

УДК 628.11

Е.Д. ХЕЦУРИАНИ, Т.Е. ХЕЦУРИАНИ

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОДОПРИЕМНИКА
ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ,
ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ
ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

Статья посвящена экологической безопасности питьевого водоснабжения городского хозяйства. Представлена проблема с рыбозащитой, выявленная при технологическом обследовании водозабора г. Ростова-на-Дону в пос. Александровка. На основании исследований построены графики распределения скоростей в различных створах ковшевого водозабора. Надежность забора воды заданного расхода и качества, как свидетельствует опыт эксплуатации водозаборных сооружений, зависит в первую очередь от местных природных условий избранного участка водотока или водоема, а также от возможности их последующего нарушения. Местные условия на прилегающих участках избранного водотока или водоема обычно индивидуальны. Они формируются совокупностью сложных взаимообусловленных топографических, геологических, метеорологических, гидрологических, гидроморфологических, гидротермических, гидробиологических и других факторов и процессов.

К л ю ч е в ы е с л о в а : водозабор, рыбозащита, водозаборный ковш, шуга, ледостав, фильтрующий водоприемник, нанос, заиливание водоема.

DOI 10.32683/0536-1052-2018-718-10-50-59

В недалеком прошлом считали, что условия забора воды из водоемов более благоприятны, чем из водотоков (рек). Водозаборные сооружения на водоемах проектировались и строились обычно по аналогии с речными водозаборами. В проектных расчетах дополнительно учитывались только элементы волн, ожидаемая переработка берега и прибрежного склона, колебания уровня воды и величины придонных орбитальных скоростей. Исходя из условий волнового воздействия, водозаборные сооружения размещали преимущественно на укрытых от интенсивного волнения акваториях – в бухтах, заливах, за выступающими в водоем берегами и т.п. Такой подход является причиной захвата в водоприемные устройства наносов, водорослей, мусора, шуги, заноса продуктов переработки берегов и прибрежных склонов и периодических прекращений забора воды, что приводит к необходимости реконструкции и повторного строительства водозаборных сооружений.

Водозабор – первое и важное звено сложной системы водоснабжения, обеспечивающий питание всех водопотребителей. Занимая головное положение в системе, водозабор играет определяющую роль в ее функционировании. Современный водозабор для снабжения крупного города представляет собой сложный комплекс инженерных сооружений, оснащенных энер-

© Хецуриани Е.Д., Хецуриани Т.Е., 2018

гетическим и механическим оборудованием, системой автоматического и телемеханического управления. Такой водозабор должен работать бесперебойно при любых условиях забора воды, существенно изменяющихся по сезонам года, и обеспечивать экологическую безопасность питьевого водоснабжения населенного пункта.

Забор воды для Ростова-на-Дону осуществляется из поверхностного источника р. Дон двумя узлами водозаборных сооружений. Первый водозабор расположен на правом берегу Дона в пос. Александровка в створе ул. Якоба Колоса и состоит из ковша и двух насосных станций первого подъема № 1 и 3 (рис. 1).

