

*Мацкович О. А., Пацко К. И.*

*Научный руководитель: Волкова Г. А., канд. техн. наук, доцент;  
Андреюк С. В., канд. техн. наук, доцент*

## РЕГУЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ КОАГУЛЯЦИИ ПРИМЕСЕЙ ПРИРОДНЫХ ВОД

### Введение

Примеси, содержащиеся в поверхностных водных источниках, в том числе тонкая взвесь и коллоидно-дисперсные вещества, могут быть удалены из воды только путем ее реагентной обработки, в частности коагуляцией. Органические примеси, обуславливающие цветность воды, находятся в коллоидном и истинно растворенном состоянии. Вымываемый водами гумус представляет собой сложный комплекс органических соединений. Гуминовые вещества составляют от 45 до 90 % почвенного гумуса и представлены кислотами (гуминовые и фульфоокислоты) и их солями.

Целью выполненных научных исследований является изучение факторов, влияющих на процесс коагулирования примесей природных вод, и регулирование оптимальных условий процесса коагуляции.

На процесс коагуляции примесей воды оказывают влияние следующие факторы: доза коагулянта и доза флокулянта, в том числе – при использовании полимерных высокомолекулярных флокулянтов, интенсифицирующих процесс хлопьеобразования; концентрация ионов  $H^+$  в воде; рН, температура, щелочность, анионный состав воды; условия перемешивания и быстрота смешения воды с реагентами; содержание в воде естественных взвесей.

В водоподготовке в качестве коагулянтов применяют соли алюминия или железа. В настоящее время рекомендуется применение современных высокоосновных коагулянтов, предназначенных для обработки воды в хозяйственно-питьевом водоснабжении, в том числе:

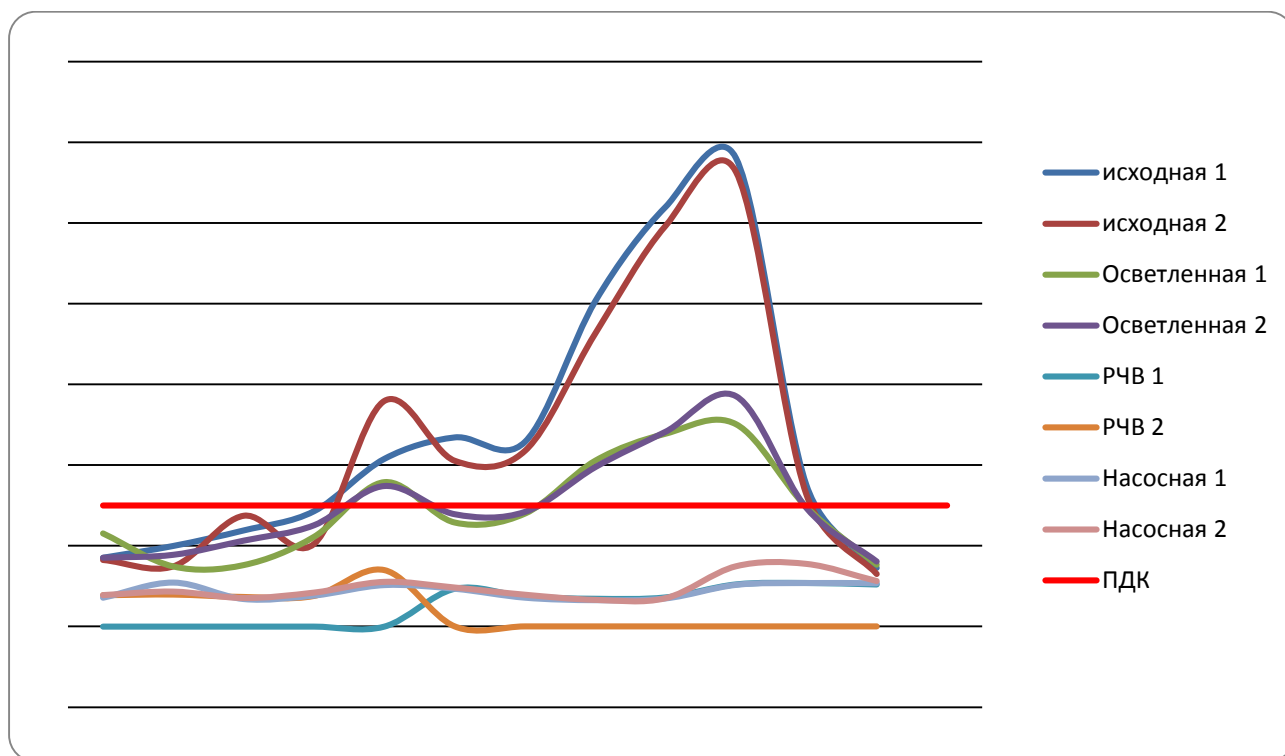
- полиоксихлорид алюминия марки «АКВА-АУРАТ™»;
- гидроксихлорид алюминия – «Pro-AQUA» марки «Pro-AQUA SB»;
- полиалюминий гидроксид марки «БОПАК-Е»;
- коагулянт для очистки воды ПОЛВАК марки 68.

