

**Гурова Елена Вячеславовна**  
Gurova Elena Viacheslavovna  
Ассистент кафедры ВВ  
Аспирант 1го года обучения  
«Water & Sewerage» department assistant  
1st year postgraduate student  
Ростовский государственный строительный университет  
Rostov State University of Civil Engineering

**Тайвер Елена Александровна**  
Tayver Elena Alexandrovna  
ФЧОО Тебодин Истерн Юнион Б. В.  
Ведущий инженер ВиК  
Аспирант 3-го года обучения  
Water & Sewerage leading engineer  
3rd year postgraduate student  
Ростовский государственный строительный университет  
Tebodin Eastern Europe B.V.  
Rostov State University of Civil Engineering  
E-Mail: taiver@bk.ru

**Иванова Юлия Александровна**  
Ivanova Julia Alexandrovna  
Инженер/ Engineer  
Соискатель/Applicant  
ЗАО «Ростовэнергоспецремонт»  
Ростовский государственный строительный университет  
CJSC "Rostovenergospetsremont"  
Rostov State University of Civil Engineering

**Гризодуб Наталья Николаевна**  
Grizodub Natalia Nikolaevna  
Аспирант 2го года обучения  
2nd year postgraduate student  
Ростовский государственный строительный университет  
Rostov State University of Civil Engineering  
05.23.04 – Водоснабжение, канализация,  
строительные системы охраны водных ресурсов

## Сравнительная оценка эффективности очистки донской воды в период цветения на микросетках

### Comparative assessment of the effectiveness of Don water treatment on micro-mesh in the period of algal blooms

**Аннотация:** В статье представлены результаты исследований свойств современных сетчатых фильтрующих материалов для проведения сравнительной оценки эффективности очистки донской воды в период цветения на микросетках. Описан ход и результаты исследований. Показаны результаты сравнительной оценки и описана целесообразность применения микросетчатых установок на водозаборных сооружениях.

**The Abstract:** The research results of modern mesh filter materials' properties for comparative assessment of the effectiveness of Don water treatment on micro-mesh in the period of algal blooms are presented in the article. The course and results of studies are described. The results of comparative assessment are shown. The reasonability of micro-mesh application at water intake is presented.

**Ключевые слова:** Очистка воды, цветение воды, микросетки, микрофильтры, водоросли, фильтрация, микрофильтрация.

**Keywords:** Water treatment, bloom, micro-mesh, microfilters, algae, filtration, microfiltration.

\*\*\*

Как известно, сетчатые установки систем водоснабжения и водоотведения предназначены для извлечения из воды механических примесей различной степени дисперсности. Актуальным вопросом на сегодняшний день является задержание планктона, при заборе воды из поверхностных источников, для предотвращения попадания его на очистные сооружения водопровода. Планктон является важной составляющей биотической части экосистемы. Биотическая часть экосистемы организована в виде трофической пирамиды, основу которой составляют первичные продуценты. В водной экосистеме это водоросли, которые дают органическое вещество для формирования второго трофического уровня - беспозвоночных консументов (моллюски и пр.), которые, в свою очередь, являются базисом для рыб - верхнего звена трофической пирамиды. Трофическая взаимосвязь ценозов водных систем определяет технологические требования к водоподготовке при выделении водорослей в процессе приготовления питьевой воды, так как некоторые из рекомендуемых методов борьбы с планктоном могут влиять на экосистему водоема, нарушая трофические связи [1].

В условиях ускорения темпов развития промышленности и градостроительства, и соответственно ухудшения общей экологической обстановки, применение сетчатых установок является одним из приоритетных методов борьбы с планктоном, так как среди перспективных технологических решений особое место занимают энерго- и ресурсосберегающие процессы.

