

Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов

Научная статья

УДК 628.161

DOI: <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2023-2/64-72>

Т.М. Лонзингер, М.Н. Брюхов, Д.В. Ульрих, С.Е. Денисов

ЛОНЗИНГЕР ТАТЬЯНА МОПРОВНА – кандидат технических наук, научный сотрудник, доцент кафедры физико-химии материалов, lonzingertm@susu.ru

БРЮХОВ МИХАИЛ НИКОЛАЕВИЧ – аспирант кафедры градостроительства, инженерных сетей и систем, briukhovmn@susu.ru

УЛЬРИХ ДМИТРИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ – доктор технических наук, доцент, директор архитектурно-строительного института, ulrikhdv@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6851-4257>

ДЕНИСОВ СЕРГЕЙ ЕГОРОВИЧ – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры градостроительства, инженерных сетей и систем, denisovse@susu.ru

Южно-Уральский государственный университет

(национальный исследовательский университет)

Челябинск, Россия

Оптимизация процесса очистки питьевой воды в период цветения

Аннотация. В работе проведён сравнительный анализ влияния состава и структуры фильтрующих загрузок на степень удаления сине-зелёных водорослей, исследовано влияние реагентов на процесс водоподготовки в период цветения. В качестве материалов фильтрующей загрузки использовали кварцевый песок, природный цеолит Сибайского месторождения, акваантрацит. Установлено, что двухслойные фильтрующие загрузки, из цеолита/песка и акваантрацита/песка очищают воду в период цветения до принятых стандартом норм в течение длительного времени (16–27 часов). Фильтрующая загрузки из цеолита/песка и акваантрацита/песка имеют в период цветения продолжительность защитного действия в 2,7–3 раза больше, чем из кварцевого песка. Но с учётом стоимости цеолита, которая значительно ниже, чем стоимость акваантрацита, и технологических параметров отмывки загрузки наиболее оптимальным вариантом является использование двухслойной загрузки из цеолита и песка. Сравнение качества воды, полученной при использовании различных флокулянтов на исследованных фильтрующих загрузках, показало преимущество флокулянта БАЛТФЛОК 28 F3, который обеспечивает максимальное снижение цветности воды. Сорбционные материалы в фильтрующих загрузках, как показывают полученные данные, полностью решают проблему появления неприятного запаха у воды в период цветения. Поэтому перспективным направлением в водоподготовке является использование комбинированных фильтрующих загрузок, в состав которых входят неорганические сорбенты.

Ключевые слова: цветение водоёмов, сине-зелёные водоросли, фильтрующие загрузки, технологические параметры фильтрации, качество воды

Для цитирования: Лонзингер Т.М., Брюхов М.Н., Ульрих Д.В., Денисов С.Е. Оптимизация процесса очистки питьевой воды в период цветения // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2023. № 2(55). С. 64–72.

Введение

При очистке воды, забираемой из зарегулированных водоёмов для хозяйственно-бытового водоснабжения, возникают значительные трудности в период «цветения» водоёмов. Цветение воды – это изменение цвета воды в водоёмах, вызванное развитием фитопланктона, при котором вода обычно приобретает зелёную окраску [1]. Основной причиной цветения водоёмов является образование подходящих условий для роста водорослей и развития фитопланк-

тона. Подобные условия создаются при переизбытке органических веществ в воде, являющихся питательными для растений, что способствует их росту и развитию. Это может быть вызвано загрязнением водоёмов, сливом сточных вод в водоёмы, попаданием в них минеральных удобрений и т.д. Наиболее часто цветение воды встречается в пресноводных водоёмах со стоячей или слабо текущей водой. Хотя могут изменять свой окрас и солёные водоёмы, обладающие высокой текучестью. Любой водоём, в котором имеются водоросли, может подвергнуться цветению воды. Основной причиной цветения водоёмов является образование подходящих условий для роста водорослей и развития фитопланктона. К таким водоёмам относится Шершнёвское водохранилище – основной источник питьевой воды для г. Челябинск.

