. 1-4, с помощью алгоритма можно оценить способность гидромелиоративной системы к водообеспечению как существующих в настоящее время площадей орошения, так и планируемых к вовлечению в оборот.

Гораздо более сложным является анализ способов орошения, требующих регулярной водоподдачи в течение всего вегетационного сезона. При этом составляется график водоподдачи по датам, согласованный с эксплуатационными организациями, и оценивается способность водоисточника и гидромелиоративной системы подавать необходимое количество воды в должные сроки. Ниже перечислены вопросы, необходимые для анализа работоспособности, определения КПД и эксплуатационной надежности канала, осуществляющего регулярную водоподачу.

1. Назначение канала.
2. Длина канала.
3. Конфигурация канала: ширина по дну (проектная и реальная); ширина по верху (проектная и реальная); угол заложения откосов (проектный и реальный); глубина канала (проектная и реальная); профиль канала (проектный и реальный).
4. Сведения о потребности в воде для орошения (затапливаемые площади, мощность слоя воды, объем водоподдачи по срокам и т.д.).
5. Характеристика водоподдачи в гидромелиоративную систему (табл. 1).
6. Места интенсивной фильтрации (координаты, протяженность).
7. Места зарастания профиля канала (координаты, протяженность).
8. Места перелива воды через гребень канала при различных расходах (координаты, протяженность).
9. Места интенсивного зарастания откосов канала деревьями (координаты, протяженность).
10. Анализ функционирования данной гидромелиоративной системы, поиск узких мест в ее работе, перечень мероприятий по повышению эффективности ГМС (при условии сохранения безопасности эксплуатации).

Таблица 1. Характеристика водоподачи в гидромелиоративную систему

Table 1. Characteristics of water supply to the hydro melioration system

№№ п/п No. itm	Календарные сроки Calendar dates	Расход воды в голове канала, м <sup>3</sup> /сек Water consumption in the canal head, m <sup>3</sup> /s		Расход воды в месте раздачи, м <sup>3</sup> /сек Water consumption at the distribution point, m <sup>3</sup> /s		Потери воды, % Water loss, %	
		Проектный Design	Реальный Real	Проектный Design	Реальный Real	Проектный Design	Реальный Real
	<b>ИТОГО</b> TOTAL						

Анализ гидромелиоративной системы согласно приведенному алгоритму может производиться с целью решения целого спектра задач, наиболее распространенными из которых являются:

- обоснование заявки на ремонт/реконструкцию сооружения;

- использование результатов анализа ГМС в качестве основы для составления разделов технического задания на ремонт/реконструкцию;

- определение целесообразности дальнейшей эксплуатации гидромелиоративной системы или ее отдельных элементов;

- определение возможности вовлечения в оборот деградированных мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения;

- определение узких мест в работе системы с целью их устранения и повышения производительности ГМС;

- оценка возможности координации мероприятий по водопользованию при эксплуатации гидромелиоративной системы, в том числе путем перепрофилирования назначения ГМС;

- оценка эффективности работы гидромелиоративных систем с высокой степенью износа гидротехнических сооружений, возникших вследствие длительной эксплуатации, а также отсутствия технического обслуживания, текущих и периодических ремонтов.

Разработанный алгоритм был использован с целью выявления причин снижения эксплуатационной надежности гидромелиоративной системы, а также разработки принципов ремонта и реконструкции, обеспечивающих эффективное использование водных ресурсов и надежность сооружений, при анализе конкретного объекта – канала РЗ, расположенного в Малодербетовском и Октябрьском районах Республики Калмыкия.

К потенциально опасным можно отнести участки каналов в насыпи, на косогоре и в неустойчивых грунтах, так как при эксплуатации

на таких участках частыми являются различные негативные процессы, связанные с прорывом дамб, значительными размывами их русел, оползнями [5]. По существу дамбы каналов, особенно на участках в насыпи и на косогоре, представляют собой напорный фронт – такой же, как и для грунтовых плотин. Поэтому каналы на указанных участках необходимо считать потенциально опасными объектами, следовательно, для них должны быть разработаны методы расчета риска возможной аварии [6].

