

Гидравлика и инженерная гидрология

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-3-71-79>

УДК 556:627.8:574.4



ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИРРИГАЦИОННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ В АРИДНОЙ ЗОНЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

А.В. Перминов^{1✉}, В.В. Ильинич^{2✉}, С.Н. Редников¹, Р.С. Маков¹

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49, Россия

² ФНЦ ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова; 127434, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44, корп. 2, Россия

Аннотация. Целью исследований является оценка причин произошедшей деградации ирригационных водохранилищ в аридной зоне Европейской территории Российской Федерации и выявление мер, необходимых для их восстановления и возобновления орошения. Для достижения цели решались следующие задачи: выявление и анализ основных причин существенного сокращения использования водохранилищ на орошение; оценка изменений условий функционирования ирригационных водохранилищ аридной зоны Европейской территории Российской Федерации; обоснование необходимости восстановления орошения из ирригационных водохранилищ; обоснование возможности восстановления орошения из ирригационных водохранилищ. Исследования проведены на примере Ремонтненского водохранилища, находящегося в полупустынной зоне на границе Ростовской области и Республики Калмыкия согласно методическим рекомендациям, которые включали в себя как полевые измерения водных объектов, статистические методы обработки полученных данных, так и стохастическое моделирование водопользования, в соответствии с разработанными правилами регулирования стока. Среди результатов работы отмечаются установленные факты потепления климата и заиления водохранилища с соответствующим его обмелением, что приводит к существенному увеличению потерь на испарение. Необходимость должного функционирования водохранилищ подтверждается требованиями декларации безопасности гидротехнических сооружений и экологическими требованиями. Возможность потенциального использования водохранилищ для ирригации подтверждается результатами моделирования согласно рациональным правилам управления водными ресурсами.

Ключевые слова: инженерная гидрология, ирригационное водохранилище, аридная зона, климатические факторы

Формат цитирования: Перминов А.В., Ильинич В.В., Редников С.Н., Маков Р.С. Проблемы использования ирригационных водохранилищ в аридной зоне Европейской территории России // Природообустройство. 2024. № 3. С. 71-79. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-3-71-79>

Scientific article

PROBLEMS OF USING IRRIGATION RESERVOIRS IN THE ARID ZONE OF THE EUROPEAN TERRITORY OF RUSSIA

A.V. Perminov^{1✉}, V.V. Ilinich^{2✉}, S.N. Rednikov¹, R.S. Makov¹

¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya str., Moscow, 127434, Russia

² FSC Federal State Budgetary Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A.N. Kostyakov; 127434, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya str., 44, building 2, Russia

Abstract. The aim of the research is to assess the reasons for the degradation of irrigation reservoirs in the arid zone of the European Territory of the Russian Federation and to identify measures necessary for their rehabilitation and resumption of irrigation. Accordingly, the following problems are solved: identification and analysis of the main reasons for a significant reduction in the use of reservoirs

for irrigation; assessment of changes in the conditions of functioning of irrigation reservoirs in the arid zone of the European Territory of the Russian Federation; justification of the need to restore irrigation from irrigation reservoirs; justification of the possibility of restoring irrigation from irrigation reservoirs. The research was carried out on the example of the Remontnenskoye reservoir, located in the semi-desert zone on the border of the Rostov region and the Republic of Kalmykia, according to the methodological approaches, which included both field measurements of water objects, statistical methods respect to the obtained data, and stochastic modeling of water use according to the developed rules for runoff regulation. Among the results of the work the established facts of climate warming and siltation of the reservoir with its corresponding shallowing, which leads to a significant increase in evaporation losses, are noted. The need for proper functioning of reservoirs is confirmed by the requirements of the declaration for safety of hydraulic structures and environmental requirements for managed water resources. The possibility of potential use of reservoirs for irrigation is confirmed by modeling results according to rational rules of water resources management.

Keywords: engineering hydrology, water reservoir, arid zone, climatic factors

Format of citation: Perminov A.V., Plinich V.V., Rednikov S.N., Makov R.S. Problems of using irrigation reservoirs in the arid zone of the European territory of Russia // Prirodoobustrojstvo. 2024. No. 3. P. 71-79. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-3-71-79>

Введение. В 1960-1980-е гг. XX в. в аридной зоне [1] Европейской территории Российской Федерации (далее – ЕТ РФ), в восточной части Ростовской области, в Калмыкии, Ставропольском крае, Волгоградской и Саратовской областях, были построены десятки ирригационных водохранилищ с гидротехническими сооружениями третьего класса, большинство из которых сегодня не эксплуатируется. С начала XX в., после двух-трех десятилетий использования водохранилищ, применение их для орошения, рыбоводства, рекреации существенно сократилось или совсем исчезло. Основными причинами такого факта стали изменившиеся социально-экономические условия, характеристики самих водохранилищ и климатических факторов, определяющие величину элементов их водного баланса.