Эти реагенты требуют меньших доз, при этом не изменяют рН обрабатываемой воды, хорошо срабатывают при низких температурах воды (от 0°С до –4°С), образуют меньший объем осадка, который легко обезвоживается.

Показатели качества воды в поверхностных источниках водоснабжения (мутность, цветность, запах и привкус, рН, температура, перманганатная окисляемость, общая минерализация, щелочность, биомасса фитопланктона, солевой состав и др.) изменяются в зависимости от сезона года [4], [5]. 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[1]. При этом учитывают допустимые остаточные концентрации реагентов в обработанной воде, предусмотренные [2],[3] и [6], в том числе остаточный алюминий.

На рисунке 1 показано изменение показателя мутности исходной воды из поверхностного источника и воды с добавленными алюминийсодержащими коагулянтами дозой от 3,0 до 5,5 мг/дм<sup>3</sup> (полиоксихлорид алюминия марки «АК-ВА-АУРАТ™», гидроксихлорид алюминия марки «Pro-AQUA SB» и др.), осветленной по этапам очистки (вода после горизонтальных отстойников и после фильтров).

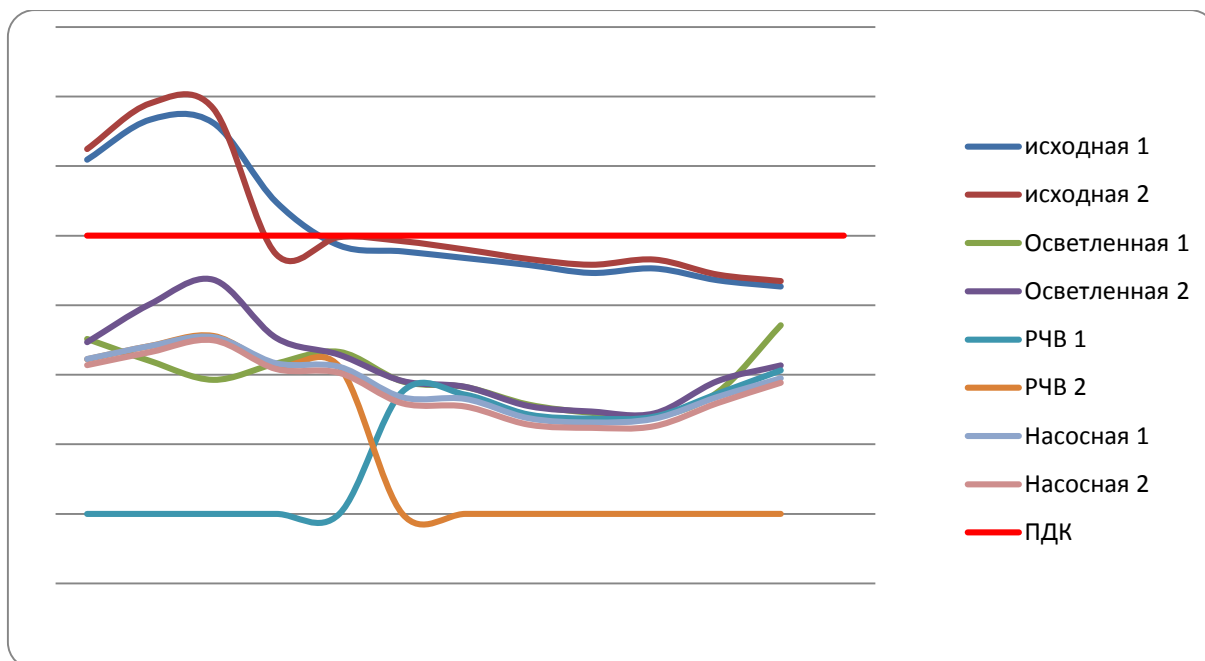


**Рисунок 1 – Изменение мутности воды, мг/дм<sup>3</sup>, по этапам очистки**

Из графика, приведенного на рисунке 1, видно, что в холодное время года в декабре – апреле при мутности поверхностной воды, равной 0,73–1,46 мг/дм<sup>3</sup> (на графиках рисунок 1: исходная 1 и исходная 2), происходит снижение показателя в очищенной воде (см. на графиках: РЧВ 1 и РЧВ 2) до 0,36–0,56 мг/дм<sup>3</sup> (эффект очистки составил 62 %). При этом за период с января до середины февраля обработка поверхностной воды коагулянтами не производилась.

На рисунке 2 показано изменение показателя цветности исходной воды из поверхностного источника и воды с добавленными коагулянтами по этапам очистки.

На графиках, приведенных на рисунке 2, видно, что цветность поверхностной воды (на графиках рисунок 2: исходная 1 и исходная 2) за период январь – апрель достигает максимальных значений, равных 26–30 градусам. При этом цветность очищенной воды (см. на графиках: РЧВ 1 и РЧВ 2) снижается до 9–14 градусов, т. е. эффект очистки составляет 52 %.