Следует отметить, что в настоящее время состояние канала на значительной части русла является приемлемым (рис. 1).

Правила эксплуатации гидромелиоративных систем, принципы соблюдения эффективной и безопасной работы гидротехнических сооружений базируются на ряде законов и сводов правил [7-10]. В основополагающем документе «Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений», 2020) [11] перечислены особенности эксплуатации оросительных систем. Как следует из представленных ниже фотографий (рис. 2-4), в ряде мест требования



Рис. 1. Канал РЗ. Приемлемое состояние канала на данном участке

Fig. 1. Canal P3. In this section, the canal condition is acceptable

указанного документа нарушаются. Вследствие этого наблюдается снижение пропускной способности канала ввиду неблагоприятного воздействия ряда факторов, обусловленных длительностью эксплуатации и высокой степенью износа сооружений.

#### **Анализ водоподачи по каналу РЗ согласно разработанному алгоритму**

1. Назначение канала – орошение рисовых чеков, затопление лиманов и обводнение территорий в Малодербетовском и Октябрьском районах Республики Калмыкия.

2. Протяженность канала на территории Республики Калмыкия – 58,7 км.

3. Конфигурация канала – трапециевидальная

– ширина по дну (проектная и реальная) – 9/7 м;

– ширина по верху (проектная и реальная): – 19/17 м;

– глубина канала (проектная и реальная) – 6/4 м;

– проектная площадь сечения канала – 84 м<sup>2</sup>;

– реальная площадь сечения канала – 48 м<sup>2</sup>.

Реальная площадь сечения канала в настоящее время составляет 57% от проектной. Проектная глубина канала – 6 м. Согласно СП «Мелиоративные системы и сооружения» [12], п. 6.13.7, превышение гребней дамб и бровок берм каналов над максимальным уровнем воды при расходе воды в канале 30-50 м<sup>3</sup>/с составляет 50 см, 50-100 м<sup>3</sup>/с – 60 см. Следовательно, проектная глубина наполнения канала меньше – около 5,5 м; реальная глубина наполнения – 3,5 м; соответственно проектное сечение – 77 м<sup>2</sup>, реальное – 42 м<sup>2</sup>, или 55% от проектного.

4. Сведения по потребности в воде для орошения: затопляемые площади, объем водоподачи по срокам и т.д. (2022 г.).

Площадь затопляемых рисовых чеков – 2714 га.

Потребность в воде – 18,0-21,8 тыс. м<sup>3</sup>/га.

Подача воды по каналу РЗ:

– посеvy риса – 64,000 млн м<sup>3</sup>;

– лиманы/обводнение – 28,990 млн м<sup>3</sup>;

– потери при транспортировке – 30,997 млн м<sup>3</sup> (25%).

Всего: 123,987 млн м<sup>3</sup>.

5. Характеристика водоподачи в гидромелиоративную систему (табл. 2).

6. Места интенсивной фильтрации (координаты, протяженность):

– охотничья труба (Лиман охотничий). Координаты – 47°77'72.75"С, 45°13'78.98"В. Просачивание воды через дамбу канала.



**Рис. 2. Места зарастания профиля канала, а также обрушивания откосов вследствие использования канала в качестве водоема для крупного рогатого скота**

**Fig. 2. Places of overgrowth of the canal profile, as well as slope collapse due to the use of the canal as a watering place for cattle**



**Рис. 3. Места интенсивного зарастания откосов канала деревьями**

**Fig. 3. Places of intensive overgrowth of the canal slopes by trees**



**Рис. 4. Места перелива воды через гребень канала**

**Fig. 4. Places of overflow of water through the crest of the canal**

7. Места зарастания профиля канала тростником (координаты, протяженность): на всем протяжении канала РЗ, составляющем 58,7 км, отмечается зарастание профиля канала тростником.

8. Места перелива воды через гребень канала при различных расходах (координаты, протяженность): в отдельные годы при повышенных расходах случаи перелива воды через гребень канала имеют место (рис. 4), координаты – 48°10'40.69"С, 44°58'05.98"В. При обследовании авторами канала 13-18 июня 2022 г. случаи перелива обнаружены не были.

