

М. В. Рымовская, доц., канд. техн. наук;
И. А. Гребенчикова, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск);
Т. А. Жинь, инж. (ООО «ИНИОР», г. Минск);
А. Ю. Шуберт, специалист научно-практического центра;
Е. В. Лапян, инженер-технолог производства «Минскводопровод»
(УП «Минскводоканал», г. Минск)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОАГУЛЯЦИИ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ВОДЫ, ЗАБИРАЕМОЙ ИЗ ПОВЕРХНОСТНОГО ВОДОИСТОЧНИКА

Хозяйственно-питьевое водоснабжение города Минска осуществляется из множества подземных (артезианских источников и скважин) и одного поверхностного (водохранилище «Крылово» Вилейско-Минской водной системы) источников [1]. Вода из поверхностного источника поступает на очистную водопроводную станцию (ОВС), где последовательно подвергается первичному хлорированию, обработке коагулянтном, отстаиванию, фильтрованию через зернистые фильтры, вторичному хлорированию.

С середины ноября до начала апреля вода, забираемая из водохранилища «Крылово», имеет температуру менее +6°C, в водоеме микробиологические, биохимические и химические процессы практически не протекают. По этой причине уровень загрязненности поступающей на подготовку воды в большинстве случаев сравним с требованиями, предъявляемыми к качеству подготовленной воды. В то же время в этот период ослабевает связь между режимом внесения реагентов при обработке воды и снижением мутности. Наиболее вероятные предположения – присутствие в воде поверхностно активных веществ (ПАВ), стабилизирующих коллоидные частицы загрязнителей воды, а также невысокий заряд коллоидных частиц. В теплое время года ПАВ природного и синтетического происхождения окисляются в результате биохимических и химических процессов, однако зимой эти процессы протекают с меньшей интенсивностью.

Целью работы являлась оценка влияния основных технологических параметров на эффективность коагуляции взвешенных веществ при подготовке воды, забираемой из поверхностного водоисточника.

Объект исследований – вода из поверхностного источника (водохранилище «Крылово» Вилейско-Минской водной системы), отобранная во второй половине марта 2023 г. при температуре в водоеме 4°C.

Для управления технологическим процессом очистки воды путем коагуляции доступно варьирование концентраций товарного коагулянта, реже используется коррекция pH обрабатываемой воды. Вызывает интерес оценка эффективности коагуляционной обработки в сочетании с хлорированием. В холодный период года возрастает доля загрязнителей гуминовой природы, в основном креновых кислот – наименее окисленной формы гуминовых веществ [2]. Хлорирование малыми дозами хлора может привести к частичному окислению их с приобретением положительного заряда, что нивелирует работу коагулянта в части разрушения двойного электрического слоя, оставляя только эффект соосаждения.

В исследовании использовались три товарных коагулянта разных производителей: «Аква-Аурат 10» (ОАО «АУРАТ», РФ), «AQUAMix-BV» (ООО «Ксант-Инвест», РБ), «ОА-10» (ООО «Скоропусковский Синтез», РФ); фактическая массовая доля оксида алюминия в этих товарных коагулянтах составила 5,2, 5,6 и 9,6 % соответственно, что было учтено при расчете рабочей дозы. Ранее было показано [3], что коагулянты «AQUAMix-BV» и «ОА-10» могут быть использованы для водоподготовки на ОВС г. Минска наряду с обычно используемым «Аква-Аурат 10», поскольку обеспечивают очистку воды до требований, регламентированных установленными гигиеническими нормативами.

Для хлорирования воды использовали товарный гипохлорит натрия с концентрацией основного вещества 185 г/дм³.

Матрица эксперимента, включающая комбинации доз реагентов, приведена в табл. 1.

Таблица 1 – Комбинации доз реагентов в обрабатываемой воде

Концентрация коагулянта по гидроксохлориду алюминия, мг/дм ³	Концентрация гипохлорита натрия, мг/дм ³		
	0	20	50
0	+	+	+
5	+	+	+
10	+	+	+

В исследовании использовали 2 варианта температуры (7°C и 23°C) и 3 варианта значений pH (7,6 (фактическое значение pH исходной воды); 7,0; 8,5). Подготовленные пробы воды после коррекции pH и температуры разливали по 100 см³ в мерные цилиндры, вносили реагенты в

установленных дозах, выдерживали при периодическом перемешивании в течение 30 мин, отстаивали полученных суспензии в течение 2 ч.

По истечении 2 ч отстаивания фиксировали наличие осадка, измеряли высоту его слоя (в случае присутствия осадка), а также оптическую плотность верхнего слоя обработанной воды при длине волны 520 нм и толщине слоя 1 см. При наличии слоя осадка считали, что коагуляция удовлетворительна.