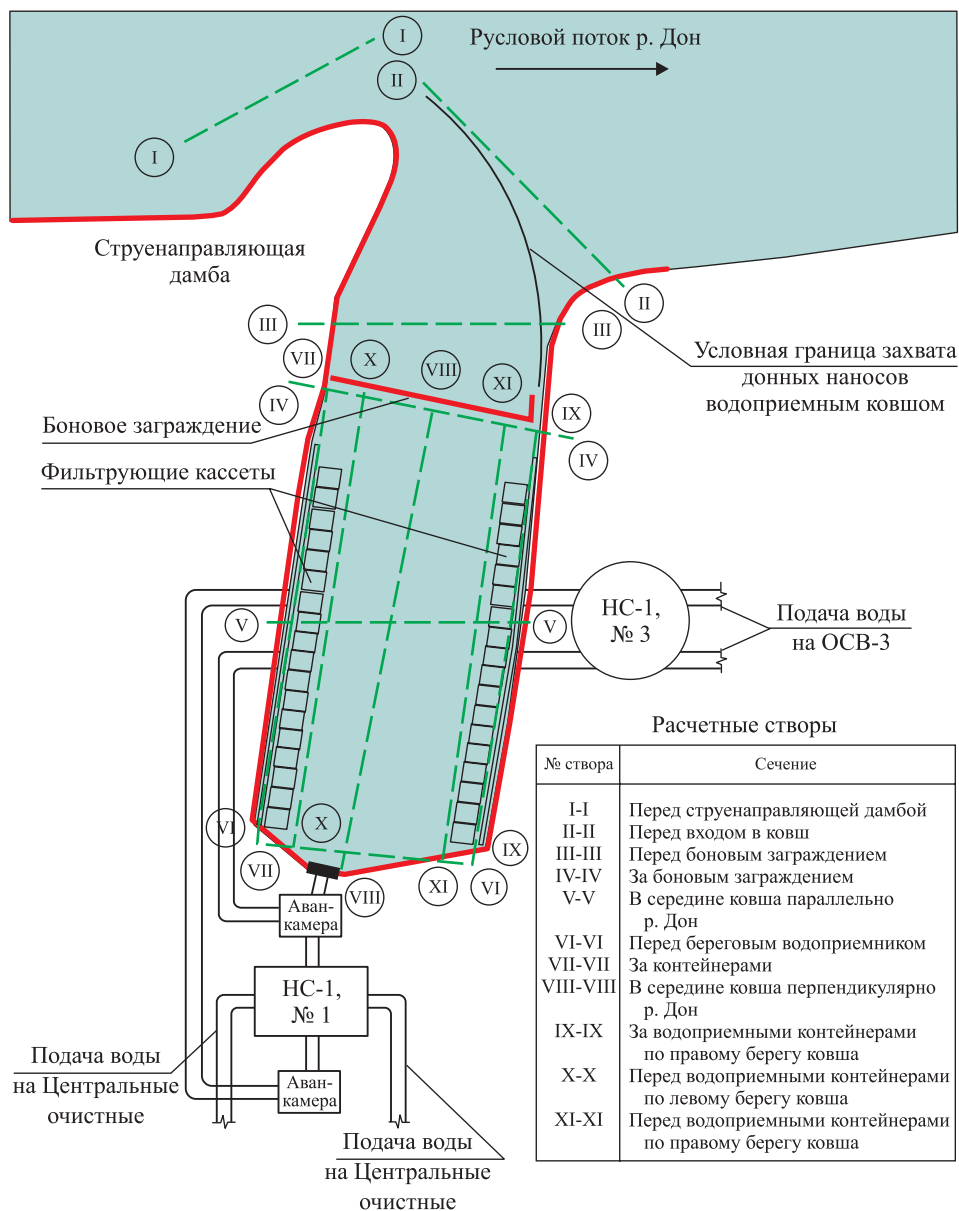


Рис. 1. Схематичный план ковшевого водозабора Александровских ОСВ г. Ростова-на-Дону

Второй водозабор руслового типа находится на правом берегу Дона в створе пер. Новокубанский, оборудован насосной станцией первого подъема № 2. Из руслового и ковшевого водозаборов вода подается на Александровские очистные станции водоподготовки (ОСВ).

Для защиты ковшевого водозабора от плавающих на поверхности предметов и шуги имеется боновое ограждение (см. рис. 1), которое представляет собой трубы диаметром 700 мм, сваренные между собой. Со стороны реки к трубам приварены щиты, погруженные в воду на 1500 мм.

Водозаборный ковш оборудован сменными фильтрующими кассетами. Каждая кассета установлена на металлический швеллер и тыльной стороной примыкает к щелевому водоприемнику вихревой камеры (рис. 2). Размеры кассеты, мм: длина 2400, ширина 2000, высота торцевой части 700, высота задней части 1000. Фильтрующую часть представляют деревянные решетки. Размеры реек решеток 25×25 мм и пролет между ними 25 мм. Внутри контейнера фильтрующая загрузка отсутствует.

