

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА КОАГУЛЯЦИИ МАЛОМУТНЫХ ЦВЕТНЫХ ВОД С ВВЕДЕНИЕМ ДОБАВОК-УТЯЖЕЛИТЕЛЕЙ

Хиршиева И.В.¹

¹ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», (Санкт-Петербург, Россия (190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4), e-mail: i.khirshieva@gmail.com

Одним из способов интенсификации процесса коагуляции маломутных цветных вод является введение в обрабатываемую воду добавок-утяжелителей. Применение добавок-утяжелителей позволяет значительно ускорить процесс осаждения хлопьев коагулянта, повысить эффективность процесса коагулирования примесей воды, сократить время отстаивания. В статье приведены результаты исследований по определению оптимальных параметров коагулирования маломутных цветных вод с применением в качестве добавок-утяжелителей кварцевого песка и железного порошка, в частности, дозы и фракционный состав вводимых добавок-утяжелителей, место их ввода в обрабатываемую воду. При введении добавок-утяжелителей в воду вместе с коагулянтом в момент смешения наблюдалось высокое качество осветленной воды после отстаивания, что является наиболее эффективным условием интенсификации процесса коагуляции воды.

Ключевые слова: водоподготовка; очистка маломутных цветных вод, коагуляция; добавки-утяжелители хлопьев коагулянта.

INTENSIFICATION OF THE COAGULATION PROCESS OF LOW TURBIDITY COLORED WATERS BY THE APPLICATION OF ADDITIVES-WEIGHING AGENTS

Khirshieva I.V.¹

¹Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg, Russia (190005, St. Petersburg, 2-nd Krasnoarmeiskaya, 4). Email: i.khirshieva@gmail.com

One of the ways of intensification of the process of coagulation low turbidity colored waters is treated water additives-weighting agents. Use of additives-weighting at treatment can significantly accelerate the process of flocculation sedimentation coagulant, improve the process of coagulation of the impurities in water, reduce the time of detention, and, as a consequence, reduce sedimentation facilities. In article results of researches on determination of optimum parameters of coagulation colored slightly turbid waters with application as additives-weighting compounds of silica sand and iron powder. In the experiments demonstrated the effective dose fraction of weighting compounds, their input in the treated water. With the introduction of additives-weighting agents in water together with coagulant in the time of mixing observed high quality of treated water after settling, which is the most efficient condition intensification of the process of coagulation of water.

Keywords: water treatment; purification of low turbidity colored waters, coagulation; additives - weighting agents of floc of coagulant.

При коагуляционной обработке маломутных цветных вод поверхностных водоемов образуются мелкие рыхлые хлопья, которые обладают малой гидравлической крупностью и не полностью задерживаются в отстойниках. В холодное время года процесс хлопьеобразования ухудшается, и эффективность осветления воды значительно снижается [1; 3].

Для интенсификации процесса коагуляции таких вод, ускорения осаждения образующихся хлопьев и повышения эффективности осветления применяют введение в обрабатываемую воду добавок-утяжелителей. В качестве таких добавок используют ранее образованный осадок [1], микросесок [4], магнетит [6] и др. Введение этих добавок, которые становятся центрами хлопьеобразования, способствует утяжелению хлопьев и быстрому их

выпадению в осадок. Интенсификация процесса коагуляции заключается в повышении скорости формирования хлопьев, их адгезионной способности, в сокращении времени выделения хлопьев вместе с примесями обрабатываемой воды, что в конечном итоге играет решающую роль для повышения эффективности осветления и обесцвечивания воды.

Целью исследований являлось изучение способа интенсификации процесса коагуляции маломутных цветных вод путем применения различных добавок-утяжелителей и определение оптимальных параметров этого процесса.

Исследования проводились в лабораторных условиях на модельных растворах, приготовленных при добавлении в водопроводную воду торфяной вытяжки. Качество исследуемой воды характеризовалось следующими показателями (характерными для поверхностных вод Северо-Западного региона): цветность - 65 ± 5 град., мутность - 24 ± 5 мг/л, щелочность - $0,65 \pm 0,05$ мг-экв/л. В качестве добавок-утяжелителей хлопьев коагулянта применялись: кварцевый песок, железный порошок ПЖР 3.200.28 и магнетит Fe_3O_4 [5]. Для достоверности полученных результатов опыты проводились в 3-кратной повторяемости.