Восстановление функций водохранилищ необходимо для поддержания их безопасности согласно действующим требованиям [2]. В недалекой перспективе появятся и экологические проблемы искусственных водоемов как объектов природообустройства [3, 4], поскольку процесс заиления водохранилищ может привести к полному их заполнению наносами и материалами переработки берегов. Тем не менее их потенциальное водопользование в целях сельского хозяйства необходимо и возможно. Для уточнения степени необходимости и возможности восстановления орошения и других сопутствующих функций (сельскохозяйственное водоснабжение, рыбоводство, рекреация, выдерживание экологических критериев и т.п.) в исследованиях была поставлена цель: проведение детальной оценки причин произошедшей деградации водохранилищ и определение мер, необходимых для их восстановления и возобновления

орошения. Для достижения поставленной цели решались такие задачи, как выявление и анализ основных причин сокращения использования водных ресурсов водохранилищ на орошение, оценка изменений условий функционирования ирригационных водохранилищ аридной зоны ЕТ РФ.

Материалы и методы исследований.

В рамках выполнения представляемой научно-исследовательской работы проводились аналитические и экспедиционные исследования по ряду водохранилищ с гидротехническими сооружениями 3 класса аридной зоны ЕТ РФ. Для решения поставленных задач среди водохранилищ было выбрано Ремонтненское водохранилище, расположенное примерно в 50 км от столицы Калмыкии – г. Элисты, на пересыхающей летом р. Чикалда с площадью водосбора 347 км².

Физико-географические характеристики региона. Климат территории считается переходным от степного к пустынному. По агроклиматическому районированию регион относится к очень жаркому засушливому климату.

Рельеф местности представлен аккумулятивно лессовой ступенчатой и плоской равниной с суффозионно-просадочным и лощинно-балочным расчленением на моноклиналиное и горизонтальное залегание пород, речные склоны водосбора имеют уклоны 0,0007-0,001. Почвы в районе в основном светло-каштановые, а подстилающими для них являются лессовидные глины и суглинки, чехлом (20-40 м) покрывающие все водосборы. Основное водное питание (порядка 80%), весеннее половодье, многоводной своей частью приходится на конец февраля – март. Дождевые паводки бывают редко и наблюдаются обычно в 5-6 месяцах.

Анализ социальных и хозяйственно-административных проблем региона. В большинстве случаев официальными хозяевами гидротехнических сооружений водохранилищ являются сельские поселения с исключительно малым годовым бюджетом. Штат администрации поселений состоит из 2-3 сотрудников, какие-либо измерения или действия по управлению на гидротехнических объектах практически не проводятся. Необходимо также отметить существенное удаление водных объектов от самих сельских поселений (зачастую более 10 км при бездорожье), и тем более – от районных (порой более 50 км) и областных центров (до 500 км).

В последнее время во многих регионах восточной части Ростовской области и Калмыкии стали развиваться животноводческие хозяйства, использующие ограниченные кормовую базу и питьевую воду, в том числе из оставшихся, практически бесхозных, водохранилищ.

Оценка изменения основных климатических факторов, влияющих на элементы водного баланса водохранилищ. Оценка проводилась на основе многолетних данных метеостанции г. Элисты, имеющей достаточно представительные метеорологические наблюдения [5] в рамках аридной зоны РФ и расположенной примерно на расстоянии до 50 км от Ремонтненского водохранилища.

Приведен анализ хронологических изменений среднегодовых температур относительно их среднеемноголетних величин за весь год, за весь вегетационный период (IV-VIII месяцы)

и средних температур за вегетационный период (IV-VI месяцы), предшествующий началу уборки большинства сельхозкультур.

Хронологические графики перечисленных температурных характеристик представлены на рисунке 1 наряду с их разностными интегральными кривыми (РИК), ординаты (R_i) которых являются накапливающейся суммой разностей температуры текущего года и ее среднеемноголетней величины:

$$R_i(T) = \sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T}), \quad (1)$$

где i – номер года в хронологическом порядке; T_i – средние температуры по выделенным периодам года; \bar{T} – средняя многолетняя величина температур воздуха относительно выделенных периодов года.

По всем хронологическим графикам температуры воздуха рассмотренных периодов можно наблюдать положительные тенденции. Из представленных разностных интегральных кривых температур можно заключить, что период с 1960 по 1994 гг. можно признать холодным относительно средней многолетней температуры как годовой, так и сезонных величин выделенных периодов (очевидна их отрицательная тенденция за указанный период). Также можно признать, что с 1995 г. началось относительное потепление климата (положительные тенденции кривых). Можно выделить еще более теплый интервал с 2005 по 2020 гг., в пределах которого наблюдались только три года с температурой, ниже среднеемноголетней.

