

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ РЕАЛИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ЮГЕ РОССИИ В УСЛОВИЯХ РОСТА ТЕХНОГЕННЫХ НАГРУЗОК И КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Волосухин В.А., Бандурин М.А.

В данной статье приводятся результаты реализации новых систем постоянного мониторинга применительно к длительно эксплуатируемым водопроводящим сооружениям. В настоящее время более 80% водопроводящих сооружений на юге России отработали большую часть нормативного срока эксплуатации. Остаточный ресурс водопроводящих сооружений позволяет установить безопасный срок их эксплуатации без ограничений или с ограничениями, либо принять решение о ремонте или ликвидации водопроводящих сооружений и части его элементов. Существующие методики обследования водопроводящих сооружений направлены на оценку в целом пригодности несущих конструкций сооружений к дальнейшей эксплуатации. При проведении обследований появился ряд вопросов по характеру выявления повреждений и дефектов, а также по прогнозированию технического состояния на определённый период времени.

Мониторинг проводится с учётом действующих нормативных документов по проектированию, изготовлению и специфики эксплуатации, также он выделяет основные требования к процессу проведения измерений технического состояния сооружений с применением современных приборов неразрушающего контроля, а именно разработанного программно-технического комплекса для проведения эксплуатационного мониторинга технического состояния водопроводящих сооружений, который предназначен для определения параметров различных дефектов и повреждений, а также расчёта прогнозируемого срока остаточного ресурса их элементов.

В программной среде программно-технического комплекса предусмотрена возможность расчёта геометрических характеристик дефектов и также проводить классификацию дефектов и координатную привязку с помощью системы ГЛОНАСС, чтобы при следующем осмотре констатировать изменения дефектов и повреждений за период эксплуатации.

***Ключевые слова:** гидротехнические сооружения, мониторинг, водопроводящие сооружения, остаточный ресурс, рациональное водопользование, параметры надёжности, техническое состояние.*

PROBLEMATIC ISSUES OF IMPLEMENTATION OF MONITORING OF WATER USE IN SOUTHERN RUSSIA IN CONDITIONS OF GROWTH OF TECHNOGENIC LOADS AND CLIMATE CHANGES

Volosuhin V.A., Bandurin M.A.

This article presents the results of the implementation of new permanent monitoring systems for long-exploited water bearing structures. Currently, more than 80% of water conveyance structures in the south of Russia has worked much your standard service life. Residual resource water conveyance structures allows to establish secure their life without limits or restrictions, or decide to repair or elimination of water conveyance structures and parts of its elements. Existing methods of water conveyance structures survey aimed to assess the overall suitability of bearing structures of buildings for further use. In surveys, a number of questions to identify the nature of damage and defects, as well as forecasting of technical condition for a certain period of time.

Monitoring is conducted on the basis of existing regulatory documents on the design, construction, and specific use, it also highlights the main requirements to the process of measuring

the technical condition of buildings with the use of modern instruments of nondestructive control, namely the development of software and hardware complex for operational monitoring of the technical state of water conveyance structures that are designed to determine various parameters of defects and damages and the calculation of the expected term of the residual life of the elements.

In the software environment program-technical complex provides the ability to calculate geometric characteristics of the defects and also to carry out the classification of defects and coordinate binding using the GLONASS system to the next inspection to ascertain changes of defects and damages during the period of operation.

Keywords: *waterworks, monitoring, water-conducting structures, the residual resource, water management, reliability parameters, technical condition.*

Введение. Российская Федерация (РФ) стабильно входит в группу стран мира, наиболее обеспеченных водными ресурсами. Общий объём статических водных ресурсов РФ оценивается приблизительно в 88,9 тыс. км³ пресной воды, из них значительная часть сосредоточена в подземных водах, озёрах и ледниках. Среднемноголетние возобновляемые водные ресурсы по новым современным данным оцениваются в 4258,6 км³/год. На наиболее освоенные районы европейской части, где сосредоточено до 80% населения и производственного потенциала, приходится не более 10-15%. По величине местных и приходящих водных ресурсов Федеральные округа (ФО) различаются во много раз, так например Северо-Кавказский и Южный ФО являются самыми низко обеспеченными. Вода в них подаётся по обводнительно-оросительным системам, а именно Кубань-Егорлыкская, Кубань-Калаусская, Донская, Кумо-Манычская, Терско-Кумская [3]. Так, например в 2013г. забор воды в Южном ФО был равен около 12,00539 км³, из них использовано на производственные нужды – 22%, на хозяйственно-питьевые – 10%, на орошение – 40%, а потери воды при транспортировке составили – 28% это более ¼ всего забора воды, а в Северо-Кавказском ФО забор воды - 11,37623 км³ соответственно, из них использовано на нужды производства – 27%, на хозяйственно-питьевые – 8%, на орошение – 34%, а потери воды при транспортировке составили – 31% то есть каждый третий литр бесценной воды не доходит до потребителя. Даже в Крыму, наименее расходуящую воду (менее 100 м³ на одного жителя) в связи с перекрытием Украиной Северо-Крымского канала (СКК), потери составили в 2014, 2015г. более 25% [9].

