



## Необходимость системы постоянного мониторинга водопроводящих сооружений для рационального водопользования на юге России

*М.А. Бандурин*

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
им. М.И. Платова, Новочеркасск*

**Аннотация:** В данной статье рассмотрены вопросы рационального водопользования на юге России. Представлена необходимость реализации новых систем постоянного мониторинга применительно к длительно эксплуатируемым водопроводящим сооружениям. В настоящее время более 80 % водопроводящих сооружений на юге России отработали значительно свой нормативный срок эксплуатации. В то же время отмечается одновременное возрастание нагрузки на стареющие гидротехнические сооружения, что при отсутствии необходимых квалифицированных кадров и технической ремонтной базы неизбежно приведёт к росту числа аварий, обусловленных эксплуатационными причинами.

**Ключевые слова:** мониторинг, водопроводящие сооружения, остаточный ресурс, рациональное водопользование, параметры надежности, технические состояние.

Российская Федерация (РФ) стабильно входит в группу стран мира, наиболее обеспеченных водными ресурсами. Это касается не только общих запасов и возобновляемых ресурсов, но и удельных значений (в расчете на 1 жителя и др.). Однако, располагая столь значительными водными ресурсами и используя в среднем не более 2 % речного стока ежегодно, РФ в целом ряде регионов испытывает дефицит в воде.

На наиболее освоенные районы европейской части РФ, где сосредоточено до 80 % населения и производственного потенциала, приходится не более 10-15 % водных ресурсов. По величине местных и приходящих водных ресурсов Федеральные округа (ФО) РФ различаются во много раз, так например Крымский, Северо-Кавказский и Южный ФО являются самыми менее обеспеченными [1]. Республики Калмыкия – 1.1 км<sup>3</sup>/год, Ингушетия – 1.7 км<sup>3</sup>/год, г. Севастополь – 1.1 км<sup>3</sup>/год находятся в зоне опасных показателей, а вот республики Крым – 26.1 км<sup>3</sup>/год, Адыгея – 14.1 км<sup>3</sup>/год, Карачаево-Черкесская – 6.1 км<sup>3</sup>/год, Северная Осетия – Алания – 8.1 км<sup>3</sup>/год, Ставропольский край – 6.0 км<sup>3</sup>/год и др. также испытывают большой дефицит воды.

Согласно данным Водного кадастра РФ за 2014 год (Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество) [2, 3] происходит многолетнее катастрофическое снижение общих водных ресурсов на юге РФ (табл. № 1).

Таблица № 1

Характеристики водных ресурсов на юге РФ за 2014 г.

Субъект Российской Федерации	Характеристики водных ресурсов, км <sup>3</sup> /год					
	Годовые				Многолетние	
	Местный сток	Приток	Отток	Общие водные ресурсы	Среднее значение	Наибольшее значение
<b>Южный ФО</b>	<b>26.9</b>	<b>243.3</b>	<b>250.3</b>	<b>270.2</b>	<b>288.9</b>	<b>389.5</b>
Астраханская область	0.0	223.9	212.2	223.9	237.7	332.7
Краснодарский край	0.0	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
<b>Северо-Кавказский ФО</b>	<b>25.2</b>	<b>1.9</b>	<b>23.3</b>	<b>26.8</b>	<b>28.0</b>	<b>35.8</b>
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
<b>Крымский ФО</b>	<b>0.6</b>	<b>0.2</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>1.0</b>	<b>2.2</b>
<b>Итого</b>	<b>52.7</b>	<b>245.4</b>	<b>274.3</b>	<b>297.8</b>	<b>317.9</b>	<b>427.5</b>

Основой водных ресурсов РФ является речной сток, формирующийся в пределах страны и только около 5 % поступающий с территорий сопредельных государств. Бессточный внутренний бассейн Каспия занимает большую европейскую часть РФ. При этом в Каспийско-Азовском регионе, на который приходится лишь примерно 8 % территории [4], проживает порядка 80 % населения РФ и сосредоточена основная часть хозяйственной

инфраструктуры. На освоенных территориях сток рек составляет около 800 км<sup>3</sup>/год, в том числе в наиболее заселённых и экономически развитых районах европейской части – лишь 360 км<sup>3</sup>/год.