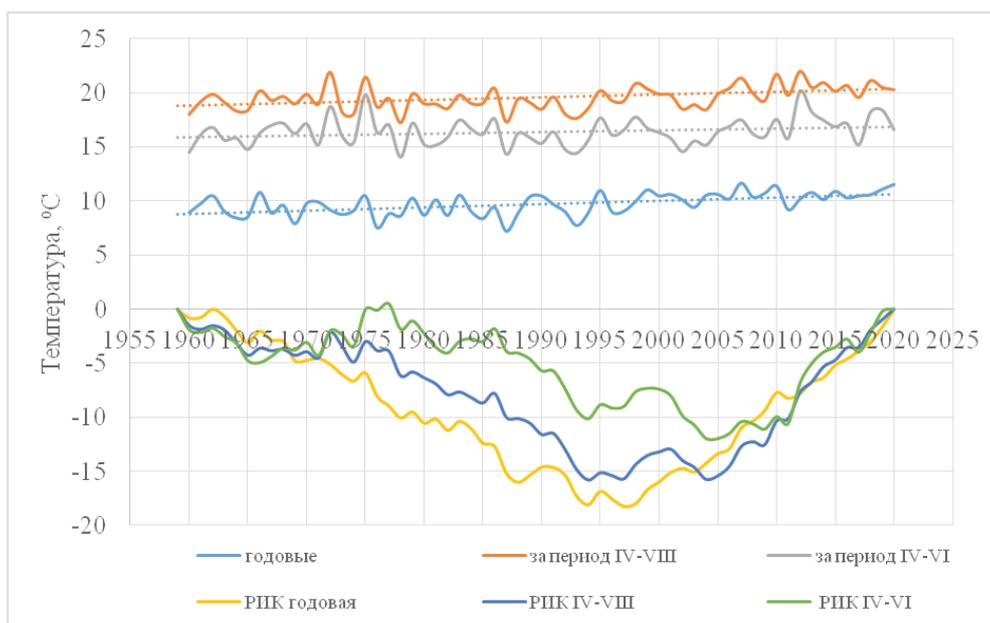


Рис. 1. Графики температур воздуха по многолетним рядам и их разностные интегральные кривые (РИК)

Fig. 1. Graphs of air temperatures for multi-year series and their difference integral curves (DIC)

С целью оценки значимости температурных различий выделенных периодов были использованы известные критерии Стьюдента и Фишера [6, 7].

Для вычисления критерия Стьюдента использовалась традиционная формула:

$$t = \frac{\bar{T}_1 - \bar{T}_2}{\sqrt{n_1\sigma_1^2 + n_2\sigma_2^2}} \cdot \sqrt{\frac{n_1n_2(n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}, \quad (2)$$

где \bar{T}_1 и \bar{T}_2 – средние значения температур сравниваемых рядов по данным за n_1 и n_2 лет; σ_1 и σ_2 – их среднеквадратические отклонения.

Распределение статистики t зависит от числа степеней свободы. В данном случае $\gamma = n_1 + n_2 - 2$. Вычисленные значения t сравнивались с допустимыми t^* по таблице распределения Стьюдента при традиционном уровне значимости $\alpha = 0,05$. На основании различий t^* и t принималось решение относительно однородности рядов по этому критерию.

Критерий Фишера оценивался по соотношению:

$$F = \frac{D}{D^*}, \quad (3)$$

где D – дисперсия ряда, у которого это численное значение является большей величиной; D^* – дисперсия ряда, у которого оно является меньшей величиной.

Предварительно определялись значения степеней свободы рассматриваемых статистических рядов: $\nu_1 = n_1 - 1$ и $\nu_2 = n_2 - 1$. Полученное значение F сравнивалось с допустимым

табличным F^* относительно степеней свободы при традиционно принятой характеристике уровня значимости $\alpha = 0,05$.

В целом при проведении анализа рассматривались следующие ряды: ряд 1(1) – $n_1 = 61$ (1960-2020 гг., периоды годовые); 1(2) – $n_1 = 61$ (1960-2020 гг., периоды V-VIII); 1(3) – $n_1 = 61$ (1960-2020 гг., периоды V-VI); 2(1) – $n_2 = 35$ (1994-2020 гг., периоды годовые); 2(2) – $n_2 = 35$ (1994-2020 гг., периоды V-VIII); 2(3) – $n_2 = 35$ (1994-2020 гг., периоды V-VI); 3(1) – $n_3 = 16$ (2005-2020 гг., периоды годовые); 3(2) – $n_3 = 16$ (2005-2020 гг., периоды V-VIII); 3(3) – $n_3 = 16$ (2005-2020 гг., периоды V-VI).

Полученные рассчитанные численные значения F и t и табличные F^* и t^* (из соответствующих распределений) представлены в таблице 1.