В период цветения вода обогащается разнообразными органическими веществами, существенно ухудшающими её качество. Основная роль в процессе цветения принадлежит сине-зелёным водорослям (цианобактериям). Заражение спорами сине-зелёных водорослей (цианобактерий) может произойти в любой момент. Обычно этот процесс происходит вместе с талыми водами, смывами от ливней, а иногда в результате попадания в водоём пыли. Если в водоёме присутствует хоть какая-то питательная база и нет биологического конкурента (например, хлореллы), значительно повышается риск начала «цветения» сине-зелёными водорослями (несбалансированная эвтрофикация). Цветение воды наносит существенный вред заражённому водоёму. Сине-зелёные водоросли токсичны и почти не участвуют в пищевой цепочке водоёма.

К середине лета в процессе отмирания цианобактерии гниют, образуя на поверхности воды слизистую пленку, препятствующую процессу фотосинтеза. Химическое потребление кислорода (ХПК) – показатель степени загрязнения воды органическими соединениями) растёт, а количество растворённого в воде кислорода снижается, в результате возможен замор рыбы, особенно малька. Продукты жизнедеятельности цианобактерий также токсичны, они уменьшают количество корма для зоопланктона и эффективность набора массы рыбой [6]. Кроме того, некоторые виды сине-зелёных водорослей могут продуцировать разнообразные вторичные метаболиты – цианотоксины, которые губительно действуют на водную флору и фауну. Примерно 60% проб с сине-зелёными водорослями могут содержать цианотоксины. Разнообразие цианотоксинов, выделяемых сине-зелёными водорослями (*Microcystis*, *Nodularia* spp. и др.), чрезвычайно высоко, например, только вариаций микроцистинов, обладающих острым гепатотоксическим эффектом, около 80. Кроме упомянутого токсического влияния на клетки печени цианотоксины могут обладать нейротоксическими и дерматоксическими механизмами воздействия, а также блокировать синтез многих важных белков [2, 3, 8].

По данным [7] выявлена следующая последовательность поступления в воду загрязнений, образующихся при разложении сине-зелёных водорослей: индол, фенол, летучие кислоты, меркаптаны, алифатические и ароматические амины. Индольные соединения образуются в начальный период разложения водорослей и являются источником характерного гнилостного запаха воды. При попадании водорослей в воду химические процессы образования сложных органических соединений с токсическим действием продолжаются в течение 20–25 дней. Поэтому важное значение имеет оптимизация технологии водоподготовки в целях максимально полного удаления сине-зелёных водорослей из питьевой воды. В известных технологиях подготовки воды главными факторами являются рациональный выбор фильтрующей загрузки и выбор реагентов. В статье проведён сравнительный анализ комбинированных фильтрующих загрузок с сорбционным слоем со стандартной загрузкой фильтра из кварцевого песка, исследовано влияние реагентов на процесс водоподготовки в период цветения. Цель исследования – оптимизация технологии водоподготовки в период цветения природных источников.

Материалы и методы

Фильтрующий слой, выполненный из зернистых материалов, является основным рабочим элементом водоочистных сооружений по подготовке питьевой воды. Технологические параметры процесса фильтрования зависят от свойств фильтрующего материала и структуры загрузки, характеризующейся пористостью, удельной поверхностью, плотностью материала. С увеличением объёма порового пространства загрузки до оптимальных величин улучшаются

технологические показатели работы фильтров, что позволяет повысить их производительность без ухудшения качества очистки воды [4]. В скорых фильтрах целесообразно применять двухслойную загрузку из кварцевого песка и лёгкого пористого сорбционного материала с наиболее развитой поверхностью зёрен.

Для исследований в качестве материала фильтрующей загрузки использовали кварцевый песок, природный цеолит Сибайского месторождения, акваантрацит. Химическую стойкость устанавливали по стандартным методикам. Определяли технологические параметры фильтрующих загрузок: время защитного действия, скорость отмывки фильтрующего слоя. Исследовали влияние состава флокулянтов на качество очистки воды в период цветения. Как основные параметры для оценки качества очистки воды в период цветения использовали показатели мутности и цветности, и количество клеток сине-зелёных водорослей в одном литре воды. Экспериментальные данные были получены при работе модельных установок на воде Шершнёвского водохранилища.