По Южному ФО отклонение водных ресурсов от среднего многолетнего значения составило – 6.5 % против – 11.6 % в 2013 г. Резкое падение стока р. Волги изменило характер водности приволжских областей (Астраханской и Волгоградской) и понизило их водность до значений ниже нормы, соответственно, на 5.8 % и 8.4 %. Резкий рост стока левых притоков р. Кубани, приблизивший сток самой р. Кубани к норме, и столь же резкое снижение стока рек Черноморского побережья привели к тому, что водность Краснодарского края претерпела весьма малое изменение, превысив среднее многолетнее значение на 8.7 % против 9.6 % в 2013 г. Водность Республики Адыгеи, напротив, значительно возросла по сравнению с 2013 г. и превысила норму на 10.6 % благодаря резкому росту стока рр. Лабы и Белой. Водность в Ростовской области дополнительно снизилась в 2014 г. по сравнению с весьма низким уровнем 2013 г., и ее отклонение от нормы составило - 42.9 %. Ситуация в Ростовской области была обусловлена продолжением фазы низкой водности р. Дона. В Республике Калмыкии, как и прежде, водность значительно превышала норму, что связано с сохранением повышенной водности рр. Калаусы и Кумы, вызванной не только естественными факторами, но и ростом объемов переброски стока [4, 5].

Северо-Кавказский ФО имеет тенденцию к некоторому снижению водности рек от значения, превышавшего норму на 12.1 % в 2013 г., до значения, близкого к норме (4.3 %). В субъектах округа характер изменения водность значительно различался. Снижение водности до значений, существенно меньших нормы, было отмечено в двух республиках – Дагестане и Ингушетии. В Чеченской Республике водность снизилась до нормы, а в республиках – Кабардино-Балкарии и Северной Осетии-Алании

---

осталась близкой к норме. Рост водности до значений, существенно превышающих норму, имел место в Карачаево-Черкесской Республике и в Ставропольском крае [6].

Картина водности рек Северного Кавказа, а также Республики Адыгеи была противоположной картине 2014 г., она характеризовалась тем, что сток рек северного склона Главного Кавказского хребта постепенно снижался в направлении с запада на восток от повышенных значений до значений намного ниже нормы [7]. Как и прежде, естественная картина распределения водных ресурсов в немалой степени нарушалась масштабной межбассейновой и внутрибассейновой переброской стока.

Водные ресурсы Крымского ФО были значительно меньше среднего многолетнего значения, в отличие от 2013 г., когда они превышали его на 50 %. Местный сток рек округа при этом не изменился и остался на довольно низком уровне (38.1 % от нормы). Уменьшение водных ресурсов произошло по причине беспрецедентного сокращения поступления воды на полуостров по Северо-Крымскому каналу [8].

Климат Краснодарского края складывается под воздействием циркуляционных процессов южной зоны умеренных широт. На климат района значительное влияние оказывают Чёрное и Азовское моря, которые являются дополнительными источниками влаги. В связи с этим характерной особенностью климата является обилие солнечного света и тепла. Годовое количество осадков (среднемноголетнее) 590 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в мае-июне, наименьшее в сентябре-октябре. Испаряемость с водной поверхности составляет 900-1100 мм, что значительно превышает количество осадков, причём большая часть приходится на период с мая по сентябрь [9].

В настоящее время более 80 % водопроводящих сооружений на юге РФ отработали значительно свой нормативный срок эксплуатации. В то же время

---

отмечается одновременное возрастание нагрузки на стареющие гидротехнические сооружения, 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 (табл. № 2) [10], что обусловлено катастрофической проблемой нехватки водных ресурсов, так и стареющих гидротехнических сооружений.

Таблица №2

Сокращение площади мелиоративных земель на юге РФ

Субъект Российской Федерации	Площади мелиорированных земель, тыс. га			
	Проектные	Фактические		
		2013г.	2014г.	2015г.
<b>Южный ФО</b>	<b>1218.6</b>	<b>1197.4</b>	<b>1076.4</b>	<b>1001.1</b>
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
<b>Северо-Кавказский ФО</b>	<b>1472.1</b>	<b>1058.9</b>	<b>1044.2</b>	<b>992.3</b>
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
<b>Крымский ФО</b>	<b>401.4</b>	<b>140.5</b>	<b>17.1</b>	<b>13.4</b>
<b>Итого</b>	<b>3092.1</b>	<b>2396.8</b>	<b>2137.7</b>	<b>2006.8</b>

Современная надежная эксплуатация воодопроводящих сооружений обеспечивается высоким уровнем проектных разработок, строительства и грамотной эксплуатации высококвалифицированным персоналом. В связи с

этим возникла потребность в поиске новых современных методов определения количественных оценок надёжности остаточного ресурса длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений для получения возможности выполнения их заблаговременного ремонта и предотвращения дальнейшего разрушения [11].