Из данных таблицы следует, что в целом исходный ряд (1960-2020 гг.) является неоднородным. Следовательно, можно говорить о том, что этот ряд не обладает стационарностью относительно как годовых значений, так и выделенных внутригодовых значений температуры, в то время как ряды 2 и 3 являются однородными.

Аналогичный анализ однородности рядов был проведен относительно другого ключевого климатического фактора – осадков. Однако ввиду изменившейся в середине 60-х гг. прошлого века условий их измерения на метеостанциях ряды наблюдений использовались с 1968 г. На рисунке 2 представлены хронологические ряды осадков (X_i) по годам (i) на метеостанции

Таблица 1. Критерии однородности рядов наблюдений за температурой воздуха. Элиста
Table 1. Criteria for the homogeneity of air temperature observation series. Elista

Ряды / Series	F	F^*	t	t^*	Оценка однородности Assessment of homogeneity
1(1) и 2(1)	2,13	1,67	3,74	1,8	Критерии неоднородны по F и t Criteria of heterogeneity for F and t
1(2) и 2(2)	1,45	1,67	2,83	1,8	Критерии неоднородны по t Criteria of heterogeneity for t
1(3) и 2(3)	1,07	1,67	2,16	1,8	Критерии неоднородны по t Criteria of heterogeneity for t
1(1) и 3(1)	2,78	2,15	4,87	2,4	Критерии неоднородны по F и t Criteria of heterogeneity for F and t
1(2) и 3(2)	2,02	2,15	4,96	2,4	Критерии неоднородны по t Criteria of heterogeneity for t
1(3) и 3(3)	1,07	2,15	2,61	2,4	Критерии неоднородны по t Criteria of heterogeneity for t
2(1) и 3(1)	1,31	2,26	0,91	2,09	Критерии однородны Criteria are homogenous
2(2) и 3(2)	1,39	2,26	0,83	2,09	Критерии однородны Criteria are homogenous
2(3) и 3(3)	1,07	2,26	1,01	2,09	Критерии однородны Criteria are homogenous

г. Элисты и их разностными интегральными кривыми $R_i(X)$.

В представленном варианте использованы ряды наблюдений относительно годовых значений: летних (V-VIII месяцы) и зимних (XII-IV месяцы).

Для анализа однородности наблюдаемых данных за осадками по критериям Фишера и Стьюдента рассматривались следующие ряды: ряд 1(1) – $n_1 = 53$ (1968-2020 гг., периоды годовые), 1(2) – $n_1 = 53$ (1968-2020 гг. периоды V-VIII); 1(3) – $n_1 = 53$ (1968-2020 гг., периоды XII-III); 2(1) – $n_2 = 34$ (1987-2020 гг., периоды

годовые); 2(2) – $n_2 = 34$ (1987-2020 гг., периоды V-VIII); 2(3) – $n_2 = 34$ (1987-2020 гг., периоды XII-III); 3(1) – $n_3 = 20$ (2001-2020 гг., периоды годовые); 3(2) – $n_3 = 20$ (2001-2020 гг., периоды V-VIII); 3(3) – $n_3 = 20$ (2001-2020 гг., периоды XII-III).

Из данных таблицы можно заключить, что в целом ряды являются однородными. Однако исключение составляет сравнение годовых значений рядов и рядов зимних осадков при $n = 53$ года и за последние $n = 34$ года. При этом больше среднее значение сумм годовых осадков за последние 34 года.

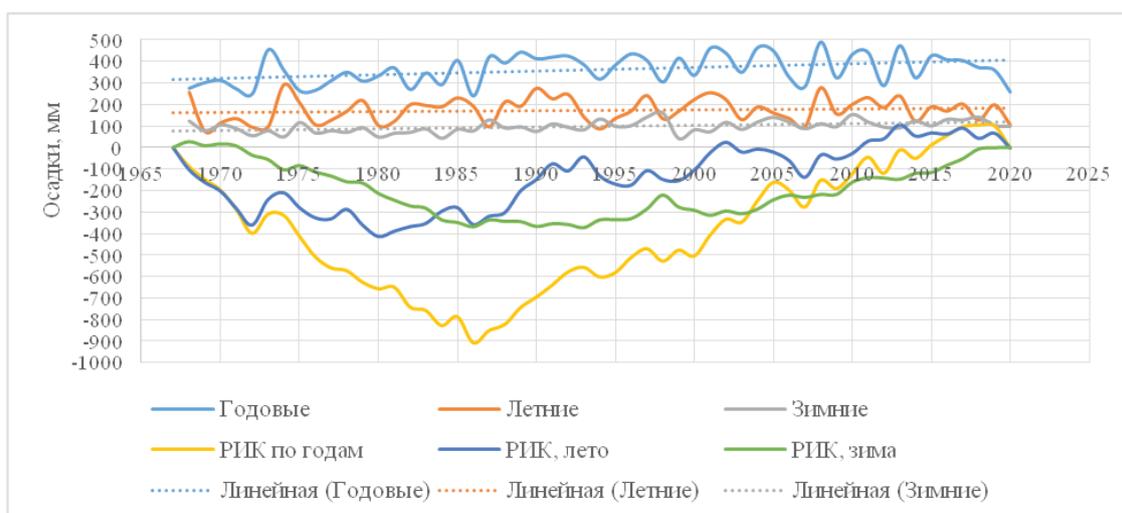


Рис. 2. Графики сумм осадков по многолетним рядам и их разностные интегральные кривые (РИК)

