электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель Общероссийская общественная организация "Академия инженерных наук им. А.М. Прохорова"
ISSN 2307-0609

02, июнь 2020

УДК 628.16.0

Исследование эффективности механических фильтров мобильной установки очистки воды при чрезвычайных ситуациях

Ширниех А.А., *магистр*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана (НИУ),
кафедра «Экология и промышленная безопасность»
al-3x@mail.ru

Научный руководитель: Ксенофонтов Б.С., д.т.н., профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана (НИУ),
кафедра «Экология и промышленная безопасность»
ksenofontov@bmstu.ru

Аннотация: Качественная питьевая вода жизненно необходима для человека. Особенно остро этот вопрос стоит, когда речь идет о выживании большой группы людей во время чрезвычайных ситуаций или военных действиях. Для подобных ситуаций автором была разработана принципиальная схема установки, которая позволит снабдить питьевой водой, используя ближайший источник воды любого качества, и рассмотрен её принцип действия. Для проверки работоспособности предложенной установки проведена исследовательская работа на предмет достижения качества воды одного из органолептических свойств.

Ключевые слова: мобильная установка очистки воды (mobile water treatment plant), исследование коагуляции (coagulation study), механические фильтры (mechanical filters).

Введение

Территория нашей страны занимает площадь более 17 млн. км^2 и на этой огромной территории находится немного более, чем 1100 городов. Многие населенные пункты могут иметь трудности с медицинской помощью, транспортной доступностью, продуктами питания, питьевой водой и отоплением в условиях чрезвычайных ситуаций. Такие населенные пункты уязвимы во время чрезвычайных ситуаций, особенно этот вопрос касается доступности питьевой воды. Согласно [1] в 2017 году произошло 42, в 2018 году 44 природных чрезвычайных ситуаций.

Разработка установки

В ходе изучения данного вопроса мной было изучено более 80 работ. Самые интересные работы с конструктивной точки зрения – это мобильная установка очистки воды при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций [2] или многоцелевая установка для очистки воды [3]. Однако, даже в этих и во многих других установках прослеживается определенный ряд проблем, таких как возможность вторичного заражения микроорганизмами, сложность в эксплуатации, малая производительность и, как следствие, большие габариты установок, а также быстрая изнашиваемость оборудования из-за отсутствия соответствующей предварительной водоподготовки. Для решения этих и других проблем предлагается следующее техническое решение, представленное в виде принципиальной схемы на рисунке 1.