По данным «Мелиоративного кадастра», в РФ [12] эксплуатируются более 150 тыс. км водопроводящих сооружений, построенных в 50 – 70 годы прошлого века. Только на юге более 10 тыс. шт. объектов и более 20 тыс. км находящихся в Федеральной собственности [13] (табл. № 3), которые находятся на балансе Минсельхоза России и они, как правило, расположены на магистральных каналах, а сооружения расположенные на межхозяйственной сети находятся на балансе сельхозпроизводителя, а в ряде субъектов РФ без хозяина [14]. Более половины водопроводящих сооружений требуют восстановления, так как проектный срок их эксплуатации составляет более 30 лет и дальнейшее увеличение их возраста приводит к снижению их надёжности и безопасности [15].

Остаточный ресурс водопроводящих сооружений позволяет установить безопасный срок их эксплуатации без ограничений или с ограничениями, либо принять решение о ремонте или ликвидации сооружений и части его элементов [16].

Основным свойством, определяющим ресурс системы, является надёжность ее элементов, т.е. надёжность и безотказность работы в течение определенного 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 [11, 12, 17, 18, 19].

Таблица №3

Наличие объектов водопроводящих сооружений на юге РФ

Субъект Российской Федерации	Общее количество ГТС на мелиоративной сети, включая водозаборные, шт	Протяжённость каналов, км						Общая протяжённость трубопроводов, км
		Общая	До 1 м <sup>3</sup> /с	1-5 м <sup>3</sup> /с	5-10 м <sup>3</sup> /с	10-30 м <sup>3</sup> /с	30-50 м <sup>3</sup> /с	
<b>Южный ФО</b>	<b>2798</b>	<b>9528.5</b>	<b>872.8</b>	<b>3010.7</b>	<b>1648.1</b>	<b>2473.8</b>	<b>820.8</b>	<b>2601.2</b>
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
<b>Северо-Кавказский ФО</b>	<b>7181</b>	<b>10987.6</b>	<b>1437.4</b>	<b>3950.8</b>	<b>2652.3</b>	<b>880.5</b>	<b>496.2</b>	<b>1016.9</b>
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
<b>Крымский ФО</b>	<b>4360</b>	<b>10749.2</b>	<b>9247.1</b>	нет данных	<b>1045.4</b>	<b>1502.1</b>	<b>294.5</b>	нет данных
<b>Итого</b>	<b>14339</b>	<b>31265.3</b>	<b>11557.3</b>	<b>6961.5</b>	<b>5345.8</b>	<b>4856.4</b>	<b>1611.5</b>	<b>3618.1</b>



Интегральная оценка риска аварии водопроводящих сооружений [20]:

- $R_a < 0,15$  – нормальный уровень;
- $0,15 < R_a < 0,30$  – пониженный уровень;
- $0,30 < R_a < 0,50$  – неудовлетворительный уровень;
- $R_a > 0,50$  – опасный уровень.

Работоспособность подсистемы  $R_{n.c.j}$ :  $R_{n.c.j} = 1 - \Phi_{n.c.}$

где  $\Phi_{n.c.}$  – физический износ подсистемы,:

$$\Phi_{n.c.} = \frac{\sum_{j=1}^m \Phi_{kj} \cdot Z_j}{\sum_{j=1}^m Z_j};$$

Физический износ водопроводящих сооружений можно аппроксимировать некоторой функцией, динамически меняющейся во времени. Вид функции оценивается в зависимости от многих факторов:

- текущего и капитального ремонтов;
- технической эксплуатации;
- уровня воздействия динамических нагрузок на фундаменты;
- влияния техногенных процессов;
- изменения геотехнического состояния оснований фундаментов;
- старения материала конструкций водопроводящего сооружения под действием атмосферных воздействий.