Результаты и обсуждение

При выборе материала для фильтрующей загрузки важным этапом является исследование его физико-механических свойств (табл. 1, 2).

Таблица 1

Физико-механические характеристики фильтрующих материалов

Показатель	Фильтрующие материалы		
	кварцевый песок	цеолит	акваантрацит
Истираемость, %	0	0,1	0
Измельчаемость, %	0,2	0,2	0,2
Пористость, %	44	60	56
Коэффициент неоднородности	3	1,75	1,67
Эквивалентный диаметр, мм	1,49	1,74	1,69
Насыпной вес, т/м ³	1,44	1,32	0,88
Плотность, т/м ³	2,64	3,1	1,8

Таблица 2

Характеристики фильтрующей загрузки

Материал фильтрующей загрузки	Фракция, мм	Плотность, т/м ³	Насыпной вес, т/м ³	Пористость зерновая, %	
				max	min
Кварцевый песок	1–2	0,904	1,63	40,48	38,04
Цеолит/песок	1–3, 1–2	0,836	1,41	37,21	30,24
Цеолит/песок	2–3, 1–2	0,884	1,37	35,7	28,60
Акваантрацит/ песок	3–5, 1–2	0,858	0,89	53,11	51,00

Для оценки влияния структуры фильтрующей загрузки на качество очистки воды в период цветения выбрали три типа загрузки (см. табл. 2).

1. Двухслойная, первый слой которой состоит из нейтрального материала кварцевого песка фракции 1–2 мм, а второй слой – из сорбента акваантрацита фракции 3–5 мм. Соотношение высоты первого и второго слоёв равно 2:1. Пористость загрузки неравномерная. Диаметр пор фильтрующего слоя возрастает по высоте фильтра.

2. Двухслойная, с равномерно распределённой пористостью по высоте загрузки из кварцевого песка и цеолита. Соотношение песка и цеолита по высоте фильтра составляло 1:1. Фракционный состав кварцевого песка и цеолита изменяли для достижения максимальной эффективности очистки от 1–2 до 2–3 мм.

Показатели качества воды в период цветения изменялись в следующих пределах: температура 18–23,5 °С, мутность 6–9,5 мг/л, цветность 90–711 град., щёлочность 2,7–2,8 мг-экв/л, водородный показатель 8,13–8,55. Исследования фильтрующих загрузок проводили при

оптимальных для данного состава воды дозах коагулянта – сернокислого алюминия. Для очистки воды использовали 3 вида флокулянтов (табл. 3–5).

Таблица 3

Показатели качества и эффективность очистки воды в период начала цветения (доза коагулянта 20 мг/л, флокулянт БАЛТФЛОК 28 F3, доза 0,4 мг/л)

Материал фильтрующей загрузки	Фракция, мм	Мутность, мг/л/цветность, град. после работы фильтрующей загрузки в течение				
		4 часов	6 часов	12 часов	18 часов	26 часов
Кварцевый песок	1–2	0,33/9,01	1,54/36	-	-	-
Цеолит/песок	1–3, 1–2	0/16,79	0,13/12,87	0,64/32	0,67/36	-
Цеолит/песок	2–3, 1–2	0/9,08	0,13/12,80	0,64/13,56	0,64/16,31	1,53/15,45
Акваантрацит/ песок	3–5, 1–2	0/9,01	0,13/15,45	0,64/22,0	0,64/25,0	0,67/36,0

Из данных табл. 3 видно, что после 6 часов работы фильтрующей загрузки из кварцевого песка, 18 часов работы загрузки с мелкими фракциями цеолита и песка и 26 часов работы загрузки из акваантрацита и песка происходит ухудшение качества воды и превышение нормативного уровня показателя цветности. Оценка запаха воды по ГОСТ Р 57164-2016 показала наличие гнилостного запаха (4 балла) после фильтрации через кварцевый песок и практически полное отсутствие запаха (2 балла) при использовании материалов с сорбционными свойствами – цеолита и акваантрацита.