Методика. Вопрос мониторинга водопользования актуален как некогда особенно на юге РФ, располагая столь значительными водными ресурсами и используя ежегодно в среднем не более 2% речного стока, РФ в целом ряде регионов испытывает дефицит в воде [1]. И главная причина в этом – крайне неравномерное распределение водных ресурсов по территории страны, которые не согласуются с потребностями в них, очень большой их временной изменчивостью, особенно в южных районах (таблица 1) [6].

Очень хорошо обеспечены водными ресурсами Дальневосточный и Сибирский ФО, несколько менее – Уральский и Северо-Западный; ограниченные водные ресурсы имеют наиболее густонаселённые округа – Приволжский, Центральный и Северо-Кавказский.

Различия по субъектам РФ в водных ресурсах ещё более велики. Наибольшие суммарные водные ресурсы имеют Красноярский край и Республика Саха (Якутия) (соответственно 930 и 959 км³/год), наименьшие – республики Крым, Калмыкия, Ингушетия, Белгородская, Курганская и Курская области: соответственно 0,83; 1,1; 1,7; 2,7; 3,5 и 3,8 км³/год. Около 15 субъектов РФ имеют водные ресурсы меньше 10 км³/год. При этом территории, расположенные в районах недостаточного увлажнения и обладающие очень ограниченными водными ресурсами, аналогично федеральным округам, имеют, как правило, очень большую их изменчивость, как в многолетнем разрезе, так и внутри года, что накладывает весьма значительные дополнительные трудности в решении проблем водообеспечения [4].

За последние годы водные проблемы существенно обострились в связи с антропогенными изменениями речного стока и изменением собственников водохранилищ,

водозаборных, водосбросных, водопропускных сооружений, которые неохотно вкладывают средства в их эксплуатацию, повышение надёжности и безопасность. В наиболее обжитых районах страны не осталось крупных рек, не нарушенных хозяйственной деятельностью, причём как на водосборах, так и в руслах самих рек.

Таблица 1 – Среднее многолетнее значение водных ресурсов в России

Субъект Российской Федерации	Население, тыс. чел.	Водные ресурсы, км ³ /год	Водообеспеченность одного жителя, тыс. м ³ /год	Количество ГТС
Южный ФО	16370.2	561.5	40.3	4134
Республика Адыгея	451.5	14.1	31.2	173
Республика Калмыкия	278.9	1.1	3.9	169
Краснодарский край	5514.3	23.0	4.2	1876
Астраханская обл.	1017.5	237.7	233.6	510
Волгоградская обл.	2545.2	258.6	101.6	370
Ростовская обл.	4235.6	26.1	6.2	1036
Республика Крым	1908.3	0.83	0.4	970
г. Севастополь	419.0	-	-	40
Северо-Кавказский ФО	9717.5	61.4	6.3	4836
Республика Дагестан	3015.6	20.5	6.8	75
Республика Ингушетия	473.3	1.7	3.6	19
Кабардино-Балкарская Республика	862.1	7.5	8.7	51
Карачаево-Черкесская Республика	467.6	6.1	13.0	254
Республика Северная Осетия-Алания	703.5	8.0	11.4	108
Чеченская Республика	1394.8	11.6	8.3	71
Ставропольский край	2800.6	6.0	2.1	4258
Центральный ФО	39091.2	328.2	8.4	9136
Северо-Западный ФО	13850.8	867.7	62.6	881
Приволжский ФО	29668.7	1490.9	50.3	9409
Уральский ФО	12306.2	1206.1	98.0	497
Сибирский ФО	19320.6	1975.7	102.3	1082
Дальневосточный ФО	6194.5	2458.7	396.9	374
Итого	146519.8	4119	28.1	30349

Существенное влияние на сток и качество воды оказали: агротехнические лесомелиоративные мероприятия; урбанизация, в результате которой сотни квадратных километров поверхности земли в каждом городе покрылись асфальтом; оросительные и осушительные мелиорации, охватившие ныне площади во многие миллионы гектаров; зарегулирование стока большим числом водохранилищ; значительные заборы воды на ирригацию, промышленное и коммунальное водоснабжение; сброс загрязнённых вод в водоисточники.