Физический износ сооружений подсистемы [11]:  $\Phi_{kj} = \sum_{i=1}^n \Phi_i \cdot \frac{P_i}{P_k}$

Оценки вероятности (1) работоспособного состояния системы:

$$\prod_{j=1}^k \left( 1 - \prod_{i \in kj} q_i \right) \leq R[\varphi(\chi)] \leq 1 - \prod_{j=1}^P \left( 1 - \prod_{i \in Pj} r_i \right) \quad (1)$$

Определим остаточный ресурс:  $P = \frac{(P(j(\chi)) - 0,75) \cdot 100\%}{k_{зд}}$  (2)

Существующие методики обследования гидротехнических конструкций [21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28] направлены на оценку в целом



пригодности несущих конструкций сооружений к дальнейшей эксплуатации. При проведении обследований оросительных лотковых каналов появился ряд вопросов по характеру выявления повреждений и дефектов, а также по прогнозированию технического состояния на определённый период времени [29]. Поэтому появилась необходимость в создании методики по обследованию и прогнозированию технического состояния лотковых каналов оросительных систем.

Мониторинг проводится с учётом действующих нормативных документов по проектированию, изготовлению и специфики эксплуатации [30, 31], также он выделяет основные требования к процессу проведения измерений технического состояния сооружений с применением современных приборов неразрушающего контроля.

Результаты оценки технического состояния являются исходными данными для составления заключения о состоянии обследуемых объектов.

### **Выводы:**

1. Национальный стандарт ГОСТ Р 22.1.12-2005 позволяет сформулировать основные требования к постоянному мониторингу водопроводящих сооружений.

2. Качественный постоянный мониторинг водопроводящих сооружений позволяет оценить изменение напряженно-деформированного состояния при различных сочетаниях нагрузок.

3. Анализ неудовлетворительного состояния отдельных водопроводящих сооружений юга РФ свидетельствует о высоком количестве сооружений с неудовлетворительным и опасным уровнем безопасности.

### **Литература**

---



1. Айдаркина Е.Е. Водопользование Ростовской области: основные проблемы и пути их решения// Приволжский научный вестник. 2012. № 12 (16). С. 43-49.
2. Малаханов В.В., Кузнецов Д.В. Совершенствование мониторинга состояния и декларирования безопасности гидротехнических сооружений// Гидротехническое строительство. 2016. № 1. С. 41-53.
3. Волосухин В.А. Бондаренко В.Л. Факторы, определяющие безопасность гидротехнических сооружений водохозяйственного назначения// Наука и безопасность. 2014. № 3 (12). С. 7-8.
4. Бандурин М.А., Волосухин В.А. Мониторинг сооружений водного хозяйства// Инновационные пути развития агропромышленного комплекса: задачи и перспективы Правительство Ростовской области, Министерство сельского хозяйства и продовольствия; ФГБОУ ВПО АЧГАА. 2012. С. 98-101.
5. Wright A.G. International team to plug leaky dam with secant pile wall / ENR. 2002. V. 248. № 24. 14 p.
6. Бандурин М.А. Совершенствование методов продления жизненного цикла технического состояния длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений// Инженерный вестник Дона, 2013, №1 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1510](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1510)
7. Бандурин М.А. Совершенствование методов проведения эксплуатационного мониторинга и определения остаточного ресурса водопроводящих сооружений// Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2013. № 1 (09). С. 68-79.
8. Лисовский А.А. Поверхностные водные объекты Крыма/ справочник – Симферополь: Из-во Крымчупедгиз, 2011. - 242 с.
9. Волосухин Я.В., Бандурин М.А. Проведение эксплуатационного мониторинга с применением неразрушающих методов контроля и

автоматизация моделирования технического состояния гидротехнических сооружений // Мониторинг. Наука и безопасность. 2011. № 3. С. 88-93.

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

11. Афанасьев А.А., Матвеев Е.П. Реконструкция жилых зданий/ - М. : Из-во ЦПП, 2008. - 479 с.

12. Fairbairn E.M. Numerical simulation of dam construction using low-CO<sub>2</sub>-emission concrete// Materials and Structures Matériaux et Constructions. 2010. V. 43. № 8. pp. 1061-1074.

13. Бандурин М.А. Проблемы оценки остаточного ресурса длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений// Инженерный вестник Дона, 2012. № 3 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/891](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/891)

14. Бандурин М.А. Применение программно-технического комплекса для решения задачи проведения эксплуатационного мониторинга и определения остаточного ресурса водопроводящих сооружений// Инженерный вестник Дона, 2012, № 4 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1200](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1200)

15. Волосухин Я.В., Бандурин М.А. Применение неразрушающих методов при проведении эксплуатационного мониторинга технического состояния каналов обводнительно-оросительных систем // Мониторинг. Наука и безопасность. 2012. № 2. С. 102-106.