В настоящее время возникла необходимость выбора и обоснования методов защиты водозаборных сооружений от донных наносов, шуги и рыбопланктонных компонентов донской воды с проведением экспериментальных исследований и на этой основе разработки конструктивных особенностей и технологии очистки воды от плавающих примесей льдообразующего и биологического характера. Работа проводилась на тему: «Анализ работы существующих водозаборных сооружений на Александровских ОСВ с учетом шуги, рыбы, водно-биологических и фитопланктонных показателей реки Дон» (как в летний, так и в зимний период).

С целью определения эффективности работы ковшевого водозабора по защите очистных сооружений от наносов, шуги и рыбопланктонных компонентов донской воды были проведены следующие изыскания: визуальный осмотр сооружений, замеры глубин ковша с оценкой степени его заиления, измерение скоростей течения воды, гидролого-морфологический анализ

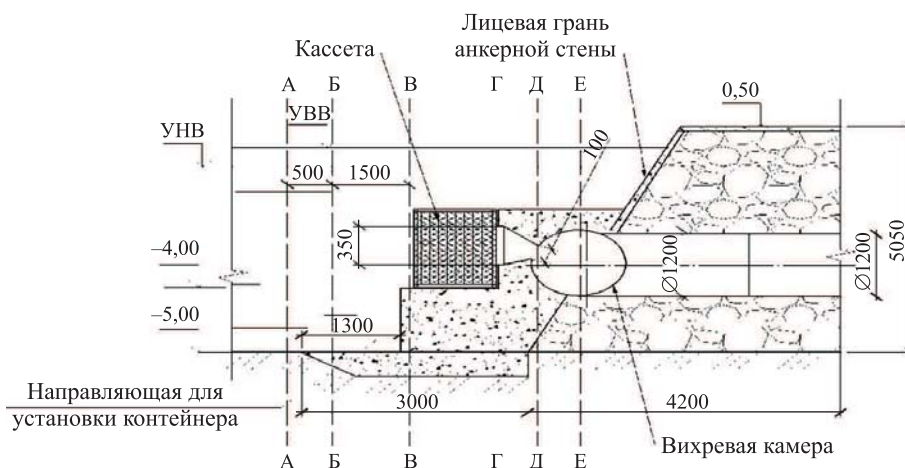


Рис. 2. Схема установки фильтрующей кассеты и вихревой камеры
Створы: А-А – на расстоянии 2 м от входа в фильтрующий контейнер; Б-Б – на расстоянии 1,5 м от входа в фильтрующий контейнер; В-В – у входа в контейнер; Г-Г – у входа в вихревую камеру; Д-Д – в узкой части вихревой камеры; Е-Е – в трубопроводе

руслowych деформаций в районе водозабора, оценка скоростного режима в ковше на предмет принудительного попадания рыбы различного размера в водоприемные отверстия.

Для выяснения гидравлического режима потока и нанообразования, а также возможного засасывания рыбы в водозабор хозяйственно-питьевого назначения, оборудованный принудительной гидравлической системой, были измерены профили ковша, толщины наносов и скорости течения воды. Гидрометрические измерения (глубины, скорости) проводились в створах, указанных на рис. 1. Всего было измерено 11 створов как с берега, так и с надувной лодки.

Замер глубин проводился наметкой. Для определения глубины ковша использовался щуп длиной 6 м с квадратной площадкой 35×35. Толщину донных отложений измеряли щупом такой же длины с острым наконечником. Измерения проводились по промерным вертикалям в указанных на рис. 1 створах (расстояние между вертикалями 3 м). Толщина слоя наносов вычислялась как разница между результатами показаний щупов.

