

ПОИСК ВАРИАНТОВ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ КРАСНОДАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА УЧИТЫВАЯ ВОЗРАСТАЮЩИЙ ДЕФИЦИТ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ КУБАНИ
SEARCH FOR OPTIONS FOR CHANGING THE OPERATION OF THE KRASNODAR RESERVOIR TAKING INTO ACCOUNT THE GROWING SHORTAGE OF WATER RESOURCES IN THE KUBAN RIVER BASIN



УДК 626.843

DOI:10.24411/2588-0209-2020-10279

Солодунов Александр Александрович, Старший преподаватель кафедры «Геодезии», Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар

Бандурин Михаил Александрович, доктор техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Сопротивления материалов», Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар

Сидаков Ахмед Асланович, Аспирант, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар

Solodunov Alexander Alexandrovich, Senior Lecturer of the Department of Geodesy, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar

Bandurin Mikhail Alexandrovich, Doctor Tech. Tech. Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Resistance of Materials, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar

Sidakov Ahmed Aslanovich, Postgraduate student, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar

Аннотация

Краснодарское водохранилище предназначено для комплексного назначения, одной из основных задач которого является противопаводковая функция. В соответствии с действующими нормативными документами, на момент сдачи водохранилища в эксплуатацию, оно соответствовало 2-ому классу. Паводковая емкость и режим пропуска паводков позволял осуществлять пропуски нормативного паводка 0,1% обеспеченности. После ужесточения требований к безопасности ГТС в конце 80-х годов водохранилище должно было быть

переведено в сооружения 1-го класса, т.е. должно пропускать в безаварийном режиме паводки 0,01% обеспеченности. Водохранилище осуществляет сезонное регулирование стока р. Кубани, что означает ежегодную сработку водохранилища вплоть до УМО и последующее его наполнение к началу вегетационного периода, т.к. орошение с/х культур является основной функцией хозяйственной деятельности и наиболее влагоемкой. То есть ежегодно к концу вегетационного периода до 75% площади чаши водохранилища находятся без слоя воды. Если до 1992 г. этот период составлял 4 месяца, из которых на активный вегетационный период влаголюбивых растений приходилось не более половины, то после снижения НПУ он вырос соответственно на 6 и 4 месяца. За 4 месяца активного роста камыш, ива и другая влаголюбивая растительность успевает вырасти на 80-100 см и при последующем заполнении водохранилища не погибает, т.е. ее верхушки находятся над водой даже при НПУ. Подобная ситуация привела к усилению интенсивности зарастания мелководных участков акватории. Учитывая дефицит водных ресурсов в бассейне реки Кубани, изменение режима сброса, практически, невозможно в связи с тем, что в настоящее время объем безвозвратного изъятия стока из р. Кубани превышен в 4,2 раза в сравнении с допустимым. Необходимые попуски в нижний бьеф водохранилища осуществляются в полном соответствии с правилами использования водных ресурсов и дополнительных объемов воды, позволяющих изменить (увеличить) сбросы. Поэтому изменение режима сбросов даже при экономии водных ресурсов невозможно.

Summary

The Krasnodar reservoir is intended for a complex purpose, one of the main tasks of which is the flood control function. In accordance with the current regulatory documents, at the time of putting the reservoir into operation, it corresponded to the 2nd class. The flood capacity and the flood passing regime made it possible to pass the standard flood of 0.1% of availability. After the tightening of requirements for the safety of hydraulic structures in the late 1980s, the reservoir had to be converted to class 1 facilities, i.e. should pass 0.01% of flood availability in an accident-free mode. The reservoir carries out seasonal regulation of the river flow. Kuban, which means the annual drawdown of the reservoir up to ULV and its subsequent filling by the beginning of the growing season, because irrigation of agricultural crops is the main function of economic activity and the most water-intensive. That is, annually, by the end of the growing season, up to 75% of the reservoir basin area is without a layer of water. If before 1992 this period was 4 months, of which no more than half of moisture-loving plants accounted for the active growing season, then after the decrease in the NPC it increased by 6 and 4 months, respectively. For 4 months of active growth, reeds, willows and other moisture-loving vegetation

have time to grow by 80-100 cm and do not die during the subsequent filling of the reservoir, i.e. its tops are above the water even in the case of NPU. This situation has led to an increase in the intensity of overgrowth in shallow water areas. Considering the shortage of water resources in the Kuban River basin, changing the discharge regime is practically impossible due to the fact that at present the volume of irreversible runoff from the Kuban was exceeded by 4.2 times in comparison with the permissible. Necessary releases into the lower reach of the reservoir are carried out in full compliance with the rules for the use of water resources and there are no additional volumes of water that would allow changing (increasing) discharges. Therefore, changing the discharge regime even while saving water resources is impossible.