Водность рек Северо-Кавказского ФО в 2015 году либо соответствовала норме, как в республиках Дагестан и Кабардино-Балкарской, либо незначительно от неё отклонялась, в отличие от ситуации предыдущего года, когда картина водности была весьма контрастной. Наиболее низкая водность, -8,8% относительно нормы имела место в Республике Северной Осетии – Алании, наиболее высокая, 4,9% относительно нормы – в Карачаево-Черкесской Республике, единственном субъекте федерации округа, где водность была выше нормы. Уменьшение разнообразия водности стало следствием её снижения в республиках Кабардино-Балкарской, Северной Осетии – Алании, Чеченской, значительного снижения в

Карачаево-Черкесской Республике и Ставропольском крае и существенного роста в республиках Дагестан и Ингушетии. В целом по округу имело место повышение водности рек от значения -4,3° % в 2014 году, до значения, близкого к норме (0,4°%).

Картина водности рек Северо-Кавказского ФО сформировалась в результате снижения стока большинства рек округа при сохранении высокой водности основных рек северного склона Главного Кавказского хребта. Однако, как и прежде, естественная картина распределения водных ресурсов в немалой степени нарушалась масштабной межбассейновой и внутрибассейновой переброской стока. В Южном ФО продолжающееся падение стока Волги привело к значительному понижению водности приволжских областей Астраханской и Волгоградской, соответственно, до -16,7°% и -19,0°%. Водность в Ростовской области в 2015 г. дополнительно снизилась до значения -55,6°% относительно нормы, что обусловлено продолжением фазы низкой водности и резким снижением стока р. Дона.

Водные ресурсы Краснодарского края и Республики Адыгеи, превышавшие норму в 2014 году, были в 2015 году ниже нормы, соответственно, на 7,8°% и 20,6°%, что свидетельствует об изменении характера водности рек на территории этих субъектов федерации. В основе этого лежит резкое падение стока в бассейне Кубани.

Согласно данным Водного кадастра РФ за 2014°г. (Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество) происходит многолетнее катастрофическое снижение общих водных ресурсов на юге РФ. В целом по Южному ФО отклонение водных ресурсов от среднего многолетнего значения составило -17,2°% против -6,5°% в 2014 г. (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристики водных ресурсов на юге РФ за 2014°г.

Субъект Российской Федерации	Характеристики водных ресурсов, км ³ / год					
	Годовые				Многолетние	
	Местный сток	Приток	Отток	Общие водные ресурсы	Среднее значение	Наиболь- шее значение
Южный ФО	27.5	243.5	251.0	271.0	289.9	390.7
Астраханская область	0.0	223.9	212.2	223.9	237.7	332.7
Краснодарский край	14.8	10.2	22.1	25.0	23.0	32.2
Ростовская область	0.9	14.0	14.9	14.9	26.1	50.6
Волгоградская область	3.1	233.9	233.9	237.0	258.6	357.6
Республика Адыгея	4.7	10.9	13.3	15.6	14.1	17.6
Республика Калмыкия	3.4	0.3	1.0	3.7	1.1	3.7
Республика Крым	0.6	0.2	0.7	0.8	1.0	2.2
Северо-Кавказский ФО	25.2	1.9	23.3	26.8	28.0	35.8
Ставропольский край	1.2	5.7	6.4	6.9	6.0	8.0
Кабардино-Балкарская Республика	3.4	4.4	7.5	7.8	7.5	11.2
Республика Дагестан	5.9	12.2	16.0	18.1	20.7	27.1
Республика Ингушетия	0.3	1.0	1.3	1.3	1.7	2.7
Республика Карачаево-Черкессия	7.4	0.0	7.4	7.4	6.1	8.1
Республика Северная Осетия	3.7	3.9	7.6	7.6	8.0	10.5
Чеченская республика	3.3	8.3	10.8	11.6	11.6	14.7
Итого	52.7	245.4	274.3	297.8	317.9	427.5

В Республике Калмыкии водные ресурсы по-прежнему значительно превышали норму, что связано с сохранением повышенной водности рр. °Калауса и Кумы, вызванной не

только естественными факторами, но и ростом объёмов переброски стока в эти реки (таблица 3).