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

17. Пат. 2368730 РФ, МПК E02B 13/00. Способ проведения эксплуатационного мониторинга технического состояния лотковых каналов

---

оросительных систем / М. А. Бандурин, В. А. Волосухин. - № 2008100926/03 ; заявл. 09.01.2008 ; опубл. 27.09.2009, Бюл. № 27

18. Бандурин М.А., Бандурин В.А. Численное моделирование объемного противofильтрационного геотекстильного покрытия с изменяемой высотой ребра// Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1911

19. Балонин Н.А., Гарибин П.А., Марлей В.Е., Рябов Г.Г. Перспективы использования информационных технологий для мониторинга технического состояния гидротехнических сооружений// Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2010. Т. 1. № 93. С. 171-176.

20. Бандурина И.П., Бандурин М.А. Автоматизация мониторинга ливнеотводящих сооружений на водопроводящих каналах Ставропольского края// Инженерный вестник Дона, 2015, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2875

21. Бандурина И.П., Бандурин М.А. Обоснование продления срока эксплуатации несущих конструкций сборных водоподъёмных низконапорных щитовых плотин// Инженерный вестник Дона, 2014, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2441

22. Бойкова И.Г., Верменко В.В., Волохова М.Н., Муратова Л.Н., Розанов Н.Н., Тимофеева Е.А. Оценка технического состояния и эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений// Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 11. С. 39-43.

23. Бандурин М.А. Проблемы определения остаточного ресурса технического состояния закрытых водосбросов низконапорных гидроузлов// Инженерный вестник Дона, 2014, №1 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2279

---

24. Волосухин В.А., Бандурин М.А. Программно-технический комплекс для проведения мониторинга и определения остаточного ресурса длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений// Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2013. № 1. С. 57-68.

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

26. Щедрин В.Н., Косиченко Ю.М., Шкуланов Е.И., Лобанов Г.Л., Савенкова Е.А., Кореновский А.М. Правила эксплуатации отдельно расположенных гидротехнических сооружений// депонированная рукопись № 221-В2013 01.08.2013

27. Волосухин В.А., Бандурин М.А. Мониторинг, диагностика и остаточный ресурс несущих конструкций сборных водоподъемных низконапорных щитовых плотин// Вестник Донского государственного аграрного университета. 2015. № 4-1 (18). С. 61-71.

28. Балонин Н.А., Гарибин П.А., Марлей В.Е. Новые информационные технологии мониторинга гидротехнических сооружений// Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2009. № 4. С. 150-154.

29. Арифудин Е.З., Федянин В.И., Мальцев А.С., Калач А.В. Методология мониторинга чрезвычайных ситуаций, связанных с авариями на гидротехнических сооружениях// Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2013. № 2 (7). С. 25-28.

30. Арифудин Е.З., Калач Е.В., Калач А.В. Мониторинг чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях как совокупность

---



органов управления и принятия решений// Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015. Т. 1. С. 57-59.

31. Волосухин В.А., Бандурин М.А., Волосухин Я.В., Горобчук Е.Н., Воропаев В.И., Белогай С.Г. Мониторинг безопасности гидротехнических сооружений низконапорных водохранилищ и обводнительно-оросительных систем// Под общей редакцией В.А. Волосухина. Новочеркасск, 2010.

### References

1. Aydarkina E.E. Privolzhskiy nauchnyy vestnik. 2012. № 12 (16). pp. 43-49.
2. Malakhanov V.V., Kuznetsov D.V. Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo. 2016. № 1. pp. 41-53.
3. Volosukhin V.A. Bondarenko V.L. Nauka i bezopasnost'. 2014. № 3 (12). pp. 7-8.
4. Bandurin M.A., Volosukhin V.A. [Innovatsionnye puti razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: zadachi i perspektivy Pravitel'stvo Rostovskoy oblasti, Ministerstvo sel'skogo khozyaystva i prodovol'stviya] FGBOU VPO AChGAA. 2012. pp. 98-101.
5. Wright A.G. ENR. 2002. V. 248. № 24. 14 p.
6. Bandurin M.A. Inzhenernyy vestnik Dona (Rus), 2013, №1 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1510](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1510)
7. Bandurin M.A. Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii. 2013. № 1 (09). pp. 68-79.
8. Lisovskiy A.A. Poverkhnostnye vodnye ob"ekty Kryma [Surface water bodies Crimea]. Spravochnik. Simferopol': Iz-vo Krymuchpedgiz, 2011. 242 p.



