

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ МАЛОМУТНЫХ ЦВЕТНЫХ ВОД В СЛОЕ ВЗВЕШЕННОГО ОСАДКА

Часть 1

Изложены физико-химические и гидромеханические основы формирования стабильного взвешенного слоя в осветлителях со слоем взвешенного осадка, эксплуатируемых на маломутных высокоцветных холодных водах. Отражены пути повышения санитарно-гигиенической надежности осветлителей со слоем взвешенного осадка. Приведена методика и расчетные зависимости для определения гидравлических и технологических параметров работы осветлителей.



Введение

Среди распространенных в современной практике технологических схем подготовки поверхностных природных вод для хозяйственно-питьевых целей достаточно большой сегмент занимает двухступенная технологическая схема с осветлителями со взвешенным осадком (**ОВО**) и скорыми фильтрами. Применение ОВО признано наиболее рациональным для очистки мутных вод с большим содержанием взвешенных веществ, эффективно поддающихся коагуляции и флокуляции. Контактной средой в таких сооружениях являются грубодисперсные фракции частиц и скоагулированные хлопья взвеси, которые поддерживаются в процессе очистки воды во взвешенном состоянии. Их задержание в слое взвешенного осадка достигается за счет адсорбционных, адгезионных и агломерационных процессов. При достижении высоты заданного слоя (1,5 – 2 м) регулируемой высотным расположением перепускных окон между коридорами осветления и осадкоуплотнителя, часть хлопьев будет перетекать в осадкоуплотнитель. За счет этого будет поддерживаться фиксированная высота взвешенного слоя

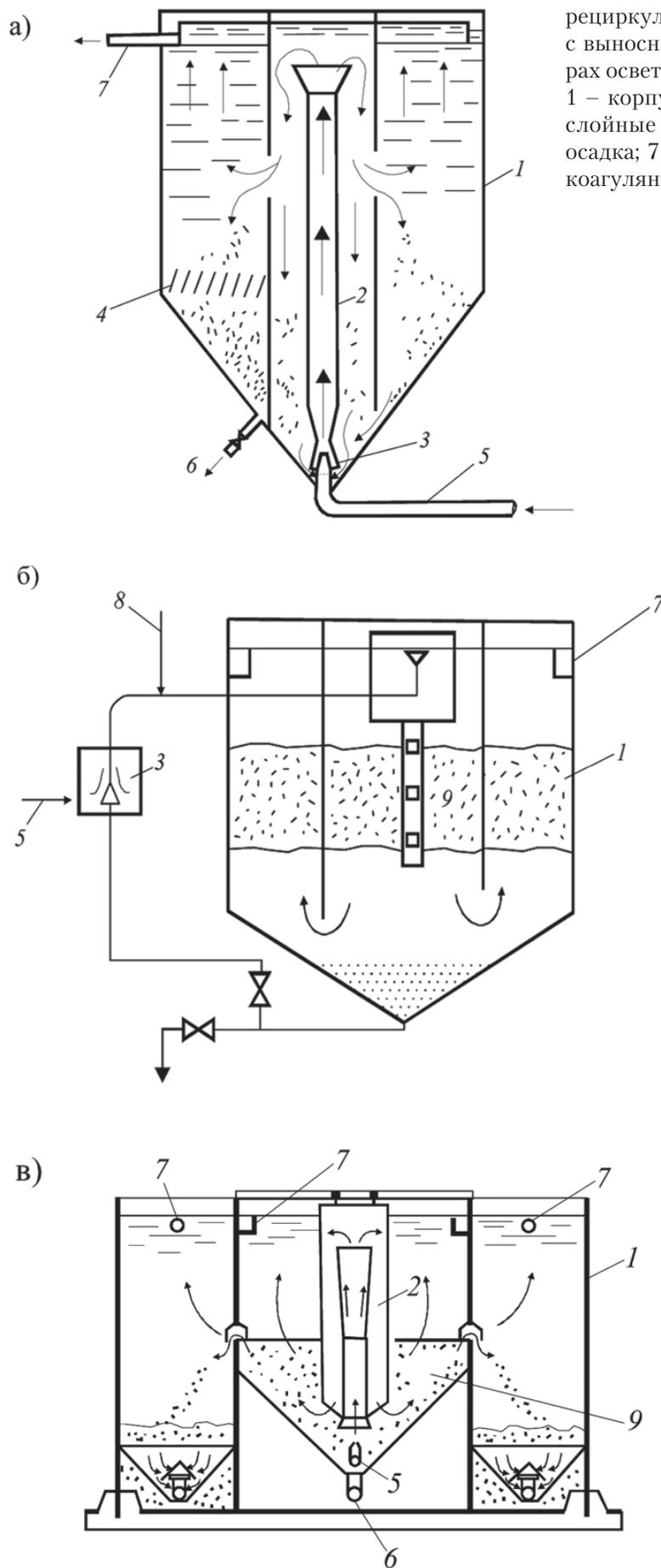
М.Г. Журба*,
доктор технических наук, профессор,
руководитель
Центра инноваций
в области
водоснабжения
и водоотведения,
ОАО «Мосводоканал
НИИпроект»

на протяжении длительного времени эксплуатации сооружения.

В отечественной и зарубежной практике [1-4] нашли применение два основных типа осветлителей, отличающихся по способу формирования слоя взвешенного осадка и его контакта с вновь поступающей на очистку водой (*рис. 1*).