**Рисунок 2 – Изменение цветности воды, градусов, по этапам очистки**

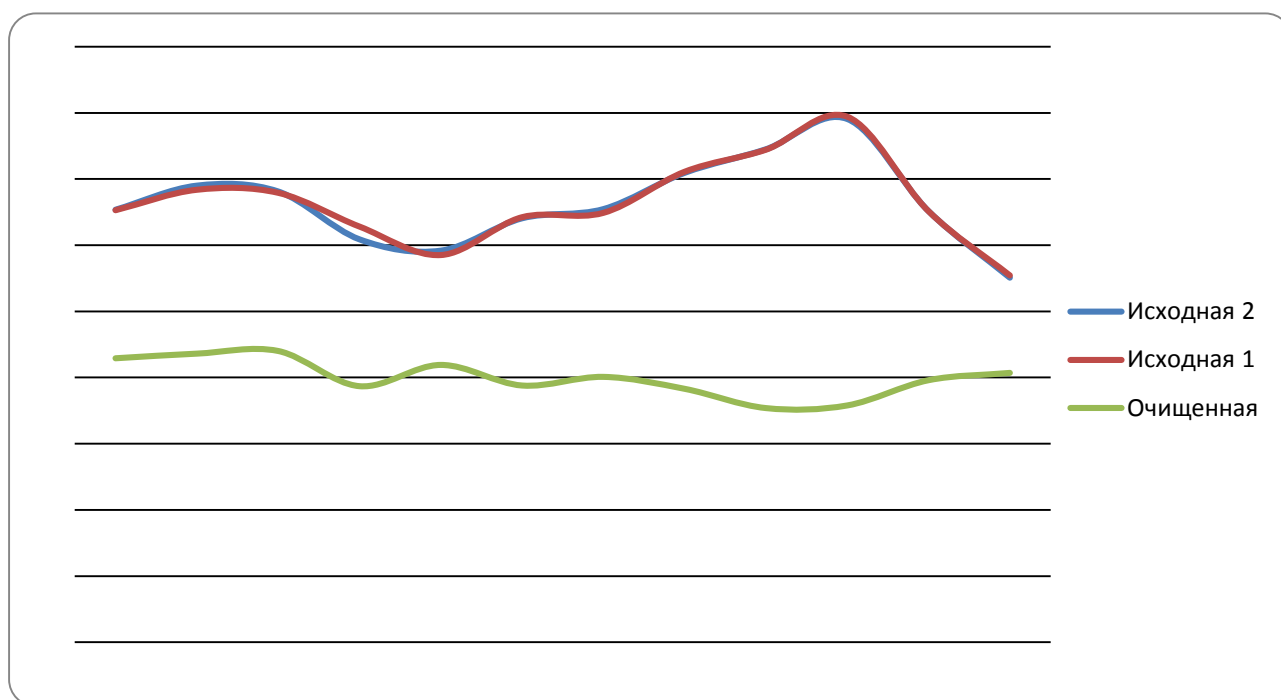
Для сравнения, эффект по этапам очистки за период январь – март 2018 г. при максимальных значениях показателя цветности, равных 25–30 градусов, составил 57 %; в 2019 г. за период январь – апрель при максимальной цветности 18–19 градусов – 32 %. В 2020 г. максимальная цветность исходной воды, равная 16–18 градусов, наблюдалась за этот же период, январь – апрель, эффект очистки при этом составил 33 %. Таким образом, прослеживается закономерность: эффект снижения показателя цветности ниже, чем показателя мутности.

Для быстрого и полного протекания процесса гидролиза коагулянта требуется определенный резерв щелочности воды, обусловленный содержанием в воде гидрокарбонатных  $\text{HCO}_3^-$  и карбонатных ионов  $\text{CO}_3^{2-}$ , которые связывают ионы водорода, выделяющиеся при гидролизе. Если щелочной резерв недостаточен, то необходимо дополнительное дозирование извести или соды [1].