9. Volosukhin Ya.V., Bandurin M.A. Monitoring. Nauka i bezopasnost'. 2011. № 3. pp. 88-93.
  10. Kosichenko Yu.M., Kosichenko M.Yu., Iovchu Yu.I. Prirodoobustroystvo. 2008. № 1. pp. 70-73.
  11. Afanas'ev A.A., Matveev E.P. Rekonstruktsiya zhilykh zdaniy [Reconstruction of residential buildings]. M.: Iz-vo TsPP, 2008. 479 p.
  12. Fairbairn E.M. Materials and Structures Materiaux et Constructions. 2010. V. 43. № 8. pp. 1061-1074.
  13. Bandurin M.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012. № 3 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/891](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/891)
  14. Bandurin M.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, № 4 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1200](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1200)
  15. Volosukhin Ya.V., Bandurin M.A. Monitoring. Nauka i bezopasnost'. 2012. № 2. pp. 102-106.
  16. Pat. 2458204 RF, MPK E02B 13/00. Ustroystvo dlya provedeniya ekspluatatsionnogo monitoringa vodoprovodyashchikh kanalov [The device for carrying out operational monitoring water spending channels]. M.A. Bandurin, V.A. Volosukhin, V.A. Bandurin, Ya.V. Volosukhin. - № 2010111995/13 ; zayavl. 29.03.2010 ; opubl. 10.08.2012, Byul. № 22
  17. Pat. 2368730 RF, MPK E02B 13/00. Sposob provedeniya ekspluatatsionnogo monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya lotkovykh kanalov orositel'nykh sistem [The process of operational monitoring the technical condition of gutter channel irrigation systems]. M.A. Bandurin, V.A. Volosukhin. № 2008100926/03 ; zayavl. 09.01.2008 ; opubl. 27.09.2009, Byul. № 27
  18. Bandurin M.A., Bandurin V.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1911](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1911)
  19. Balonin N.A., Garibin P.A., Marley V.E., Ryabov G.G. Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo
-





politekhnicheskogo universiteta. Informatika. Telekommunikatsii. Upravlenie. 2010. T. 1. № 93. pp. 171-176.

20. Bandurina I.P., Bandurin M.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2875](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2875)

21. Bandurina I.P., Bandurin M.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2441](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2441)

22. Boykova I.G., Vermenko V.V., Volokhova M.N., Muratova L.N., Rozanov N.N., Timofeeva E.A. Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika. 2012. № 11. pp. 39-43.

23. Bandurin M.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №1 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2279](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2279)

24. Volosukhin V.A., Bandurin M.A. Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura. 2013. № 1. pp. 57-68.

25. Kuznetsov A.S., Dubok V.V., Makushin A.L., Sergeev I.V., Shelemba I.S., Granev I.V. Izvestiya Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrotekhniki im. B.E. Vedeneeva. 2014. № 273. pp. 36-44.

26. Shchedrin V.N., Kosichenko Yu.M., Shkulanov E.I., Lobanov G.L., Savenkova E.A., Korenovskiy A.M. Pravila ekspluatatsii otchel'no raspolozhennykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [How to use the separately located hydraulic structures]. deponirovannaya rukopis № 221-V2013 01.08.201327

27. Volosukhin V.A., Bandurin M.A. Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 4-1 (18). pp. 61-71.

28. Balonin N.A., Garibin P.A., Marley V.E. Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova. 2009. № 4. pp. 150-154.

29. Arifulin E.Z., Fedyanin V.I., Mal'tsev A.S., Kalach A.V. Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. 2013. № 2 (7). pp. 25-28.



30. Arifullin E.Z., Kalach E.V., Kalach A.V. Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidatsii posledstviy chrezvychaynykh situatsiy. 2015. T. 1. pp. 57-59.

31. Volosukhin V.A., Bandurin M.A., Volosukhin Ya.V., Gorobchuk E.N., Voropaev V.I., Belogay S.G. Pod obshchey redaktsiey V.A. Volosukhina. Novocheerkassk, 2010.