Таблица 3 - Динамика основных показателей использования водных ресурсов на юге России, млн. м³

Субъект Российской Федерации	Год	Забор воды из природных источников на все цели	Использовано свежей воды на нужды				Потери воды при транспортировке
			всего	производства	хозяйственно-питьевые	орошения	
Северо-Кавказский ФО	2000	12282.72	7570.14	2210.46	584.59	3556.90	3089.25
	2005	11689.69	7234.69	1963.35	528.18	3385.81	2949.89
	2006	11898.71	7354.47	2018.47	499.88	3414.73	3084.24
	2007	12072.94	7501.89	2247.79	522.74	3402.91	3054.80
	2008	11587.36	7425.02	2290.99	504.49	3267.59	2751.25
	2009	11289.31	6806.99	1968.99	508.94	3164.21	2629.14
	2010	12349.04	7635.17	2106.13	525.89	3259.05	2956.75
	2011	11041.35	7286.79	2120.18	517.89	2755.87	2733.59
	2012	11083.97	6788.78	2107.84	453.72	2731.42	3007.23
	2013	11376.23	6207.27	1782.58	455.14	2618.18	2820.51
	2014	11132.55	6185.39	1757.29	451.62	2601.29	2741.83
Южный ФО	2000	15247.59	9496.39	2601.43	1140.14	4745.67	2628.39
	2005	13856.89	7601.51	2052.61	885.84	3871.98	2460.18
	2006	13953.16	8025.17	2160.09	844.17	4276.17	2479.67
	2007	13570.68	8038.40	1956.60	867.74	4406.86	2495.10
	2008	13564.41	7731.57	1855.89	859.29	4204.45	2631.61
	2009	12929.52	7482.01	1650.99	854.45	4134.56	2503.70
	2010	13668.63	7465.06	1775.01	858.51	3953.34	2276.25
	2011	12693.13	7686.77	1593.50	775.50	4477.73	2189.12
	2012	11817.90	7270.76	1532.99	795.45	4082.51	2189.36
	2013	12005.39	7107.91	1559.87	732.27	3511.52	2016.07
2014	12278.47	7173.38	1572.58	788.31	3587.29	2029.64	

Запасы воды в Краснодарском водохранилище увеличились на 0,03 км³, что привело к повышению уровня этого водоёма на 0,14 м. В Цимлянском водохранилище запасы воды в 2015 г. уменьшились на 0,60 км³, а его уровень понизился на 0,18 м. Водные ресурсы Крыма были значительно выше среднего многолетнего значения, в отличие от 2014 г., когда они были ниже нормы. Произошло это, главным образом, за счёт резкого роста стока большинства рек полуострова. Некоторый рост поступления воды по СКК был весьма незначительным и практически не изменил картину водности округа. Наиболее остро проблема водообеспеченности стоит в Крыму, где большинство рек зарегулированы водохранилищами и используются для нужд водоснабжения и орошения [10].

В настоящее время более 80% водопроводящих сооружений (ВПС) на юге РФ отработали значительно свой нормативный срок эксплуатации. В то же время отмечается одновременное возрастание нагрузки на стареющие ГТС, что при отсутствии необходимых квалифицированных кадров и технической ремонтной базы неизбежно приведёт к росту числа аварий, обусловленных эксплуатационными причинами.

Происходит повсеместное сокращение площади мелиоративных земель на юге РФ (таблица 4), что обусловлено катастрофической проблемой нехватки водных ресурсов, так и стареющих гидротехнических сооружений.

Таблица 4 – Сокращение площади мелиоративных земель на юге РФ

Субъект Российской Федерации	Площади мелиорированных земель, тыс. га			
	Проектные	Фактические		
		2013г.	2014г.	2015г.
Южный ФО	1620.0	1337.9	1093.5	1014.5
Астраханская область	84.1	211.1	210.6	210.6
Краснодарский край	386.5	386.5	352.5	313.4
Ростовская область	384.4	260.1	229.3	228.7
Волгоградская область	255.2	233.4	201.4	178.8
Республика Адыгея	27.3	25.4	25.3	24.9
Республика Калмыкия	81.1	80.9	57.3	44.7
Республика Крым	401.4	140.5	17.1	13.4
Северо-Кавказский ФО	1472.1	1058.9	1044.2	992.3
Ставропольский край	649.4	278.6	274.3	248.4
Кабардино-Балкарская Республика	130.7	130.7	130.7	129.9
Республика Дагестан	395.6	396.3	395.6	384.2
Республика Ингушетия	45.1	21.8	20.1	18.4
Республика Карачаево-Черкессия	19.9	18.2	17.5	15.4
Республика Северная Осетия	94.8	76.7	72.5	70.3
Чеченская республика	136.6	136.6	133.5	125.7
Итого	3092.1	2396.8	2137.7	2006.8

Результаты исследований. По данным «Мелиоративного кадастра», в РФ эксплуатируются более 150 тыс. км ВПС, построенных в 50 – 70-е гг. прошлого века. Только на юге более 10 тыс. шт. объектов и более 20 тыс. км находящихся в Федеральной собственности (таблица 5). Более половины ВПС требуют восстановления, так как проектный срок их эксплуатации составляет более 30 лет и дальнейшее увеличение их возраста приводит к снижению их надёжности и безопасности.