К классу сетчатых установок относятся устройства, в которых основным конструктивным и одновременно – главным элементом являются сетки. Для этих устройств характерна общность физической модели процесса загрязнения сеток и расчетная схема определения основных технологических параметров установок, хотя неподвижные элементы и вращающиеся сетки водозаборов, сетчатые фильтры скважин, барабанные сетки, микрофильтры и сетчатые фильтры с нанесенным на рабочее полотно фильтрующем слое имеют свои отличительные конструктивные признаки [2].

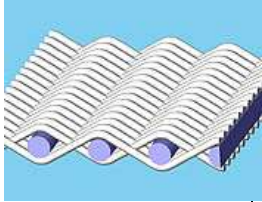
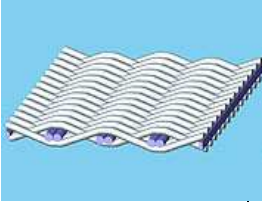
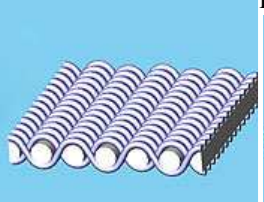
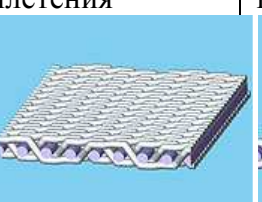
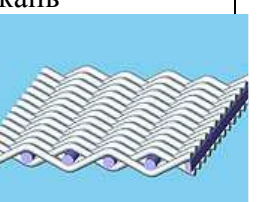
В последние годы в мире значительно расширилась номенклатура фильтрующих материалов. Целью наших исследований является изучение производительности современных микросеток различной крупности и плетения, для выявления наиболее эффективного типа микросетки, способного обеспечить оптимальное качество очистки в сочетании с наиболее экономичным режимом работы сетчатой установки при применении её на водозаборных сооружениях.

В период цветения реки Дон нами были произведены испытания на водозаборных сооружениях ковшового типа, расположенных в г. Ростове-на-Дону. Такой тип водозаборных сооружений был принят не случайно, отличительная особенность водозаборов ковшового типа, то, что часть взвешенных веществ оседает в ковше и не попадает далее на очистные сооружения, а легкие, плавучие элементы, такие как планктон, проходят дальше и не задерживаются в ковше. И несмотря на то, что при расчете водопроводных очистных сооружений принято пренебрегать этими значениями мы считаем, что при подборе схемы очистки природных вод из поверхностных источников необходимо учитывать особенности типа водозабора, это положительно отразится на таких важных составляющих как энерго- и ресурсосбережение.

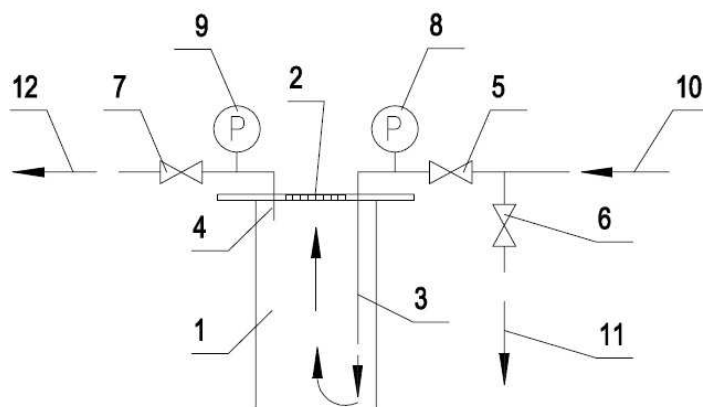
При проведении исследований забор воды производился непосредственно из ковша.

Для проведения исследований были выбраны сетки производства компании G WOPP & CO AG (Швейцария), крупнейшего производителя сетчатых материалов в Европе. Нами были отобраны десять образцов микросеток выполненных из нержавеющей стали. Номенклатура фильтрующих материалов представлена в таблице 1.

