УДК 628.336.422

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД В УСОВЕРШЕНСТВОВАННОМ ВОДООЧИСТНОМ ФИЛЬТРЕ С ЗАЖАТОЙ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ЗАГРУЗКОЙ

Негматов Мирзобахром Каримович, *к.т.н., доцент,*
E-mail: mk.negmatov@gmail.com,
Наманганского государственного технического университета

Аннотация*: В статье представлены результаты экспериментальных исследований по очистке природных вод в усовершенствованном фильтре с восходящим потоком подаваемой воды и зажатой фильтрующей загрузкой. Практическая ценность работы заключается в том, что определена эффективность применения усовершенствованного напорного фильтра по предлагаемому способу для очистки природных вод, содержащих до 100-150 г/м^3 взвешенных веществ и разработаны рекомендации по их использованию в условиях Республики Узбекистан. Показана высокая задерживающая способность загрузки из местных зернистых материалов, так эффект очистки воды по удалению взвешенных веществ на протяжении фильтр периода, достигавшего 10-18 часов отличался устойчивостью и составлял 87-97 процентов.*

Аннотация: *Мақолада табиий сувларни такомиллаштирилган фильтрлаш қурилмасида сиқилган донадор фильтрловчи қатламдан "пастдан юқорига" йўналишда сиздириб тозалаш бўйича бажарилган тадқиқотлар натижалари кўрсатилган. Ишнинг амалий аҳамияти шундаки, муаллақ заррачалар концентрацияси 100-150 г/м^3 бўлган табиий сувларни такомиллаштирилган босимли фильтрда таклиф этилган усулда тозалаш самарадорлиги аниқланган ва улардан Ўзбекистон Республикаси иқлим шароитида фойдаланиш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилганлигида. Маҳаллий хом-ашёлар асосида тайёрланган қатламнинг тозаланаётган сув таркибидаги унсурларни тутиб қолиш хусусияти юқори эканлиги, жумладан. фильтрлаш давомийлиги 10-18 соат бўлганда тозалаш самарадорлиги 87-97 фоизни ташкил этганлиги кўрсатилган.*

Abstract: *The article presents the results of experimental studies on the purification of natural waters in an improved filter with an upward flow of supplied water and a compressed filter load. The practical value of the work lies in the fact that the effectiveness of using an improved pressure filter according to the proposed method for purifying natural waters containing up to 100-150 g/m3 of suspended solids has been determined, and recommendations for their use in the conditions of the Republic of Uzbekistan have been developed. The high retention capacity of loading from local granular materials was demonstrated, as the water purification effect for removing suspended matter during the filter period, reaching 10-18 hours, was characterized by stability and amounted to 87-97 percent.*

Ключевые слова: *Очистка природных вод, зажатый фильтрующий слой, напорный фильтр, фильтрат, коагуляция, регенерация, скорость фильтрования.*

Калит сўзлар: *Табиий сувларни тозалаш, фильтрловчи сиқилган қатлам, босимли фильтр, фильтрат, коагуляция, регенерация, фильтрлаш тезлиги.*

Keywords*: Natural water purification, compressed filtration layer, pressure filter, filtrate, coagulation, regeneration, filtration rate.*

Введение. Опыт проектирования, строительства и эксплуатации сооружений по подготовке воды природных поверхностных источников для технических нужд предприятий в странах с развитой промышленностью позволяет сделать заключение о

целесообразности очистки воды с подобным содержанием взвешенных веществ применением фильтровальных методов.

Одновременно при строительстве промышленных объектов в настоящее время все большее внимание уделяется рациональному и экономичному использованию отводимой территории. Одним из путей решения этой задачи является сокращение площадей, занимаемых вспомогательными цехами и сооружениями, за счет совершенствования технологических процессов.

Этим требованиям в наибольшей степени отвечают фильтровальные станции, оборудованные напорными фильтрами, работающие в режиме сверхскоростного фильтрования.

Данная научно-исследовательская работа посвящена вопросу дальнейшего совершенствования технологии сверхскоростного фильтрования.

С нашей точки зрения важным направлением в поисках путей повышения эффективности напорных сверхскоростных фильтров является фильтрование в направлении убывающей крупности загрузок.

Целью настоящей работы является определение экологической эффективности применения напорных фильтров с восходящим потоком для очистки природных вод, содержащих до 100-150 г/м^3·взвешенных веществ и создание конструкции сверхскоростного напорного фильтра, в котором движение очищаемой воды происходит снизу-вверх.

Исходя из поставленной цели были решены следующие задачи:

- создана лабораторная установка для определения эффективности использования напорных сверхскоростных напорных фильтров с восходящим потоком;
- проведено исследование возможности очистки воды от взвешенных веществ фильтрованием в направлении убывающей крупности загрузки с постоянными высокими скоростями;
- определены основные технологические параметры работы напорных фильтров, которые могут быть рекомендованы в качестве исходных данных при проектировании фильтровальных станций в реальных условиях.