9. Места интенсивного зарастания откосов канала деревьями (координаты, протяженность): интенсивное зарастание откосов канала деревьями обнаружено на протяжении 15 км. Координаты начальной точки (выше по течению) – 48°09'21.62"С, 45°00'13.82"В, конечной точки – 48°02'45.47"С, 45°03'50.65"В.

10. Характеристика гидротехнических сооружений канала.

– 244 пикет, координаты – 47°93'64.32"С, 45°13'90.18"В; два затвора перегораживающего устройства из четырех не функционируют.

11. Места нарушения профиля канала: – координаты – 48°09'03.47"С, 45°05'17.02"В. Данное место постоянно используется в качестве водопоя для скота, вследствие чего наблюдаются обрушение склонов канала и нарушение конфигурации откосов, создающее препятствие движению воды.

12. Анализ функционирования данной гидромелиоративной системы, поиск узких мест в ее работе, перечень мероприятий по повышению эффективности ГМС (при условии сохранения безопасности эксплуатации).

Основное узкое место в работе данной гидромелиоративной системы – низкая пропускная способность канала, возникшая вследствие длительной эксплуатации, а также отсутствия технического обслуживания, текущего и периодического ремонта.

Основной мерой по восстановлению работоспособности и надежности ГМС является доведение площади сечения канала до проектных показателей. На канале РЗ подъезд техники можно осуществить не везде вследствие интенсивного зарастания откосов канала деревьями. Облегчает задачу то, что из 58,7 км протяженности канала

**Таблица 2. Забор воды по каналу РЗ Сарпинской обводнительно-оросительной системы в 2022 г.**

**Table 2. Water intake through the R3 Canal of the Sarpinsky Irrigation System in 2022**

№№ п/п №№ p/p	Месяц Month	Декада Decade	Объем подаваемой воды, млн м <sup>3</sup> Volume of water supplied, mln. m <sup>3</sup>
1	<b>Март</b> March	II	2,70
2		III	3,56
3	<b>Апрель</b> April	I	3,91
4		II	5,37
5		III	6,62
6	<b>Май</b> May	I	11,54
7		II	12,8
8		III	5,36
9	<b>Июнь</b> June	I	8,7
10		II	9,86
11		III	8,56
12	<b>Июль</b> July	I	6,22
13		II	7,45
14		III	8,10
15	<b>Август</b> August	I	5,93
16		II	5,13
17		III	6,07
18	<b>Сентябрь</b> September	I	2,89
19		II	2,23
20		III	0,99

**Примечание:** (подекадно, в том числе март, апрель, начало мая – затопление лиманов, в дальнейшем – водоснабжение посевов риса).

**Note:** (per decades, including March, April, early May – flooding of estuaries, in the future – water supply of rice crops).

древесная растительность наблюдается на протяжении около 15 км. Следовательно, ремонтные работы на канале РЗ необходимо осуществлять поэтапно, а именно:

1. Удаление древесной растительности.
2. Очистка профиля канала от тростника.
3. Восстановление дамбы в местах разрушения.
4. Доведение площади сечения канала до проектных показателей путем расчистки русла.

Указанные мероприятия позволят осуществлять водоподачу посредством канала РЗ на приемлемом уровне, не допуская разрушения откосов и перелива воды через гребень дамбы. Восстановление ГТС гидромелиоративной системы можно осуществлять поэтапно, в соответствии с уровнем финансирования. Необходимость проведения капитального ремонта или реконструкции указанные действия не устраняют, однако дают возможность эксплуатации ГМС с приемлемой производительностью на протяжении предстоящего ремонту периода.

### Выводы

1. Анализ ГМС согласно разработанному алгоритму может производиться с целью решения целого спектра задач. Алгоритмы анализа, схожие по структуре, различаются в зависимости от типа орошения, структуры орошаемых площадей и водопотребности выращиваемых культур.

