

Скорость истечения изменялась от 3 до 10 м/с, высота истечения – от 5 до 50 см.

Результаты измерений в виде безразмерных соотношений представлены на рис. 3, рис. 4 и рис. 5. В окончательном виде уравнение массопередачи имеет вид:

$$\frac{K_a \cdot W}{Q} = 0,027 (Fr)^{0,5} \cdot \left(\frac{h}{d}\right)^{0,33} \quad (7)$$

Экспериментальные значения коэффициентов массопередачи аппроксимируются уравнением (7) с точностью $\pm 7\%$.

Как можно видеть из рис. 5, эффективность аэрации обратно пропорциональна скорости и достигает довольно высоких значений при малых диаметрах и скоростях истечения струи.

Интересно отметить, что для поверхностных механических аэраторов, вовлекающих воздух струей жидкости, срывающейся с лопасти, эффективность аэрации лежит в пределах 2...3 кг O_2 /кВт·ч при оптимальных скоростях вращения 3...5 м/с, что согласуется с полученными данными для струй диаметром 9,5...11,5 мм. Наверное, при струйной аэрации не

существует, как таковой, оптимальной скорости истечения. Необходимые скорости истечения будут диктоваться определенными уровнями массопередачи и перемешивания, применяемыми конструкциями струйных аэраторов и реакторов, насосного оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Спивак В.М. Аэраторы для очистки природных и сточных вод.—Львов: “Вища школа”, 1984г.—124с.
2. Б.Ф. Лямаев. Гидроструйные насосы и установки.—Л.: “Машиностроение”, 1988.—278с.
3. А.Е. Жерноклев, Л.П. Пилинович, В.В. Савич. Аэрация и озонирование в процессах очистки воды.—Мн.: “ТОН-ПИК”, 2002.—130с.
4. Г.И. Николадзе. Технология очистки природных вод.—М.: Стройиздат, 1980.—180с.
5. Рябов А.К. Искусственная аэрация природных вод.—Киев: “Навукова думка”, 1982.—197с.

УДК 628.094.3

Житенев Б.Н., Лычук Т.П.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЕСЦВЕЧИВАНИЯ И ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БЕЛАРУСИ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В настоящее время на промышленных предприятиях нашей страны вода питьевого качества используется чаще нерационально. Например, анализ водного баланса одного из ведущих предприятий г. Бреста показывает, что в производственном цикле используется 41% технической воды и 59% воды питьевого качества. Причем из общего количества воды питьевого качества 49% потребляется для производственных процессов, до 30 %, расходуется на душевые нужды, 14% на пользование туалетами и только 1% воды идет на питьевые нужды. Учитывая высокую стоимость питьевой воды, замена ее более дешевой технической, забираемой из поверхностных источников водоснабжения для производственных, душевых нужд, пользования туалетами и уборки помещений позволит экономить предприятиям значительное количество денежных ресурсов, снижая при этом себестоимость и повышая конкурентоспособность выпускаемой продукции. Достижение указанной цели возможно путем более масштабного использования водных ресурсов из поверхностных источников, при внедрении новых высокоэффективных технологий водоподготовки.

На территории Беларуси сосредоточены значительные запасы водных ресурсов, представленных поверхностными водами. Всего насчитывается 20800 рек, общей протяженностью 90600 км. Наиболее крупные из них: Днепр и его притоки Припять, Березина, Сож; Западная Двина, Западный Буг, Неман, Мухавец и др.

Поверхностные водные ресурсы представлены в республике главным образом речным стоком, который в средние по водности годы составляет 57,9 км³. В многоводные годы общий речной сток увеличивается до 92,4 км³ в год, а в маловодные (95% обеспеченности) снижается до 37,2 км³ в год. Естественные ресурсы подземных вод составляют 15,9 км³ в год. Поверхностные воды более доступны для использования, к тому же они являются более мягкими и слабominерализованными по сравнению с подземными, что позволяет использовать их в технических процессах, в которых накладываются

ограничения на жесткость и солесодержание.

Однако поверхностные источники подвергаются загрязнению в результате использования их в качестве приемников сточных вод. Самому значительному антропогенному воздействию подвержены водные объекты в бассейне Днепра. Техногенное воздействие на реки Неман, Западная Двина, Припять и др. значительно ниже. Так, в реки бассейна Днепра поступает 71% всех сточных вод, содержащих различные загрязняющие вещества. В водные объекты в бассейнах Немана, Западной Двины и Западного Буга сбрасывается в среднем 13%, 10% и 6% таких вод соответственно.

По данным исследований [1], проводимых ежегодно, основными загрязняющими веществами поверхностных вод страны являются азот аммонийный и нитритный, соединения железа, фенолы и нефтепродукты. К тому же целый ряд водоемов Белорусского Полесья (Западный Буг, Припять, Мухавец, Сож и др.) имеют болотное питание, содержат гумусовые соединения, обуславливающие их цветность, которая колеблется от 50 до 120 град.

В настоящее время для очистки высокоцветных вод широко используются осветление и обесцвечивание воды, основанное на введении в воду коагулянтов (сульфата алюминия, хлорида железа(III), сульфата железа(II)), которые в результате гидролиза образуют малорастворимые хлопьевидные гидроксиды металлов, адсорбирующие содержащиеся в воде взвеси и коллоиды с последующим удалением их осаждением и фильтрованием. Однако использование сульфатов алюминия и железа приводит к увеличению солесодержания воды, которое строго регламентируется для целого ряда производств (например, в красильной промышленности, производстве целлюлозы и искусственного волокна) [2].

Недостатком сульфата алюминия является также его повышенная чувствительность к температуре и рН очищаемой воды, а также необходимость введения больших доз при обесцвечивании высокоцветных вод.

Житенев Борис Николаевич, к.т.н., зав. каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета

Лычук Татьяна Петровна, аспирантка каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

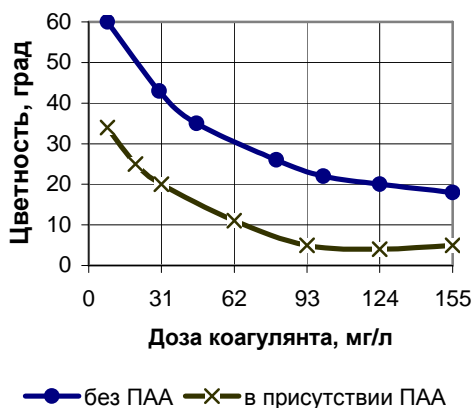


Рис. 1. Зависимость цветности воды от концентрации коагулянта в воде сульфата алюминия [3].

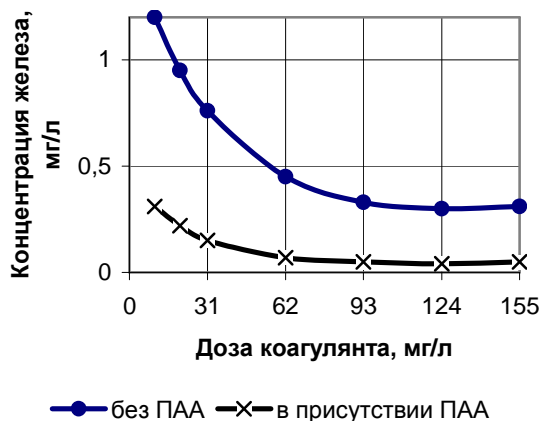


Рис. 2. Зависимость остаточного железа от концентрации коагулянта сульфата алюминия [3].

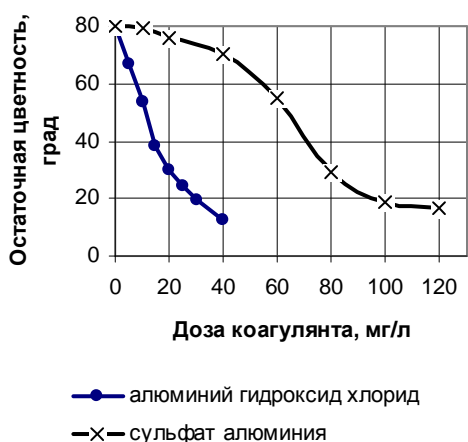


Рис. 3. Зависимость изменения цветности воды р. Мухавец от дозы коагулянта.

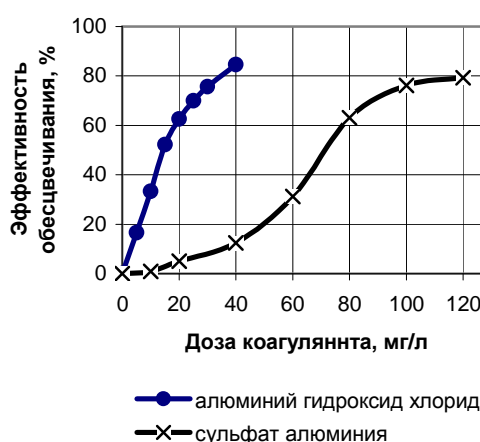


Рис. 4. Эффективность обесцвечивания воды р. Мухавец от дозы коагулянта.

Так, по данным исследований [3] доза $Al_2(SO_4)_3$ для очистки воды р.Мухавец до 20 град составила 150 мг/л (12 мг/л по Al^{3+}) (рис.1). При этом наблюдалось частичное обезжелезивание воды (рис.2), однако остаточные концентрации железа намного превышали нормы, указанные в требованиях к технологической воде.

С добавлением флокулянта ПАА эффективность обесцвечивания увеличивалась, а также значительно снижалась концентрация железа в очищенной воде (рис.1,2).

Поэтому приоритетным направлением повышения качества очистки поверхностных вод является выбор наиболее эффективных реагентов для коагуляционной обработки воды.

В последнее время широко начинают внедряться коагулянты нового поколения – полиоксихлорсульфаты алюминия, полиоксихлориды алюминия, гидроксихлориды алюминия или оксихлориды алюминия [4]. Преимущества таких реагентов по сравнению с сернокислым алюминием состоят в более быстрой флокуляции, хорошем извлечении органических загрязнений при меньших дозах по Al^{3+} , меньшем объеме образующегося осадка, эффективной работе даже при низких температурах, а также возможности избежать применения флокулянтов.

На кафедре водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения БрГТУ в лаборатории испытания питьевых, природных и сточных вод проводились исследования по изучению эффективности работы двух коагулянтов: традиционно используемого сульфата алюминия и коагулянта, выпускаемого под торговой маркой «АКВА-АУРАТ™30» – алюминия гидроксид хлорида (АГХ).

Сравнение коагулянтов проводилось на примере очистки мухавецкой воды, отобранной в районе Красного Двора г. Бреста. Комплекс лабораторных исследований включал обработку воды коагулянтом АГХ, отстаивание в течение 60 минут и фильтрование через бумажный фильтр. Параллельно вода обрабатывалась сульфатом алюминия, проводилось наблюдение за хлопьеобразованием, скоростью оседания хлопьев, определялась остаточная цветность и концентрация железа в очищенной воде.

На рис. 3, 4 показаны кривые изменения цветности воды от дозы добавленного коагулянта и эффективность обесцвечивания.

Экспериментальные данные свидетельствуют, что коагулянт АГХ значительно эффективнее, чем сульфат алюминия. При дозе коагулянта АГХ, равной 30...40 мг/л (3-4 мг/л по алюминию), и исходной цветности 80 град, цветность очищенной воды находится в пределах 18...11 град (рис.4), в то время как для сульфата алюминия доза, при которой достигается аналогичный эффект очистки составляет 100...120 мг/л (8-10 мг/л по алюминию).

На рисунке 5 представлены экспериментальные кривые эффективности обезжелезивания в зависимости от доз добавленных коагулянтов. Видно, что применение АГХ более эффективно снижает содержание железа в воде. Расход АГХ в 2,5...4 раза меньше, чем сульфата алюминия. Так, дозой АГХ 15 мг/л удаляется до 80% железосодержащих соединений, такой же эффект можно получить дозой $Al_2(SO_4)_3$ около 50 мг/л.

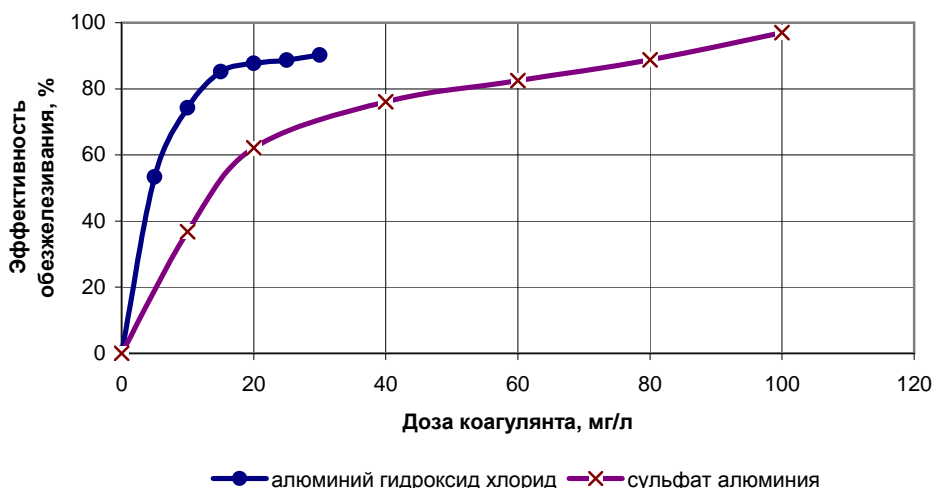


Рис. 5. Эффективность обезжелезивания воды р. Мухавец в зависимости от дозы коагулянтов.