Fig. 2. Graphs of precipitation sums for multi-year series and their difference integral curves (DIC)

Таблица 2. Критерии однородности рядов наблюдений за осадками. Элиста

Table 2. Criteria for the homogeneity of precipitation observation series. Elista

Ряды / Series	F	F^*	t	t^*	Оценка однородности Assessment of homogeneity
1(1) и 2(1)	1,30	1,66	1,86	1,76	Ряды не однородны по t The series are not homogenous for t
1(2) и 2(2)	1,16	1,66	0,86	1,76	Ряды однородны The series are homogenous
1(3) и 2(3)	1,22	1,66	1,80	1,76	Ряды не однородны по t The series are not homogenous for t
1(1) и 3(1)	1,06	1,67	1,38	1,79	Ряды однородны The series are homogenous
1(2) и 3(2)	1,22	1,67	0,35	1,79	Ряды однородны The series are homogenous
1(3) и 3(3)	1,22	1,67	1,38	1,79	Ряды однородны The series are homogenous
2(1) и 3(1)	1,38	1,68	0,08	1,89	Ряды однородны The series are homogenous
2(2) и 3(2)	1,05	1,68	0,36	1,89	Ряды однородны The series are homogenous
2(3) и 3(3)	1,44	1,68	0,55	1,89	Ряды однородны The series are homogenous

Существенным элементом баланса рас­полагаемых водных ресурсов водохранилища в рассматриваемой природной зоне является испарение с водной поверхности. В рамках оценки этой составляющей баланса выполнялся расчет слоя дополнительных потерь водохранилища на испарение согласно требованиям [8, 9] для лет различной водности, обеспеченность которых оценивалась по обеспеченности годовых осадков $t(P_x)$, а обеспеченность испарения традиционно принималась как разность $100\% - P_x$. Слой испарения с водной поверхности при обеспеченностях P_x выше 90% достигал значений более 700 мм за безледоставный период. Слой потерь на фильтрацию, согласно произведенным расчетам, был незначительным, что объяснялось существенной кольматацией ложа за период функционирования гидроузла. Величина объема дополнительных потерь на испарение зависит и от размера площади акватории, следовательно, и от внутригодового режима наполнений водохранилища. Режим наполнений исследуемого водного объекта рассчитывался на основе уравнения водного баланса водоема относительно расчетного временного интервала (в данном случае это месяц):

$$V_K = V_H + W_P - U_{бр} - (S \text{ или } d), \quad (4)$$

где V_K – наполнение к окончанию временного интервала; V_H – наполнение к началу временного интервала; W_P – объем притока к водохранилищу за временной интервал; $U_{бр}$ – водоотдача брутто для обеспечения животноводческих ферм, включающая в себя и суммарные дополнительные потери; S или d – объемы сбросных вод в нижний бьеф водохранилища (S) или дефицит (d) – недополученный объем воды водопользователем относительно плановой водоотдачи в зависимости от балансовой ситуации и правил регулирования стока водохранилищем.

Месячные величины стока 40-летнего ряда (1981-2020 гг.) W_P моделировались на основе данных реки-аналога Сал по хронологическим значениям обеспеченностей стока P_i (здесь i – хронологический номер года) и соответствующему календарному году – процентному внутригодовому распределению стока реки-аналога, а также по полученным параметрам стока (среднее, коэффициенты вариации и асимметрии) к исследуемому водохранилищу [9]. Моделирование наполнений водохранилища производилось по уравнению (4) и правилам регулирования стока диспетчерского графика, разработанного согласно методике [10].

Моделирование наполнений водохранилища производилось в первую очередь для маловодных лет с годовым стоком, близким к расчетной обеспеченности $P = 90\%$ при самом

неблагоприятном условии того, что наполнение к началу водохозяйственного года соответствовало минимальному допустимому уровню. Исходя из результатов моделирования управления водохранилищем, отметим, что сокращение плановой водоотдачи нетто пришлось выполнять только в маловодные водохозяйственные 2001/2002 гг. ($P = 95,1\%$) и 1997/98 ($P = 97,6\%$). Это подтверждает правильность и целесообразность расчетов полученного диспетчерского графика.