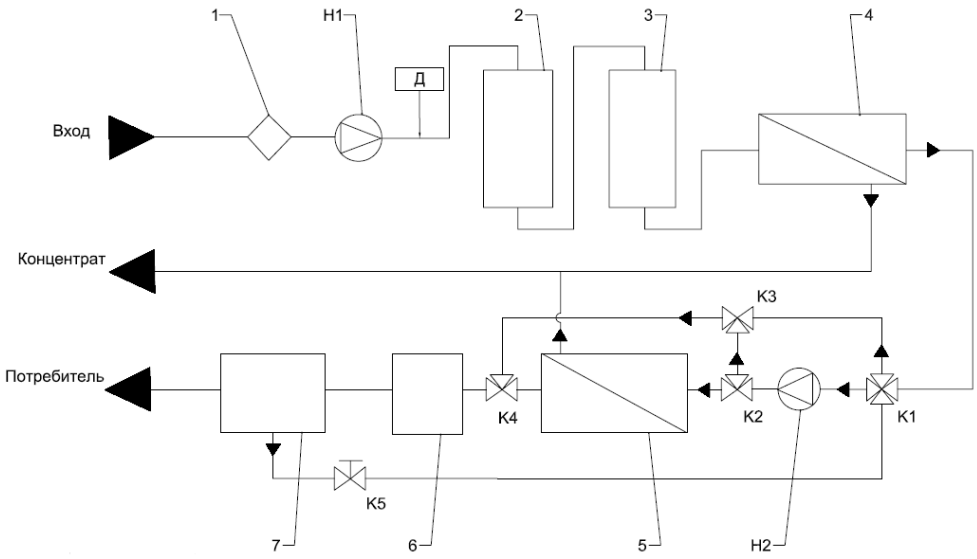


Рис. 1. Принципиальная схема

Принципиальная схема: 1 – сетчатый фильтр; 2 – механический фильтр; 3 – угольный фильтр; 4 – ультрафильтрационная мембрана; 5 – обратносматическая мембрана; 6 – ультрафиолетовый стерилизатор; 7 – резервуар чистой воды; H1 – насос для подачи исходной воды; H2 – насос для обратноосматической мембраны; Д – дозатор коагулянта.

Предварительная подготовка воды к основной ступени очистки позволяет иметь большой резерв ее эксплуатации. Сетчатый фильтр устанавливается перед насосом H1 и защищает всю установку от крупногабаритных загрязнений более 50 - 400 мкм. Далее стоит механический фильтр, который будет отфильтровывать нерастворимые частицы 5 - 50 микрон и будет защищать угольный фильтр от забивания пор. Угольный фильтр, который обладает так называемыми мезопорами, размером 0,002 – 0,05 мкм, и будет уже очищать от растворенных в воде органических примесей. Многие разработчики устанавливают

угольный фильтр после ультрафильтрационной мембраны, что, по нашему мнению, является большой ошибкой, так как он является благоприятной средой для размножения микроорганизмов. Ультрафильтрационная мембрана с размерами пор до 0,01 мкм способна удалять бактерии (0,4 - 1 мкм) и вирусов (0,02 - 0,4 мкм), а после нее в установке будет ее повторное заражение в фильтре, что недопустимо. В установке также предусмотрен ультрафиолетовый стерилизатор с рециркуляционным контуром из резервуара чистой воды, который включается во время остановки установки, чтобы предотвратить вторичное загрязнение.

Стоит отметить, что рециркуляционный контур обеспечивает насос, который уже установлен в основную линию и не требует дополнительного оснащения. В случае превышения концентрации солей в воде или недостаточной ее очистки, предусмотрена установка с обратноосмотической мембранной.

Исследовательская часть

Была проведена исследовательская часть, направленная на достижение нормативных значений по такому органолептическому параметру качества воды, как мутность. Все опыты были проведены на учебном лабораторном стенде «Очистка сточных вод», который представлен на рисунке 2.

Рис. 2. Учебный лабораторный стенд «Очистка сточных вод»

Для проведения опыта была приготовлена модельная вода, в которой было размешано 10 грамм размолотого угля АГ – 3. Иллюстрацию можно увидеть на рисунке 3.

Рис. 3. Резервуар с модельной водой

Стенд «Очистка сточных вод» включает в себя две колонны с фильтрующим материалом, а также дополнительный резервуар чистой воды. Оценка эффективности работы стенда проводилась с использованием нефелометрии проб исходной (модельной) и очищенной воды, отбираемой из РЧВ. Процедура нефелометрии проводилась на турбодиметре HACH 2100N. Для проведения процедуры нефелометрии была отобрана проба воды в кювету объемом 30 мл и произведены измерения, данные которых представлены в таблице 1.