Исследования проводились при одинаковой (оптимальной) дозе коагулянта во всех опытах без применения флокулянта, с целью сравнения эффективности применения разных видов добавок. В качестве коагулянта использовали сульфат алюминия. Эффективность осветления определяли по снижению мутности и цветности обрабатываемой воды после ее отстаивания.

Исследования проводили на установке, показанной на рис. 1. Установка состоит из трех сосудов с мешалками пропеллерного типа, имеющими возможность регулирования скорости их вращения (в диапазоне от 50 до 800 об/мин.). В каждом сосуде предусмотрена своя мешалка, с помощью которой происходит смешение вводимых реагентов и добавок-утяжелителей с водой. Температура обрабатываемой воды во время исследований была $t_{\text{воды}} = 20-23$ °C.

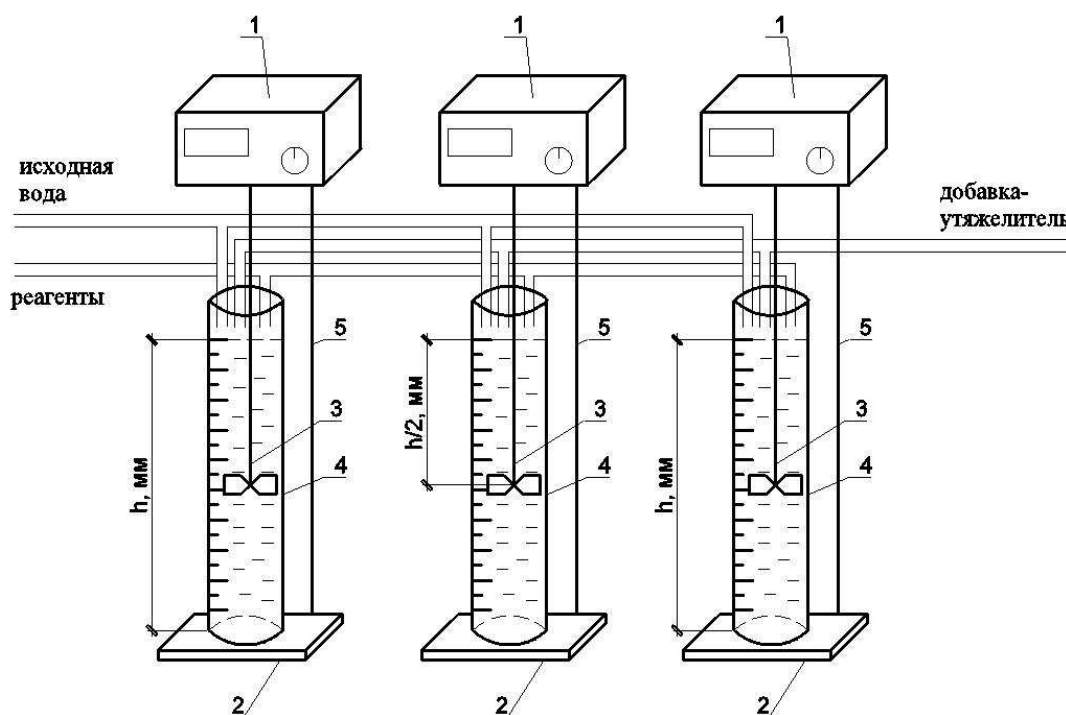


Рис. 1. Общий вид установки: 1 – регулирующее устройство; 2 – платформа; 3 – мешалка; 4 – сосуд с обрабатываемой водой; 5 – штатив.

Результаты проведенных исследований представлены на рис. 2 - 4.

Сравнительные данные по кинетике выпадения осадка при коагулировании исходной воды с введением разных видов добавок-утяжелителей и без добавок приведены на рис. 2. Данные получены при одинаковой (оптимальной) дозе коагулянта (D_k) без добавки утяжелителя и с добавкой кварцевого песка фр. 0,05 мм, железного порошка фр. 0,05 мм, магнетита фр. 0,05 мм с их одинаковой дозой 2 г/л.

Из графика (рис. 2) видно, что оптимальное время отстаивания воды после коагуляционной очистки составило: при введении кварцевого песка – 5,0 мин, железного порошка и магнетита – 1,5 мин. Для сравнения: время отстаивания при коагулировании воды без введения добавок-утяжелителей составляло 30 мин.