Для определения скорости потока использовали гидрометрическую вертушку марки ГР-21М. Измерения проводили в соответствии с действующими инструкциями трехточечным методом на расстоянии 0,2h; 0,6h; 0,8h от поверхности воды. Среднюю скорость втекания воды в водоприемные отверстия рассчитывали по формуле

$$V_{\text{в}} = \frac{QK_{\text{ст}}}{\Omega_{\text{вх}}}, \quad (1)$$

где Q – расход воды (470 000 м³/сут = 5,44 м³/с);

$\Omega_{\text{вх}}$ – площадь поперечного сечения водного потока в расчетном створе;

$K_{\text{ст}}$ – коэффициент стеснения потока, который вычисляется по формуле

$$K_{\text{ст}} = \frac{1}{P_{\text{ф}}} = \frac{1}{0,5} = 2, \quad (2)$$

где $P_{\text{ф}}$ – пористость фильтра (контейнера) с размерами реек решеток 25×25 мм, пролет между решетками 25 мм [1–8].

Средние скорости на расстоянии L от водозаборного узла вычисляли по зависимости

$$V_L = \frac{V_0}{L^2}. \quad (3)$$

В работе определяли минимальные, средние и максимальные скорости течения воды в створах, находящихся на разном расстоянии от водозаборного узла насосной станции № 1 и 3 (см. рис. 2, створы А-А, Б-Б, В-В, Г-Г, Д-Д, Е-Е). Для берегового водоприемника, отличающегося конструкцией сооружения забора воды, скорости потока устанавливали непосредственно у входа и на расстоянии 1,5 и 2,0 м. Это важно для определения возможности попадания молоди рыбы в водозабор [9, 10].

Критические скорости вычислили в зависимости от длины рыбы по формуле

$$V_{\text{кр}} = 10 \frac{l}{c}. \quad (4)$$

Важным показателем работы водозаборного сооружения является критическая скорость – показатель, связанный с возможностью попадания рыбы на очистные сооружения. Критическая скорость – это минимальная скорость потока, при которой рыбу сносит течением. Величина критической скорости зависит от многих абиотических и биотических факторов (температуры воды, освещенности, вида, размера и количества рыбы в движущейся группе и др.).

Результаты промеров глубин и толщины донных отложений в ковше показали наибольшее скопление наносов у берегов ковша (в створе IV–IV 40 % и IX–IX 75 % от общего объема ковша), что затрудняет работу водоприемных отверстий. На рис. 3 приведены профили по створам IV–IV и IX–IX (положение створов – см. на рис. 1).

Скорости течения воды измерялись в створах, находящихся на разном расстоянии от водоприемников насосных станций № 1 и 3, а также в пределах вихревой камеры и трубопроводов (см. рис. 2, створы А-А, Б-Б, В-В, Г-Г, Д-Д, Е-Е).

Для оценки скоростного режима у водоприемных сооружений с позиции рыбозащиты были выполнены расчеты критической скорости $V_{кр}$ в зависимости от размеров защищаемой рыбы по эмпирической формуле

$$V_{кр} = 10\ell_p, \text{ см/с,}$$

где ℓ_p – размер рыбы, см.

