

5. Buck Nathaniel J., Gobler Christopher J., Sanudo-Wilhelmy Sergio A. Загрязненность речной системы. Dissolved trace element concentrations in the East River-Long Island Sound system: relative importance of autochthonous versus allochthonous sources. *Environ. Sci. and Technol.* 2005. 39, N 10, с. 3528-3537. Библ. 39. Англ.

6. Видинеева Е. М., Толкачева Г. А., Верещагина Н. Г. О тенденциях загрязнения тяжелыми металлами речных вод Чирчик-Ахангаранского бассейна. *Тр. Н.-и. гидрометеорол. ин-та Узгидромета.* 2006, N 1, с. 102-109, 168, 171-182. Рус.; рез. узб., англ.

7. Adami Gianpiero, Capriglia Lorenzo, Barbieri Pierluigi, Cozzi Federico, L Cocco Filippo, Acquavita Alessandro, Reisenhofer Edoardo. Загрязненность металлами речных донных отложений. Sediment metal contamination in a Creek flowing from a pristine to an industrial area of Trieste Province (Italy). *Ann. chim.* 2006, N 9-10, с. 601-612. Библ. 16. Англ.

8. Croisetiere Louis, Hare Landis, Tessier Andre, Duchesne Sophie. Аккумуляция кадмия моховой растительностью. Modeling cadmium exchange by an aquatic moss (*Fontinalis dalecarlica*). *Environ. Sci. and Technol.* 2005. 39, N 9, с. 3056-3060. Библ. 29. Англ.

9. Kola Heliana, Wilkinson Kevin J. Оценка поглощения кадмия зеленым водорослями. Cadmium uptake by a green alga can be predicted by equilibrium modelling. *Environ. Sci. and Technol.* 2005. 39, N 9, с. 3040-3047. Библ. 45. Англ.

УДК 628.16

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОАГУЛЯЦИИ С ЦЕЛЬЮ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ВОДОПОДГОТОВКИ ПРИРОДНЫХ ВОД

Сергиевич А. С.¹, Мацкович О. А.²

Научные руководители: Андреюк С. В.³, Волкова Г. А.⁴

¹ Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь, v0011324@g.bstu.by

² Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь, olya.mtskvch@mail.ru

³ Заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест, Беларусь, svandreuyuk@g.bstu.by

⁴ Доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест, Беларусь, volga-brest@mail.ru

Аннотация

В статье рассмотрен процесс коагуляции примесей воды, а также факторы, влияющие на процесс искусственного осветления и обесцвечивания природных

вод. Рассмотрены показатели качества воды из поверхностного источника с добавленными алюминийсодержащими коагулянтами дозой от 3,0 до 5,5 мг/дм³, осветленной воды после горизонтальных отстойников и после скорых фильтров.

Наибольшие трудности с проведением коагуляции наблюдаются в паводковый период, когда вода имеет низкую температуру, и когда резко возрастает количество загрязнений, при этом, соответственно, увеличивается нагрузка на водоочистные сооружения.

Ключевые слова: коагуляция, коагулянты, осветление, обесцвечивание, мутность, цветность, показатели безопасности.

STUDY OF COAGULATION PROCESSES WITH THE GOAL INTENSIFICATION OF WATER TREATMENT OF NATURAL WATER

Sergievich A. S.¹, Matskovich O. A.²

Abstract

The article discusses the process of coagulation of water impurities, as well as factors influencing the process of artificial clarification and discoloration of natural waters. The quality indicators of water from a surface source with added aluminum-containing coagulants at a dose of 3.0 to 5.5 mg/dm³, clarified water after horizontal settling tanks and after rapid filters are considered. The greatest difficulties with coagulation are observed during the flood period, when the water has a low temperature, and when the amount of pollution sharply increases, and, accordingly, the load on water treatment facilities increases.

Keywords: coagulation, coagulants, lightening, discoloration, turbidity, color, safety indicators.

Введение. Состав поверхностных вод, в том числе водохранилищ, зависит от условий формирования (подготовка ложа, образование наносов, влекомых потоком по дну и т.д.) и источников питания. Как правило, вода водохранилищ характеризуется значительным содержанием органических веществ, наличием планктона и повышенной минерализацией в придонных слоях. Массовое развитие, отмирание клеток фитопланктона в поверхностных источниках водоснабжения ухудшает качество воды, приводит к появлению интенсивного запаха, повышению мутности и цветности воды, увеличению концентрации органических веществ, способствует выносу водорослей с водой на водопроводные очистные сооружения и увеличению «грязевой» нагрузки на сооружения.

Качество очищенной воды, подаваемой в систему питьевого водоснабжения, должно соответствовать показателям безопасности воды централизованных систем питьевого водоснабжения, установленным гигиеническим нормативом [1].