Ключевые слова: водные ресурсы, годовой сток, водохранилище, заиливание, зарастание.

Key words: water resources, annual flow, reservoir, silting, overgrowth.

Введение.

В процессе выполненных работ по обследованию гидротехнических сооружений Краснодарского водохранилища установлено, что сооружение выполняет свои функции с учетом безопасной эксплуатации [1]. Предупреждение преждевременного износа элементов сооружений и содержание их в работоспособном состоянии достигается совокупностью организационных и технических мероприятий по уходу, надзору, эксплуатации и ремонту ГТС водохранилища. За годы эксплуатации произошли изменения в конструкциях сооружений и их оборудовании, изначально принятые в проекте и реализованные при строительстве сооружений гидроузла, что обусловлено: изменением природно-климатических условий района размещения ГТС; изменениями и дополнениями нормативно-правовой документации РФ (изм. класс ГТС) [2]; поверочными расчетами (расчеты устойчивости, фильтрационной прочности сооружений, гидравлические расчеты и пр.), выполненными в процессе проведения работ по реконструкции ГТС; прочими изменениями условий эксплуатации ГТС.

Фактические параметры ГТС в целом соответствуют действующим техническим нормам и правилам в области безопасности ГТС, а также, соответствуют нормативно-правовым актам в области локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций, защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций [3].

Протяженность береговой линии Краснодарского водохранилища составляет около 230 км. Эта цифра постоянно изменяется в незначительных пределах, не превышающих 0,5% от общей длины. Изменения идут как в большую, так и в меньшую сторону, что вызвано изменением извилистости береговой линии в процессе переработки берегов.

Изменение береговой линии в основном связано с волновой нагрузкой. Однако имеется и другая причина – это колебание уровня грунтовых вод на границе с чашей водохранилища. Этот фактор наиболее актуален для правого берега. На некоторых участках, приуроченных к населенным пунктам, переработка берегов провоцируется антропогенной деятельностью в близи береговой линии. На некоторых участках все три фактора работают одновременно и на них наблюдается наибольшая интенсивность переработки берега.

Материалы и методы.

В настоящее время наиболее опасные участки с точки зрения переработки закреплены железобетоном или каменной наброской. Протяженность берегоукрепления составляет 47,52 км. Все закрепленные участки находятся в нормальном техническом состоянии и полностью соответствуют современным нормативным требованиям. Однако около 38,0 км береговой линии подвержено активной переработке. Это правобережная часть водохранилища от х. Ленина до ст. Васюринской. На этом участке на переработку берегов оказывают влияние все три перечисленные фактора. Учитывая преобладание наиболее частых направлений ветров, длина разгона волны на этих участках колеблется от 20 м до 30 м. Высота волны достигает 1,5-1,7 м [4]. Перечень и местоположение закрепленных участков приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных участков

№ п/п	Наименование	Крепление	
		Длина, км	Тип, толщина
1	Земляная плотина	11,40	Монолитные ж/б плиты 0,25-0,40 м
2	Инженерная защита правого берега	11,24	Монолитные ж/б плиты 0,16-0,25 м
3	Инженерная защита долины реки Псекупс. Оградительная плотина	5,61	Монолитные ж/б плиты 0,25 м
4	Инженерная защита долины реки Псекупс. Левобережная дамба обвалования	13,76	Гравий, 0,2 м
5	Инженерная защита долины реки Пшиш. Поперечная дамба	0,30	Каменная наброска 0,3 м
		0,20	Ж/б плиты 0,25 м
6	Инженерная защита долины реки Пшиш. Продольная дамба	0,51	Каменная наброска 0,3 м
7	Инженерная защита а. Хатукай. Восточная дамба	4,50	Ж/б плиты 0,25 м Камень в ж/б клетках 0,3 м
	Всего:	47,52	