В первом из них контакт воды с осадком достигается при ее движении снизу вверх через слой осадка со скоростью v_v , достаточно большой для того, чтобы поддерживать осадок во взвешенном состоянии, но меньшей, чем скорость свободного осаждения хлопьев в неподвижной воде u . Во втором типе осветлителей имеется специальная камера хлопьеобразования, оборудованная механической или гидравлической мешалками, в которых вода непрерывно перемешивается с образуемым осадком. После этого

* Адрес для корреспонденции: fonsvit@bk.ru



← **Рис. 1.** Осветлители со взвешенным слоем осадка и рециркуляторами: а – фирмы “Дегремон” (Франция); б – с выносным эжектором; в – с рециркуляторами в коридорах осветления и осадкоуплотнителях
 1 – корпус; 2 – рециркуляторы; 3 – эжектора; 4 – тонкослойные модули; 5 – подвод исходной воды; 6 – отвод осадка; 7 – отвод осветленной воды; 8 – подвод раствора коагулянта; 9 – слой взвешенного осадка.

суспензия поступает в зону осветления, в которой происходит выделение из неё крупных хлопьев, образовавшихся в камере хлопьеобразования. Для гидравлического смешения воды с осадком и увеличения продолжительности процесса хлопьеобразования в нижней части осветлителя устраивают диффузоры.

Недостатками осветлителей, особенно коридорного типа с большими площадями и отсутствием перед ними отдельно расположенных камер хлопьеобразования, являются:

- ◆ высокая чувствительность слоя взвешенного осадка к изменению гидравлической нагрузки на него по воде, поступающей на обработку;
- ◆ отрицательное влияние изменения температуры воды в течение одного цикла водообработки (или даже нескольких часов) на структурные характеристики сформировавшегося слоя и стабильность его работы;
- ◆ сложность управления гидродинамическими процессами, происходящими в зонах формирования слоя и в самом осадкоуплотнителе при непрерывном отводе части хлопьев из верхней зоны слоя в осадкоуплотнитель;
- ◆ необходимость высокой степени автоматизации управления процессами дозирования реагентов и регулирования скорости восходящего потока воды, которая позволила бы оперативно изменять режимы коагуляции и флокулирования примесей, находящихся в речной воде при изменении ее физико-химических свойств.

Применение ОВО в практике водоочистки, реализуемой по двухступенной технологии, эффективно при мутных водах с относительно высокими в течение длительного времени температурами ($\geq 10-15\text{ }^{\circ}\text{C}$), рН ($\geq 7,5-8,0$) и щелочностью ($> 2-3\text{ мг-экв/л}$). Применение таких сооружений для очистки высокоцветных маломутных вод с низкими температурами в течение длительного времени требует особого внимания эксплуатационного персонала к реализации реагентной предобработки воды окислителями, коагулянтами и флокулянтами, в том числе к режимам их смешения с исходной водой и хлопьеобразования.

Недостаточно обоснованное внедрение таких ОВО на водоисточниках Северного, Северо-западного регионов страны, Сибири и Дальнего востока привело к тому, что водоочистные станции в периоды низких рН, щелочности и температуры воды и повышенных значений цветности и перманганатной окисляемости не обеспечивают требуемые нормативы качества питьевой воды [5].

Опыт многолетней эксплуатации и наладки технологического процесса очистки таких вод на ОВО [6-10] является убедительным подтверждением вышеизложенному.

В специальной литературе достаточно много внимания уделено изучению влияния определяющих показателей качества очищаемых вод, и в первую очередь, таких как рН, температура, щелочность, ионный состав воды на процесс коагулируемости взвеси [11-15]. Однако, их комплексное воздействие с выделением побочных продуктов и появлением факторов, возникающих на первой стадии обработки воды окислителями, коагулянтами и флокулянтами, и отрицательно влияющих на структурные характеристики формирующегося слоя взвешенного осадка в осветлителях, изучено еще недостаточно.

Наиболее трудные задачи перед эксплуатирующим ОВО в указанных выше регионах персоналом водоочистных станций возникают в периоды снеготаяния, ранних весенних паводков и осенних дождей. С понижением температуры речной воды до 1-5 °С в указанные выше периоды эффект очистки воды в слое взвешенного осадка значительно ухудшается [10, 16-18].

На *рис. 2* представлены ориентировочные интервалы варьирования основных показателей качества цветных холодных маломутных вод с низким содержанием и наличием в них коллоидной высокоустойчивой

взвеси, при которых создание оптимальных условий для реагентной предподготовки исходной воды и работы слоя взвешенного осадка в коридорах осветлителей, является наиболее трудной задачей.

Как видно из технологической схемы очистки и обеззараживания, помимо влияния показателей качества исходной воды, значение приобретает образование в процессе водоподготовки избыточного хлороформа, выделение свободной и агрессивной углекислоты, протекание «вялой» коагуляции, приводящей к появлению в воде растворенного алюминия (> 0,2 мг/л) выше нормы, снижение значений ниже допустимого предела рН (< 6,5).