Материалы и методы. Коагулирование применяется для ускорения выпадения взвеси, осуществляемое путём добавления в обрабатываемую воду химических реагентов (коагулянтов), образующих хлопья, которые, оседая, увлекают за собой взвесь, содержащуюся в воде поверхностного источника водоснабжения. Показатели качества (мутность, цветность, перманганатная окисляемость, рН, запах, привкус, общая минерализация, щелочность, солевой состав, биомасса фитопланктона и др.) поверхностной воды, поступающей на станцию водоподготовки, изменяются в зависимости от сезонов года. В связи с этим, расчетные дозы реагентов устанавливают на основании инженерных изысканий для различных периодов года и корректируют в период наладки и эксплуатации сооружений, согласно п.9.3.1[2]. На рисунке 1 показано, как изменяется в поверхностной воде содержание взвешенных веществ (мутность) в течении года.

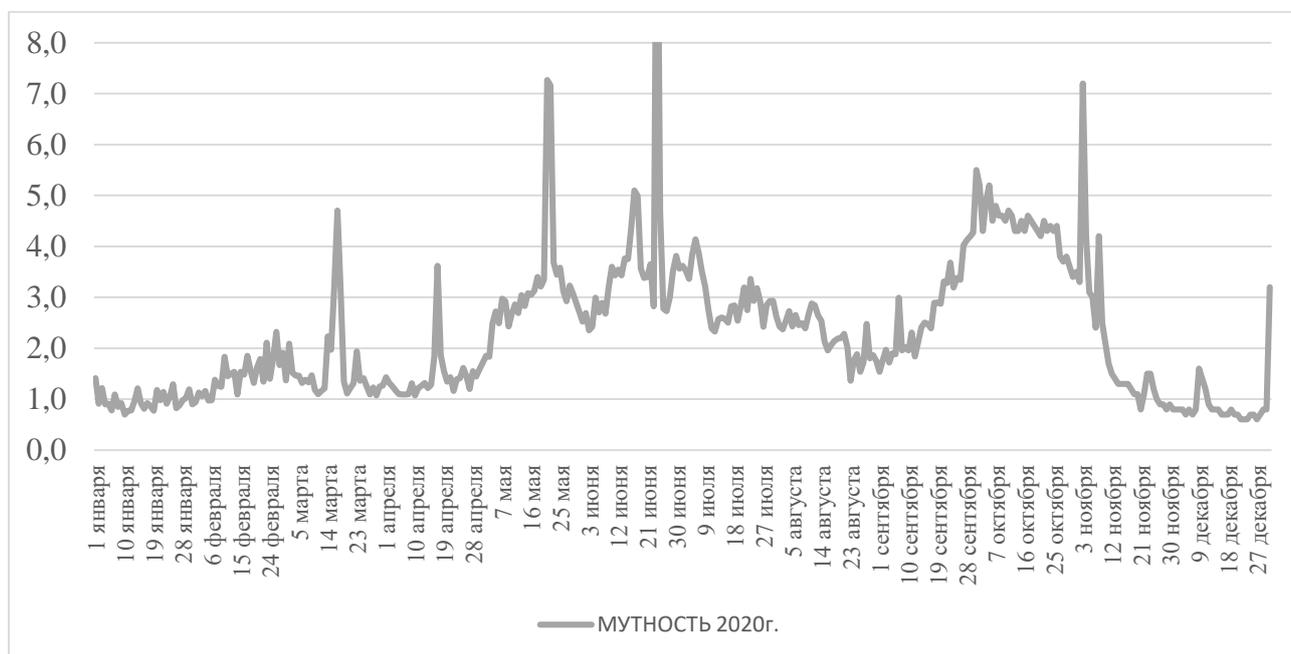
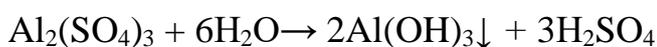


Рисунок 1 – Изменение мутности воды, мг/дм³, по сезонам года

Коагулянты, применяемые в технологии водоподготовки, являются солями слабых оснований и сильных кислот ($Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, полиоксихлорид алюминия марки «АКВА-АУРАТ™, гидроксихлорид алюминия марки «Pro-AQUA SB» и др.).

Процесс искусственного осветления и обесцвечивания воды протекает следующим образом: при добавлении к очищаемой поверхностной воде раствора коагулянта в течение первых 30–180 секунд происходит гидролиз добавленных солей алюминия или железа, и образуются коллоидные гидроксиды алюминия и железа, имеющие огромные активные поверхности:



В воде накапливаются ионы H^+ и раствор приобретает кислую реакцию. Степень гидролиза повышается с разбавлением раствора, с увеличением температуры и рН.[3]