Особенностью алюминия гидроксид хлорида является ярко выраженная способность использовать многостороннюю адсорбцию, нейтрализацию заряда и высокую степень мости-кообразования для удаления коллоидных частиц и взвеси [5]. В процессе взаимодействия АГХ с коллоидными веществами и взвешенными частицами образуются хлопья большого размера, которые быстро оседают и формируют легко оседаемый осадок. Увеличение же скорости осаждения хлопьев, а соответственно и процесса осветления воды приводит к сокращению продолжительности процесса очистки воды и увеличению производительности очистных сооружений.

Выводы о преимуществах алюминия гидроксид хлорида по сравнению с сульфатом алюминия подтверждает расчет экономической эффективности, достигнутой от применения «АКВА-АУРАТ™30» [6]. При сравнении использовались средние дозы для $Al_2(SO_4)_3$ – 10 мг/л по Al^{3+} (120 мг/л по товарному продукту), для АГХ – 4 мг/л по Al^{3+} (30 мг/л по товарному продукту).

Годовой расход коагулянта [6] составит:

$$W = \frac{D \cdot Q \cdot 365 \cdot 100}{1000 \cdot C}, \text{ кг}$$

где D – доза товарного коагулянта, г/м³; Q – производительность водоочистных сооружений, м³/сут; C – содержание активного продукта (Al_2O_3) в товарном реагенте, %

$$W_{CA} = \frac{10 \cdot 60000 \cdot 365 \cdot 100}{1000 \cdot 15} = 1\,460\,000 \text{ кг} = 1460 \text{ т}$$

$$W_{AGX} = \frac{4 \cdot 60000 \cdot 365 \cdot 100}{1000 \cdot 30} = 292\,000 \text{ кг} = 292 \text{ т}$$

При стоимости сульфата алюминия с учетом НДС 254 000 руб/т и алюминия гидроксид хлорида 1 155 000 руб/т, экономический эффект составит:

$$\mathcal{E} = 1460 \cdot 254\,000 - 292 \cdot 1\,155\,000 = 33\,580 \text{ тыс. руб}$$

Экономический эффект составит 33 580 тыс. руб в год. В представленном варианте не учитывалось влияние ряда факторов: экономия затрат на воду и электроэнергию при приготовлении рабочих растворов, потери при погрузке-разгрузке коагулянта, транспортные расходы и др.

Выводы:

1. Перспективным направлением снижения затрат за потребляемую воду на промышленном предприятии является

более широкое использование технической воды для производственных и хозяйственных целей.

2. В республике имеются достаточные запасы водных ресурсов, сосредоточенные в поверхностных источниках. Широкому их применению препятствует наличие в поверхностных водах загрязнений природного и техногенного происхождения.
3. Наиболее эффективным технологическим приемом подготовки воды из поверхностных источников является коагулирование, обеспечивающее качество воды в соответствии с требованиями промышленных предприятий.
4. Исследование сравнительной эффективности традиционно используемого коагулянта $Al_2(SO_4)_3$ и коагулянта, производимого под торговой маркой «АКВА-АУРАТ™30» - алюминия гидроксид хлорида, показали технико-экономические преимущества последнего при осветлении и обезжелезивании поверхностных вод для нужд технического водоснабжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Состояние природной среды Беларуси: Эколог. бюл. 2003г./ Под. ред. В.Ф. Логинова. – Мн.: Минсктиппроект, 2004.- 264с.
2. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. – М.: Наука, 1977.- стр.54-55
3. Э.Г. Котович, А.Л. Гулевич, Л.Ф. Щановская, З.С. Нестойтер. Подбор дозы коагулянта для обесцвечивания и обезжелезивания воды Мухавца // Проблемы водных ресурсов. – Мн.: Наука и техника, 1981.-168с.
4. Гетманцев С.В., Рученин А.А., Снигирев С.В., Чуриков Ф.И. Оценка эффективности применения различных типов коагулянтов для очистки волжской воды// Водоснабжение и санитарная техника, 2003.- №9.-стр.17-19.
5. Гетманцев С.В., Сычев А.В., Чуриков Ф.И., Снигирев С.В. Особенности механизма коагуляции и строение полиоксихлорида алюминия //Водоснабжение и санитарная техника, 2003, №9. – стр. 25-27.
6. Линевич С.Н., Сикачев В.А., Богданов С.С., Гетманцев С.В. Экспериментально-теоретические и производственные испытания полиоксихлорида алюминия на донской воде // Водоснабжение и санитарная техника, 2004, №1. – стр. 15.