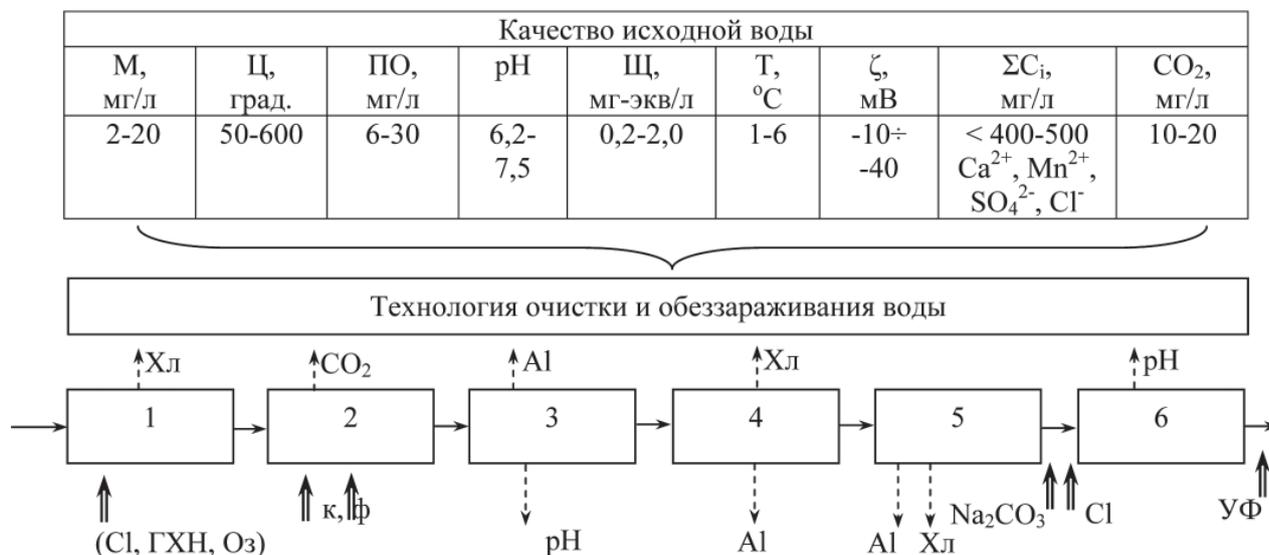
В связи с этим, представляет научно-практический интерес изучение комплексного воздействия физико-химических условий формирования хлопьевидного осадка во взвешенном слое с необходимыми его структурными свойствами и граничных условий обеспечения стабильности этого слоя при возможных колебаниях температур и скоростей восходящего потока; обоснование надежных технологических приемов интенсификации работы ОВО (особенно коридор-

↓ *Рис. 2.* Область изучения проблемы.

1 – предварительная обработка воды окислителями в контактном резервуаре; 2 – ввод коагулянта (к) и флокулянта (ф) с одновременной отдувкой углекислоты (СО₂); 3 – смешение воды с реагентами; 4 – осветление в слое взвешенного осадка; 5 – скорое фильтрование; 6 – обеззараживание в РЧВ; УФ – ультрафиолетовое облучение; Al – остаточный алюминий; рН – водородный показатель; Хл – хлороформ; Cl – хлор; Oz – озон; ГХН – гипохлорит натрия Na₂CO₃ – сода;

↑↓ – соответственно увеличение или уменьшение значений показателей качества воды в результате ее обработки

↑ – добавление реагентов.



ного типа), имеющих большие площади и требующих повышенного внимания к системам равномерного распределения и сбора воды по ним.

Результаты и их обсуждение

Влияние режимов реагентной предобработки воды

Существенное изменение качества речной воды в разные сезоны года и даже в течение одних суток требует оперативного изменения режима реагентной предобработки воды, особенно при использовании для этих целей коагулянтов, эффективно работающих лишь в узком диапазоне значений pH, щелочности и температуры воды. Наибольшие трудности при решении этой задачи возникают, когда в воде содержатся высокоустойчивые коллоидные системы, гуминовые и фульвокислоты.

Как известно, доминирующими факторами в процессе коагулирования являются температура, pH и щелочность воды. Эффективное осветление мутных вод достигается при повышенных значениях pH, а обесцвечивание мягких вод – при пониженных.

Цветные воды быстрее коагулируют и осветляются при их предварительном окислении. Это объясняется тем, что необходимым условием взаимной коагуляции устойчивых примесей является равенство противоположных частей зольей. В противном случае процесс гидролиза коагулянта, например сульфата алюминия (СА), протекает неполно, либо вовсе не наступает. Образующаяся при этом гидроокись алюминия представляет собой аморфное соединение, которое обладает кислотными и основными свойствами: в щелочной среде заряд частиц отрицательный, в кислой – положительный.

На действующих водоочистных станциях с целью поддержания водоочистных сооружений в надлежащем санитарном состоянии во всех технологических схемах на первой стадии водообработки воду прехлорируют жидким хлором или гипохлоритом натрия, реже используют двуокись хлора и озонирование [1-4].