Общее количество поднадзорных Ростехнадзору комплексов ГТС водохозяйственного комплекса 28 552, из них 3 496 бесхозных ГТС.

В ведении Минсельхоза РФ в состав мелиоративно-водохозяйственного комплекса Федеральной собственности входит более 60 тыс. различных ГТС, в том числе – более 50 тыс. км – водопроводящих и сбросных каналов и 5,3 тыс. км – трубопроводов [13].

Остаточный ресурс ВПС позволяет установить безопасный срок их эксплуатации без ограничений или с ограничениями, либо принять решение о ремонте или ликвидации сооружений и части его элементов [2]. Основным свойством, определяющим ресурс системы, является надёжность её элементов, т.е. надёжность и безотказность работы в течение определённого срока эксплуатации. Надёжность и безотказность работы системы в целом определяется из условия, что каждый элемент системы может находиться в одном из двух состояний – работоспособном или отказа [12].

Существующие методики обследования ГТС [5, 11, 14, 15, 18, 19] направлены на оценку в целом пригодности несущих конструкций сооружений к дальнейшей эксплуатации.

Мониторинг проводится с учётом действующих нормативных документов по проектированию, изготовлению и спецификации эксплуатации, также он выделяет основные требования к процессу проведения измерений технического состояния сооружений с применением современных приборов неразрушающего контроля, а именно разработанного программно-технического комплекса (ПТК) для проведения эксплуатационного мониторинга технического состояния ВПС, который предназначен для определения параметров различных дефектов и повреждений, а также расчёта прогнозируемого срока остаточного ресурса их элементов [8]. С его помощью можно провести оценку каждого дефекта, а также

остаточного ресурса до потери несущей способности железобетонных элементов ВПС. ПТК позволяет также оценить влияние ряда факторов на надёжность сооружения, наиболее характерным из которых являются фильтрация, истирание, процессы выщелачивания и степень износа по участкам с различными гидравлическими характеристиками [17].

Таблица 5 - Наличие объектов водопроводящих сооружений на юге РФ

Субъект Российской Федерации	Общее количество сооружений на мелиоративной сети, включая водо-заборные, шт	Протяжённость каналов, км						Общая протяжённость трубо-проводов, км
		Общая	До 1 м ³ /с	1-5 м ³ /с	5-10 м ³ /с	10-30 м ³ /с	30-50 м ³ /с	
Южный ФО	7158	20277.7	10119.9	3010.7	2693.5	3975.9	1115.3	2601.2
Астраханская область	301	804.9	80.7	130.6	232.8	360.8	нет данных	46.9
Краснодарский край	489	3162.4	105.1	1066.8	301.2	1191.2	153.6	2048.2
Ростовская область	1384	2154.4	466.8	760.2	254.7	302.1	370.6	319.8
Волгоградская область	476	1376.3	30.4	382.2	358.6	206.3	40.9	186.3
Республика Адыгея	136	308.5	10.7	96.8	28.7	155.7	16.6	нет данных
Республика Калмыкия	12	1722.1	179.1	574.1	472.1	257.7	239.1	нет данных
Республика Крым	4360	10749.2	9247.1	нет данных	1045.4	1502.1	294.5	нет данных
Северо-Кавказский ФО	7181	10987.6	1437.4	3950.8	2652.3	880.5	496.2	1016.9
Ставропольский край	2644	2614.9	219.8	772.9	476.1	556.1	397.1	193.7
Кабардино-Балкарская Республика	2031	1138.5	нет данных	958.8	84.7	94.8	нет данных	24.3
Республика Дагестан	826	4911.9	1053.1	1826.1	1777.8	156.1	99.1	286.7
Республика Ингушетия	806	530.2	54.2	74.1	228.9	73.5	нет данных	6.5
Республика Карачаево-Черкессия	52	3.6	нет данных	3.6	нет данных	нет данных	нет данных	366.2
Республика Северная Осетия	822	510.4	110.3	315.3	84.8	нет данных	нет данных	32.3
Чеченская республика	нет данных	1278.1	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	107.2
Итого	14339	31265.3	11557.3	6961.5	5345.8	4856.4	1611.5	3618.1

ПТК может быть оснащён различными схемами рам, копирующими форму ВПС [7], его применение позволяет повысить качество проведения эксплуатационного мониторинга, а главное, значительно ускорить обследование на наличие дефектов и повреждений неразрушающими методами контроля, обнаружить разуплотнение и просадку грунта вокруг

сооружения. В совокупности всё это позволяет провести достоверную оценку технического состояния ВПС [16]. В программной среде ПТК предусмотрена возможность расчёта геометрических характеристик дефектов и также проводить классификацию дефектов и координатную привязку с помощью системы ГЛОНАСС, чтобы при следующем осмотре констатировать изменения дефектов и повреждений за период эксплуатации.