При коагулировании воды на структурообразование хлопьев оказывает влияние температура, солевой состав воды, главным образом, анионный. Возрастающие концентрации гидрокарбонатов  $\text{HCO}_3^-$  и хлоридов  $\text{Cl}^-$  повышает прочность формирующихся хлопьев, а увеличение концентрации сульфатов  $\text{SO}_4^{2-}$  понижает её. В холодное время года при понижении температуры процесс искусственного осветления и обесцвечивания воды при использовании солей алюминия в качестве коагулянтов протекает хуже, хлопья образуются мелкие, осаждаются в отстойниках неравномерно, в результате в воде остаётся большое количество мелких хлопьев, поступающих на фильтр.

Дозы алюминийсодержащих коагулянтов также зависят от биомассы фитопланктона и перманганатной окисляемости воды. В холодное время года (декабрь – апрель) замедляется развитие фитопланктона, снижается перманганатная окисляемость и мутность поверхностной воды в источнике водоснабжения, соответственно снижаются и дозы коагулянтов. Из приведённого на рисунке 3 графика видно, что снижение по показателю «перманганатная окисляемость» за

период декабрь–март незначительное (эффект очистки низкий – 32 %), но при этом значения перманганатной окисляемости ниже ПДК, равной 5 мг/дм<sup>3</sup>.