При обработке высокоцветных маломутных вод применение этого технологического приема позволяет уже на первой стадии очистки одновременно с обеззараживанием добиваться снижения цветности воды на 30-60 % в интервалах значений pH 6,5-8,5, обычно характерных для воды поверхностных источников хозяйственно-питьевого назначения. В зависимости от pH воды активный хлор в водных растворах находится в виде OCI ,

HCl и Cl_2 . Процесс обесцвечивания воды сопровождается протеканием реакций окисления хлором гумусовых веществ и фульвокислот [11]. В органических веществах их содержание достигает 60-80 %, причем содержание фульвокислот на порядок превышает концентрацию гуминовых. Из-за сложности состава природных вод, загрязненных органическими и неорганическими соединениями, по-разному реагирующими с хлором, его воздействие оценивается по величине хлорпоглощаемости. С изменением времени контакта воды с хлорсодержащими реагентами величина хлорпоглощаемости, соответствующая моменту, после которого ее прирост остается постоянным в течение определенного промежутка времени, может изменяться. Существенное изменение в процесс хлорирования вносит также аммиак, при взаимодействии которого с хлором образуются моно- и дихлорамины, что приводит к уменьшению остаточного хлора в воде:



Снижение цветности при вводе 1 мг хлора в обрабатываемую воду может колебаться в пределах от 1 до 3 град. в зависимости от соотношения присутствующих в воде сильно и малоокрашенных соединений. К примеру, максимальная скорость разрушения гумусовых веществ, а следовательно и максимальная степень их обесцвечивания окислителями, приходится на область pH 7,5-8, которая соответствует состоянию активного хлора в воде в виде смеси OCI и $HOCl$ [11].

В зависимости от физико-химического состава исходной воды разные окислители совместно с коагулированием в разной степени влияют на степень обесцвечивания. К примеру, исследованиями, проведенными нами на р. Малая Карла (Чувашия), было показано, что при исходной цветности воды до 205 град., совместная обработка воды озонном и пероксидом водорода позволяет еще до ввода коагулянта снизить ее цветность на 18-42 % (рис. 3).

Окисление воды на первоначальной стадии ее водоподготовки приводит и к частичному снижению pH. Этот фактор также необходимо учитывать при обработке цветных холодных вод с низкими щелочностью и температурой. Согласно современной теории коагуляции примесей, находящихся в природных водах [12], ведение в воду сернокислого алюминия приводит к его диссоциации с образованием трехвалентных катионов алюминия:



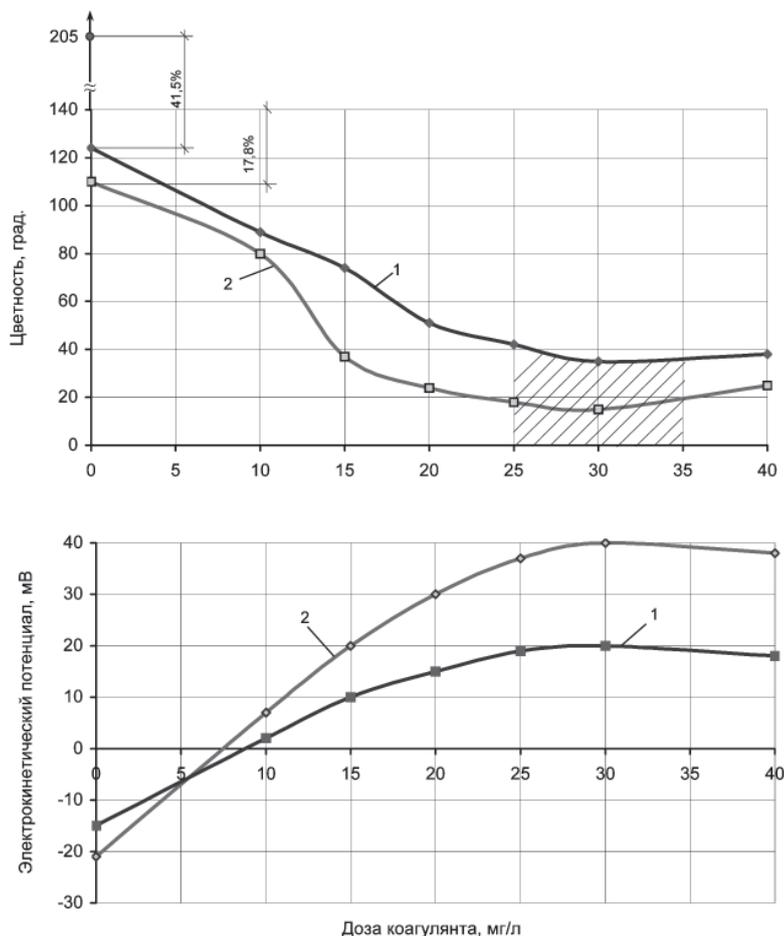


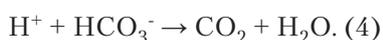
Рис. 3. Корреляция между цветностью, дозой коагулянта и электрокинетическим потенциалом в зависимости от режимов подготовки воды разными окислителями
1 – $O_3 + H_2O_2$, коагулирование и флокулирование; 2 – $NaOCl$, коагулирование и флокулирование

Ионы алюминия вступают в обмен с катионами, находящимися в адсорбционном слое глинистых частиц, в результате чего происходит гидролиз избытка сернокислого алюминия с образованием промежуточных соединений ионов $Al(OH)^{3+}$ и $Al(OH)_2^{4+}$, который завершается получением коллоидной малорастворимой гидроокиси алюминия:



При этом ионы водорода H^+ , выделенные при гидролизе, снижают pH воды, сдвигая его значение от изоэлектрической точки коагуляции гидроокиси, тем самым ухудшая процесс коагуляции.

Снижение количества водорода с одновременным выделением свободной углекислоты (CO_2) при очистке природных вод происходит за счет его реакции с присутствующими в воде бикарбонатами HCO_3^- :



В поверхностных природных водах обычно содержится от 10 до 30 мг/л свободной CO_2 [13]. Введение каждого миллиграмма безводного $Al_2(SO_4)_3$ или хлорида железа в обрабатываемую воду сопровождается выделением 0,8 мг свободной CO_2 [4]. Поэтому при нахождении в воде достаточного количества бикарбонатов, в соответствии с реакцией (4), происходит дополнительное выделение CO_2 , что, в свою очередь, приводит к дальнейшему снижению значений pH и ухудшению работы взвешенного слоя.

В зависимости от pH воды при коагуляции примесей в формирующемся слое взвешенного осадка образуются различные соединения алюминия. При $pH > 8$ алюминий в водном растворе образует растворимые алюминаты (AlO_2^-). При $pH < 4,5$ гидролиз алюминия практически не идет, вследствие чего гидроокись алюминия не образуется, а введенный в воду алюминий остается в растворе в виде Al^{3+} .

Оптимальными значениями pH для маломутных ($< 10-20$ мг/л), цветных (> 50 град.) с низкой щелочностью ($< 1,5$ мг-экв/л) вод при применении в качестве коагулянта сернокислого алюминия является pH 5-6 [2].

Если щелочность воды низкая и ее недостаточно для связывания катионов водорода, то воду приходится подщелачивать. Однако как показали исследования, выполненные на водах характеризуемых в летнее время и паводковый период цветностью до 120-250 град., окисляемостью до 23-28 мг/л, мутностью до 15 мг/л, щелочности 0,3-0,5 мг-экв/л и pH 6,2-7,3, предварительное подщелачивание воды перед ее коагулированием не приводит к желательному результату [19]. Авторы этих исследований считают целесообразным проводить подщелачивание таких вод только после их очистки с целью повышения стабильности воды.

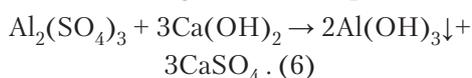
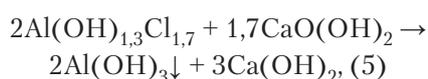
Согласно данным, приведенным в [3] при работе ОВО, в результате коагулирования цветных вод в хлопьях коагулянта образуется свободная углекислота в количестве до 10-15 % от общего количества вводимого коагулянта, и приблизительно 20-30 % ее по отношению к объему хлопьев коагулянта, находящихся во взвешенном слое осветлителя. Этого количества достаточно для флотации обрабатываемой раствором коагулянта воды с исходным содержанием взвешенных веществ до 2 г/л. Этот важный отрицательный фактор также необходимо учитывать при формировании слоя взвешенного осадка в ОВО с заданными концентрацией и плотностью твердой фазы в нем.

В результате обработки маломутных высокоцветных низкотемпературных вод боль-

шими дозами коагулянта образующийся осадок имеет значительно меньшую плотность по отношению к естественным примесям воды, что вместе с выделяющейся вследствие взаимодействия СА с гидрокарбонатами углекислотой не позволяет повышать допустимую скорость восходящего потока воды в зоне осветления, даже с применением рециркуляции осадка более, чем до 0,4-0,6 мм/с [10].

При гетероадагуляции в стесненном объеме взвешенного слоя и малом размере частиц коллоидов силы тяжести и инерции оказываются значительно меньше сил прилипания [20]. В этом случае вероятность и прочность прилипания мелких частиц к поверхности контактной среды выше, чем при слипании мелких однородных частиц между собой в свободном объеме.

По-разному оказывает влияние на процессы хлопьеобразования в слое взвешенного осадка и солевой состав воды. К примеру, с увеличением концентрации карбонатов (HCO_3^-) и сульфатов сверх некоторого предельного значения потребность в количестве коагулянтов возрастает [16]. Отрицательное влияние сульфатов, присутствующих в воде, на процесс коагуляции может быть снижено добавлением в воду Ca^{2+} и Mg^{2+} , которые расширяют зону оптимальных значений pH. В последние десятилетия в России заметно увеличилось применение в качестве коагулянтов различных марок оксихлоридов алюминия (**ОХА**) [15]. При гидролизе ОХА в соответствии с уравнением реакции щелочного резерва ОХА расходуется почти в два раза меньше чем при использовании СА, который в большей степени, снижает pH и щелочность воды:



Значимым фактором, влияющим на качество водоподготовки, является также отношение $\text{OH}^- : \text{Al}^{3+}$, определяющее не только вид продуктов гидролиза коагулянта, но и направление реакций в углекислотном равновесии. Поскольку в ОХА входят группы OH^- , нейтрализующие ионы водорода и менее понижающие pH и щелочность, то его применение предпочтительнее при низких значениях pH и преобладающем содержании в воде минеральной взвеси.