На правом берегу рассмотрено 4 участка, на которых отмечаются процессы переработки, так протяженность 1-го участка в 1986 г., т.е. через 10 лет после начала эксплуатации, составляла 5,57 км. На втором участке сократилась на 3,1 км и составила 6,0 км на третьем сократилась на 3,5 км и составила 2,15 км, на четвертом уменьшилась на 3,5 км и составила 4,97 км. Суммарная протяженность береговой линии правого берега, подверженная переработке, составляет на уровень 2016 г. 18,69 км [5].

На левом берегу водохранилища на уровень 1986 г. переработке берега были подвержены 5 участков (5, 6, 7, 8, 9) на общей длине 28,16 км на уровень 2016 г. протяженность сократилась на 3,16 км и составляет 25,0 км. В таблице 2 показаны данные по переработке берегов на расчетные уровни.

Таблица 2 – Переработка берегов на расчетные уровни

№ уч -	Местоположение	Протяженность береговой полосы, подверженной переработке, км
--------------	----------------	---

ка		1986	2004	2016
1	х. Ленина	6,52	6,33	5,570
2	ст. Старокорсунская	9,1	6,69	6,0
3	Между ст.Старокорсунской и ст.Васюринской	5,65	2,90	2,15
4	ст. Васюринская	8,47	5,67	4,97
5	х. Казазово	3,6	3,6	3,6
6	а. Пшикуйхабль	9,7	7,7	7,7
7	а. Джиджихабль	3,46	3,0	3,0
8	х. Городской	5,0	4,7	4,7
9	с. Красногвардейское	6,4	6,0	6,0
	Итого	57,9	46,59	43,69

Роза ветров, пологий берег, меньшие антропогенные нагрузки на участки береговой линии являются причиной того, что переработка левого берега имеет значительно меньшую интенсивность, чем участки правого берега [6]. С учетом выше перечисленных факторов снижение НПУ на 90 см в 1992 г. оказало значительно меньшее влияние на эту проблему. Переработка левого берега в среднем оценивается в размере 0,3-0,5 м в год и за период эксплуатации с 1975 г. по 2016 г. составила 15-16 метров. В целом по водохранилищу переработка берегов наблюдается на уровень 2016 г. на длине 43,59 км.

Сооружения инженерной защиты долины р. Псекупс защищают от затопления и подтопления территорию площадью 3420 га, в том числе при НПУ=32,75 м – 2350 га [7]. Система защиты долины р. Псекупс состоит из 2-х участков: левобережного и правобережного общей площадью 3420 га, в том числе при НПУ= 32,75 м – 2350 га.

На левобережном участке размещаются два населенных пункта: а. Гатлукай и а. Пчегатлукай. Территория участка ограждена от затопления со стороны водохранилища оградительной плотиной длиной 5634 м и левобережной дамбой обвалования р.Псекупс длиной 13800 м [8].

Для водопонижения используются самоизливающиеся скважины вертикального дренажа, из которых вода подается на сбросную НС-5Д производительностью 10,4 м³/с. Оградительная плотина разбита пикетами через 100 м, начало плотины ПК 3+66, конец ПК 60+00, максимальная высота 11,5 м, верховой откос закреплен монолитным железобетоном, низовой задернован.

Левобережная дамба обвалования р.Псекупс разбита пикетами через 100м, начало плотины ПК 0 (конец парапета оградительной плотины), конец ПК138+00, максимальной высотой 9,0 м с гравийным креплением верхового откоса [9].

В систему дренажной защиты левобережного участка входят:

1) Дренажная защита вдоль оградительной плотины: 210 скважин, работающих в режиме самоизлива; открытый дренажный канал длиной 710 м расположенный в 20 м от подошвы плотины; открытый сбросной канал вдоль оградительной плотины длиной 3,48 км расположенный в 60 м от плотины глубиной 4-5,5 м отводит дренажные воды от скважин самоизлива и р. Дыш.