Коллоидные примеси, содержащиеся в воде, адсорбируются на поверхности частичек гидроксидов. При адсорбции следует различать два процесса: собственно адсорбцию и фиксацию (закрепление) адсорбированных коллоидов на поверхности. В первом процессе главную роль играют силы межмолекулярного взаимодействия. Адсорбция коллоидных частичек зависит от их дисперсности: она тем больше, чем выше дисперсность и чем меньше устойчивость частичек. Причины фиксации могут быть различными. Чаще всего необходимость процесса адсорбции гуминов и других коллоидных загрязнений воды на поверхности гидроксидов вызывается образованием особого рода поверхностных соединений – лаков. Большое значение в процессе фиксации адсорбированных коллоидов имеет их коагуляция вследствие разноимённости зарядов адсорбированных частичек и поверхности адсорбента. Наличие заряда у адсорбирующихся коллоидных частичек влияет на их адсорбируемость. Коагуляция частичек $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{Al}(\text{OH})_3$, а также связанное с этим выделение их из воды совместно с адсорбированными на их поверхности коллоидными примесями происходит под действием растворенных в воде электролитов. В связи с этим, очистка цветных вод с повышенной степенью минерализации протекает обычно лучше, чем мягких, бедных солями вод. Из описанного процесса обесцвечивания следует, что коагуляции подвергаются не коллоидные примеси воды, а образующиеся при гидролизе коагулянтов гидроксиды. Вода очищается не в результате коагуляции, а вследствие адсорбции различных коллоидных и высокомолекулярных примесей на поверхности гидроксидов. Процесс коагуляции гидроксидов фактически приводит к удалению отработанного сорбента из очищенной воды.

Очистка цветных вод с повышенной степенью минерализации протекает обычно лучше, чем мягких, бедных солями вод.

Результаты и обсуждение. На процесс коагуляции примесей воды оказывают влияние следующие факторы: количество взвешенных и коллоидных веществ, растворенных органических соединений; влияние рН; концентрация ионов H^+ в воде; щелочность воды; анионный состав воды; температура воды; доза коагулянта и доза флокулянта; условия перемешивания; быстрота смешения коагулянта с водой и равномерность его распределения в ее объеме; содержание в воде естественных взвесей.

Был проведен анализ изменений показателя мутности исходной воды из поверхностного источника с добавленными алюминийсодержащими коагулянтами дозой от 3,0 до 5,5 мг/дм³, воды, осветленной на горизонтальных отстойниках и воды после скорых фильтров.

В холодное время года в декабре – апреле 2020 г. при мутности поверхностной воды, равной 0,69–1,64 мг/дм³, происходит снижение показателя в очищенной воде до 0,44–0,62 мг/дм³, что ниже ПДК, равной 1,5 мг/дм³ (эффект очистки составил 62%). При этом за период с января до середины февраля обработка поверхностной воды коагулянтами не производилась. При этом за период июнь–октябрь при максимальной мутности исходной воды, равной 2,11–4,43 мг/дм³, происходит снижение показателя до 0,34–0,63 мг/дм³ в очищенной воде (Э=86%).

Заключение. Для эффективной очистки воды на станциях водоподготовки проводят исследования по регулированию оптимальных условий коагулирования примесей поверхностных вод, что является важной задачей для подготовки воды, используемой для питьевых целей (выбор коагулянтов и флокулянтов, определение их доз, порядок и место ввода в обрабатываемую воду и др.).

Список цитированных источников

1. Гигиенический норматив «Показатели безопасности питьевой воды», утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25.01.2021 г., № 37.
2. СН 4.01.01-2019 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения», Минск, 2020 г., 68 с.
3. Драгинский, В.Л., Алексеева Л.П., Гетманцев С.В. Коагуляция в технологии очистки природных вод / Науч. изд. – М., 2005 г., 576 с.

УДК 628.161.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА РЕАГЕНТНОГО УДАЛЕНИЯ ФОСФОРА В ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Слинка Е. А.¹, Каперейко Д. В.²

Научные руководители: Акулич Т. И.³, Андreyuk С. В.⁴

¹Студент факультета инженерных систем и экологии (далее ФИСЭ), БрГТУ, Брест, Беларусь, v0011222@g.bstu.by

²Студент ФИСЭ, БрГТУ, Брест, Беларусь, darkapereyko@mail.ru

³Старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, Брест, Беларусь, tigol1976@mail.ru

⁴Заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, Брест, Беларусь, svandreuyuk@g.bstu.by

Аннотация

Данное исследование посвящено изучению технологий очистки городских сточных вод, специально разработанных для удаления биогенного элемента фосфора. Для оптимизации процесса очистки использовались методы математического моделирования на основе влияющих и определяющих факторов. Объектом исследования стала реагентная обработка сточных вод с применением метода планирования эксперимента. Проанализированы публикации и результаты по теме исследования. Получены квадратичные уравнения регрессии для определения зависимости остаточной концентрации фосфатов в сточных водах от условий дозирования реагентов.

Ключевые слова: очистка сточных вод, дефосфотация, оптимальное планирование, многофакторный эксперимент.