Одним из основных недостатков применения одного ОХА остается его высокая стоимость по сравнению с СА (примерно в

Ключевые слова:

качество воды, реагенты, воздухоотделители, слой взвешенного осадка, скорости восходящего потока, фильтры доочистки, равномерность подачи и распределения воды по площади осветлителя, расчетные зависимости

4-6 раз) и не всегда достаточная эффективность при обработке холодных цветных вод с низкой щелочностью. Более эффективным в этом случае является совместное применение СА и ОХА в примерном соотношении $\text{СА}/\text{ОХА}=(1-2)/10$. В летний период года с повышением температуры воды эффективность ее осветления в слое взвешенного осадка возрастает. В то же время, для водосточников, где в жаркие месяцы может наблюдаться «цветение» воды из-за интенсивного развития в ней водорослей, приходится увеличивать дозы коагулянта. В этот период ухудшаются процессы осаждения частиц взвеси, обволакиваемых микро-частицами водорослей, и за счет этого уменьшается плотность осаждаемых комплексов. Из анализа качества обрабатываемой воды, устойчивости коллоидных систем и гидродинамических условий формирования слоя взвешенного осадка вытекает, что к реагентной предобработке высокоцветной низкотемпературной маломутной воды перед ОВО должны предъявляться следующие повышенные требования.

Первое из них заключается в том, что выбор типов коагулянта и флокулянта, назначение их доз, концентрации используемых растворов и места их ввода должны производиться с учетом низких значений щелочности, pH и температуры воды и необходимости обеспечения оптимальных условий гидролиза коагулянта в периоды весенних паводков и осенних дождей.

В качестве примера на *рис. 4* представлены полученные нами зависимости доз коагулянта (Дк) СА от показателей предварительно обработанной хлором дозами 0,71-5,1 мг/л воды р. Вологда и оз. Кубенское по цветности, перманганатной окисляемости и мутности. Дозы коагулянта определялись пробным коагулированием с добавлением 0,1 % раствора ПАА с дозами 0,2-0,3 мг/л. Вода после ввода реагентов перемешивалась в цилиндрах высотой 40 см с емкостью 1 л и затем отстаивалась в течение 40-60 мин.

Концентрация растворенного алюминия в отстоенной воде из р. Вологда составляла в этот период от 0,06 до 0,22 мг/л, а температура воды из реки колебалась от +0,2 до +1,1 °С.

Как видно из *рис. 4 б*, требуемые дозы СА в этот период возрастали при увеличении щелочности, цветности и перманганатной окисляемости исходной прехлорированной воды и снижались с увеличением ее мутности.

Для сравнения на *рис. 4 а* приведены значения требуемых доз этого же коагулянта без дополнительного ввода в исследуемую воду

ПАА, полученного авторами работы [17] для воды из р. Луга с цветностью до 110 град. и температурой при пробном коагулировании, равной + 28 °С.

Несмотря на высокие значения температуры воды в период этих испытаний, требуемые дозы по техническому продукту коагулянта для нее оказались довольно высокими – до 105-110 мг/л. Предварительное подкисление воды перед коагулированием 10 %-ным раствором соляной кислоты (60 мг/л) позволило снизить требуемую дозу коагулянта до ~ 65 мг/л.

Причиной существенного различия в полученных дозах коагулянта для воды рек Вологда и Луга явилась в этот период значительно большая окисляемость воды р. Луга (до 37 мг/л) по сравнению со значениями этого показателя для р. Вологда (14-15 мг/л). Для р. Вологда и оз. Кубенское при высоких значениях щелочности в период исследований (5,42 мг/л) и мало изменяющихся значениях рН (7,44-7,7) доминирующим показателем качества воды, влияющим на дозу коагулянта, оказалась цветность. Этот вывод подтвердился анализом зависимостей цветности исходной и отстоянной воды и дозы коагулянта в наблюдаемый нами период в апреле-мае 2011 г.

Учесть комплексное одновременное воздействие основных удаляемых ингредиентов в исходной воде (мутности, цветности, перманганатной окисляемости, остаточного алюминия) и физико-химических ее показателей, определяющих эффективность коагу-

ляции примесей позволяет предложенный нами метод аналитического определения доз коагулянта, с использованием показателя коагулируемости коллоидной системы S_k :

$$D_k = f(M, Ц, ПО, Al_{ост}, S_k), (7)$$

где M – мутность, мг/л; $Ц$ – цветность, град.; $ПО$ – перманганатная окисляемость, mgO_2/l ; $Al_{ост}$ – алюминий остаточный, мг/л; S_k – комплексный показатель коагулируемости определяемый из функции:

$$S_k = f(t, Щ, pH, Eh, \zeta), (8)$$

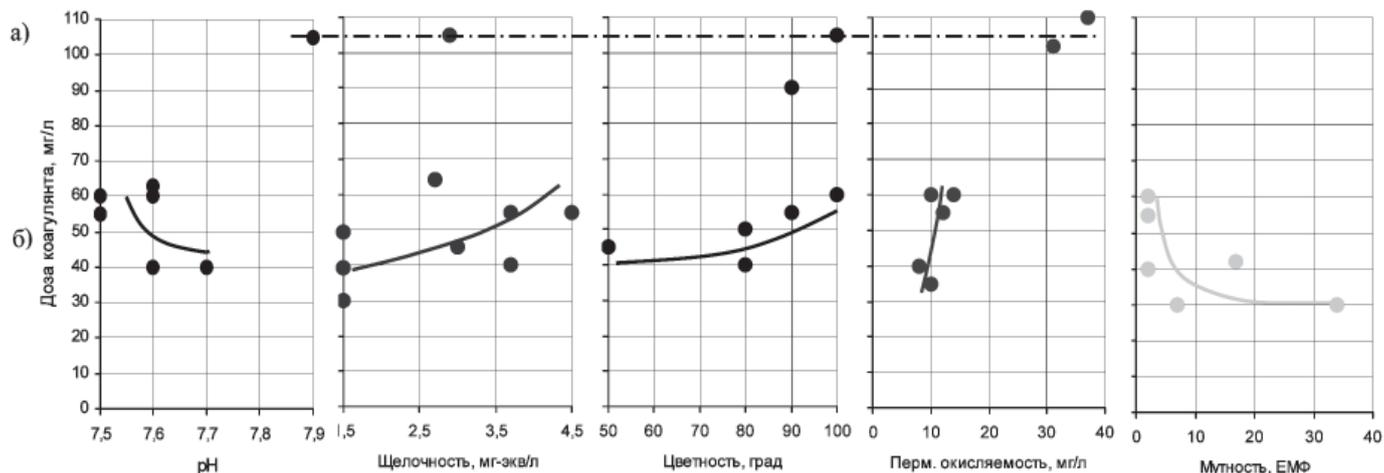
где t – температура, °С; $Щ$ – щелочность, мг-экв/л; pH – водородный показатель; Eh – окислительно-восстановительный потенциал, мВ, позволяющий ориентировочно прогнозировать восстановление ионов алюминия в обрабатываемой воде при недостаточном гидролизе коагулянта; ζ – дзета-потенциал, мВ, определяющий устойчивость коллоидных систем по электрофоретической подвижности.