Выводы.

1. Национальный стандарт ГОСТ Р 22.1.12-2005 позволяет сформулировать основные требования к постоянному мониторингу водопроводящих сооружений.
2. Ведение Государственного водного реестра (ГВР) осуществляется в соответствии со ст. 31 Водного кодекса РФ, постановлением Правительства РФ от 28.04.2007 г. № 253 «О порядке ведения государственного водного реестра», приказом МПР России от 16.07.2007 г. № 186 «Об утверждении Правил внесения сведений в государственный водный реестр», приказом МПР России от 29.05.2007 г. № 138 «Об утверждении формы государственного водного реестра», позволяет сформулировать основные требования к эксплуатационному мониторингу водопроводящих сооружений.
3. Качественный мониторинг ВПС позволяет оценить изменение напряжённо-деформированного состояния во времени при различных сочетаниях нагрузок.
4. Анализ неудовлетворительного состояния отдельных ВПС юга России свидетельствует о нерешённых проблемах с их эксплуатацией. Недостаточностью средств выделяемых на многофакторную оценку фактов влияющих на их надёжность и безопасность. Низкой квалификацией эксплуатирующего персонала.

Литература

1. Балонин, Н.А. Новые информационные технологии мониторинга гидротехнических сооружений [Текст] / Н.А. Балонин, П.А. Гарибин, В.Е. Марлей // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. - 2009. - № 4. - С. 150-154.
2. Бандурин, М.А. Проблемы определения остаточного ресурса технического состояния закрытых водосбросов низконапорных гидроузлов [Текст] / М.А. Бандурин // Инженерный вестник Дона. – 2014. - №1. - URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2279
3. Бандурин, М.А. Проблемы оценки остаточного ресурса длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений [Текст] / М.А. Бандурин // Инженерный вестник Дона. - 2012. - № 3. - URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/891
4. Бандурин, М.А. Совершенствование методов продления жизненного цикла технического состояния длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений [Текст] / М.А. Бандурин // Инженерный вестник Дона. – 2013. - №1. - URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1510
5. Бойкова, И.Г. Оценка технического состояния и эксплуатационной надёжности гидротехнических сооружений [Текст] / И.Г. Бойкова, В.В. Верменко, М.Н. Волохова, Л.Н. Муратова // Водоснабжение и санитарная техника. - 2012. - № 11. - С. 39-43.
6. Волосухин, В.А. Мониторинг, диагностика и остаточный ресурс несущих конструкций сборных водоподъемных низконапорных щитовых плотин [Текст] / В.А. Волосухин, М.А. Бандурин // Вестник Донского государственного аграрного университета. - 2015. - № 4-1 (18). - С. 61-71.
7. Волосухин, В.А. Программно-технический комплекс для проведения мониторинга и определения остаточного ресурса длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений [Текст] / В.А. Волосухин, М.А. Бандурин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. -2013. - № 1. - С. 57-68.
8. Волосухин, В.А. Мониторинг безопасности гидротехнических сооружений низконапорных водохранилищ и обводнительно-оросительных систем [Текст] /

В.А.Волосухин, М.А. Бандурин, Я.В. Волосухин ; под общей редакцией В.А. Волосухина. - Новочеркасск, 2010.

9. Дубенок, Н.Н. Состояние и перспективы водообеспечения республики Крым [Текст] / Н.Н., Дубенок, В.И. Ляшевский // Мелиорация и водное хозяйство. - 2015. - № 3. - С. 8-11.

10. Кизяев, Б.М. Проблемы водоснабжения на Крымском полуострове и поиск их решения [Текст] / Б.М. Кизяев, С.Д. Исаева // Мелиорация и водное хозяйство. - 2014. - № 3. - С. 2-6.

11. Косиченко, Ю.М. Критерии эксплуатационной надежности оросительных каналов [Текст] / Ю.М. Косиченко, М.Ю. Косиченко, Ю.И. Иовчу // Природообустройство. - 2008. - № 1. - С. 70-73.

12. Кузнецов, А.С. Применение точечных волоконнооптических датчиков на гидротехнических сооружениях строящейся Зарамагской ГЭС-1 [Текст] / А.С. Кузнецов, В.В. Дубок, А.Л. Макушин // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева. - 2014. - № 273. - С. 36-44.