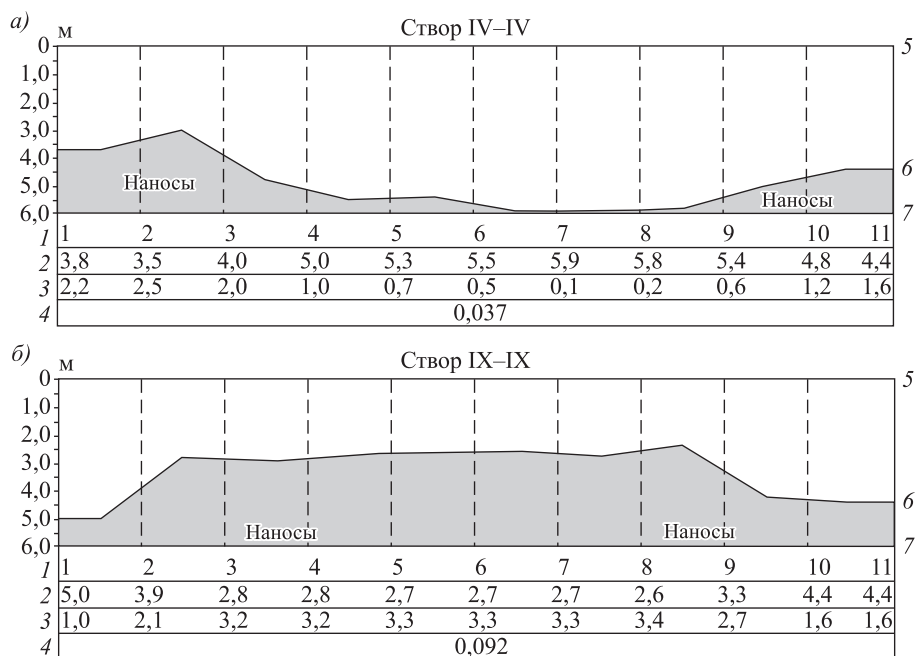


Рис. 3. Поперечный (а) и продольный (б) профиль ковша Александровского водозабора в створах IV–IV и IX–IX

1 – номер вертикали; 2 – глубина воды, м; 3 – толщина отложений наносов, м; 4 – средняя скорость по створу, м/с; 5 – уровень воды; 6 – уровень поверхности донных отложений; 7 – уровень дна до заиления

Для наглядности сравнения критических скоростей рыбы размером от 15 до 60 мм со скоростями в створах А-А, Б-Б, В-В, Г-Г, Д-Д, Е-Е результаты расчетов представлены в таблицах. В табл. 1 для примера приведено сопоставление скоростей у водозабора НС-1, № 3. По результатам табл. 1 можно сделать выводы о возможном принудительном попадании рыбы в водозаборные сооружения на расчетных створах.

Створ А-А. Не опасен, потому что значения критических скоростей рыбы превышают значения сносящих скоростей.

Створ Б-Б. Только при максимальных значениях скоростей попадет в водозабор рыба размером от 15 до 20 мм.

Створ В-В. При максимальных значениях скоростей попадет в водозабор рыба размером от 15 до 45 мм, а при средних и минимальных значениях скоростей – от 15 до 20 мм.

Створ Г-Г. Попадут в водозабор только при максимальных значениях скоростей рыбы размером от 15 до 60 мм, а при средних и минимальных значениях скоростей – от 15 до 45 мм, а при минимальной скорости – рыбы размерами от 15 до 20 мм.

Створ Д-Д. Попадут в водозабор при средних и максимальных значениях скоростей рыбы размером от 15 до 60 мм, а при минимальных – от 14 до 40 мм.

Створ Е-Е. Попадут в водозабор рыбы размером от 15 до 60 мм при любых значениях скоростей (минимальные, средние и максимальные).

На основе обследования водозаборного узла в пос. Александровка Ростова-на-Дону за зимний период 2011/12 г. были измерены скорости при входе воды в фильтрующую кассету при различном падении температуры воздуха (табл. 2). Сопоставление критической скорости для рыбы разного размера с измеренной скоростью при наибольшем понижении температуры воздуха ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) показало возможность принудительного попадания в водозабор рыбы размером 1,5–4,0 см.

Выводы. Водозаборные сооружения ковшевого типа Александровских ВОС не обеспечивают защиты от шуги, водно-биологических и фитопланктонных загрязнений. Гидрометрическим обследованием установлено, что скорость воды в ковше может увлечь молодь рыбы в водозаборные сооружения.

Отсутствие загрузки в фильтрующих кассетах приводит к изменению гидравлических параметров течения воды в водозаборном сооружении, в частности, скоростного режима течения, что не препятствует попаданию рыбы, наносов, шуги и мусора в ковш и соответственно на ВОС.

Из анализа эпюр скоростей можно сделать вывод, что особо опасные, сносящие рыбу в водозабор, скоростные режимы наблюдаются в трубопроводе и по мере удаления от него они уменьшаются. Около 90 % рыбы размером до 50 мм, находящихся в радиусе 1500 мм вокруг кассет, попадают в водоприемную трубу.