Вторым важным требованием к реагентной подготовке воды перед ОВО является необходимость соблюдения условий одновременной с вводом коагулянта отдувки углекислоты.

Исходя из этого, во входном блоке очистных сооружений или перед каждым осветлителем коридорного типа рекомендуется применение комплексного улучшения свойств взвеси, предусматривающего быстрое смешение коагулянта с водой с одновременной отдувкой CO_2 ; интенсивное перемешивание, препятствующее образованию в начальный момент коагуляции рыхлой структурированной системы, насыщенной водой и углекислотой; удаление свободной углекислоты и смещение рН среды в сторону более высоких значений рН. Все эти операции осуществляются в рециркуляторе-аэраторе, оснащенный

↓ **Рис. 4.** Влияние показателей качества исходной воды на рабочие дозы коагулянта сульфата алюминия:

- а) – вода из р. Луга (сентябрь 2008 г.); $D_{HCl} = 60$ мг/л, $T = + 28^\circ C$, $Al_{ост} = 0,4-0,55$ мг/л. Более низкие значения D_k – при предварительном окислении воды;
 б) – вода из р. Вологда (12.2010 – 06.2011 г.г.); $D_{ф} = 0,2-0,3$ мг/л, $T = 0,2 \div (+1,1)^\circ C$, $Al_{ост} = 0,06-0,22$ мг/л.



эжекторным устройством и системой распределения мелкодиспергированного воздуха [12, 22].

Продолжительность смешения воды с коагулянтом должна осуществляться с помощью механических мешалок с регулируемым приводом и не превышать ~ 0,6-1 мин.

В работе [22] было показано, что более глубокое удаление углекислоты из состава хлопьев коагулянта посредством ее десорбции мелкодиспергированным воздухом достигается при оптимальной скорости его выхода из отверстий диспергаторов в пределах от 10 до 20 м/ч, что позволяет в зависимости от длительности обработки высокоцветных вод повысить плотность хлопьев коагулянта в 1,5-2,0 раза. Эффект уплотнения тем выше, чем раньше по отношению к моменту ввода коагулянта осуществляется отдувка свободной углекислоты, образующейся в процессе коагуляции.

Третье условие заключается в том, что для предотвращения срыва стабильного гидравлического режима работы слоя взвешенного осадка в ОВО каждый из осветлителей должен быть оборудован индивидуальным воздухоотделителем и регулятором расхода, что будет препятствовать усиливающимся флотационным явлениям в слое и выносу хлопьев за его пределы в периоды изменений подачи исходной воды и ее температуры.

Отсутствие в схемах водоочистки с ОВО коридорного типа отдельной камеры хлопьеобразования [1, 2, 4] вызывает необходимость обеспечить искусственное повышение концентрации твердой фазы в наиболее концентрированной части взвешенного слоя путем непрерывной рециркуляции части образующегося осадка в этой зоне.

Однако, как показывает практика [10], при значениях температуры ~ 1-6 оС, рН < 6,2-7,0 и щелочности ≤ 0,35-1,5 мг-экв/л высокоцветной маломутной воды повысить скорость восходящего потока в зоне формирования взвешенного слоя более 0,5 мм/с, даже при оснащении коридоров осветлителей рециркуляторами осадка образующегося продуктами коагуляции малоконцентрированных цветных низкотемпературных суспензий, не удастся.