13. Малаханов, В.В. Совершенствование мониторинга состояния и декларирования безопасности гидротехнических сооружений [Текст] / В.В. Малаханов, Д.В. Кузнецов // Гидротехническое строительство. - 2016. - № 1. - С. 41-53.

14. Натальчук, М.Ф. Эксплуатация гидромелиоративных систем [Текст] / Н.М. Щербакова, В.И. Ольгаренко, В.А. Сурин. - М. : Колос, 1995. — 320 с., ил. — (Учебники и учеб. пособия для высш.учеб. заведений)

15. Ольгаренко, В.И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем [Текст] : учебник / В. И. Ольгаренко, Г.В. Ольгаренко, В.Н. Рыбкин. – Коломна : Инлайт, 2006. - 391с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).

16. Пат. 2368730 РФ, МПК E02B 13/00. Способ проведения эксплуатационного мониторинга технического состояния лотковых каналов оросительных систем [Текст] / М. А. Бандурин, В. А. Волосухин. - № 2008100926/03 ; заявл. 09.01.2008 ; опубл. 27.09.2009, Бюл. № 27

17. Пат. 2458204 РФ, МПК E02B 13/00. Устройство для проведения эксплуатационного мониторинга водопроводящих каналов [Текст] / М. А. Бандурин, В. А. Волосухин, В. А. Бандурин, Я.В. Волосухин. - № 2010111995/13 ; заявл. 29.03.2010 ; опубл. 10.08.2012, Бюл. № 22

18. Голованов, А.И. Природообустройство [Текст] / А.И. Голованов, Ф.М. Зимин, Д.В. Козлов. – М. : КолосС, 2008. – 552 с.

19. Щедрин, В.Н. Правила эксплуатации отдельно расположенных гидротехнических сооружений [Текст] / В.Н. Щедрин, Ю.М. Косиченко, Е.И. Шкуланов, Г.Л. Лобанов // депонированная рукопись 01.08.2013 № 221-B2013.

References

1. Balonin N.A., Garibin P.A., Marlej V.E. Novye informacionnye tehnologii monitoringa gidrotehnicheskikh sooruzhenij [New information technology for monitoring of hydraulic structures]// Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova. 2009. № 4. P. 150-154.

2. Bandurin M.A. Problemy opredelenija ostatochnogo resursa tehničeskogo sostojanija zakrytyh vodosbrosov nizkonapornyh gidrouzlov [problems of definition of a residual resource of technical condition of closed spillway low-pressure hydrosystems]// Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, №1 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2279

3. Bandurin M.A. Problemy ocenki ostatochnogo resursa dlitel'no jekspluatiruemyh vodoprovodjashhih sooruzhenij [Problems of assessment of a residual resource it is long maintained water carrying out constructions]// Inzhenernyj vestnik Dona, 2012. № 3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/891