Обледенение ковша снижает пропускную способность водозаборного сооружения на 15–20 % при толщине льда до 700 мм; обледенение ковша при толщине льда более 700 мм может вызвать обледенение водоприемных

Таблица 1. Оценка возможности попадания рыбы в водозаборный узел НС-1 № 3 с расчетным расходом 310 тыс. м³/сут

Размер рыбы, см	Критическая скорость, см/с	Скорость потока воды на участке	Скорости по створам, см/с											
			А-А		Б-Б		В-В		Г-Г		Д-Д		Е-Е	
			2 м от входа в каскету	возможность принудительного попадания	1,5 м от входа в каскету	возможность принудительного попадания	у входа в каскету	возможность принудительного попадания	у входа в вихревую камеру	возможность принудительного попадания	узкая часть вихревой камеры	возможность принудительного попадания	в трубопроводе	возможность принудительного попадания
6,0	60	max	Нет	21,4	Нет	48,0	Нет	94,0	Да	166,0	Да	318,0	Да	
		средняя	Нет	10,7	Нет	24,0	Нет	47,0	Нет	83,0	Да	159,0	Да	
		min	Нет	5,4	Нет	12,0	Нет	23,5	Нет	41,5	Нет	79,5	Да	
5,0	50	max	Нет	21,4	Нет	48,0	Нет	94,0	Да	166,0	Да	318,0	Да	
		средняя	Нет	10,7	Нет	24,0	Нет	47,0	Нет	83,0	Да	159,0	Да	
		min	Нет	5,4	Нет	12,0	Нет	23,5	Нет	41,5	Нет	79,5	Да	
4,0	40	max	Нет	21,4	Нет	48,0	Да	94,0	Да	166,0	Да	318,0	Да	
		средняя	Нет	10,7	Нет	24,0	Нет	47,0	Да	83,0	Да	159,0	Да	
		min	Нет	5,4	Нет	12,0	Нет	23,5	Нет	41,5	Да	79,5	Да	
3,0	30	max	Нет	21,4	Нет	48,0	Да	94,0	Да	166,0	Да	318,0	Да	
		средняя	Нет	10,7	Нет	24,0	Нет	47,0	Да	83,0	Да	159,0	Да	
		min	Нет	5,4	Нет	12,0	Нет	23,5	Нет	41,5	Да	79,5	Да	
2,0	20	max	Нет	21,4	Да	48,0	Да	94,0	Да	166,0	Да	318,0	Да	
		средняя	Нет	10,7	Нет	24,0	Да	47,0	Да	83,0	Да	159,0	Да	
		min	Нет	5,4	Нет	12,0	Нет	23,5	Да	41,5	Да	79,5	Да	
1,5	15	max	Нет	21,4	Да	48,0	Да	94,0	Да	166,0	Да	318,0	Да	
		средняя	Нет	10,7	Нет	24,0	Да	47,0	Да	83,0	Да	159,0	Да	
		min	Нет	5,4	Нет	12,0	Нет	23,5	Да	41,5	Да	79,5	Да	

Таблица 2. Изменение скорости входа воды в фильтрующую кассету в зимний период работы водозабора

Температура воздуха, °С	Сопутствующий фактор	Площадь забора воды, м ²	Скорость входа воды, см/с
-10	Понижение уровня воды на 50 см	8,0	16,80
-15	Образование льда толщиной 60 см	8,0	16,80
-20	Образование льда толщиной 90 см	3,1	43,35

кассет, что приведет к уменьшению пропускной способности водоприемных сооружений.

Недостаточная длина струенаправляющей дамбы в летний период способствует попаданию донных наносов в ковш и его заилению, а в зимний период – попаданию шуги. Был зафиксирован поворот бонового ограждения, что связано с недостаточной длиной струенаправляющей дамбы.

Попадание в водозаборные сооружения мусора, наносов, шуги, льда, синезеленых водорослей и рыбы приведет к увеличению нагрузки на очистные сооружения (50–70 %), уменьшению процесса энергосбережения (40–57 %), ухудшению экологической обстановки и снижению рыбных запасов (ущерб рыбному хозяйству 50–70 %).