Таблица 4

Показатели качества и эффективность очистки воды в период интенсивного цветения (доза коагулянта 70 мг/л, флокулянт Суперфлок А100, доза 0,2 мг/л)

Материал фильтрующей загрузки	Фракция, мм	Мутность, мг/л/цветность, град. после работы фильтрующей загрузки в течение		
		5 часов	14 часов	18 часов
Кварцевый песок	1–2	0,25/29,0	-	-
Цеолит/песок	1–3, 1–2	0,13/28,0	0,13/29,6	0,13/56,0
Цеолит/песок	2–3, 1–2	0,13/32,0	0,13/29,0	0,13/56,0
Акваантрацит/ песок	3–5, 1–2	0,13/32,0	0,13/28,1	0,13/48,0

Экспериментальные данные показывают, что при использовании флокулянта Суперфлок А100 фильтроцикл сокращается для всех видов загрузок. Флокулянт не влияет на удаление веществ, придающих воде неприятный запах. В воде присутствует гнилостный запах с оценкой 4 балла после фильтрации через кварцевый песок и практически отсутствует запах (2 балла) при использовании материалов с сорбционными свойствами – цеолита и акваантрацита.

Таблица 5

Показатели качества и эффективность очистки воды в период снижения интенсивности цветения (доза коагулянта 40 мг/л, флокулянт ПАА, доза 0,4 мг/л)

Материал фильтрующей загрузки	Фракция, мм	Мутность, мг/л/цветность, град. после работы фильтрующей загрузки в течение			
		4 часов	6 часов	12 часов	27 часов
Кварцевый песок	1–2	0,64/25,7	-	-	-
Цеолит/песок	1–3, 1–2	0,77/28,6	0,81/27,4	1,01/28,1	1,14/35,4
Цеолит/песок	2–3, 1–2	0,89/29,6	0,91/29,1	1,41/28,9	1,41/39,3
Акваантрацит/ песок	3–5, 1–2	0,76/28,3	0,80/28,2	0,86/29,4	1,14/35,7

В период снижения интенсивности цветения фильтрующая загрузка из кварцевого песка имеет короткий фильтроцикл, не снижая уровень запаха. Загрузки с сорбентами обеспе-

чивают дезодорацию воды и достаточно длинный фильтроцикл, но при использовании в качестве флокулянта полиакриламида цветность по своим значениям приближается к верхнему пределу нормативного показателя.

Анализ данных табл. 3–5 показал, что для всех фильтрующих материалов продолжительность фильтроцикла лимитируется ухудшением качества фильтрованной воды. В период цветения поровое пространство фильтрующей загрузки быстро заполняется водорослями и продуктами их жизнедеятельности, что подтверждается данными о количестве водорослей в исходной и очищенной воде при её цветении (рис. 1–3).

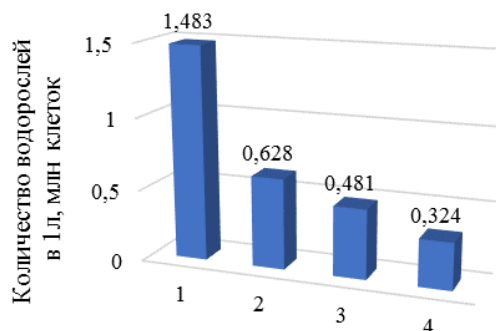


Рис. 1. Изменение количества сине-зелёных водорослей при фильтрации через загрузки в период начала цветения: 1 – исходная вода; 2 – загрузка фильтра песок; 3 – загрузка фильтра цеолит/песок; 4 – загрузка фильтра акваантрацит-песок

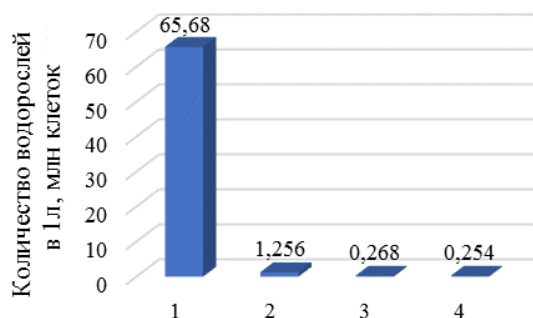


Рис. 2. Изменение количества сине-зелёных водорослей при фильтрации через загрузки в период максимального цветения: 1 – исходная вода; 2 – загрузка фильтра песок; 3 – загрузка фильтра цеолит/песок; 4 – загрузка фильтра акваантрацит-песок

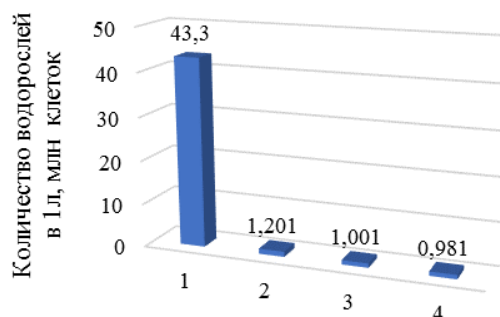


Рис. 3. Изменение количества сине-зелёных водорослей при фильтрации через загрузки в ключительный период цветения: 1 – исходная вода; 2 – загрузка фильтра песок; 3 – загрузка фильтра цеолит/песок; 4 – загрузка фильтра акваантрацит-песок

Исследованиями установлено, что двухслойные фильтрующие загрузки из цеолита/песка и акваантрацита/песка очищают воду в период цветения до принятых стандартом норм в течение длительного времени (16–27 ч). Максимальный прирост потерь напора наблюдается у загрузки из песка, минимальные потери напора у загрузки цеолит/песок (рис. 4).

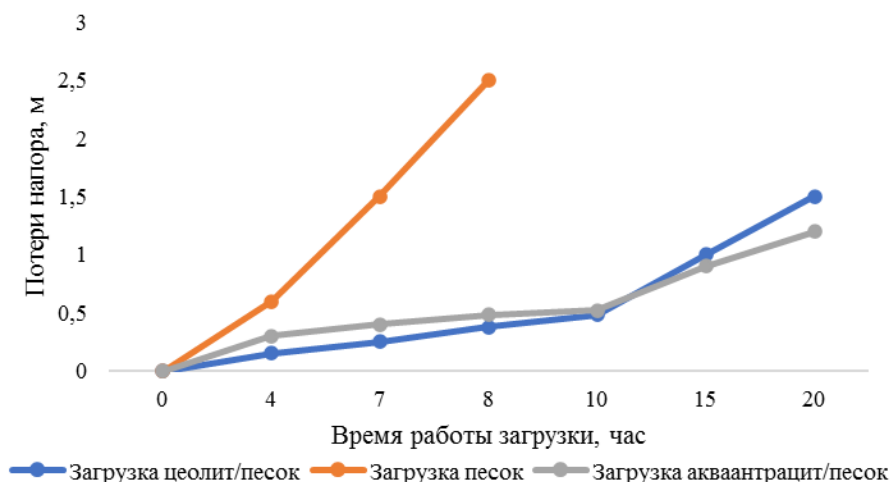


Рис. 4. График изменения потерь напора при работе фильтра

Важным технологическим параметром, характеризующим работу фильтрующей загрузки, является показатель времени отмывки фильтра [4]. От него зависит производительность, расход промывных вод и энергетические затраты на водоподготовку. Для материалов с сорбционными свойствами, которые имеют высокую удельную поверхность, время отмывки является критическим параметром, который определяет возможность эксплуатации сорбентов [5]. Анализ кинетики отмывки фильтрующего слоя проводили по стандартной методике путём построения кривых отмывки (рис. 5). Продолжительность отмывки определяется точкой пересечения экспериментальной кривой, построенной по опытным данным и горизонтали, проведённой на уровне показателя мутности, равного 10 мг/л. Материал, для которого наблюдается быстрое снижение концентрации взвешенных веществ в промывной воде, является более технологичным.

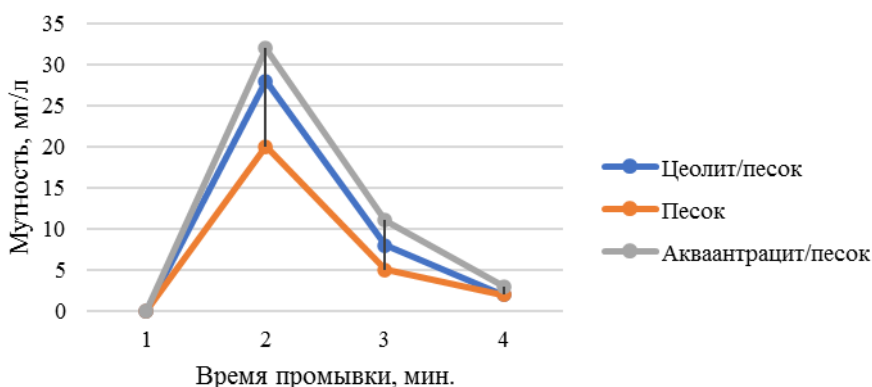


Рис. 5. Графики кинетики отмывки фильтрующего слоя

Данные эксперимента показали, что продолжительность промывки фильтрующей загрузки из кварцевого песка при интенсивности промывки 12 л/м²с составляет 1 минуту 45 секунд. Загрузка из цеолита/песка промывается практически за то же время – 1 минута 48 секунд, загрузка из акваантрацита/песка промывается за значительно большее время – 2 минуты 30

секунд. Поэтому использование цеолита в качестве сорбционного материала предпочтительнее для производства. Расчётное время защитного действия фильтрующих загрузок в период цветения получено на основе средних значений экспериментальных данных (рис. 6).

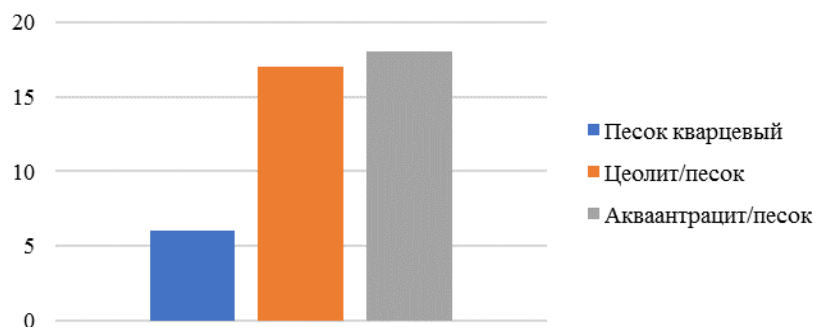


Рис. 6. Расчётное время защитного действия в зависимости от структуры и состава фильтрующего материала

Фильтрующая загрузки из цеолита/песка и акваантрацита/песка имеют в период цветения продолжительность защитного действия в 2,7–3 раза больше, чем из кварцевого песка. Но с учётом стоимости цеолита, которая значительно ниже, чем стоимость акваантрацита, и параметров отмывки загрузки наиболее оптимальным вариантом является использование двухслойной загрузки из цеолита и песка. Сравнение качества воды, полученной при использовании различных флокулянтов на исследованных фильтрующих загрузках, показало преимущество флокулянта БАЛТФЛОК 28 F3, который обеспечивает максимальное снижение цветности воды. Сорбционные материалы в фильтрующих загрузках, как показывают полученные данные, полностью решают проблему появления неприятного запаха у воды в период цветения.

Заключение

1. Проведены исследования по оптимизации технологии водоподготовки в период цветения природных источников. Изучено влияние состава и структуры фильтрующих загрузок, состава флокулянтов на качество очистки воды от водорослей.

2. В качестве основных параметров для оценки качества очистки воды в период цветения использовали показатели мутности и цветности, и количество клеток сине-зелёных водорослей в одном литре воды.

Установлено, что после 6 часов работы фильтрующей загрузки из кварцевого песка, 18 часов работы загрузки с мелкими фракциями цеолита и песка и 26 часов работы загрузки из акваантрацита и песка происходит ухудшение качества воды и превышение нормативного уровня показателя цветности.

3. Оценка запаха воды показала наличие гнилостного запаха (4 балла) после фильтрации через кварцевый песок и практически полное отсутствие запаха (2 балла) при использовании материалов с сорбционными свойствами – цеолита и акваантрацита.

4. Фильтрующая загрузки из цеолита/песка и акваантрацита/песка имеют в период цветения продолжительность защитного действия в 2,7–3 раза больше, чем из кварцевого песка. С учётом стоимости цеолита, которая значительно ниже, чем акваантрацита, и параметров отмывки загрузки наиболее оптимальным вариантом в период цветения является использование двухслойной загрузки из цеолита и песка.

5. Исследования фильтрующих загрузок проводили при оптимальных для данного состава воды дозах коагулянта – сернокислого алюминия. Из использованных 3 видов флокулянтов лучшие результаты по снижению цветности воды получены для марки БАЛТФЛОК 28 F3. Экспериментальные данные показывают, что при использовании флокулянта Суперфлок А100 фильтроцикл сокращается для всех видов загрузок.

Заявленный вклад авторов: Т.М. Лонзингер – сбор материала, написание исходного текста; М.Н. Брюхов – сбор материала, написание исходного текста; Д.В. Ульрих – научное руководство, написание статьи, обобщение материала, доработка текста; С.Е. Денисов – обобщение материала, доработка текста. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гребнёва А.В., Селезнёв В.А. Анализ и выбор оптимальной ступени доочистки воды от органических соединений в г.о. Тольятти // Вестник НГИЭИ. 2014. № 12(43). С. 13–17.
2. Никитин О.В., Латыпова В.З., Степанова Н.Ю., Шуралев Э.А., Бравков А.П., Мухаметшина Е.Г., Халиуллина Л.Ю., Шибяев А.П. Эвтрофирование как фактор загрязнения Куйбышевского водохранилища цианотоксинами // Журнал экологии и промышленной безопасности. 2012. № 3–4. С. 98–100.
3. Никитин О.В., Степанова Н.Ю., Латыпова В.З., Курбангалеева К.Р. Оценка рисков для здоровья человека, связанных с воздействием цианотоксинов // Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: настоящее и будущее: мат. III междунар. науч.-практ. конф. в рамках форума «Безопасность и связь». Ч. II. Казань: ГБУ «Научный центр безопасности жизнедеятельности», 2014. С. 787–794.
4. Рябчиков Б.Е. Современная водоподготовка: производственно-практическое пособие. Москва: ДеЛи плюс, 2013. 680 с.
5. Фоминых И.М., Галкин Ю.А., Никифоров А.Ф., Аникин Ю.В., Зеленкова Ю.В. Кинетические и динамические характеристики сорбентов на основе опал-кристобалитовых пород // Водное хозяйство России. Проблемы, технологии, управление. 2006. № 1. С. 46–53.
6. Цветение водоемов. URL: <https://natureyav.ru/biologicheskije-yavleniya/cvetenie-vody.html> (дата обращения: 15.05.2023).
7. Шевченко М.А., Марченко П.В., Таран П.Н. Дезодорация воды из водохранилищ с помощью окислителей // Водные ресурсы. 1978. № 5. С. 160–161.
8. Codd G.A. et al. Harmful Cyanobacteria. From mass mortalities to management measures. *Harmful Cyanobacteria (aquatic ecology series)*. Eds.: Huisman J., Matthijs H.C.P., Visser P.M. Springer, Dordrecht, 2005. P. 1–25.

FEFU: SCHOOL of ENGINEERING BULLETIN. 2023. N 2/55
Water supply, building systems for water resources protection

www.dvfu.ru/en/vestnikis

Original article

DOI: <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2023-2/64-72>

Lonzinger T., Bryukhov M., Ulrikh D., Denisov S.

TATIANA M. LONZINGER, Candidate of Engineering Sciences, Researcher, Associate Professor of the Department of Physical and Chemical Properties of Materials, lonzingertm@susu.ru
 MIKHAIL N. BRYUKHOV, Postgraduate Student of the Department of Town Planning, Engineering Networks and Systems, briukhovmn@susu.ru
 DMITRII V. ULRIKH, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Architecture and Construction, ulrikhdv@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6851-4257>
 SERGEY E. DENISOV, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of Department of Town Planning, Engineering Networks and Systems, denisovse@susu.ru
South Ural State University (National Research University)
 Chelyabinsk, Russia

Optimizing the Process of Potable Water Treatment during the Algal Bloom Period

Abstract. In the process of treatment of water taken from regulated water bodies for public water supply, significant difficulties arise during the algal bloom period. The aim of the study is to optimize the water treatment technology in order to remove as much of the blue-green algae from the potable water as possible. In our work, we have performed a comparative analysis of the effect of the composition and structure of filter media

on the degree of removal of blue-green algae. We have also studied the reagents' effect on the process of water treatment during the algal bloom period. Silica sand, natural zeolite from the Sibaysky deposit, and aqua antracite have been used as materials for the filter medium in our research. We have established that double-layer filter mediums of zeolite/sand and aqua antracite/sand clean water during the algal bloom period to the standard-acceptable norms within a long period of time (16-27 hours). During the algal bloom period, the protective effect from the filter mediums of zeolite/sand and aqua antracite/sand lasts 2.7-3 times longer than that from silica sand medium. But taking into consideration the technological parameters of the medium cleaning and the fact that the cost of zeolite is significantly lower than that of aqua antracite, the best possible option would be to use the double-layer filter medium of zeolite and sand. The comparison of the quality of water after using different flocculants in the filter mediums under study has revealed the advantage of flocculant BALTFLOC 28 F3, which ensures the maximum decrease in the water color. According to the obtained data, the sorption materials in the filter mediums help completely solve the problem of water odor during the algal bloom period. Therefore, the use of combined filter media, which have inorganic sorbents in their composition, is a promising direction in water treatment.

Keywords: algal bloom period in water bodies, blue-green algae, filter medium, technological parameters of filtration, water quality

For citation: Lonzing T., Bryukhov M., Ulrikh D., Denisov S. Optimizing the Process of Potable Water Treatment during the Algal Bloom Period. *FEFU: School of Engineering Bulletin*. 2023;(2):64-72. (In Russ.).

Author contributions: Lonzing T.M. collected materials and wrote the source text. Bryukhov M.N. collected materials and wrote the source text. Ulrikh D.V. provided scientific supervision, assisted in writing the article, provided a summary of the collected materials, and finalized the text. Denisov S.E. assisted in summarizing the collected materials and finalizing the text.

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

1. Grebneva A.V., Seleznev V.A. Analysis and Selection of the Optimal Level of Water Purification from Organic Compounds in the Togliatti Urban District. *Bulletin NGIEI*. 2014;(12):13-17. (In Russ.).
2. Nikitin O.V., Latypova V.Z., Stepanova N.Yu., Shuralev E.A., Bravkov A.P., Mukhametshina E.G., Khaliullina L.Yu., Shibaev A.P. Eutrophication as a Factor of Contamination of the Kuybyshevskoye Reservoir with Cyanotoxins. *Journal of Ecology and Industrial Safety*. 2012;(3-4):98-100. (In Russ.).
3. Nikitin O.V., Stepanova N.Yu., Latypova V.Z., Kurbangaleeva K.R. Evaluation of Risks to Human Health Associated with the Effects from Cyanotoxins. *Modern Problems of Life Safety: the Present and the Future. Proceedings of the 3rd International Science-to-practice Conference within the Safety and Communication Forum. Part II*. Kazan, GBU Research Center for Life Safety, 2014. P. 787–794. (In Russ.).
4. Ryabchikov B.E. *Modern Water Treatment: production and practical guide*. Moscow, DeLi plus, 2013. 680 p. (In Russ.).
5. Fominykh I.M., Galkin Yu.A., Nikiforov A.F., Anikin Yu.V., Zelenkova Yu.V. Kinetic and Dynamic Characteristics of Sorbents Based on Opal-cristobalite Rocks. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2006;(1):46–53. (In Russ.).
6. Algal Bloom Period in Water Bodies. URL: <https://natureyav.ru/biologicheskie-yavleniya/cveteniye-vody.html> – 15.05.2023. (In Russ.).
7. Shevchenko M.A., Marchenko P.V., Taran P.N. Using Oxidizers for Odor Control of Water from Reservoirs. *Water Resources*. 1978;(5)160–161. (In Russ.).
8. Codd G.A. et al. Harmful Cyanobacteria. From mass mortalities to management measures. *Harmful Cyanobacteria (aquatic ecology series)*. Springer, Dordrech, 2005. P. 1–25.