Таблица 1

Betamesh		Duplex		Robusta		Фильтровая ткань саржевого плетения		Гладкая фильтровая ткань	
									
абсолют. тонкость МКМ	номин. тонкость МКМ	абсолют. тонкость МКМ	номин. тонкость МКМ	абсолют. тонкость МКМ	номин. тонкость МКМ	абсолют. тонкость МКМ	номин. тонкость МКМ	абсолют. тонкость МКМ	номин. тонкость МКМ
27-31	30	27-30	20	56-62	50	16-18	10		
42-48	50	60-65	50	65-72	60	35-38	25	70-75	55
66-74	75								

Исследования проводились в период активного цветения водоема (август – сентябрь) при помощи испытательной установки (см. рис. 1), погружного насоса Vigila 500 M A ( $Q = 4.8 \text{ м}^3/\text{час}$  (1,34 л/с),  $H=9 \text{ м}$ ) и фотометра КФК-2, с применением кювет с длинным ребром, в четыре этапа.



**Рис. 1**  
1. Емкость  $W=15$ л; 2. Тестируемая сетка 120х120мм; 3. Подающий патрубок  $\varnothing 16$ мм; 4. Переливной патрубок  $\varnothing 16$ мм; 5. Вентиль шаровый 3/4"; 6. Вентиль шаровый 3/4"; 7. Вентиль шаровый 3/4" 8. Мановакуумметр ОБМВ1-100; 9. Мановакуумметр ОБМВ1-100; 10. Подающая линия; 11.Байпасная линия; 12. Переливная линия.

#### Этап I:

Целью данного испытания являлось выявление наиболее производительных сеток для дальнейшего изучения и рассмотрения возможности применения их при усовершенствовании микрофильтров и выявления. Испытание каждой сетки проводилось в трех режимах по следующей схеме:

1. включение насоса → вентилями 5 и 6 стабилизация давления на подающей линии 0,015 МПа → отбор проб через 4, 8 и 10 мин → проведение фотометрического анализа отобранных образцов → промывка сетки обратным током – 30 секунд.

2. включение насоса → вентилями 5 и 6 стабилизация давления на подающей линии 0,020 МПа → отбор проб через 4, 8 и 10 мин → проведение фотометрического анализа отобранных образцов → промывка сетки обратным током – 30 секунд.

3. включение насоса → вентилями 5 и 6 стабилизация давления на подающей линии 0,025 МПа → отбор проб через 4, 8 и 10 мин → проведение фотометрического анализа отобранных образцов.

Данная схема была разработана для определения эффективности работы каждого образца по ряду показателей таких как – рост потерь напора, снижение производительности сетки и качество очищенной воды по оптической плотности.

В таблице 2 приведены данные снятые на десятой минуте эксперимента.

Таблица 2

№ №	Тип сетки	Расход л/с			Время мин.	Давле- ние на входе МПа	Избы- точное давление МПа	Опти- ческая плот- ность
		пере- лив	бай- пас	сет- ка				
1	2	3			4	5	6	7
1	Betamesh 75 66-74 мкм	-	0,694	0,646	10	0,017	-	0,180
2	Фильтровая ткань саржевого плетения 165X1400 10 мкм	0,266	0,769	0,305	10	0,035	0,045	0,188
3	Betamesh 30 27-31 мкм	0,140	0,680	0,520	10	0,0215	-	0,190
4	Фильтровая ткань саржевого плетения 80X700 25 мкм	0,179	0,667	0,494	10	0,026	0,01	0,190
5	Betamesh 50 42-48 мкм	0,126	0,546	0,668	10	0,020	-	0,195
6	Duplex 60 50 мкм	0,118	0,676	0,546	10	0,017	-	0,130
7	Robusta 400x125 50 мкм	0,092	0,685	0,563	10	0,015	-	0,172
8	Robusta 175x50 60 мкм	0,090	0,584	0,666	10	0,015	-	0,149
9	Гладкая фильтровая ткань 40X200 55 мкм	-	0,704	0,636	10	0,0155	-	0,159
10	Duplex 30 20 мкм	0,145	0,806	0,389	10	0,024	0,09	0,162

По результатам испытаний были отобраны три образца показавшие наибольшую технологическую эффективность – Betamesh 30 (27-31 мкм), Betamesh 50 (42-48 мкм) и Duplex 30 (27-30 мкм).