4. Bandurin M.A. Sovershenstvovanie metodov prodlenija zhiznennogo cikla tehničeskogo sostojanija dlitel'no jekspluatiruemyh vodoprovodjashhih sooruzhenij[Perfection of methods of extending the life cycle of technical condition of long operated water conveyance structures]// Inženernyj vestnik Dona, 2013, №1 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1510
5. Bojkova I.G., Vermenko V.V., Volohova M.N., Muratova L.N., Rozanov N.N., Timofeeva E.A. Ocenka tehničeskogo sostojanija i jekspluacionnoj nadezhnosti gidrotehničeskix sooruzhenij [Assessment of technical condition and operational reliability of hydraulic structures]// Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika. 2012. № 11. P. 39-43.
6. Volosuhin V.A., Bandurin M.A. Monitoring, diagnostika i ostatochnyj resurs nesushhih konstrukcij sbornyh vodopodzemnyh nizkonapornyh shhitovyh plotin[Monitoring, diagnostics and residual life of load-bearing structures of prefabricated low-pressure water-lifting shield dams]// Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 4-1 (18). P. 61-71.
7. Volosuhin V.A., Bandurin M.A. Programmno-tehničeskij kompleks dlja provedenija monitoringa i opredelenija ostatochnogo resursa dlitel'no jekspluatiruemyh vodoprovodjashhih sooruzhenij[Software and hardware for monitoring and definition of a residual resource it is long maintained water carrying out constructions]// Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehničeskogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. 2013. № 1. P. 57-68.
8. Volosuhin V.A., Bandurin M.A., Volosuhin Ja.V., Gorobchuk E.N., Voropaev V.I., Belogaj S.G. Monitoring bezopasnosti gidrotehničeskix sooruzhenij nizkonapornyh vodohranilishh i obvodnitel'no-orositel'nyh sistem[Monitoring of safety of hydraulic structures, low-pressure reservoirs and watering and irrigation systems]// Pod obshej redakciej V.A. Volosuhina. Novočerkassk, 2010.
9. Dubenok N.N., Ljashevskij V.I. Sostojanie i perspektivy vodoobespečenija respubliki Krym [Status and prospects of water supply of the Republic of Crimea]/ Melioracija i vodnoe hozjajstvo. 2015. № 3. P. 8-11.
10. Kizjaev B.M., Isaeva S.D. Problemy vodosnabzhenija na Krymskom poluostrove i poisk ih reshenija [The problem of water supply in the Crimean Peninsula and to find their solutions]/ Melioracija i vodnoe hozjajstvo. 2014. № 3. S. 2-6.
11. Kosichenko Ju.M., Kosichenko M.Ju., Iovchu Ju.I. Kriterii jekspluacionnoj nadezhnosti orositel'nyh kanalov[Criteria of operational reliability of irrigation canals]// Prirodoobustrojstvo. 2008. № 1. P. 70-73.
12. Kuznecov A.S., Dubok V.V., Makushin A.L., Sergeev I.V., Shelemba I.S., Granev I.V. Primenenie točechnyh volokonnooptičeskix datchikov na gidrotehničeskix sooruzhenijah strojashhejsja Zaramagskoj GJeS-1[The use of point fiber-optic sensors for hydraulic structures under construction of Zaramag HPS-1]// Izvestija Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrotehniki im. B.E. Vedeneeva. 2014. № 273. P. 36-44.
13. Malahanov V.V., Kuznecov D.V. Sovershenstvovanie monitoringa sostojanija i deklarirovanija bezopasnosti gidrotehničeskix sooruzhenij[Improving monitoring of the status and Declaration of safety of hydraulic structures]// Gidrotehničeskoe stroitel'stvo. 2016. № 1. S. 41-53.
14. Natal'čuk M.F., Ol'garenko V.I., Surin V.A. Jekspluacija gidromeliorativnyh sistem [Operation of hydrotechnical]// redaktor N.M.Shherbakova. M.: Kolos, 1995. — 320 p., il. — (Učebniki i učeb. posobija dlja vyssh.učeb. zavedenij)
15. Ol'garenko V.I., Ol'garenko G.V., Rybkin V.N. Jekspluacija i monitoring meliorativnyh sistem: učebnik [Operation and monitoring of irrigation and drainage systems]/ V. I.Ol'garenko, G.V. Ol'garenko, V.N. Rybkin - Kolomna.: Inlajt, 2006-391s.: il. - (Učebniki i učeb. posobija dlja studentov vyssh. učeb. zavedenij).
16. Pat. 2368730 RF, MPK E02B 13/00. Sposob provedenija jekspluacionnogo monitoringa tehničeskogo sostojanija lotkovyx kanalov orositel'nyh sistem [Pat. 2368730 OF THE RUSSIAN FEDERATION, IPC E02B 13/00. A method of performance monitoring of the technical condition of the gutter channels of irrigation systems]/ M. A. Bandurin, V. A. Volosuhin. - № 2008100926/03; zjavl. 09.01.2008 ; opubl. 27.09.2009, Bjul. № 27

17. Pat. 2458204 RF, MPK E02B 13/00. Ustrojstvo dlja provedenija jekspluacionnogo monitoringa vodoprovodjashhих kanalov [Pat. 2458204 OF THE RUSSIAN FEDERATION, IPC E02B 13/00. The device for carrying out operational monitoring of water conveyance channels]/ M. A. Bandurin, V. A. Volosuhin, V. A. Bandurin, Ja.V. Volosuhin. - № 2010111995/13; zajavl. 29.03.2010 ; opubl. 10.08.2012, Bjul. № 22
18. Prirodoobustrojstvo[Environmental engineering]. Golovanov A. I., Zimin F. M., Kozlov D. V. i dr. – M.: KolosS, 2008. – 552 p.
19. Shhedrin V.N., Kosichenko Ju.M., Shkulanov E.I., Lobanov G.L., Savenkova E.A., Korenovskij A.M. Pravila jekspluacii otdel'no raspolozhennyh gidrotehnicheskikh sooruzhenij[Rules of operation of separate hydraulic structures]// deponirovannaja rukopis' № 221-V2013 01.08.2013

Волосухин Виктор Алексеевич – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Строительная механика» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А.К. Кортунова – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет». E-mail: mail@academy-gts.ru

Бандурин Михаил Александрович – кандидат технических, доцент кафедры «Строительная механика» ФГБОУ ВО Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова. E-mail: chepura@mail.ru.