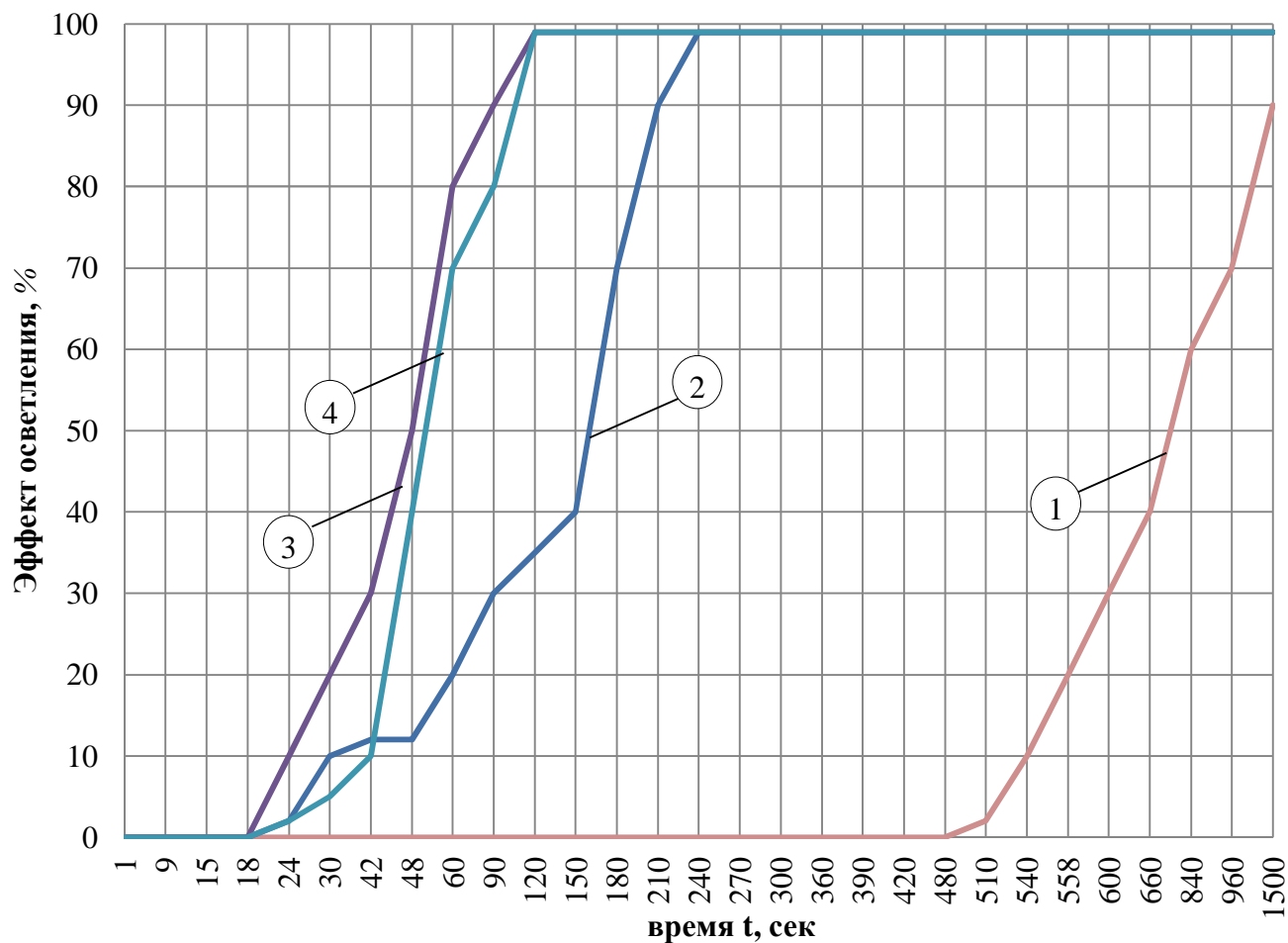


Рис. 2. Кривые кинетики осаждения коагулированной взвеси:

- 1 – без добавок с оптимальной дозой реагентов; 2 – с добавкой кварцевого песка;
 3 – с добавкой железного порошка; 4 – с добавкой магнетита ($D_k = 12,2$ мг/л по Al_2O_3)

Опыты по определению размеров фракций вводимых добавок-утяжелителей [5] показали, что оптимальными фракциями добавок-утяжелителей при коагулировании исходной воды являлись: кварцевый песок с размером частиц 0,05-0,14 мм; железный порошок и магнетит крупностью не более 0,05 мм. Более крупные фракции добавок-утяжелителей быстро оседали на дно и не успевали участвовать в процессе хлопьеобразования.