Было также произведено моделирование управления водохранилищем в соответствии с полученным диспетчерским графиком по календарной последовательности водохозяйственных лет согласно полученному ранее гидрологическому ряду объемов притока. Исходя из результатов моделирования, необходимо подчеркнуть, что ни в одном водохозяйственном году не было зафиксировано ни одного месячного дефицитного периода, когда не была бы обеспечена запасом воды плановая водоотдача нетто, поскольку даже в маловодные годы необходимый дополнительный запас воды оставался из предыдущих лет к началу водохозяйственного года. Такой факт объясняется существенным понижением величин плановой водоотдачи нетто (только на водопой скота) в сравнении с первоначальным проектом обеспечения орошения территорий, которое на сегодняшний день отсутствует.

Заиление водохранилищ аридной зоны и, в частности, Ремонтненского, происходит довольно интенсивно. Они заведомо подвержены всем процессам образования твердого материала в водоемах: 1) поверхностный сток; 2) размыв берегов и дна; 3) продуцирование фитопланктона и высшей водной растительности; 4) физико-химические процессы в воде; 5) эоловые процессы. Относительно зафиксированной проектной отметки Нормального подпорного уровня (НПУ) полный объем Ремонтненского водохранилища 50 лет назад в процессе его наполнения составлял 13,4 млн м³. По результатам геодезической съемки, в процессе проведения промерных работ при выполнении исследований был установлен полный объем при том же НПУ в размере 7,35 млн м³, то есть заполнение водоема твердым веществом в среднем происходило со скоростью порядка 120 тыс. м³/год. Скорость переработки берегов существенно уменьшилась после первых лет работы гидроузла, тем не менее процесс продолжается. Общий прогноз таков, что уже через 30-40 лет сегодняшний объем при НПУ уменьшится по крайней мере вдвое, и тогда средняя глубина водохранилища будет составлять порядка 1 м.

Результаты и их обсуждение. В создавшихся социально-экономических условиях, при нехватке квалифицированных кадров для управления ирригационными водохранилищами и в целом для различного вида мелиораций на местах, представляется рациональным рассмотрение следующих возможностей: использование вахтового метода для обслуживания водохозяйственных и в целом мелиоративных объектов; проведение работы по распределению выпускников вузов на определенные сроки; создание онлайн-консультационных центров для рекомендаций по управлению водохранилищами и организации мелиоративных работ в целом.

Климатические изменения региона заключаются в первую очередь в чувствительном повышении температуры воздуха практически во все сезоны или в выбранные интервалы, что заведомо повышает испарение как с суши водосборов, так и с водной поверхности водных объектов. О значимых тенденциях понижения осадков в какие-либо интервалы года говорить не приходится. Более того, как годовые, так и зимние осадки в районе г. Элисты имеют значимую положительную тенденцию, что косвенно свидетельствует о возможности создания запаса воды в водохранилищах перед вегетационным периодом и о наличии некоторого резерва для орошения. Расхожее мнение о «наступлении пустыни» на регион, очевидно, больше касается понятия почвенной, а не климатической засухи. При этом необходимость орошения части территории выглядит вполне логичной. Повышение же сумм положительных температур в вегетационный период и расширение его во времени делают выбор орошаемых культур более широким.

Общее заиливание водохранилищ 3 класса в регионе грозит стать местной экологической катастрофой в ближайшие десятилетия. Если не использовать уменьшающую скорость заиливания методы регулирования стока и не изымать накопившиеся наносы, то через 20-40 лет возможны их существенная деградация и превращение в соляные озера.

Традиционные подходы к регулированию стока не подходят на сегодняшний день и на перспективу для эффективного использования водохранилищ 3 класса. Необходимость уменьшения испарения и заиливания водохранилища и очевидный дефицит воды для вариантов возвращения к орошению требуют новых подходов к управлению водохранилищами. В частности, резонно было бы пропускать начало подъема половодья, несущего наибольшее количество наносов,

транзитом в нижний бьеф, начиная формировать запас воды в полезном объеме несколько позже, поскольку при моделировании функционирования гидроузла было выявлено, что холостые сбросы после полного наполнения водохранилища имеются в 87,5% водохозяйственных лет при нормативной обеспеченности орошения пастбищ 75%. В данном случае вполне целесообразно и возможно учитывать гидрологические прогнозы на основе спутниковой информации. Особо следует отметить, что годовая водоотдача брутто примерно в 3 раза превышает водоотдачу нетто, и это свидетельствует о значительных потерях, в первую очередь – на испарение.

Особенно огромных величин испарение с водной поверхности достигает в летние месяцы: в июле и августе в течение отдельных суток слой потерь достигал 10 мм. Таким образом, если запасенную воду в водохранилище не потратить в мае и в начале июня на орошение, она уйдет на испарение, поскольку площади акватории остаются значительными – по крайней мере до июля включительно, а температура воздуха в летние месяцы возрастает.