2) Дренажная защита вдоль левобережной дамбы обвалования: 348 скважин, подключенных к сборному коллектору; поперечная дрена 40 скважин, которые подключены к сборному коллектору левобережной дамбы обвалования.

Отвод дренажных вод от скважин самоизлива осуществляется через смотровые колодцы сборного коллектора построенного вдоль оградительной плотины и левобережной дамбы обвалования общей протяженностью 11,7 км, который состоит из железобетонных труб $d=500-1500$ мм [10].

3) Дренажная завеса вдоль левого борта долины включает в себя: скважины вертикального дренажа – 33 шт., шаг – 25 м; которые не работали с начала строительства; горизонтальный закрытый дренаж из пористых бетонных труб диаметром 300; 500 мм, длиной 3,6 км.

Дренажные и поверхностные воды с левобережной части защищаемой территории перекачиваются в водохранилище насосной станцией № 5Д суммарной производительностью $10,4 \text{ м}^3/\text{с}$ оборудованной 8 насосами типа 1600-Д30 [11].

4) Четукский регулирующий бассейн, который включает: водохранилище объемом $2,7 \text{ млн. м}^3$ до отметки 35,2 м; оградительный вал (дамба) длиной 775 м с отметкой гребня 36,2 м и отметкой основания вала 32,3 м; водосброс, состоящий из трубчатого водовыпуска диаметром 1,2 м, 2 нитки; отводящий канал.

Правобережный участок огражден от затопления правобережной дамбой обвалования длиной 7762 м, максимальной высотой 4,0 м, с гравийным креплением верхового откоса. Правобережная дамба разбита пикетами через 100 м, начало плотины ПК 0, конец ПК 77+62, максимальной высотой 11,5 м с верховым откосом, закрепленным монолитным железобетоном.

Параметры дамбы: длина дамбы – 7,762 км; ширина гребня дамбы – 6,0 м; высота дамбы – 3-4,0 м; отметка гребня дамбы – 36,0÷38,4 м; заложение откосов: верхового 1:4, низового 1:3. Дамба отсыпана из местных грунтов [12].

На правобережном участке защищаемой территории дренажная завеса не предусмотрена. Поверхностные воды от нагорного канала длиной 8 км, расположенного вдоль коренного склона, и дренажного канала длиной 7,3 км вдоль дамбы обвалования перекачиваются в р. Псекупс насосной станцией №7Д, производительностью $5,4 \text{ м}^3/\text{с}$, 4 насосами типа ОХГ8 – 70.

Регулирующий объем бассейна 14000 м^3 . Для противопаводковой защиты насосной станции № 7Д построена дамба обвалования длиной 1 км на пойменном участке для аккумуляции поверхностных вод [13].

Инженерная защита долины р. Пишиш включает в себя сооружения инженерной защиты участка № 11 защищают от затопления территорию площадью 1350 га, в том числе при НПУ=32,75 м – 390 га. Защищаемая площадь находится в Белореченском районе Краснодарского края. В состав сооружений инженерной защиты входят: поперечная оградительная дамба; придамбовый дренажный канал; продольная (правобережная) дамба обвалования; дренажно-сбросная насосная станция № 11.

Поперечная оградительная дамба защищает участок со стороны водохранилища. Длина ее 3250 м, максимальная высота 5,0 м; верховой откос на длине 300 м закреплен каменной наброской толщиной 40 см по слою гравийно-песчаной смеси; на длине 200 м – железобетонными плитами.

Сооружения инженерной защиты долины «Хатукай» защищают от затопления и подтопления территорию площадью 3800 га, в том числе при НПУ=32,75 м – 920 га. На территории расположены 5 населенных пункта: а.Хатукай, п. Набережный, п. Свободный, п. Водный и Лесной с общим населением около 4,64 тыс. человек. После паводка 2002 г.

жители п. Водного, п. Лесного и п. Свободного были переселены. Однако в настоящее время в п. Водный и п. Свободный проживают жители [14].