Полученные результаты исследований водоприемника позволяют подумать о создании технологической и конструктивной системы, обеспечивающей экологическую безопасность питьевого водоснабжения городского хозяйства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вдовин Ю.И., Журба М.Г. Водозаборно-очистные сооружения и устройства. М.: Астрель, 2003.
2. Куликов Н.И., Найманов А.Я., Омельченко Н.П., Чернышев В.Н., Маслак В.Н. Теоретические основы очистки воды. Макеевка: ДГАСА, 1999. 277 с.
3. Михеев П.А., Шкура В.Н., Хецуриани Е.Д. Рыбозащитные сооружения водозаборов систем водоснабжения: Учеб. пособие. Новочеркасск: НГМА, 2005. 111 с.
4. Лурье П.М., Панов В.Д. Влияние изменений климата на гидрологический режим р. Дон в начале XXI столетия // Метеорология и гидрология. 1999. № 4.
5. Хецуриани Е.Д., Куликов Н.И., Фесенко Л.Н., Скрябин А.Ю., Душенко А.Ю., Бечвая Р.С., Пельчер А.В. Завеса для удерживания рыб на водозаборах: Пат. на полезную модель 120097 РФ, С 02 F3/10. № 2012113437/05; заявл. 06.04.2012; опубл. 10.09.2012. Бюл. № 25.
6. Хецуриани Е.Д., Куликов Н.И., Фесенко Л.Н., Скрябин А.Ю., Душенко А.Ю., Бечвая Р.С., Пельчер А.В. Очистное устройство водозабора: Пат. на полезную модель 120096 РФ, С 02 F3/02. № 2012113688/05; заявл. 06.04.2012; опубл. 10.09.2012. Бюл. № 25.
7. Saling P., Kicherer A., Dittrich-Kramer B., Wittlinger R., Zombik W., Schmitd I., Schrott W. and Schmitd S. Life Cycle Management. Eco-efficiency Analysis by BASF: The Method. BASF, Germany, 2002. P. 42–57.

8. Saling P., Hofer R. "Metrics for Sustainability" as part of RSC Green Chemistry No. 4; Sustainable Solutions for Modern Economies / Ed. by Rainer Hufer; The Royal Society of Chemistry; "Green Chemistry Series" Editors: J. Clark, University of York; G. Kraus, Iowa State University, 2009. P. 25–37.
9. Михеев П.А., Боровской В.П., Шкура В.Н., Хецуриани Е.Д. Рекомендации по проектированию и эксплуатации гидродинамического рыбозащитного устройства. Новочеркасск: ООО НПО «Темп», 2006. 18 с.
10. Паномаренко М.И., Фесенко Л.Н., Хецуриани Е.Д. Вода, круговорот природы (А ... Д): Терминол. слов.: Учеб. пособие. Новочеркасск, 2010. 155 с.

Хецуриани Елгуджа Демурович, канд. техн. наук, проф.

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова, Новочеркасск, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

Хецуриани Тимур Елгуджаевич, студ.

Ростовский государственный медицинский университет

Получено 21.09.18

Khetsuriani Elgudzha Demurovich, PhD, Professor

South-Russian State Polytechnic University (NPI) M.I. Platova, Novocherkassk, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Khetsuriani Timur Elgudzhaevich, Student

Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia

RESULTS OF RESEARCHES OF THE WATER-RECEIVER TO CREATE A SYSTEM THEM TO ENSURE ENVIRONMENTAL SAFETY OF DRINKING WATER SUPPLY OF URBAN ECONOMY

The article is devoted to the problems of the environmental safety of drinking water supply of the urban economy. The problem with fish protection, which was identified during the technological examination of the water intake of the city of Rostov-on-Don in the village of Alexandrovka, is presented. Based on the studies conducted, velocity plots were constructed in various sections of the ladle water intake. Reliability of water intake of a given flow rate and quality, as evidenced by the experience of operating water intake facilities, depends primarily on the local natural conditions of the selected section of a watercourse or reservoir, as well as on the possibility of their subsequent violation. Local conditions in the adjacent sections of the selected watercourse or reservoir are usually individual. They are formed by a set of complex mutually determined topographic, geological, meteorological, hydrological, hydromorphological, hydrothermal, hydrobiological and other factors and processes.