Снижение оптической плотности верхнего слоя обработанной воды до уровня 0,2 и ниже учитывали как осветление, увеличение до значения 0,5 и более как образование устойчивой суспензии коагулята. Для оценки результатов обработки воды использовали показатель частоты встречаемости (отношению количества случаев, когда явление наблюдалось, к общему количеству случаев в выборке).

Численные значения доз коагулянтов и обеззараживающего агента, температуры и рН обрабатываемой воды, время контакта воды с реагентами и отстаивания определены на основе обработки и предварительного анализа фактических данных, полученных при эксплуатации ОВС.

В таблице 2 представлены результаты оценки влияния основных факторов на коагуляцию и обесцвечивание воды из поверхностного вод источника при водоподготовке.

Таблица 2 – Частота встречаемости состоявшихся коагуляции и обесцвечивания

Наименование коагулянта	Температура, °С		рН			Концентрация коагулянта, мг/дм ³			Концентрация гипохлорита натрия, мг/дм ³		
	7	23	7,0	7,6	8,5	0	50	100	0	20	50
Коагуляция											
Аква-Аурат 10	0,41	0,59	0,28	0,31	0,41	0,00	0,38	0,62	0,34	0,34	0,31
AQUAMix-BV	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,50	0,50	0,33	0,33	0,33
ОА-10	0,40	0,60	0,30	0,30	0,40	0,00	0,40	0,60	0,33	0,33	0,33
Среднее значение	0,27	0,73	0,19	0,20	0,60	0,00	0,43	0,57	0,34	0,34	0,33
Обесцвечивание в присутствии коагулянта											
Аква-Аурат 10	0,79	0,21	0,26	0,42	0,32	-*	0,47	0,53	0,26	0,37	0,37
AQUAMix-BV	0,48	0,52	0,31	0,34	0,34	-*	0,52	0,48	0,21	0,38	0,41
ОА-10	0,50	0,50	0,33	0,33	0,33	-*	0,50	0,50	0,20	0,40	0,40
Среднее значение	0,59	0,41	0,30	0,37	0,33	-*	0,50	0,50	0,22	0,38	0,39
Обесцвечивание без внесения коагулянта											
Среднее значение	0,62	0,38	0,37	0,35	0,32	1,00	-*	-*	0,00	0,52	0,48

Примечание * – ряды данных с отмеченными численными значениями концентрации коагулянта не брали в расчет при обработке результатов по указанному критерию

Частота встречаемости:  (0,00; 0,25);  [0,25; 0,50);  [0,50; 0,75);  [0,75-1,00]

Более стабильная коагуляция наблюдалась при использовании коагулянтов «Аква-Аурат 10» и «ОА-10» (в более чем 80% случаев), отмечено улучшение работы коагулянтов при повышении их дозы, значений температуры и рН воды. Коагулянт «AQUAMix-BV» обеспечивал эффективную коагуляцию только при 23°C и рН 8,5. Доза гипохлорита натрия не оказывала заметного влияния на процесс коагуляции.

Обесцвечивание в присутствии коагулянта в среднем эффективнее протекает при 7°C без коррекции рН, при этом заметного влияния доз вносимых реагентов не выявлено. Коагулянт «Аква-Аурат 10» приводит к обесцвечиванию обрабатываемой воды при 7°C, влияние гипохлорита натрия при этом меньше, чем при использовании других вариантов коагулянтов. Обесцвечивание без внесения коагулянта протекает лучше при 7°C, влияние других изученных факторов незначительно. Хлопьеобразование без осаждения (самостабилизация осадка) наблюдалось в основном при 23°C в условиях коррекции рН в присутствии гипохлорита натрия.

При внесении коагулянта «Аква-Аурат 10» образование осадка отмечали через 1 ч, затем объем его уменьшался из-за уплотнения. При внесении коагулянтов «AQUAMix-BV» и «ОА-10» осадок образовывался одномоментно, его объем не менялся при дальнейшем отстаивании. С повышением дозы коагулянта происходило выпадение осадка за более короткий промежуток времени, при этом увеличивался его объем. Внесение гипохлорита натрия изменяло цвет осадка с желтоватого на белый, что свидетельствует об окислении загрязняющих веществ, присутствующих в воде. С повышением дозы гипохлорита натрия объем осадка уменьшался за счет уплотнения.

Повышение температуры обрабатываемой жидкости приводило к ускорению образования осадка и увеличению его объема. При коррекции рН в щелочную сторону увеличивался объем осадка и скорость его образования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водоснабжение [Электронный ресурс] / Сайт УП «Минскводоканал». – Режим доступа: <https://minskvodokanal.by/about/activities/water-supply/#teh>. – Дата доступа: 16.01.2024.
2. Качественная характеристика окрашенных органических примесей и их свойства [Электронный ресурс] / Справочник химика. Химия и химическая технология. – Режим доступа: <https://chem21.info/page/000164084013234018127128136164114107143209122045/>. – Дата доступа: 02.05.2019.
3. Шуберт, А. Ю. Применение коагулянтов при оптимизации рабо-