На рис. 3 приведены данные о качестве обрабатываемой воды после ее отстаивания при разных дозах добавляемых утяжелителей (доза добавок-утяжелителей изменялась в пределах от 0,1 до 2 г/л).

Как видно из рис. 3, оптимальной дозой добавок-утяжелителей (кварцевого песка и железного порошка) следует считать дозу 0,7 г/л. При данной дозе добавок и при оптимальном времени отстаивания воды цветность исходной воды снижалась на 55%, мутность - на 53%. С уменьшением дозы вводимых утяжелителей с 0,7 до 0,3 г/л происходит снижение эффекта очистки воды по цветности до 46% и по мутности до 48%. Дальнейшее

уменьшение дозы вводимых добавок приводит к значительному ухудшению качества очищенной воды.

В опытах по коагуляции воды с введением в качестве утяжелителя магнетита получены такие же результаты, что и при применении железного порошка. В последующих опытах добавки-утяжелители (кварцевый песок и железный порошок) вводились в воду дозой 0,7 г/л.

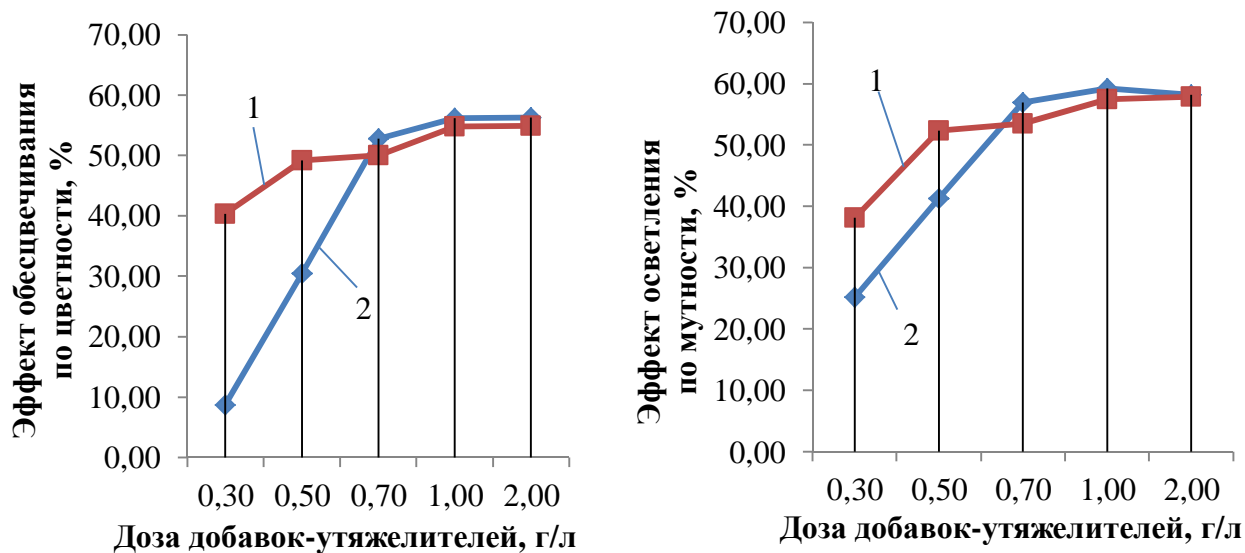


Рис. 3. Влияние дозы добавок-утяжелителей на качество обрабатываемой воды после ее отстаивания: 1 – с добавкой кварцевого песка ($t_{отс} = 5,0$ мин); 2 – с добавкой железного порошка ($t_{отс} = 1,5$ мин).

На рис. 4 представлены фотографии хлопьев, образованных при коагуляционной обработке исходной воды с введением добавок-утяжелителей (кварцевого песка и железного порошка) оптимальных фракций, из которых видно, что вводимые добавки являются центрами образующихся хлопьев коагулянта.