### Список использованных источников

1. СО 34.20.611-2003. Нормативы затрат в процентах от балансовой стоимости конкретных типов и видов основных средств (согласованы Минэнерго России, Федеральной энергетической комиссией Российской Федерации, ОАО РАО «ЕЭС России» и введены в действие с 1 марта 2004 г.). URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/b05/4293850508.pdf>. (дата обращения: 15.07.2022).
2. Реконструкция зданий и сооружений: учебник для вузов / А.Л. Шагин и др.; Под ред. А.Л. Шагина. М.: Высшая школа, 1991. 352 с.
3. Жезмер В.Б., Адьяев С.Б. Оценка возможности вовлечения в оборот дополнительных площадей орошаемых лиманов на территории Малодербетовского района, Республика Калмыкия // Природообустройство. 2022. № 4. С. 25-33.
4. О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации: постановление Правительства РФ от 14 мая 2021 г. № 731, с изм. и доп. URL: <https://base.garant.ru/400773886/> (дата обращения: 21.06.2022).
5. Мирцхулава Ц.Е. О надежности крупных каналов. М.: Колос, 1981. 318 с.
6. Бакланова Д.В. Расчетное обоснование вероятности разрушения потенциально опасных участков

2. Причины низкого КПД гидромелиоративной системы:

- наличие значительных потерь воды при водоподаче;
- снижение пропускной способности и разрушение откосов канала вследствие водопоя скота;
- потери воды и разрушение откосов канала вследствие превышающего пропускную способность уровня водоподачи;
- потери воды вследствие просачивания через дамбу канала;
- отсутствие или нерегулярность выполнения технического обслуживания, текущего и периодического ремонта сооружений.

3. В условиях дефицита финансовых ресурсов для увеличения производительности системы вместо капитального ремонта или реконструкции можно ограничиться подчас устранением только части неполадок. Такие неполадки, представляющие собой узкое звено производства, в каждом отдельном случае определяются путем тщательного анализа работы ГМС. Необходимость проведения капитального ремонта или реконструкции указанные действия не устраняют, однако дают возможность эксплуатации ГМС с приемлемой производительностью на протяжении предстоящего ремонту периода.

4. Разработанный алгоритм использовался при анализе конкретного объекта (канал Р-3, Малодербетовский и Октябрьский районы Республики Калмыкия) и показал высокую эффективность.

### References

1. SO 34.20.611-2003 Normativy zatrat v protsen-takh ot balansovoy stoimosti konkretnykh tipov i vidov osnovnykh sredstv (soglasovany Minenergo Rossii, Federalnoy energeticheskoy komissiyey Rossiyskoy Federatsii, ОАО RAO «EES Rossii» i vvedeny v deystviye s 1 mar-ta 2004g.). ohrana truda.ru upload/iblock/b05/4293850508.pdf. (data obrashcheniya 15.07.2022 g.).
2. Rekonstruktsiya zdaniy i sooruzheniy: ucheb. Dlya vuzov / A.L. Shagin i dr.; pod red. A.L. Shagina. M.: Vysshaya shkola, 1991. 352 s.
3. Zhezmer V.B., Adoyayev S.B. Otsenka vozmozhnosti вовлечения в оборот дополнительных ploshchadey oroshayemykh limanov na territorii Ma-loderbetovskogo rayona, Respublika Kalmykiya. // «Prirodoobustroystvo». № 4. 2022. S. 25-33.
4. Postanovleniye Pravitelstva RF ot 14 maya 2021 g. N731 «O Gosudarstvennoy programme effektivnogo вовлечения в оборот zemel selskokhozyaystvennogo naznache-niya i razvitiya meliorativnogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii» (s izmeneniyami i dopolneniyami) base.garant.ru/400773886/ (obrashcheniye 21.06.2022 g.)
5. Mirtskhulava Ts.Ye. O nadezhnosti krupnykh kanalov / Ts.Ye. Mirtskhulava. – M.: Kolos, 1981. – 318 s.
6. Baklanova D.V. Raschetnoye obosnovaniye veroyatnosti razrusheniya potentsialno opasnykh uchastkov krup-nogo kanala ot filtratsionnykh vozdeystviy / D.V. Baklanova // Prirodoobustroystvo. 2013. № 2. S. 43-48.

крупного канала от фильтрационных воздействий // Природообустройство. 2013. № 2. С. 43-48.

7. Градостроительный кодекс Российской Федерации // Собрание законодательства Российской Федерации. 2005. № 1, ст. 16; 2019. № 52, ст. 7790. URL: <https://docs.cntd.ru/document/550836307> (дата обращения: 11.07.2022).

8. О безопасности гидротехнических сооружений: Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 1997. № 30, ст. 3589; 2018. № 31, ст. 4860. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420225740> (дата обращения: 11.07.2022).

9. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 2010. № 1, ст. 5; 2013. № 27, ст. 3477. URL: <https://docs.cntd.ru> Технический регламент (дата обращения: 11.07.2022).

10. Свод правил «СП 421.1325800.2018. Свод правил. Мелиоративные системы и сооружения. Правила эксплуатации»: утв. и введ. в действие приказом Минстроя России от 24.12.2018 г. № 854/пр. М.: Стандартинформ, 2019. URL: <https://docs.cntd.ru/document/554403585> (дата обращения: 11.07.2022).

11. Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений: утв. приказом Минсельхоза России от 31 июля 2020 г. № 438. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565780455> (дата обращения: 11.07.2022).

12. Свод правил «Мелиоративные системы и сооружения». Актуализированная редакция СНиП 2.06.03-85, дата введения 2017-06-17. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456050590> (дата обращения: 13.07.2022).

#### Критерии авторства

Жезмер В.Б., Адъяев С.Б., Шабанов Р.М. выполнили практические и теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Жезмер В.Б., Адъяев С.Б., Шабанов Р.М. имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

#### Вклад авторов

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации.

Статья поступила в редакцию 10.01.2023

Одобрена после рецензирования 23.01.2023

Принята к публикации 23.01.2023

7. Gradostroitelnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii (Sobraniye zakonodatelstva Rossiyskoy Federatsii, 2005, № 1, st. 16; 2019, № 52, st. 7790) docs.cntd.ru/document/550836307 (data obrashcheniya 11.07.2022 g.).

8. Federalnyy zakon ot 21 iyulya 1997 g. № 117-FZ «O bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzheniy» (Sobraniye zakonodatelstva Rossiyskoy Federatsii, 1997, № 30, st. 3589; 2018, № 31, st. 4860) docs.cntd.ru/document/420225740 (data obrashcheniya 11.07.2022 g.).

9. Federalnyy zakon ot 30 dekabrya 2009 g. № 384-FZ «Tekhnicheskyy reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzheniy» (Sobraniye zakonodatelstva Rossiyskoy Federatsii, 2010, № 1, st. 5; 2013, № 27, st. 3477), docs.cntd.ru/Tekhnicheskyyreglament (data obrashcheniya 11.07.2022 g.).

10. Svod pravil «SP 421.1325800.2018. Svod pravil. Meliorativnyye sistemy i sooruzheniya. Pravila ekspluatatsii», utverzhdenным i vvedennым v deystviye prikazom Ministroya Rossii ot 24.12.2018 № 854/pr (M.: Standartinform, 2019). docs.cntd.ru/document/554403585 (data obrashcheniya 11.07.2022 g.).

11. Pravila ekspluatatsii meliorativnykh system i otdelno raspolozhennykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy, utverzhdenные prikazom Minselkhoza Rossii ot 31 iyulya 2020 g. № 438. docs.cntd.ru/document/565780455 (data obrashcheniya 11.07.2022 g.).

12. Svod pravil «Meliorativnyye sistemy i sooruzheniya». Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.06.03-85 Data vvedeniya 2017-06-17 docs.cntd.ru/document/456050590 (data obrashcheniya 13.07.2022 g.).

#### Criteria of authorship

Zhezmer V.B., Adjyaev S.B., Shabanov R.M. carried out practical and theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. Zhezmer V.B., Adjyaev S.B., Shabanov R.M. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

#### Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

#### Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest.

#### Contributions of the authors

All authors made an equal contribution to the preparation of the publication.

The article was submitted to the editorial office 10.01.2023

Approved after reviewing 23.01.2023

Accepted for publications 23.01.2023