Таблица 1

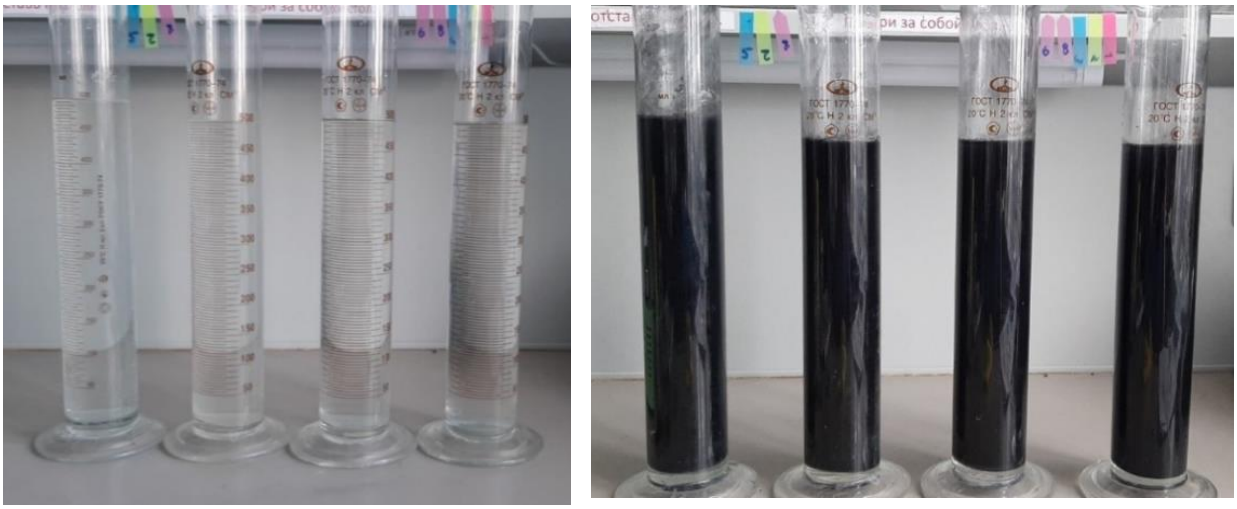
Результаты нефелометрических измерений (в единицах NTU)

№ опыта	Исходная вода (до фильтрования)	Очищенная вода (после фильтрования)	Эффективность, %
1	32,2	10,9	66,1
2	30,3	11	63,7
3	33,5	11,3	66,3

Как мы видим, значения, полученные после фильтрования, не соответствуют установленным нормам для качества питьевой воды. Несмотря на то, что фильтры являются лишь первой ступенью к достижению необходимого качества воды и последующие ступени очистки доведут этот параметр до установленных норм, целесообразно улучшить качество воды после данной ступени что бы снизить нагрузку на последующие установки, которые являются более дорогостоящими и предназначены для извлечения более мелкодисперсных загрязнений.

Для интенсификации процесса фильтрации было решено использовать коагулянт. В

качестве коагулянта был выбран Аква-Аурат-18 ($Al_2(OH)_nCl_{6-n}$). Для проведения опытов было использовано четыре цилиндра на 0,5 л. Далее была подготовлена модельная вода путем добавления размолотого угля АГ – 3 в воду (рисунок 4).

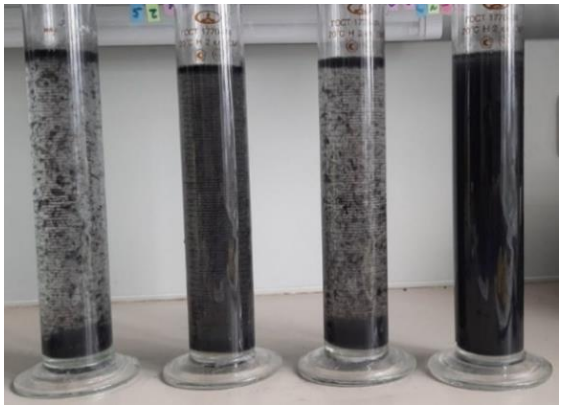


а) б)

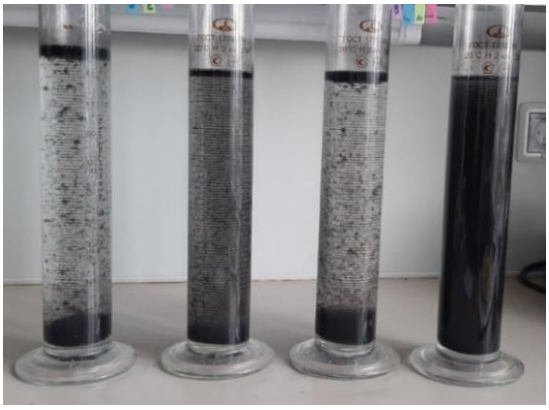
Рис. 4. Мензурки с исходной (а) и модельной водой (б)