Key words: water intake, fish protection, water intake bucket, sludge, freezing, filtering water intake, sediment, silting of the reservoir.

REFERENCES

1. Vdovin Yu.I., Zhurba M.G. Vodozaborno-ochistnye sooruzheniya i ustroystva [Water intake and treatment facilities and devices]. Moscow, 2003. (in Russian)
2. Kulikov N.I., Naymanov A.Ya., Omelchenko N.P., Chernyshev V.N., Maslak V.N. Teoreticheskie osnovy ochistki vody [Theoretical bases of water purification]. Makeyevka: DGASA, 1999. 277 p. (in Russian)

3. Mikheev P.A., Shkura V.N., Khetsuriani E.D. Rybozashchitnye sooruzheniya vodozaborov system vodosnabzheniya [Fish protection structures of water intake systems for water supply: a training manual]. Novochoerkassk: NGMA, 2005. 111 p. (in Russian)
 4. Lurie P.M., Panov V.D. Vliyaniye izmeneniy klimata na gidrologicheskiy rezhim r. Don v nachale XXI stoletiya [The impact of climate change on the hydrological regime of r. Don at the beginning of the XXI century]. Meteorologiya i gidrologiya [Meteorology and Hydrology]. 1999. No. 4. (in Russian)
 5. Khetsuriani E.D., Kulikov N.I., Fesenko L.N., Skryabin A.Yu., Dushenko A.Yu., Bechvaya R.S., Pelcher A.V. Zavesa dlya uderzhivaniya ryb na vodozaborakh [Curtain for holding fish at water intakes]: Pat. for the utility model 120097 of the Russian Federation, C 02 F3/10. No. 2012113437/05; declare 04.06.2012; publ. 09.10.2012. Bull. No. 25. (in Russian)
 6. Khetsuriani E.D., Kulikov N.I., Fesenko L.N., Scryabin A.Yu., Dushenko A.Yu., Bechvaya R.S., Pelcher A.V. Ochistnoye ustroystvo vodozabora [Water intake purification device]: Pat. for the utility model 120096 of the Russian Federation, C 02 F3/02. No. 2012113688/05; declare 04.06.2012; publ. 09.10.2012. Bull. No. 25. (in Russian)
 7. Saling P., Kicherer A., Dittrich-Kramer B., Wittlinger R., Zombik W., Schmitd I., Schrott W. and Schmitd S. Life Cycle Management. Eco-efficiency Analysis by BASF: The Method. BASF, Germany, 2002. Pp. 42–57.
 8. Saling P., Hofer R. “Metrics for Sustainability” as part of RSC Green Chemistry No. 4; Sustainable Solutions for Modern Economies Ed. by Rainer Hufer; The Royal Society of Chemistry; “Green Chemistry Series” Editors: J. Clark, University of York; G. Kraus, Iowa State University, 2009. Pp. 25–37.
 9. Mikheev P.A., Borovskoy V.P., Shkura V.N., Khetsuriani E.D. Rekomendatsii po proektirovaniyu i ekspluatatsii gidrodinamicheskogo rybozashchitnogo ustroystva [Recommendations for the design and operation of a hydrodynamic fish protection device]. Novochoerkassk: Temp Ltd., 2006. 18 p. (in Russian)
 10. Panomarenko M.I., Fesenko L.N., Khetsuriani E.D. Voda, krugovorot prirody (A ... D): Terminologicheskiy slovar': uchebnoe posobie [Water, the cycle of nature (A ... D). Terminology Dictionary: textbook]. Novochoerkassk, 2010. 155 p. (in Russian)
-