*Рисунок 3 – Изменение перманганатной окисляемости воды, мг/дм<sup>3</sup>*

При выборе режима дозирования учитывают: показатели качества исходной воды, поступающей на водоочистную станцию; показатели качества воды за предыдущие 1–7 суток по всем этапам очистки; показатели качества питьевой воды, подаваемой в водораспределительную сеть города; определение оптимальной дозы коагулянта на основании результатов пробного коагулирования воды; режим работы водоочистных сооружений, данные опыта работы прошлых лет.

Оптимальная доза коагулянта определяется на основании результатов пробного коагулирования воды, выполняемого на водоочистных станциях. В зависимости от показателей качества поверхностной воды, поступающей на водоочистные сооружения, применяется постоянная подача коагулянта или периодическая подача (дробная). Периодическую подачу коагулянта целесообразно применять в холодное время года, когда снижается мутность поверхностной воды, но сохраняются более высокие значения показателей цветности, перманганатной окисляемости и биомассы фитопланктона.

### **Заключение**

Регулирование оптимальных условий коагулирования примесей поверхностных вод является важной задачей для подготовки воды, используемой для питьевых целей. В результате сравнительного анализа показателей качества воды из поверхностных источников и экспериментальных данных изучены факторы, влияющие на процесс искусственного осветления и обесцвечивания природных вод коагулированием, и определена эффективность использования солей алюминия в качестве коагулянтов. Предугадать взаимное влияние всех

факторов, влияющих на процесс коагулирования, невозможно, поэтому точные выводы можно сделать лишь на основании постоянного мониторинга за результатами лабораторных испытаний по всем стадиям очистки питьевой воды. Режим дозирования коагулянта выбирается с учетом совокупности полученной информации. Также следует учитывать результаты пробного коагулирования воды, по результатам которого на данный момент времени устанавливается целесообразность постоянной или периодической подачи коагулянта.

#### **Список цитированных источников**

7. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: СН 4.01.01-2019 – Минск, 2020 г.
8. Санитарные правила и нормы Республики Беларусь «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: СанПиН 10–124 Республики Беларусь 99
9. Гигиенический норматив Показатели безопасности питьевой воды: утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25.01.2021 г., № 37.
10. Мацкович, О. А. Мониторинг показателей качества воды хозяйственно-питьевых водопроводов централизованных и нецентрализованных систем водоснабжения / О. А. Мацкович, А. А. Острейко // Сб. конкурсных науч. работ студентов и магистрантов / УО «Брестский государственный технический университет»; редкол.: Н. Н. Шалобыта [и др.]. – Брест : Издательство БрГТУ, 2022. – С. 7–11.
11. Мацкович, О. А. Мониторинг показателей качества воды хозяйственно-питьевых водопроводов централизованных и нецентрализованных систем водоснабжения / О. А. Мацкович, А. А. Острейко // Сборник тезисов научной студенческой конференции «Неделя науки-2022» / УО «Брестский государственный технический университет»; редкол.: Н. Н. Шалобыта [и др.]. – Брест : Издательство БрГТУ, 2022. – С. 40–41.
12. Гигиенический норматив «Показатели безопасности питьевой воды: утвержден постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 № 37.

УДК 666

*Олехнович К. А., Некрасов Д. А.*

*Левчук Н. В., к. т. н., доцент*

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ВОДНЫХ ВЫТЯЖКАХ ПРОБ БЕТОНА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ И ПУТЕПРОВОДОВ**

Наличие в конструкциях дефектов и повреждений различного происхождения является важной причиной исследования процессов разрушения инженерных гидротехнических сооружений. При эксплуатации мостовых сооружений, постоянно подвергающихся воздействию агрессивной водной среды, атмосферных осадков, действию механических сил и хозяйственной деятельности человека, необходимо учитывать то, что до механического разрушения материал может разрушаться вследствие химических процессов, таких как коррозия бетона и арматуры, дегидратация, перекристаллизация, образование новых солей в поровом пространстве материала и других [1].

Климатические условия, связанные с перепадами температур, с одновременными частыми атмосферными осадками способствуют ускорению процес-