Для проведения самого опыта необходимо было подготовить и сам раствор Аква-Аурат-18. Для этого был подготовлен 5 % раствор Аква-Аурат-18 и в каждую из мензурок с помощью стеклянной пипетки был добавлен соответствующий объем раствора (слева направо: 1 мл, 2 мл, 3 мл, 4 мл). В ходе опыта были зафиксированы результаты измерений после введения коагулянта в временные промежутки в 5, 10, 15 и 20 минут. Качественные результаты представлены на рисунке 5.

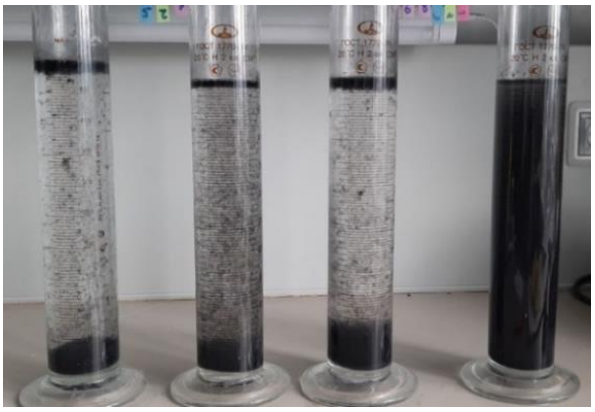
Как мы можем увидеть из рисунка, наибольшую эффективность показывает минимальная доза коагулянта в 1 мл 5 % раствора Аква-Аурат-18. Подобный результат вызван тем, что для процесса коагуляции необходимо преодолеть силы взаимного отталкивания между взвешенными частицами. Раствор Аква-Аурат-18 позволяет перевести взвесь в электрически нейтральное состояние, самый оптимальный объем которой составляет 1 мл на 0.5 л модельной воды. Большая концентрация коагулянта возможно способствует перезарядке взвеси и ухудшению эффективности отделения ее от воды.



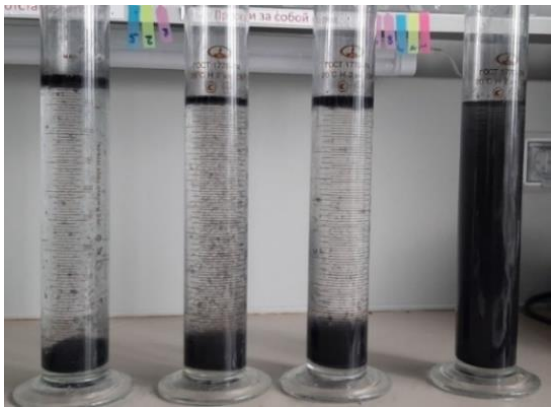
5 минут



10 минут



15 минут



20 минут

Рис. 5. Добавление коагулянта в модельную воду

Заключение

На основании проделанной работы были выявлены возможности решения проблемы, которая может возникнуть при эксплуатации установки. В этой связи предложена дополнительная стадия реагентной обработки воды, которая возможно исключит некоторые проблемы при эксплуатации установки. Считаю, что предлагаемая дополнительная обработка улучшит качество очистки природной воды.

Список литературы

[1]. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2018 году». М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2019. 344 с.

[2]. Александров Р.А., Феклисов Д.Ю., Лагунцов Н.И., Курчатов И.М. Мобильная установка очистки воды при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций // Экология

и промышленность России, 2019. Т. 23. № 1. С. 4–10.

[3]. Александров Р.А. Многоцелевая мобильная установка для очистки воды // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2017): материалы XIII Международной научно-технической конференции / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Том II. Уфа: ООО «Первая типография», 2017. 280 с.