Защищаемая площадь находится в границах Красногвардейского района Республики Адыгея. Участок расположен в пределах левобережной поймы р. Кубани. В состав сооружений входит: восточная дамба; дамба обвалования р. Кубани; дренажная система. Восточная дамба бывшего Тщикского водохранилища длиной 4550 м максимальной высотой 6,0 м отсыпана из суглинков. Проектная отметка гребня дамбы 37,70 м. Верховой откос дамбы закреплен камнем в железобетонных клетках и монолитными или сборными железобетонными плитами. Дамба обвалования р. Кубани общей длиной 12787 м максимальной высотой 4,2-4,5 м отсыпана из суглинков. Откосы закреплены посевом трав. Пикетажем не разбита. Дренажная система состоит из открытых дренажных каналов в количестве 9 штук общей протяженностью 13,7 км, расположены каналы вдоль дамбы р. Кубани [15].

Хутор Городской находится на территории, расположенной выше НПУ, но ниже ФПУ, и от периодического затопления защищен дамбой длиной 2,0 км высотой до 2 м с незакрепленными откосами. Защищаемая площадь при ФПУ – 205 га. У подошвы дамбы проложен дренажный канал длиной 2,2 км. Временная дренажная насосная станция производительностью 1,0 м³/с перекачивает дренажную воду в водохранилище. Сооружения отнесены к III классу.

Результаты.

Краснодарское водохранилище предназначено для комплексного назначения, одной из основных задач которого является противопаводковая функция. В соответствии с действующими нормативными документами, на момент сдачи водохранилища в эксплуатацию, оно соответствовало 2-ому классу. Паводковая емкость и режим пропуска паводков позволял осуществлять пропуски нормативного паводка 0,1% обеспеченности.

После ужесточения требований к безопасности ГТС в конце 80-х годов водохранилище должно было быть переведено в сооружения 1-го класса, т.е. должно пропускать в безаварийном режиме паводки 0,01% обеспеченности.

В связи с этим в 1992 г. был изменен уровенный режим эксплуатации водохранилища. Для увеличения паводковой емкости НПУ водохранилища было снижено на 90 см до отметки 32,75 мБс, что позволило увеличить паводковую емкость и довести ее объем до 995 млн. м³.

Увеличение паводковой емкости произошло за счет снижения полезной емкости и тем самым обеспечении водопотребителей оказалось ниже нормативных требований. И только после ввода в эксплуатацию Тиховского гидроузла в 2005 г., все участники водохозяйственного комплекса стали обеспечиваться водой в нормативных показателях. Проведенная реконструкция сооружений напорного фронта водохранилища в период с 2013 по 2016 годы позволила довести все технические показатели водохранилища до нормативных пределов и в 2017 г. перевести водохранилище в 1-й класс.

Однако требования по усилению безопасности осуществлялись за счет ухудшения экологического состояния водохранилища и прилегающих к нему территорий. Режим регулирования водохранилища с точки зрения осуществления нормативных сбросов и пропуска паводков, практически, не изменился, а вот уровенный режим регулирования претерпел существенные изменения, что привело к значительному ухудшению экологической обстановки в чаше водохранилища, которая опосредовано ведет и к ухудшению эксплуатационных характеристик.

Водохранилище осуществляет сезонное регулирование стока р. Кубани, что означает ежегодную сработку водохранилища вплоть до УМО и последующее его наполнение к началу вегетационного периода, т.к. орошение с/х культур является основной функцией хозяйственной деятельности и наиболее влагоемкой. То есть ежегодно к концу вегетационного периода до 75% площади чаши водохранилища находятся без слоя воды.

Подобная картина была как до снижения НПУ, так и после снижения. Разница только во времени нахождения этой территории без слоя воды. Если до 1992 г. этот период составлял 4 месяца, из которых на активный вегетационный период влаголюбивых растений приходилось не более половины, то после снижения НПУ он вырос соответственно на 6 и 4 месяца. За 4 месяца активного роста камыш, ива и другая влаголюбивая растительность успевает вырасти на 80-100 см и при последующем заполнении водохранилища не погибает, т.е. ее верхушки находятся над водой даже при НПУ. Подобная ситуация привела к усилению интенсивности зарастания мелководных участков акватории.

Снижение НПУ привело также к активному увеличению наносов в полезной емкости водохранилища. Недостаточные глубины в чаше привело к тому, что большая часть взвешенных наносов не стала доходить до чаши мертвого объема. Зарастание и заиление водохранилища привело к образованию застойных зон, ухудшению водообмена, снижению содержания кислорода в воде, деградации экосистемы водоема.

Ниже в таблице 3 приводится сравнительная характеристика элементов, влияющих на изменение экологических и эксплуатационных характеристик водохранилища.

Таблица 3 – Характеристика элементов

Наименование показателей	Изменение процесса	Влияние на эксплуатационные и экологические характеристики	Физические показатели процесса за период с 1992 г. по 2016 г.
Заиление	Увеличение интенсивности заиления в 1,5 раза	Негативное	Увеличение наносов на 227,0 млн. м ³ Увеличение интенсивности заиления в среднем с 6,1 до 9,1 млн. м ³ /в год
Зарастание	Увеличение интенсивности зарастания в 2,8 раза	Негативное	Увеличение площадей зарастания на 50,4 км ² . Увеличение интенсивности с 0,5 км ² до 1,4 км ² в год
Переработка берегов	Снижение интенсивности в 2,5-3,0 раза	Положительное	Снижение протяженности переработки берегов с 57,9 до 49,69 км. Интенсивность переработки 1,5-2,0 м/в год
Подтопление территории	Улучшилась мелиоративная обстановка	Положительное	Снижение подтопления земель на 2,8 км ²
Качество водных ресурсов по гидрохимическим показателям	По большинству показателей не изменилось По БПК -	Негативное	Увеличилось загрязнение водных ресурсов органическими соедине-

зателям	ухудшилось		ниями с превышением ПДК в 1,5-2,0 раза
Качество водных ресурсов по бактериальным показателям	Не изменилось	Негативное	Превышение ПДК в 3 и более раз
Загрязнение донных отложений и их состав	Не изменилось, объем увеличился в 1,5	Негативное	Качественные изменения не произошли

Обсуждение результатов.

В целом влияние снижения НПУ на 90 см оценивается как негативное на экологические и эксплуатационные характеристики водохранилища.

Учитывая дефицит водных ресурсов в бассейне реки Кубани, изменение режима сброса, практически, невозможно в связи с тем, что в настоящее время объем безвозвратного изъятия стока из р. Кубани превышен в 4,2 раза в сравнении с допустимым. Необходимые пуски в нижний бьеф водохранилища осуществляются в полном соответствии с правилами использования водных ресурсов и дополнительных объемов воды, позволяющих изменить (увеличить) сбросы, нет. Поэтому изменение режима сбросов даже при экономии водных ресурсов невозможно.

В связи с этим для улучшения эксплуатационных и экологических характеристик в данной работе рассматриваются варианты изменения уровня режима водохранилища, что стало возможным после введения в эксплуатацию Тиховского гидроузла. Не рассматривается вариант перевода водохранилища из сезонного в многолетнее регулирование, т.к. 95% водных ресурсов уже зарегулировано и прирост объема воды на величину до 5% не даст ощутимого улучшения, т.к. только для экологических пусков необходимо увеличить объем сброса на 22%. Не рассматриваются также варианты межбассейновых и внутрибассейновых перебросок ввиду отсутствия неиспользуемых водных ресурсов в целом в бассейне реки Кубани и в бассейнах прилегающих рек.

Выводы.

В ходе выполненных исследований определены варианты решения проблемы: расчистка мелководных участков без изменения уровня параметров водохранилища, т.е. ФПУ, НПУ и УМО остаются без изменения. Максимальный безаварийный сбросной расход также не меняется и остается равным 1200 м³/с.; величина глубин за счет поднятия НПУ на прежнюю (проектную) отметку. При этом также меняется отметка ФПУ. Сброс в НБ остается 1200 м³/с; поднятие НПУ на 90 см и увеличение сбросных расходов с 1200 м³/с до 1500 м³/с (в соответствии с первоначальным проектом).

Мероприятия не предусматриваются по реконструкции сооружений водохранилища, т.е. отметка НПУ, а, следовательно, и ФПУ не меняется. Это мероприятия по борьбе с наносами, берегоукрепительные работы, мероприятия, направленные на улучшение качества воды и на борьбу с зарастанием.

Список использованной литературы

1. Юрченко, И.Ф. Совершенствование оперативного управления водораспределением на межхозяйственных оросительных системах / И.Ф. Юрченко, В.В. Трунин // Пути повы-

шения эффективности орошаемого земледелия: Сборник научных трудов. – 2014. – № 53. – С. 166-170.

2. Бандурин, М.А. Численное моделирование объемного противифльтрационного геотекстильного покрытия с изменяемой высотой ребра / М.А. Бандурин, В.А. Бандурин // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 4 (27). – С. 46.

3. Абдразаков, Ф.К. Проблемы управления мелиоративным под комплексом на региональном уровне / Ф.К. Абдразаков, А.Ю. Сметанин // Аграрный научный журнал. - 2011. - № 3. - С. 47-50.

4. Бесфамильная, Е.В. Совершенствование методов развития рециклинговых технологий утилизации промышленных и бытовых отходов / Е.В. Бесфамильная, И.П. Бандурина // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 2-2 (36). – С. 57.

5. Бандурин, М.А. Обоснование продления срока эксплуатации несущих конструкций сборных водоподъемных низконапорных щитовых плотин / М. А. Бандурин, И. П. Бандурина // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 2 (29). – С. 102.

6. Volosukhin, V.A., Numerical analysis of static strength for different damages of hydraulic structures when changing stressed and strained state / V.A. Volosukhin, M.A. Bandurin, V.V. Vanzha, A.V. Mikheev, Y.V. Volosukhin // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – T. 1015. – С. 042061.

7. Bandurin, M.A. The efficiency of impervious protection of hydraulic structures of irrigation systems / M.A. Bandurin, V.A. Volosukhin, I.F. Yurchenko // Advances in Engineering Research. – 2018. – С. 56–61.

8. Волосухин В.А. Методы неразрушающего контроля при моделировании технического состояния железобетонной облицовки водопроводящих каналов / В.А. Волосухин, М.А. Бандурин // Наука и безопасность. – 2012. – № 5. – С. 9–17.

9. Ольгаренко, В.И. Комплексная оценка технического уровня гидромелиоративных систем / В.И. Ольгаренко, Г.В. Ольгаренко, И.В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 6. – С. 8-11.

10. Кирейчева, Л.В. Модели и информационные технологии управления водопользованием на мелиоративных системах, обеспечивающие благоприятный мелиоративный режим / Л.В. Кирейчева, И.Ф. Юрченко, В.М. Яшин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 5-6. – С. 50-55.

11. Yurchenko, I.F. Risk assessment of land reclamation investment projects / I.F. Yurchenko, M.A. Bandurin, V.V. Vanzha and other // Advances in social science, education and humanities research Proceedings of the International Conference Communicative Strategies of Information Society. – 2019. – P. 216-221.

12. Бесфамильная, Е.В. Совершенствование методов развития рециклинговых технологий утилизации промышленных и бытовых отходов / Е.В. Бесфамильная, И.П. Бандурина // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 2-2 (36). – С. 57.

13. Бандурин, М.А. Методы моделирования напряженно-деформированного состояния для определения остаточного ресурса железобетонного консольного водосброса при различных граничных условиях / М.А. Бандурин, В.А. Бандурин // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 4 (27). – С. 109.

14. Yurchenko, I.F. Reclamation measures to ensure the reliability of soil fertility / I.F. Yurchenko, M.A. Bandurin, V.A. Volosukhin, V.V. Vanzha, A.V. Mikheyev // Advances in Engineering Research. – 2018. – P. 62-66.

15. Bandurin, M.A. The efficiency of impervious protection of hydraulic structures of irrigation systems / M.A. Bandurin, V.A. Volosukhin, I.F. Yurchenko // *Advances in Engineering Research*. – 2018. – P. 56-61.

Spisok ispol'zovannoi literatury

1. Yurchenko, I.F. Sovershenstvovanie operativnogo upravleniya vodoraspredeleniem na mezhkhozyaistvennykh orositel'nykh sistemakh / I.F. Yurchenko, V.V. Trunin // *Puti povysheniya ehffektivnosti oroshaemogo zemledeliya: Sbornik nauchnykh trudov*. – 2014. – № 53. – S. 166-170.