Планирование основного объема водоотдачи на орошаемые территории является выгодным на май и июнь, поскольку в летние месяцы сохраненная вода уйдет на потери на испарение. Соответственно имеет смысл произвести выбор орошаемых пастбищных кормовых культур, воспринимающих влагу в указанный период, и одновременно из списка засухоустойчивых.

Безопасность гидротехнических сооружений водохранилищ должна контролироваться и регламентироваться декларацией их безопасности.

Проблема безопасности гидротехнических сооружений в последние десятилетия усугубилась с повышением экстремальных дождевых осадков, что характерно даже для аридных зон, где период летних осадков уменьшился [11-13], а также зафиксированными на метеостанции г. Элисты увеличением зимних осадков и повышением температуры. Это косвенно может повлиять на потенциальное увеличение запаса воды в снеге перед половодьем, а повышение температуры может привести к более быстрому стаиванию и к увеличению максимального расхода половодья. Однако далеко не все гидроузлы были отестированы декларацией безопасности, что не обеспечивает общие требования к безопасности жизнедеятельности. Основной причиной такой ситуации является нехватка финансовых средств у большинства формальных владельцев гидроузлов.

Выводы

Необходимость и возможность восстановления ирригационных водохранилищ и самого орошения из них определяются рядом причин, факторов и тенденций, обусловленных совокупностью различных социальных, климатических, хозяйственных проявлений. Необходимость должного функционирования водохранилищ подтверждается требованиями декларации безопасности гидротехнических сооружений и экологическими требованиями к управляемым водным ресурсам.

В целях регулирования стока ирригационными водохранилищами в аридной зоне требуются специальные подходы к их оперативному управлению, отличающиеся от принятых способов по причинам как больших потерь на испарение, так и специфического режима водопользования и заиливания водоемов. Для оперативного

регулирования стока возможным является создание консультационных центров, осуществляющих онлайн-консультации для местных кадров.

Имеется необходимость исследовать вопрос об общем заиливании водохранилищ, о комплексной их гранулометрической, гидрохимической и гидробиологической оценке как о предпосылке к применению наряду с реальными видами удобрений и созданию биокомпостов, использование которых в свою очередь должно быть уточнено относительно почв региона и возможных орошаемых культур. Следует заметить, что игнорирование очистки водоемов рассматриваемой территории от наносов в ближайшие десятилетия приведет их к существенной деградации как объектов природообустройства и водопользования и может превратить их в соляные озера, которыми и без того изобилуют территории аридной зоны.

Список использованных источников

1. **Золотокрылин А.Н.** Индикаторы аридности климата // Аридные экосистемы. 2002. Т. 8, № 16. С. 47-58.
2. О безопасности гидротехнических сооружений: Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ.
3. **Дубенок Н.Н., Шумакова К.Б., Владимиров С.О.** Современные гидромелиоративные системы: учебное пособие. М.: РГАУ-МСХА, 2023. 195 с.
4. **Шабанов В.В., Дубенок Н.Н.** Экосистемная мелиорация – источник инновационного развития // Наука в инновационном процессе: сборник материалов II Международной научно-практической конференции. М.: ИПРАН РАН, 2023. С. 213-219. ISBN 978-5-91294-185-6
5. <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/index.xhtml?idata=5>
6. **Сикан А.В.** Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. СПб.: РГГМУ, 2007. 278 с.
7. Statistical methods in the Atmospheric Sciences / Ed.R. Dmowska, D. Hartman, H.T. Rossby // Inter. Geoph. Series. 2011. Vol. 1. Oxford, OX51GB, UK. 668 p.
8. Методика расчета водохозяйственных балансов водных объектов: Утв. приказом МПР РФ от 30 ноября 2007 г. № 314; зарег. в Минюсте РФ 29 декабря 2007 г. № 10861. М.: МПР РФ, 2007. 40 с.
9. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП33-101-2003. 2003. С. 71. URL: <http://cawater-info.net/bk/improvement-irrigated-agriculture/files/sp-33-101-2003.pdf>.
10. **Крицкий С.Н., Менкель М.Ф.** Водохозяйственные расчеты. Л.: Гидрометеиздат, 1952. 254 с.
11. **Ilinich V.** Estimation of Statistical Characteristics for Storm Precipitation with Long-term Data to Assess Climate Change / Akulova E., Belchihina V. and Ponomarchuk K. // Journal of Climate Change. Vol. 2, No. 2 (2016). Pp. 83-87. DOI: 10.3233/JCC-160019.
12. **Ilinich V.V., Perminov A.V., Naumova A.A.** Influence of Landscape and Climate Changes on the Maximum Discharge of Small Catchment Areas // Power Technology and Engineering. 2023. № 56 (5). Pp. 635-638.
13. **Zolina O.** New view on precipitation variability and extremes in Central Europe from

References

1. **Zolotokrylin A.N.** Indicators of climate aridity // arid ecosystems. 2002, volume 8, No. 16. P. 47-58.
2. Federal Law No. 117-FZ dated 07/21/1997 "On the Safety of hydraulic structures" https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15265/?ysclid=lwv0ds3t9t689148799
3. **Dubenok N.N., Shumakova K.B., Vladimirov S.O.** Modern hydro-reclamation systems. Textbook. Moscow: Publishing House-voou-MSHA 2023. 195 P. ISBN: 978-5-9675-2008-2
4. **Shabanov V.V., Dubenok N.N.** Ecosystem land reclamation – a source of innovative development / collection of articles: science in the innovation process. Materials of the II International Scientific and Practical Conference. Moscow: IPAN RAS, 2023. P. 213-219. ISBN 978-5-91294-185-6
5. <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/index.xhtml?idata=5>
6. **Sikan A.V.** Methods of statistical processing of hydrometeorological information. St. Petersburg: RGGMU, 2007. 278 p. ISBN 5-86813-029-4
7. Statistical methods in the Atmospheric Sciences / Ed.R. Dmowska, D. Hartman, H.T. Rossby // Inter. Geoph. Series. 2011. Vol. 1. – Oxford, OX51GB, UK. 668 p.
8. Methodology for calculating water management balances of water bodies", approved by Order of the Ministry of Justice of the Russian Federation dated 11/30/2007 No. 314 registered in the Ministry of Justice of the Russian Federation on 12/29/2007 No. 10861) Moscow: MPR RF, 2007. 40 p.
9. Determination of the main calculated hydrological characteristics. SP 33-101-2003. 2003, p. 71. <http://cawater-info.net/bk/improvement-irrigated-agriculture/files/sp-33-101-2003.pdf>
10. **Kritsky S.N.** Water management calculations / S.N. Kritsky, M.F. Menkel. L.: Hydrometeoizdat, 1952. P. 254.
11. **Ilinich V.V.,** Estimation of Statistical Characteristics for Storm Precipitation with Long-term Data to Assess Climate Change / Akulova E., Belchihina V. and Ponomarchuk K. Journal of Climate Change, Vol. 2, No. 2 (2016). P. 83-87. DOI 10.3233/JCC-160019.

a German high resolution daily precipitation dataset: Results from STAMMEX project / Simmer C., Kapala A., Shabanov P., Becker P., Maechel H., Gulev S.K., Groisman P. // Bulletin of Amer. Met. Soc. 96. DOI: 10.1175/BAMS-D-12-00134.1/

Об авторах

Алексей Васильевич Перминов, канд. техн. наук, доцент кафедры «Гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами»; ORCID id 0000-0003-2848-1793; alexperminov@rgau-msha.ru

Виталий Витальевич Ильинич, канд. техн. наук, профессор; ORCID id 0000-0003-2094-2882; vilinitch@gmail.com

Сергей Николаевич Редников, д-р техн. наук, доцент; Scopus – 57170810400, SPIN-код – 6267-1900, AuthorID: 119444; srednikov@mail.ru

Маков Роман Сергеевич, магистр, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; r-makov2012@yandex.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

Перминов А.В., Ильинич В.В., Редников С.Н., Маков Р.С. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов / Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests / Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Вклад авторов

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 11.03.2024

Поступила после рецензирования / Received after peer review 15.05.2024

Принята к публикации / Accepted for publication 15.05.2024

12. **Ilinich V.V., Perminov A.V., Naumova A.A.** Influence of Landscape and Climate Changes on the Maximum Discharge of Small Catchment Areas. Power Technology and Engineering, 2023, 56(5). P. 635-638

13. **Zolina O.** 2014: New view on precipitation variability and extremes in Central Europe from a German high resolution daily precipitation dataset: Results from STAMMEX project / C. Simmer, A. Kapala, P. Shabanov, P. Becker, H. Maechel, S.K. Gulev, P. Groisman Bulletin of Amer. Met. Soc., 96, doi: 10.1175/BAMS-D-12-00134.1/

About the authors

Alexey V. Perminov, CSc (Eng), associate professor of the department “Hydraulics, hydrology and management of water resources”; ORCID id 0000-0003-2848-1793; alexperminov@rgau-msha.ru

Vitalij V. Ilinich, CSc (Eng), professor; ORCID id 0000-0003-2094-2882; vilinitch@gmail.com

Sergey N. Rednikov, DSc (Eng), associate professor; Scopus – 57170810400, SPIN-code – 6267-1900, AuthorID: 119444; srednikov@mail.ru

Roman S. Makov, master, RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; r-makov2012@yandex.ru

Perminov A.V., Ilinich V.V., Rednikov S.N., Markov R.S. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. They have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.