Разработке этого научного направления в области очистки воды фильтрованием посвящены работы Г.Н.Никифорова, Х.Хадсона, Н.Джексона, И.Клизбея, Р.Небольсина, Г.Г.Рудзского, А.Н.Кима, В.Б.Гусаковского, А.Х.Касира, Н.Л.Смирновой и др. предложивших процесс фильтрования суспензий проводить с понижающимся в течение межпромывочного периода скоростями фильтрования.

Методика проведения эксперимента. Для решения поставленных задач с наибольшей степенью достоверности экспериментальные исследования были запланированы состоящими из двух этапов. На первом этапе были выполнены исследования на крупномасштабной модели фильтра, смонтированной в лаборатории кафедры, описанной в работах [1,2].

Для воды рек и водохранилищ Республики Узбекистан характерно относительно небольшое содержание взвешенных веществ, растворенных солей и несколько повышенное содержание гидрокарбонатного иона, обуславливающего щелочность воды и способствующего эффективному протеканию процесса коагуляции.

Экспериментальный фильтр был загружен образцами песков Акташского карьера нерудных материалов, расположенного в Туракурганском районе Наманганской области Республики Узбекистан. Выбор схем гранулометрического состава и высоты загрузки был выполнен на основании анализа, в области сверхскоростного фильтрования, ранее проведенных исследований и с учетом особенностей принципа работы рассматриваемого фильтра, при которой движение очищаемой воды происходило в направлении убывающей крупности зёрен загрузки и наибольшее количество загрязнений задерживалось в нижних

слоях с более крупной загрузкой. Нижние слои загрузки толщиной 0.4-0.6 мм, на которые поступала вода с наибольшим содержанием механических примесей, состояли из песка крупностью 1.65-2.0 мм. Минимальный диаметр зёрен верхнего слоя был принят 0.5 мм.

Были исследованы следующие четыре схемы гранулометрического состава фильтрующей загрузки (см. табл.1):

Таблица 1. Гранулометрический состав фильтрующей загрузки.

№ схемы	$d_{мин}$, мм	$d_{макс}$,мм	$d_э$, мм	$К_н$
1	0.5	2.0	1.3	1.73
2	0.75	2.0	1.4	1.69
3	1.0	2.0	1.5	1.67
4	1.0	2.0	1.6	1.46

Высота загрузки была принята для всех схем равной 1.6 м.

Было намечено проводить исследования в двух скоростных режимах: в режиме фильтрования с постоянными высокими скоростями (ультраскоростное фильтрование) и в режиме сверхскоростного фильтрования с постоянным уменьшением скорости фильтрования на протяжении межпромывочного периода работы фильтра при соблюдении постоянства потери напора в фильтрующей загрузке.

При планировании экспериментальной работы, выполнявшемся с использованием греко-латинского квадрата, для выбора величин первичных факторов-содержания взвешенных веществ в исходной воде, начальной скорости фильтрования, эквивалентного диаметра загрузки, и интервалов между их уровнями были использованы данные ранее выполненных исследований и опыта эксплуатации сверхскоростных фильтров.

При работе фильтра с постоянной скоростью, было намечено произвести исследования эффективности очистки исходной воды при четырёх скоростях: 15, 30, 45, 50 м/ч. Выключение фильтра на промывку производилось в момент ухудшения качества фильтрата при содержании взвеси в нём более 20 г/м^3.

Для режима сверхскоростного фильтрования начальные скорости фильтрования принимались равными 45, 50, 55, 60 м/ч. Выключение фильтра на промывку осуществлялась при снижении скорости фильтрования до 7 м/ч. Эффективность обоих режимов фильтрования было намечено определять при четырёх уровнях задержанных взвешенных веществ: 30, 60, 90 и 120 г/м^3.

Основными исходными данными исследовании процесса очистки воды фильтрованием являлись качество воды, поступающей на фильтр, гранулометрический состав, характер поверхности зёрен и высота фильтрующей загрузки, скорость фильтрования, характеризующая количество воды прошедшей через единицу площади фильтра в единицу времени.

Степень улучшения качества исходной воды прежде всего характеризовалась способностью фильтра задерживать механические примеси, что оценивалось относительным эффектом очистки, определяемым (в процентах) из выражения:

$$Э = \frac{M_0 - M_ф}{M_0} \cdot 100$$

где M_0-содержание взвешенных веществ в исходной воде, включая механические примеси, образовавшиеся в результате обработки воды коагулянтом, г/м^3; $M_ф$ - содержание взвешенных веществ в фильтрате, г/м^3.

Определение содержания механических примесей в исходной воде M_0 и в фильтрате $M_ф$ производилось ежечасно на протяжении всего межпромывочного периода фильтра фотометрическим методом на концентрационном электрофотоколориметре КФК-2.

В процессе очистки исходной воды фильтрованием такие показатели качества воды как содержание катионов и анионов, жесткость в результате обработки воды коагулянтом и фильтрования, изменений практически не претерпевали и на эффект очистки влияния не оказывали. Поэтому при проведении экспериментов их определение не производилось.

Для контроля за эффективностью коагуляции исходной воды одновременно с определением содержания взвешенных веществ в тех же пробах воды определялись значения водородного показателя *pH* и цветности. Для определения *pH* использовался pH-метр марки pH-673, цветности-электрофотоколориметр марки КФК-2.

Определяемыми технологическими параметрами режима работы фильтра были скорость фильтрования и потери напора в фильтрующей загрузке (во всём её объёме и по отдельным слоям).

Скорость фильтрования определялась как частное от деления производительности опытного фильтра в данный момент времени на его площадь.

На основании результатов экспериментальных исследований было намечено определить изменение таких вторичных факторов как эффект очистки воды по взвешенным веществам, потери напора в слоях фильтрующей загрузки, продолжительность межпромывочного периода работы фильтра и грязеёмкость загрузки фильтра [3,4,5].

Результаты и обсуждение. Исследования показали, что при фильтровании с постоянной скоростью диапазон изменений эффекта очистки оказался весьма широким 64.7-96.7 %, при этом наиболее высокий эффект очистки наблюдался только в течение первого часа работы фильтра, затем происходило резкое увеличение мутности фильтрата, что практически делало его непригодным к дальнейшему использованию в системе водоснабжения. Результаты экспериментальных исследований процесса очистки воды на опытной установке производительностью 10.0 м^3/час представлены в таблице 2.

Таблица 2

Фильтрование с постоянной скоростью $\boldsymbol{v_ф = 15}$ м/час, доза коагулянта $\boldsymbol{D_к = 4.0}$ г/м^3

Продолжительность работы фильтра, τ, час	Мутность исходной воды, M_0, г/м^3	Мутность фильтрата воды, M_0, г/м^3	Эффект очистки, Э, %	Потери напора в фильтре, $H_ф$, м	Количество задержанных загрязнений, G, кг/м^2
0	91.0	3.0	96.7	0.24	0.00
2	88.5	22.0	75.1	0.40	1.96
4	89.0	24.0	73.3	0.64	3.92
6	91.0	30.5	66.5	0.96	5.88
8	86.5	30.0	65.3	1.20	7.84
10	92.0	30.0	67.4	1.44	9.80
12	91.0	32.5	64.5	2.15	11.76
Среднее значение	89.9	24.6	72.2	-	-

Проскок механических примесей в фильтрат в этом случае объясняется во-первых большим количеством взвеси в исходной воде, а также непрерывным ростом потери напора, имевшим место на протяжении всего межпромывочного периода фильтрования и приводившим соответственно к увеличению напряжений, срезающих задержанные на

поверхности загрузки загрязнения, которые при этом выносились потоком воды из фильтрующего слоя.

Выводы. По результатам исследований процесса очистки воды на опытной водоочистной установке можно сделать следующие выводы:

1. Лабораторными исследованиями напорного сверхскоростного фильтрования с восходящим потоком очищаемой воды в направлении убывающей крупности зёрен загрузки доказана высокая задерживающая способность загрузки. Так, эффект очистки воды по удалению взвешенных веществ на протяжении межпромывочного периода работы фильтра, достигавшего 10-18 часов отличался устойчивостью и составлял 87-97 процентов.

2. Применение метода сверхскоростного напорного фильтрования в направлении убывающей крупности зёрен загрузки для очистки вод водохранилищ позволяет по сравнению с обычным способом сверхскоростного фильтрования в одинаковых условиях снизить эксплуатационные и приведенные затраты на 30-35 процентов.

Список литературы

1. СанПиН РУз. №0171-04. Гигиеническая оценка фильтрующих материалов и ионообменных смол, используемых в системах водоснабжения в специфических условиях Узбекистана.

2. Negmatov M., Atamov A., Kasimov T. *Water purification on pressure filters* (LAP LAMBERD Academic Publishing). 2021.

3. Негматов М.К., Бобоева Г.С. Некоторые соображения по очистке природных вод на усовершенствованных фильтрах. // В материалах международной научно-практической конференции «Проблемы и решения внедрения инновационных технологий в сфере инженерных коммуникаций». Самарканд, 2022.с. 129-135.

4. Негматов М.К., Бобоева Г.С. Некоторые особенности работы автоматизированной сверхскоростной фильтровальной станции // В материалах республиканской научно-практической конференции «Архитектура и градостроительство Таджикистана» (С международным участием). Душанбе, 2024. с. 361-368.

5. Негматов М.К., Бобоева Г.С. Некоторые особенности работы автоматизированной сверхскоростной фильтровальной станции // В материалах республиканской научно-практической конференции «Архитектура и градостроительство Таджикистана» (С международным участием). Душанбе, 2024. с. 361-368.