#### Этап II:

Целью данного испытания являлось изучение работы образцов в установленном режиме в течение заданного времени для определения типа сетки, наиболее подходящего для непрерывной работы сетчатой установки. Испытание проводилось на образцах, отобранных в качестве технологически предпочтительных на I-м этапе исследований следующим образом:

включение насоса → вентилями 5 и 6 стабилизация давления на подающей линии 0,015 МПа → при повышении давления до 0,025-0,030 МПа - отбор пробы → замер расходов → обратная промывка из байпасной линии (плоской промывочной струей) в течении 5 сек → контроль давления – повтор обратной промывки по 5 сек пока давление не опуститься до начального значения → отбор пробы → замер расходов → повтор цикла в течении 2-х часов с каждым из трех, отобранных, образцов сеток.

Параллельно проводился фотометрический анализ отобранных образцов воды при длине волны 540.

Данная схема была разработана для изучения режима работы каждого из отобранных, определения периодичности промывок и продолжительности промывок, необходимых для очистки сетки. В таблице 3 приведены усредненные данные.

Таблица 3

№	Тип сетки	Время между промывками мин.: сек.	Время промывки сек	Оптическая плотность
1	2	4	5	7
1	Betamesh 30 27-31 мкм	1:20	30	0,185
2	Фильтровая ткань саржевого плетения 80X700 25 мкм	2:50	10	0,165
3	Betamesh 50 42-48 мкм	3:20	10	0,190
4	Duplex 30 20 мкм	3:40	5	0,175

В процессе исследований один из отобранных образцов - Betamesh 30 (27-31 мкм) был исключен, по причине очевидной неэффективности работы в данном режиме (быстрое засорение сетки в сочетании с необходимостью длительной промывки) и заменен на другой образец - Фильтровая ткань саржевого плетения - 25 (35-38 мкм).

#### Этап III:

Целью данного испытания являлось изучение возможного повышения производительности сетчатых установок за счет применения реагентов. Испытание проводилось на трех образцах, показавших наибольшую эффективность на I-м и II-м этапах с применением 1%-х растворов флокулянта «Aquatech 740» ( $Al_2O_3$ ) и комплексного реагента «СКИФ-180» ( $Aln(OH)mCl3n-m$ ) по следующей схеме:

включение насоса → вентилями 5 и 6 стабилизация давления на подающей линии 0,015 МПа → замер расходов → введение реагента 5 мг/л → при повышении давления до 0,025-0,030 МПа - отбор пробы → замер расходов → обратная промывка из байпасной линии (плоской промывочной струей) в течении 5 сек → контроль давления – повтор обратной промывки по 5 сек пока давление не опуститься до начального значения → отбор пробы → замер расходов → введение реагента 10 мг/л → при повышении давления до 0,025-0,030 МПа - отбор пробы → замер расходов → обратная промывка из байпасной линии в течении 5 сек → контроль давления – повтор обратной промывки по 5 сек пока давление не опуститься до начального значения → отбор пробы → замер расходов → введение реагента 15 мг/л → при повышении давления до 0,025-0,030 МПа - отбор пробы → замер расходов → обратная промывка из байпасной линии в течении 5 сек → контроль давления – повтор обратной промывки по 5 сек пока давление не опуститься до начального значения → отбор пробы → замер расходов.

Параллельно проводился фотометрический анализ отобранных образцов воды при длине волны 540.

Данная схема была разработана, на основании исследований по выбору реагента для очистки воды от сине-зеленых водорослей, проведенных на очистных сооружениях водопровода базы отдыха «Юг Руси», расположенной на левом берегу р. Дон, расходом 20 м<sup>3</sup>/час. На основании проведенных тогда исследований был рекомендован к применению комплексный

реагент СКИФ для очистки воды от сине-зеленых водорослей [3]. В таблице 4 приведены усредненные данные.