*Продолжение статьи
в № 10_2012 г.*

Литература

1. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. Киев: Наукова думка, 1983. 527 с.
2. Клячко В.А. Подготовка воды для промышленного и городского водоснабжения / В.А. Клячко, И.Э. Апельцин. М.: Госиздат литературы по архитектуре, строительству и строительным материалам, 1962. 818 с.
3. Кургаев Е.Ф. Осветлители воды. М.: Стройиздат, 1986. 171 с.
4. Технический справочник по обработке воды DEGREMONT (2-е издание) в 2-х томах. СПб.: Новый журнал, 2007. 1696 с.
5. СанПиН 2.1.4.10.74-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002.
6. Радциг В.А. Влияние гидравлических условий хлопьеобразования на ход осветления воды / В.А. Радциг, Т.И. Барышникова // Сб. трудов Уральского политехнического института, № 35 «Очистка природных и сточных вод». М.: Гос.издат литературы по строительству и архитектуре, 1953. С. 48-65.
7. Доросинский Г.П. Щелевой осветлитель // Сб. трудов Уральского политехнического института, № 35 «Очистка природных и сточных вод». М.: Гос.издат литературы по строительству и архитектуре, 1953. С. 81-96.
8. Цейдлер В.П. Работа осветлителей коридорного типа на высокоцветных маломутных водах в условиях нестабильного температурного режима // Труды ВОДГЕО, вып. 29. Водоподготовка. М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1971. С. 34 - 36
9. Журба М.Г. Очистка природных вод, содержащих антропогенные примеси / Журба М.Г., Говорова Ж.М., Приемышев Ю.Р., Лебедева Е.А. // Практическое пособие. Вологда: ВоГТУ, 1998. 104 с.
10. Журба М.Г. Эффективность работы осветлителей со взвешенным осадком на маломутных цветных водах Северо-западного региона / М.Г. Журба, Ж.М. Говорова, М.В. Елюков, А.В. Чекрышев, В.Л. Поповцев // Водоснабжение и канализация, 2012. № 1-2. С. 52-60.
11. Шевченко М.А. Физико-химическое обоснование процессов обесцвечивания и дезодорации воды. Киев: Наукова думка, 1973. 150 с.
12. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. М.: Наука, 1977. 356 с.
13. Кастальский А.А. Проектирование устройств для удаления из воды растворенных газов в процессе водоподготовки. М.: Госстройиздат. 1957. 148 с.

14. Руденко Г.Г. Удаление примесей из природных вод на водопроводных станциях / Г.Г. Руденко, И.Т. Гороновский. Киев: Будивельник, 1976. 208 с.
15. Драгинский В.Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева, С.В. Гетманцев. М.: НИИ КВОВ, 2005. 571 с.
16. Журавлев С.П. Особенности коагуляции маломутных цветных вод с низким содержанием / С.П. Журавлев, Э.Г. Амосова, А.С. Прохоренко // Сб. трудов «Очистка природных и сточных вод». М.: ОАО «НИИ ВОДГЕО», 2009. С. 8-14.
17. Гандурина Л.В. Сравнительная оценка эффективности применения коагулянтов и флокулянтов для очистки высокоцветных природных вод / Л.В. Гандурина, Н.С. Латышев, П.А. Ивкин // Сб. трудов междунар конф. «Вода: экология и технология» ЭКВАТЭК-2008 [эл. ресурс]. <http://www.ecwatech.ru/>
18. Сколубович А.Ю. Очистка маломутных высокоцветных природных вод / А.Ю. Сколубович, Е.Л. Войтов, Ю.Л. Сколубович // Сб. трудов междунар конф «Вода: экология и технология» ЭКВАТЭК-2008 [эл. ресурс]. <http://www.ecwatech.ru/>
19. Алексеева Л.П. Применение щелочных реагентов для оптимизации реагентной обработки маломутных цветных вод / Л.П. Алексеева, В.Л. Драгинский, Б.Л. Видер // Водоснабжение и санитарная техника, 2006. № 8. С.9-15.
20. Зонтанг Г. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем. Перевод с немецкого / Зонтанг Г., Штрэнге К. Л.: Химия, 1973. 152 с.
21. Журба М.Г., Говорова Ж.М., Говоров О.Б. Осветлитель-фильтр для очистки воды. Патент на изобретение RU № 2339425 С1, В01D 21//08. Бюл. № 33, 27.11.2008. Патент №2339425 РФ (Журба М.Г., Говорова Ж.М., Говоров О.Б.). Осветлитель – фильтр для очистки воды. Заявлено 15.05.2007 г. Опубликовано 27.11.2008 г. Бюл. №33. Приоритет 15.05.2007 г.
22. Фрог Б.Н. Исследование процессов очистки высокоцветных маломутных вод для нужд тепловых электростанций. Автореферат дис.... канд. техн. наук. М.: МИСИ, 1972. 20 с.
23. Файншиль Я.Л. Исследование основных закономерностей работы камер хлопьеобразования со слоем взвешенного осадка. Автореферат дис.... канд. техн. наук. М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1970. 24 с.
24. Водоснабжение на железнодорожном транспорте (Под ред. проф. Азерьера С.Х.). В 2 т. М.: Трансжелдориздат, 1940.
25. Журба М.Г. Водоочистные фильтры с плавающей загрузкой. М.: Научн. изд., 2011. 536 с.
26. Первов Г.Г. Исследование методов моделирования и интенсификации работы осветлителей. Автореферат дис.... канд. техн. наук. М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1963. 28 с.



M.G. Zhurba

PHYSICO-CHEMICAL ASPECTS OF CLOUDY WATER TREATMENT IN LAYER OF SUSPENDED SEDIMENT. Part 1

Physico-chemical and hydro-mechanical basis for a stable layer formation of suspended sediments in lighters used in cloudy colored waters are analyzed. Some ways to improve the hygienic safety of lighters with a layer of suspended sediment are discussed. Methods and calculated characteristics of hydraulic and technological parameters of the lighters have been presented.

Key words: water quality, chemicals, air purge, suspended sediment layer, upstream speed, pre-treatment filters, water supply and distribution over the area of lighters, calculated correlations