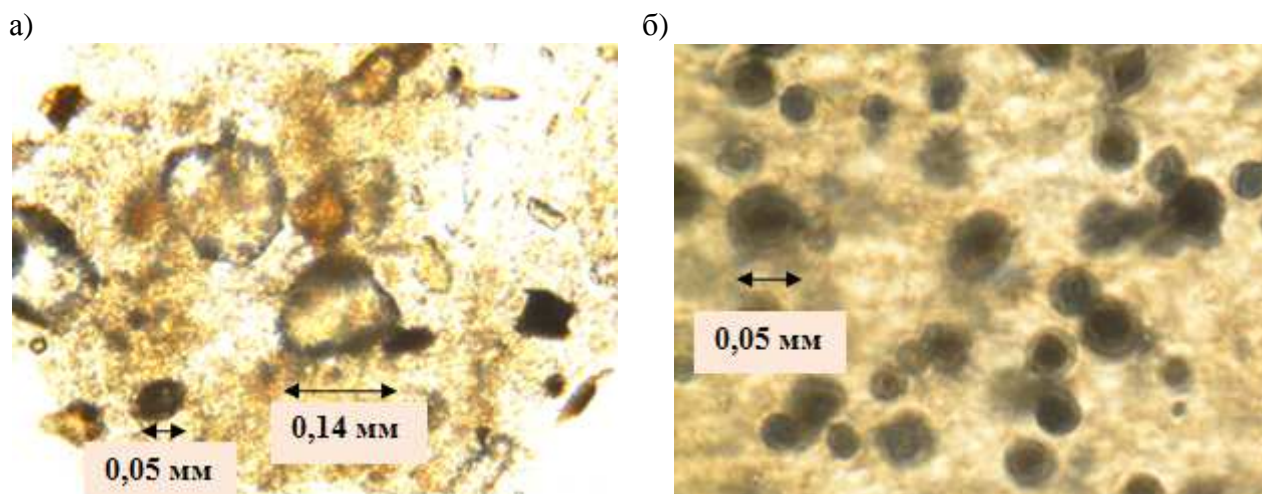


Рис. 4. Коагулирование воды с использованием в качестве добавок-утяжелителей кварцевого песка фр. 0,05-0,14 мм (а) и железного порошка фр. до 0,05 мм (б).

Важным этапом успешного проведения процесса коагуляции воды является установление порядка ввода реагентов и добавок. Выбор точки ввода реагентов и добавок, а также интервал времени между введением реагентов и утяжелителей определяются экспериментально для каждого конкретного источника водоснабжения [2].

При исследовании влияния места ввода добавок-утяжелителей и реагентов в обрабатываемую воду на качество осветленной воды были рассмотрены следующие варианты.

1) введение утяжелителя во время быстрого перемешивания (смешения):

- а) после добавления коагулянта в начале перемешивания внизу;
- б) после добавления коагулянта в начале перемешивания сверху;
- в) через 1 мин после добавления коагулянта и еще 1 мин быстрого перемешивания;
- г) через 40 сек после добавления коагулянта, затем еще 20 сек. перемешивание).

2) во время медленного перемешивания (хлопьеобразования):

- а) ввод утяжелителя в начале медленного перемешивания;
- б) ввод утяжелителя через 1 мин после начала медленного перемешивания.

Качество исследуемой воды в этом цикле опытов было следующим: цветность $55 \pm 1,0$ град., мутность – $23,1 \pm 1,0$ мг/л, $Щ_0 = 0,2$ мг-экв/л, $t_{\text{воды}} = 20-23$ °С, рН = 6,3. Введение коагулянта во всех вариантах осуществляли в начале быстрого перемешивания.

Результаты по изучению влияния места ввода утяжелителя (кварцевого песка) в обрабатываемую воду на качество очищенной воды приведены на рис. 5.