Таблица 4

№	Тип сетки	Реагент					
		«Aquatech 740» (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )			«СКИФ-180» (Aln (OH) mCl3n-m)		
		Время между промывками мин.: сек.	Время промывки сек	Оптическая плотность	Время между промывками мин.: сек.	Время промывки сек	Оптическая плотность
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Фильтровая ткань саржевого плетения 80X700 25 мкм	2:40	15	0,263	3:20	10	0,225
2	Betamesh 50 42-48 мкм	3:52	15	0,282	5:50	5	0,231
3	Duplex 30 20 мкм	3:00	15	0,119	2:30	10	0,215

Также, дополнительно, были проведены испытания с реагентами на крупных сетках - Betamesh 75 (66-74 мкм) и Robusta-60 (65-72 мкм).

В результате было выявлено, что при применении реагентов засорение фильтрующего слоя происходит в разы быстрее, а на поверхности сеток образуется «липкий» слой (см. рис. 2), удаление которого требует более частой, длительной и интенсивной промывки, что является не целесообразным.



Рис. 2.

Тем не менее, при применении реагента «СКИФ-180» засорение происходило менее интенсивно, а промывка была более результативна, чем при применении флокулянта «Aquatech» 740», который практически «заклеивал» поры испытуемых микросеток. Испытания на более крупных сетках, не дали положительных результатов, даже при применении реагентов для искусственного формирования более крупных частиц эффективного задержания их не происходило, качество исходной и отфильтрованной воды оставалось идентичным.

#### Этап IV:

На этом этапе проводилось испытание трех сеток, показавших наибольшую эффективность на I-м и II-м этапах. Испытание заключалось в погружении испытательной установки в

донскую воду на 30 секунд, так, чтобы слой жидкости над поверхностью сетки составлял 5, 10 и 20 сантиметров, таким образом, мы определяли пропускную способность образцов под гидростатическим давлением.

В результате данного испытания было определено, что фильтровая ткань саржевого плетения - 25 (35-38 мкм), при эффективном задержании планктона, так же обладает наиболее высокой пропускной способностью, чем два других испытываемых образца.

В процессе испытаний были учтены данные о температуре воздуха, температуре воды в источнике, проведена калибровка фотометра на исходной воде, а также выполнен гидробиологический анализ донской воды в период исследований (данные приведены в таблице 5).

Таблица 5

№№	Наименование организмов фитопланктона	Количество клеток в 1 см <sup>3</sup>
1	2	3
1	Synechocystis	4000
2	Oscillatoria	6000
3	Aphanizomenon	30000
4	Melosira	16000
5	Microcystis	4000
6	Scenedesmus	320
7	Anabaena	800
8	Asterionella	80
	Итого	61200

При подборе оптимальных методов задержания фито и зоопланктона при заборе воды из поверхностных источников необходимо учитывать множество природных факторов, так как поведение планктона зависит не только от температуры наружного воздуха, но и от времени суток и погодных условий, а главное от общего состояния экосистемы.

Снижать концентрацию зоо- и фитопланктона, чтобы предотвращать трофически развитие дрейссены, выводящей из строя трубы, насосы, сооружения, а также увеличивать длительность фильтроцикла фильтров, тем самым сокращая расходы воды на собственные нужды, и в целом повышая энергоэффективность системы водоснабжения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин Ю.М. Сетчатые установки систем водоснабжения // Справочное пособие. Ленинград Стройиздат. Ленинградское отделение - 1976 г. – с.5.
2. Тайвер Е. А. Технологические аспекты трофической пирамиды водных экосистем // Материалы международной научно-практической конференции Строительство-2011-с. 63
3. Тайвер Е. А., Серпокыров Е. Н. Особенности выделения сине-зеленых водорослей на малых водопроводных очистных сооружениях // "Водоснабжение и канализация"-2012-№1-с.с.32-34