2. Bandurin, M.A. Chislennoe modelirovanie ob"emnogo protivofil'tratsionnogo geotekstil'nogo pokrytiya s izmenyaemoi vysotoi rebra / M.A. Bandurin, V.A. Bandurin // *Inzhenernyi vestnik Dona*. – 2013. – № 4 (27). – S. 46.

3. Abdrazakov, F.K. Problemy upravleniya meliorativnym pod kompleksom na regional'nom urovne / F.K. Abdrazakov, A.YU. Smetanin // *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*. – 2011. – № 3. – S. 47-50.

4. Besfamil'naya, E.V. Sovershenstvovanie metodov razvitiya retsiklingovykh tekhnologii utilizatsii promyshlennykh i bytovykh otkhodov / E.V. Besfamil'naya, I.P. Bandurina // *Inzhenernyi vestnik Dona*. – 2015. – № 2-2 (36). – S. 57.

5. Bandurin, M.A. Obosnovanie prodleniya sroka ehkspluatatsii nesushchikh konstruktivnykh sbornykh vodopod'emnykh nizkonapornykh shchitovykh plotin / M. A. Bandurin, I. P. Bandurina // *Inzhenernyi vestnik Dona*. – 2014. – № 2 (29). – S. 102.

6. Volosukhin, V.A., Numerical analysis of static strength for different damages of hydraulic structures when changing stressed and strained state / V.A. Volosukhin, M.A. Bandurin, V.V. Vanzha, A.V. Mikheev, Y.V. Volosukhin // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2018. – T. 1015. – S. 042061.

7. Bandurin, M.A. The efficiency of impervious protection of hydraulic structures of irrigation systems / M.A. Bandurin, V.A. Volosukhin, I.F. Yurchenko // *Advances in Engineering Research*. – 2018. – S. 56–61.

8. Volosukhin V.A. Metody nerazrushayushchego kontrolya pri modelirovanii tekhnicheskogo sostoyaniya zhelezobetonnoi oblitsovki vodoprovodnykh kanalov / V.A. Volosukhin, M.A. Bandurin // *Nauka i bezopasnost'*. – 2012. – № 5. – S. 9–17.

9. Ol'garenko, V.I. Kompleksnaya otsenka tekhnicheskogo urovnya gidromeliorativnykh sistem / V.I. Ol'garenko, G.V. Ol'garenko, I.V. Ol'garenko // *Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo*. – 2013. – № 6. – S. 8-11.

10. Kireicheva, L.V. Modeli i informatsionnye tekhnologii upravleniya vodopol'zovaniem na meliorativnykh sistemakh, obespechivayushchie blagopriyatnyi meliorativnyi rezul'tat / L.V. Kireicheva, I.F. Yurchenko, V.M. Yashin // *Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo*. – 2014. – № 5-6. – S. 50-55.

11. Yurchenko, I.F. Risk assessment of land reclamation investment projects / I.F. Yurchenko, M.A. Bandurin, V.V. Vanzha and other // *Advances in social science, education and humanities research Proceedings of the International Conference Communicative Strategies of Information Society*. – 2019. – P. 216-221.

12. Besfamil'naya, E.V. Sovershenstvovanie metodov razvitiya retsiklingovykh tekhnologii utilizatsii promyshlennykh i bytovykh otkhodov / E.V. Besfamil'naya, I.P. Bandurina // *Inzhenernyi vestnik Dona*. – 2015. – № 2-2 (36). – S. 57.

13. Bandurin, M.A. Metody modelirovaniya napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya dlya opredeleniya ostatocnogo resursa zhelezobetonnoy konsol'noy vodosbrosy pri razlichnykh

granichnykh usloviyakh / M.A. Bandurin, V.A. Bandurin // Inzhenernyi vestnik Dona. – 2013. – № 4 (27). – S. 109.

14. Yurchenko, I.F. Reclamation measures to ensure the reliability of soil fertility / I.F. Yurchenko, M.A. Bandurin, V.A. Volosukhin, V.V. Vanzha, A.V. Mikheyev // Advances in Engineering Research. – 2018. – P. 62-66.

15. Bandurin, M.A. The efficiency of impervious protection of hydraulic structures of irrigation systems / M.A. Bandurin, V.A. Volosukhin, I.F. Yurchenko // Advances in Engineering Research. – 2018. – P. 56-61.