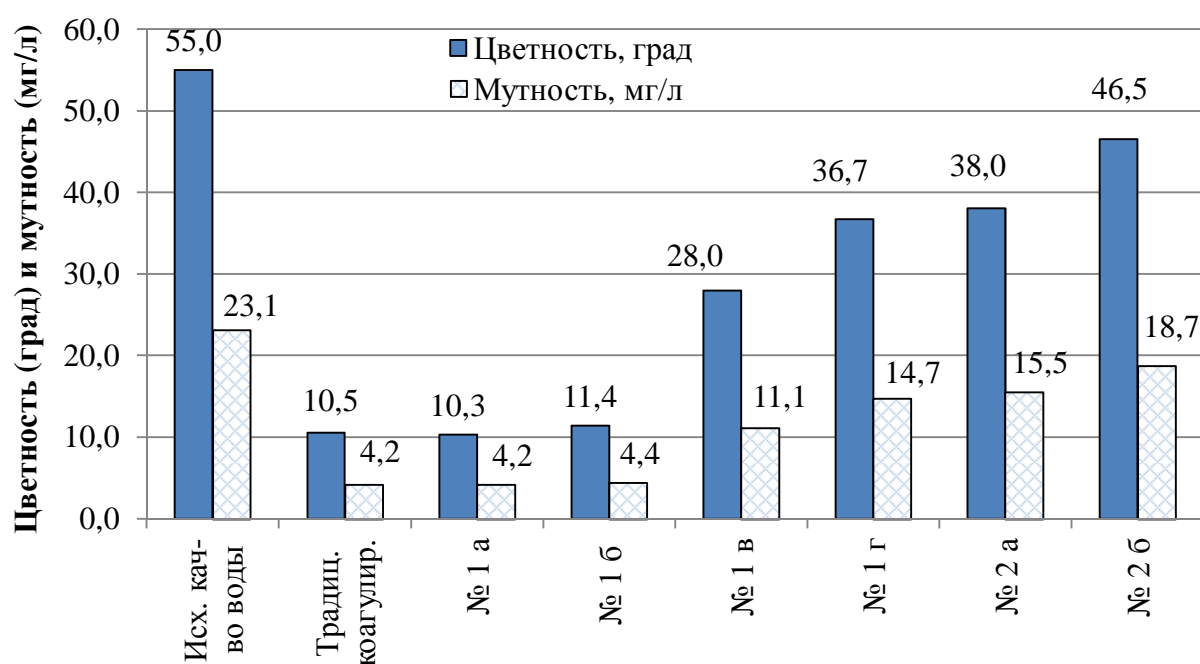


Рис. 5. Влияние места ввода в обрабатываемую воду утяжелителя – кварцевого песка (дозой 0,7 г/л) на качество осветленной воды, после отстаивания ($t_{\text{отс}} = 5$ мин).

Как видно из рис. 5, наиболее эффективное осветление воды наблюдалось в вариантах № 1а, № 1б, где утяжелитель вводился в воду в начале перемешивания вместе с коагулянтом. Через 5 мин после начала отстаивания в осадок выпадало 80-90% хлопьев.

Введение утяжелителя сверху или снизу в цилиндр не оказывает существенного влияния на процесс коагулирования примесей и осветления обрабатываемой воды. Во всех других изученных вариантах порядка ввода добавок-утяжелителей качество осветленной воды ухудшалось (рис. 5).

При использовании в качестве утяжелителя железного порошка эффективное место его ввода в обрабатываемую воду так же в начале быстрого перемешивания вместе с коагулянтом, как и при добавке кварцевого песка.

Выводы

1. Результаты проведенных исследований показывают возможность значительного сокращения времени осаждения хлопьев при коагулировании маломутных цветных вод с применением добавок-утяжелителей. Оптимальное время отстаивания при применении кварцевого песка составляло – 5,0 мин, при применении железного порошка и магнетита – 1,5 мин, а при обычной коагуляции без введения добавок – 30 мин.
2. Установлено, что оптимальными дозами добавок-утяжелителей при коагуляции воды как с применением кварцевого песка, так и при применении железного порошка и магнетита является доза 0,7 г/л. Увеличение этой дозы вводимых утяжелителей при коагулировании воды не приводило к существенному улучшению качества воды.
3. Определено, что наиболее высокое качество осветленной воды достигалось при введении добавок-утяжелителей в воду вместе с коагулянтом в начале быстрого перемешивания.

Список литературы

1. Водоснабжение Санкт-Петербурга / под общ. ред Ф.В. Кармазинова. – СПб. : Новый журнал, 2003. – 687 с.
2. Драгинский В.Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева, С.В. Гетманцев. – М., 2005. – 571 с.
3. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.20-84. – М., 2012.
4. Технический справочник по обработке воды : в 2 т. / пер. с фр. – СПб. : Новый журнал, 2007. – 1696 с.

5. Феофанов Ю.А. Результаты исследований по применению добавок-утяжелителей для интенсификации процесса коагуляции / Ю.А. Феофанов, И.В. Хиршиева // Вестник гражданских инженеров. – 2013. - № 3 (38). – С. 129-134.

6. Booker N.A. Sewage clarification with magnetite particles / Booker N.A., Keir D., Priestley A.J., Ritchie C.B., Sudarmana D.L., Woods M.A. // Water Science and Technology. – 1991. - Vol. 23. – P. 1703-1712.

Рецензенты:

Мишуков Б.Г., д.т.н., профессор кафедры водопользования и экологии ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург.

Васильев В.М., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой водопользования и экологии ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург.