

УДК 628.162.5

С.С.ДУШКИН

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АКТИВИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ КОАГУЛЯНТА В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Рассматриваются методологические аспекты проведения исследований при использовании активированных растворов коагулянтов в процессе очистки воды. Обоснована методика проведения экспериментов, уделено внимание оценке надежности результатов исследований, их воспроизводимости и определению доверительного интервала выполненных исследований.

Розглядаються методологічні аспекти проведення досліджень при використанні активованих розчинів коагулянтів в процесі очищення води. Обґрунтована методика проведення експериментів, приділено увагу оцінці надійності результатів досліджень, їх відтворюваності та визначенню довірчого інтервалу виконаних досліджень.

Methodological aspects of studies using activated solutions of coagulants in water treatment. The technique of the experiments, the attention paid to assessing the reliability of research results and their reproducibility and the definition of a confidence interval of the research.

Ключевые слова: очистка воды, активированные растворы, гидравлическая крупность, ξ -потенциал, адсорбционная емкость, структурно-механическая гидратация, сорбционное закрепление коагулированных примесей.

В настоящее время особое внимание уделяется повышению надежности процесса очистки природных вод, совершенствованию технологий и разработке новых эффективных методов очистки, внедрению ресурсосберегающих технологий [1].

При этом достижение практических результатов возможно за счет повышения работы отдельных сооружений, систем водоснабжения, важнейшими элементами которых являются отстойники и скорые фильтры.

При этом наиболее перспективными являются методы, связанные с применением технологически обоснованных схем, модернизации существующих и разработки новых методов и конструкций водоочистных аппаратов.

Все большее значение приобретают физические методы, к числу которых относится рассматриваемый в данной работе метод обработки воды с использованием активированных растворов коагулянта, что позволяет увеличить производительность очистных сооружений, снизить расходы реагентов, используемых при очистке воды без ухудшения качества, а также снизить трудоемкие процессы приготовления и дозирования реагентов, уменьшить расходы на эксплуатацию очистных сооружений, в конечном итоге, – снизить себестоимость очистки воды.

Исследования по интенсификации очистки воды с применением активированных растворов коагулянта сульфата алюминия выполнялись в лабораторных условиях с использованием модельной воды Харьковско-го водопровода и воды р.Днепр, подаваемой на очистные сооружения ПУВКХ г. Светловодска.

Качественная характеристика модельной воды и воды р.Днепр приведена в таблице.

Качественная характеристика модельной воды и воды р.Днепр

Источник водоснабжения	Период исследований	Температура, °С	Взвешенные вещества, мг/дм ³	Цветность, град.	рН	Общая жесткость, моль/см ³	Щелочность, моль/дм ³
р. Днепр	Зимний (январь)	0,5-1,1	8,5-10,4	34-35	7,2-7,9	3,35-3,65	2,3-2,8
	Весенний (апрель)	2,5-9,5	11,3-16,5	41-53	8,0-8,3	3,75-4,05	3,3-3,5
Модельная вода		1,1-25,4	2,5-500	20-100	7,0-7,9	3,35-3,65	2,55-2,85

Качественные показатели воды р. Днепр в месте водозабора очистных сооружений г. Светловодска характеризуются высокой цветностью, достигающей в отдельные периоды года 85-100 град. ПКШ и незначительным содержанием взвешенных веществ. Наиболее напряженным, с точки зрения очистки воды, являются периоды весеннего половодья, осеннего паводка и низкой температуры воды.

Вода р. Днепр в районе водозабора очистных сооружений имеет умеренную степень загрязнения по показателям биогенного загрязнения, СПАВ, содержанию марганца, свинца, мышьяка, фенолов, нефтепродуктов, бактериальному загрязнению.

Для приготовления модельной воды применяли стандартную методику, предусматривающую использование водной вытяжки торфа и отстоянной в течение 2 ч суспензии каолина. Торфяную вытяжку готовили из брикетного торфа, распаривая его в горячей воде ($t=80^{\circ}\text{C}$) в течение суток, и фильтруя затем полученный концентрат через плотную ткань. Величина рН концентрата доводилась до 7 введением в него раствора Na_2CO_3 . Отстоянный концентрат помещался в гидравлическую мешалку, разбавлялся до величины цветности, в 5-6 раз превышающей расчетную, и затем в требуемом соотношении дозировался в водопроводную воду.

При проведении исследований в качестве коагулянта принимали 5-10%-ный раствор сульфата алюминия.

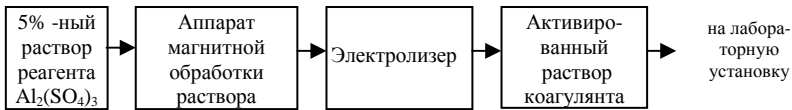
Эксперименты выполняли параллельно на воде с использованием активированного раствора коагулянта и для обычной флокуляции.

Механизм влияния активированных растворов реагентов на процессы очистки воды можно объяснить следующими факторами: наложение на водные растворы внешнего магнитного поля изменяет их структуру и создает условия для образования ионных ассоциатов субмикроскопической и коллоидной степени дисперсности; возникшие под влиянием магнитного поля ионные ассоциаты являются зародышами новой фазы субмикроскопической и коллоидной степени дисперсности и после их стабилизации выполняют роль дополнительных центров коагуляции; стабилизация ионных ассоциатов осуществляется с помощью анодно-растворенного железа, содержание которого не превышает 1000-1500 мг/дм³ 10% раствора коагулянта сульфата алюминия.

Метод активирования раствора коагулянта, используемого для очистки природных вод защищен патентом Украины №45190.

Активирование раствора коагулянта осуществляется в специальном устройстве, предусматривающем образование ионных ассоциатов, возникающих вследствие магнитной обработки и закрепление их анодно-растворенным железом [2, 3].

Схема цепи аппаратов для активирования растворов коагулянта приведена ниже:



Устройство для активирования раствора коагулянта приведено на рис.1.

Устройство состоит из двух последовательно соединенных аппаратов: магнитного активатора и электрокоагулятора. Раствор реагента, проходя в рабочем зазоре между корпусом магнитопровода и полюсным наконечником, подвергается воздействию магнитного поля, создаваемого электромагнитной катушкой. Далее раствор поступает в электрокоагулятор, где насыщается анодно-растворенным железом. Корпус изготовлен из оргстекла, внутри корпуса расположены переливная и переходная перемычки. В крышке корпуса имеются штуцеры для отвода водорода и соединительные клеммы подвода для подачи тока на пластины.

На рис.2 показано изменение напряженности магнитного поля в рабочем зазоре активатора в зависимости от силы тока подаваемого на катушку. При этом напряженность магнитного поля определялась по

формуле

$$H = \frac{8C_{\phi}\alpha_0}{S_M}, \quad (1)$$

где H – напряженность магнитного поля, КА/м; α – отклонения стрелки милливольтметра (по шкале); C_{ϕ} – постоянная прибора; S_M – постоянная катушки.

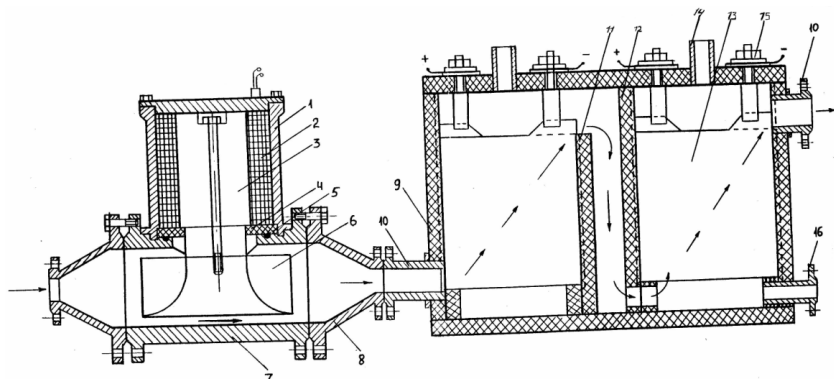


Рис.1 – Устройство для активации растворов реагентов.

1 – корпус электромагнитной системы; 2 – катушка; 3 – сердечник; 4 – диамагнитная плита; 5 – гидроизолирующие прокладки; 6 – полюсный наконечник; 7 – корпус магнитопровода; 8- соединительная муфта; 9 – корпус электрокоагулятора; 10 – впускной и выпускной патрубков; 11,12 – перегородка переливная и проходная; 13 – пластины; 14 – штуцер для отвода водорода; 15 – соединительная клемма; 16 – сливной патрубков.

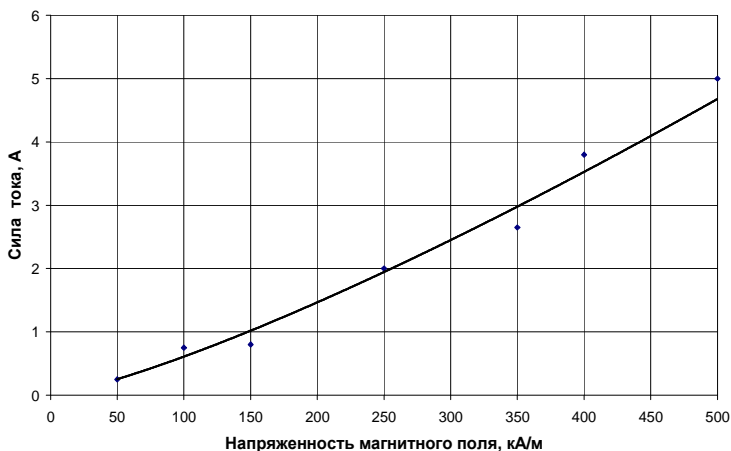


Рис. 2 – Изменение напряженности магнитного поля в зависимости от силы тока

Номограмма для выбора силы тока в зависимости от содержания анодно-растворенного железа в 5%-ном растворе коагулянта сульфата алюминия приведена на рис.3.

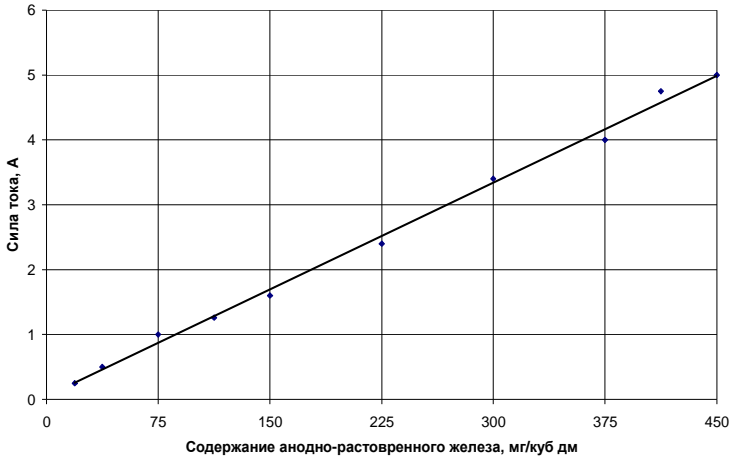


Рис.3 – Номограмма для выбора силы тока в зависимости от содержания анодно-растворенного железа в растворе коагулянта

График и номограмма были использованы при выборе оптимальных режимов активирования растворов коагулянтов, использующихся в процессе очистки воды.

Основным технологическим критерием эффективности использования активированного раствора коагулянта сульфата алюминия принято остаточное содержание взвешенных веществ в осветленной воде, т.к. именно он является одним из основных, характеризующих работу отстойников сооружений водопровода. Получаемый эффект активации раствора коагулянта магнитным полем определяется по отношению

$$\mathcal{E} = \frac{D_0}{D_m} \cdot 100\% , \quad (2)$$

где \mathcal{E} – эффект активации, %; D_0 – остаточное содержание взвешенных веществ в осветленной воде (оптическая плотность взвеси в пробе); D_m – то же при обработке воды активированным коагулянтом.

В ряде случаев технологическая оценка эффективности влияния активированного раствора коагулянта производилась путем расчета процента взвеси, оседающей со скоростью 1,2 мм/с и более; 0,2 мм/с и менее, определяемой согласно правил технологического анализа воды при

различных параметрах работы экспериментальной установки.

Эффективность воздействия активированного раствора коагулянта на гидравлическую крупность коагулируемой взвеси, оседающей со скоростью 1,2 мм/с и более и 0,2 мм/с и более, определяли по отношению [4]:

$$E = \frac{E_M}{E_0} \cdot 100\% , \quad (3)$$

где E – эффективность воздействия активированного раствора коагулянта, %; E_M – процент взвеси, выпавшей в воде, обработанной активированным раствором; E_0 – то же в воде при обычной коагуляции.

Известно, что коагулируемая взвесь, оседающая со скоростью 0,2 мм/с и менее, вместе с осветляемой водой попадает на фильтры, где отлагается частью в пленке на поверхности фильтров, частью в порах фильтрующего слоя и т.д. Вследствие этого сопротивление при проходе через фильтр постепенно увеличивается и по достижении некоторой предельной величины последние должны отмываться от задержанных ими загрязнений. Длительность фильтроцикла (т.е. продолжительность работы фильтра от промывки до промывки) существенным образом влияет на работу очистных сооружений. Кроме того, расходы, связанные с промывкой фильтров, составляют большую часть (примерно 70%) всех текущих расходов по эксплуатации скорых фильтров. Поэтому чем меньше будет содержание взвеси в воде, подаваемой на фильтры, тем больше будет продолжительность фильтроцикла, т.е. очистные сооружения будут работать более эффективно, и, наоборот, при увеличении взвеси в фильтруемой воде длительность фильтроцикла уменьшается и т.д.

Исходя из вышеприведенных соображений, эффективность воздействия активированного раствора коагулянта на гидравлическую крупность коагулируемой взвеси, оседающей со скоростью 0,2 мм/с и менее, определяли по формуле

$$E = \frac{E_0}{E_M} \cdot 100\% . \quad (4)$$

Буквенные обозначения в формуле (4) те же, что и в формуле (3).

Лабораторная установка, позволяющая выполнять исследования по интенсификации процесса фильтрования воды на скорых фильтрах с применением активированного раствора коагулянта, приведена на рис.4.

Установка состоит из двух стеклянных колонн диаметром 100 мм и высотой 1000 мм, заполненных кварцевым песком $d=0,5-1,2$ мм, $d_{\text{ЭКВ}}=0,7-0,8$ мм, высотой 800 мм. Фильтрование осуществляется сверху

вниз, скорость фильтрации не превышает 6-8 м/ч.

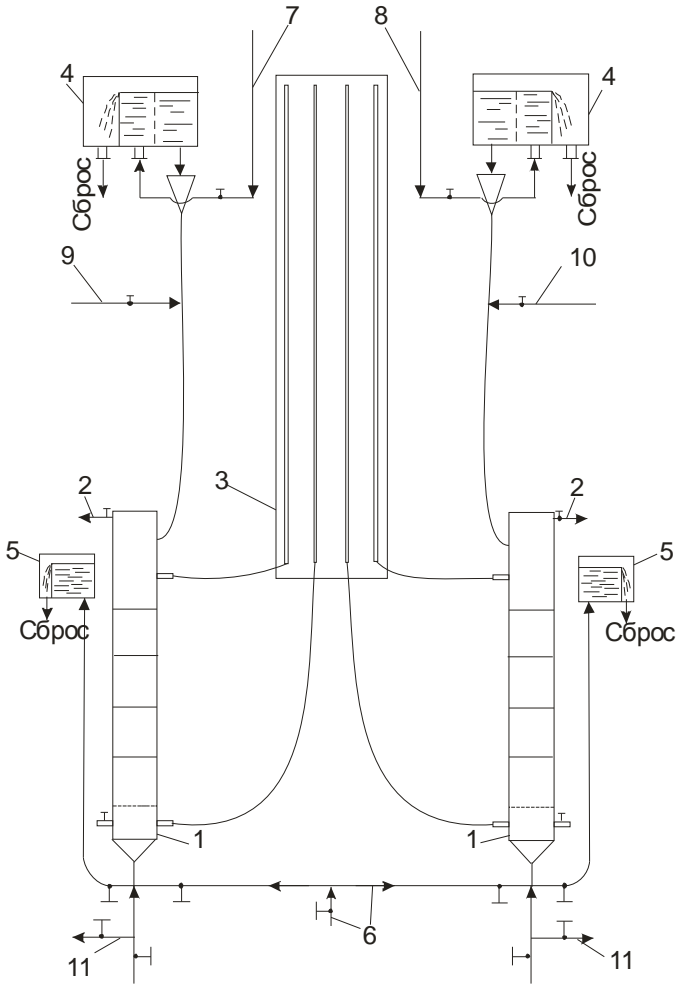


Рис. 4 – Схема лабораторной установки

1 – фильтровальная колонка; 2 – отвод промывной воды; 3 – пьезометрический щит; 4 – стабилизирующие бабки; 5 – подача промывной воды; 6 – подача активированного раствора реагента; 7 – подача обычного раствора реагента; 8 – подача обычного раствора коагулянта; 9 – подача активированного раствора коагулянта; 10 – сброс емкости; 11 – сброс воды в запасную емкость.

При выполнении исследований, вода, обработанная реагентами-обычным (позиция 7) и активированным (позиция 8), отстаивная и

осветленная подается в стабилизационные бачки 4, затем на фильтрационные колонки 1. Промывка загрузки осуществлялась водопроводной водой в течение 7 мин. с интенсивностью 10 л/с/м².

Пьезометры 3 позволяли измерять падение потери напора во время работы установки.

Специальные исследования, позволяющие с качественной стороны объяснить интенсификацию процесса очистки воды с применением активированного раствора коагулянта сульфата алюминия выполнялись по следующим основным направлениям:

1. Влияние активированного раствора коагулянта на ξ -потенциал и адсорбционную емкость гидроксида алюминия в процессах очистки воды.

2. Изменения структурно-механической гидротации коагулированных примесей при обработке осветляемой воды активированным раствором коагулянта.

3. Влияние активированного раствора коагулянта на прочность сорбционного закрепления коагулированных примесей на поверхности кварцевой загрузки.

Основные положения методик выполненных исследований приведены ниже.

Измерение ξ -потенциала гидроксида алюминия определяли методом подвижной границы в электрофоретической трубке по методу Е.Ф. Буртона [5].

Электрокинетический потенциал определялся по методу Гельгольца-Смолуховского [6, 7]:

Эффективность влияния магнитно-электрической обработки золя гидроксида алюминия на снижение величины ξ -потенциала определялась уравнением:

$$\mathcal{E}_{\xi} = \frac{\xi_0 - \xi_1}{\xi_0} 100\% \quad , \quad (5)$$

где \mathcal{E}_{ξ} – эффективность влияния магнитно-электрической обработки золя гидроксида алюминия на снижение ξ -потенциала, %; ξ_0 – электрокинетический потенциал золя гидроксида алюминия в условиях обычной коагуляции, мВ; ξ_1 – то же в условиях коагуляции золя гидроксида алюминия, подвергнутого магнитно-электрической обработке, мВ.

При коагулировании коллоидных и грубодисперсных примесей природных вод наряду с происходящими физическими и коллоидно-

химическими процессами протекает процесс адсорбции продуктами гидролиза коагулянта частиц загрязнений. По данным А.М. Когановского и других авторов в процессе очистки воды используется лишь около 50-60% адсорбционной поверхности гидроксида алюминия [8].

Влияние активации раствора коагулянта сульфата алюминия на адсорбционную емкость его гидроксида изучено на модельной воде, искусственно зацвеченной раствором гуминовых веществ, полученных в результате водной вытяжки торфа. Состав гуминовых веществ, определенный по методике АКХ им. Панфилова, следующий: гуминовые коллоидные кислоты – 26,8%, фульвокислоты коллоидные – 33,5%, фульвокислоты истинно растворенные – 39,7%.

Концентрация гуминовых веществ в воде после ввода водной вытяжки торфа определялась весовым способом и составляла 215 мг/дм³. При необходимости получения раствора с более низким содержанием гуминовых веществ, вготавливаемый раствор добавлялось определенное количество водопроводной воды.

Активированный коагулянт вводили в цилиндры с исследуемой водой. Содержимое во всех цилиндрах перемешивали десятикратным опрокидыванием и оставляли их для отстаивания, наблюдая за процессами образования хлопьев и их осаждением. Через 30 мин. из каждого цилиндра сифоном отбирали 100 мл воды из верхнего слоя. Параллельно проводились исследования с обычным коагулянтом. В пробах определяли количество неадсорбированных гуминовых веществ по величине коэффициента бихроматной окисляемости, то есть по количеству в миллиграммах кислорода, необходимого для окисления 1 мг гуминовых веществ. Был применен бихроматный метод определения окисляемости воды, так как именно он обеспечивает полное окисление (90-95%) гуминовых веществ.

Удельную адсорбцию гуминов на гидроксида алюминия определяли по уравнению

$$G = \frac{G' - G''}{M}, \text{ мг/г}; \quad (6)$$

где G – удельная адсорбция гуминов, мг/л; G' – содержание гуминовых веществ в исходной воде, мг; G'' – то же, после обесцвечивания, мг; M – количество гидроксида алюминия, образовавшегося после гидролиза, г.

Установлено, что уменьшая агрегативную устойчивость коллоидных систем и увеличивая адсорбционную емкость гидроксида алюминия, магнитно-электрическая активация раствора коагулянта сульфата

алюминия позволяет создать предпосылки для интенсификации процесса коагуляции при очистке воды [8].

Существенным недостатком коагулянта сульфата алюминия является высокая чувствительность его к температуре осветляемой воды, что объясняется большой гидратацией образующего при гидролизе гидроксида алюминия при низких температурах (~1-2 °С).

Этим объясняется то, что при использовании сульфата алюминия в условиях низких температур наблюдается замедление процесса хлопьеобразования, попадание остаточного алюминия в очищенную воду и осаждение гидроксида алюминия в трубах.

Водонасыщенность продуктов гидролиза коагулянтов зависит от их состава и структуры. Благодаря большому заряду и относительно малому радиусу, катион Al^{3+} сильно гидратирован. Присоединенные к катионам Al^{3+} гидроксильные группы также связывают большие количества воды. Особенно большое количество воды гидроксид алюминия включает в начальный момент структурообразования, когда в дополнение к химической гидратации происходит механический захват воды. В этот момент количество воды в ячейках в сотни раз превышает содержание твердой фазы. По данным Е.Ф. Кургаева, отношение объема включенной в ячейки воды к объему твердого вещества в неуплотненных осадках $Al(OH)_3$ составляет 1210. Уменьшение гидратации гидроксида алюминия позволяет увеличить содержание твердой фазы образующих хлопьев и ускорить их осаждение [4, 9].

В отстойниках уменьшение гидратации осадков позволяет ускорить процесс хлопьеобразования, повысить удельный вес образующих хлопьев, величина которого оказывает значительное влияние на концентрацию осадка, его осаждаемость и уплотняемость. С увеличением удельного веса хлопьев, при прочих равных условиях, осадок становится более концентрированным, осаждаемость и уплотняемость его увеличиваются. При одной и той же скорости восходящего потока воды концентрация слоя осадка в значительной мере будет зависеть от удельного веса хлопьев, из которых он состоит, или, что будет точнее, от разности удельных весов этих хлопьев и среды, в которой они взвешены. Чем больше эта разность, тем концентрированнее слой осадка.

Непосредственное измерение гидратации осадка представляет значительные трудности, так как при этом происходит нейтрализация и перераспределение заряда по окружающим молекулам воды. Поэтому при выполнении исследований, связанных с изучением влияния магнитно-электрической обработки растворов сульфата алюминия на степень дегидратации контактной среды отстойников (т.е. гидроксидов алюминия), в качестве основного критерия принимается степень структурно-

механической гидратации, которая учитывает наряду с химической гидратацией и механический захват воды [9].

Определялась степень структурно-механической гидратации осадка, осевшего с гидравлической крупностью 0,2 мм/с и более по отношению

$$\Gamma_0 = \frac{\gamma_T - \gamma_0}{\gamma_0} \approx \frac{\gamma_T}{\gamma_0}, \quad (7)$$

где γ_T – удельный вес твердого вещества, образующего каркас хлопьев осадка, г/мл; γ_0 – весовое содержание твердой фазы в единице объема осадка, г/мл:

$$\gamma_0 = \frac{G}{hf}, \quad (8)$$

где G – весовое количество твердой фазы в осадке, г; h – высота слоя осадка, см; f – площадь сечения цилиндра, см² (8,2 см²).

При осветлении воды на фильтрах на сорбционные процессы накладываются гидродинамические факторы, при этом гряземкость фильтров определяет эксплуатационный фактор, а также прилипаемость фильтруемых примесей к поверхности зерен.

Увеличение плотности хлопьев может вызвать увеличение их прочности, что косвенно может быть охарактеризовано силами сцепления, которые в определенной степени зависят от прочности хлопьев коагулируемых примесей, характеризуемой в определенной степени сопротивлением действия сил сдвига, вызываемых наличием гидравлического градиента в потоке воды.

Известно, что прочность коагуляционной структуры зависит от величины молекулярных сил притяжения и числа контактов между ними и выше прочность всей структуры в целом.

Предельное напряжение сдвига измеряли по методу Вейлера-Рейндера при тангенциальном смещении пластинки, помещенной в осадок, полученный путем отстаивания промывной воды из модели фильтра. Схема прибора приведена на рис.5.

Пластинку прибора опускали в цилиндр с осадком промывной воды контактного осветлителя на глубину 432 мм (т.е. на 20 мм выше конической части цилиндра) и оставляли там на 72 мин., т.е. до момента осаждения фракций с гидравлической крупностью $u_0=0,1$ мм/с и более.

В основу действия прибора положены изменения магнитного силового поля в зависимости от силы тока, протекающего по обмотке электромагнита (рис.5).

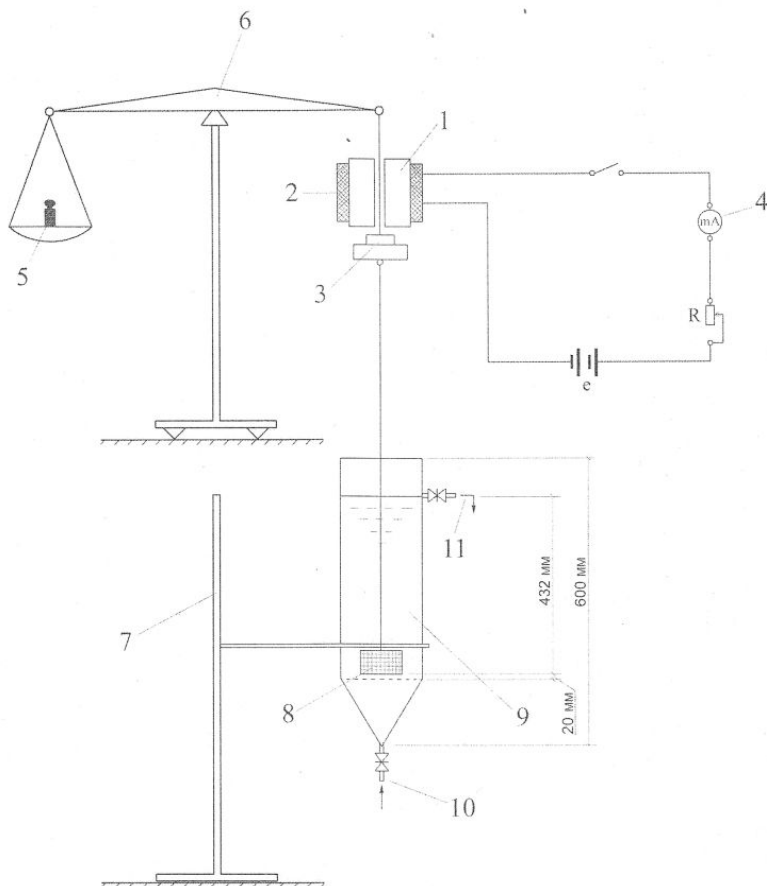


Рис.5 – Схема прибора для определения предельного напряжения сдвига в осадке промывной воды фильтра:

1 – сердечник электромагнита; 2 – обмотка электромагнита; 3 – ярмо с ферритовым стержнем; 4 – миллиамперметр; 5 – груз, уравновешивающий ярмо и пластинку; 6 – равноплечные весы; 7 – штатив; 8 – рифленая пластинка; 9 – стеклянный цилиндр с коническим дном; 10 – подача промывной воды с осадком из модели контактного осветлителя; 11 – отвод избытка исследуемой воды; 12 – зажимы.

Предельное напряжение сдвига определяли как:

$$\tau = \frac{P}{2S}, \quad (9)$$

где S – площадь пластинки, см^2 ; $S = 0,28 \times 0,28 \text{ см}^2$.

Работа с электромагнитным прибором обеспечивает простоту, надежность и достаточную точность измерений. Отсчет показаний производили по неподвижной стрелке миллиамперметра, так как по окончании замера цепь оставалась замкнутой. Это помогало избежать значительной части случайных ошибок при измерениях.

Пластинку прибора опускали в цилиндр с осадком и оставляли там на весь период наблюдений за данной пробой осадка промывной воды контактного осветлителя. Таким образом, осуществлялся одновременный контроль за степенью уплотнения осадка и соответствующим изменением предельного напряжения сдвига.

Обработка экспериментальных данных выполнялась с помощью ПЭВМ. Внимание было уделено оценке надежности результатов, их воспроизводимости и определению доверительного интервала выполненных исследований. Основные положения методики обработки экспериментальных данных приведены ниже.

Результаты экспериментов обрабатывали согласно рекомендациям Международного Союза чистой и прикладной химии (ИНПАК) по методам определения и форме обозначения ошибок и отклонений, получаемых при массовых аналитических исследованиях. При этом использовали следующие формулы:

Среднее арифметическое

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_i + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (10)$$

где n – общее число повторных определений; x – результаты отдельного определения; i – текущий номер повторного отделения.

Воспроизводимость опытов проверяли по критерию Кохрена.

$$G = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{i=1}^N (S_i^2)} \leq G(0,05; f_N; fx), \quad (11)$$

где N – число повторных опытов; S_{\max}^2 – наибольшая дисперсия опыта; $G(0,05; f_N; fx)$ – табличное значение критерия Кохрена при 5%-ном уровне значимости; $f_N = N$ – число независимых оценок; $fx = n - 1$ – число степеней свободы каждой оценки.

Процесс считается воспроизводимым, если выполняется неравенство (11) и любое значение Кохрена, полученное расчетным путем по данным экспериментов, меньше его табличного значения.

Проверка воспроизводимости опытов показала, что процесс воспроизводим, так как любое значение критерия Кохрена, полученное расчетным путем, меньше его табличного значения, равного 0,8709.

При обработке опытных данных среднеарифметическое отклонение должно находиться в пределах доверительного интервала (формула (10)).

При этом, если для оценки неизвестного параметра θ определяют два значения A и B таким образом, что имеется вероятность $1 - \alpha$ осуществления неравенства $A < \theta < B$, то A и B являются $100 \cdot (1 - \alpha)\%$ -ными доверительными интервалами (границами), а интервал между ними является $100 \cdot (1 - \alpha)\%$ -ным доверительным интервалом. Так как вероятность того, что этот интервал не включает в себя θ , равен α , то при обратном утверждении ошибка составляет $100 \cdot \alpha\%$.

$$\gamma = P\left(\bar{x} - t_{\alpha} \frac{S\bar{x}}{\sqrt{n}} < a < \bar{x} + t_{\alpha} \frac{S\bar{x}}{\sqrt{n}}\right) = 1 - \alpha, \quad (12)$$

где γ – надежность вычисления (доверительная вероятность); \bar{x} – среднее арифметическое опытных данных (10); t_{α} – коэффициент Стьюдента; $S\bar{x}$ – стандартное отклонение среднего результата [1, 6]; n – общее число повторных определений; a – достоверный интервал,

т.е. интервал между $\bar{x} - \frac{t_{\alpha} S\bar{x}}{\sqrt{n}} < a$ и $\bar{x} + \frac{t_{\alpha} S\bar{x}}{\sqrt{n}} > a$ есть $100 \cdot (1 - \alpha)\%$ -ный (или $100\gamma\%$ -ный) доверительный интервал для неизвестного среднего \bar{x} .

Доверительные интервалы могут быть применены к любой нормально распределенной переменной с известной переменной с известным стандартным отклонением.

Надежность вычисления (доверительная вероятность) γ задается самим экспериментатором. Принимаем $\gamma = 0,95$.

Таким образом, можно сделать вывод, что при определении эффективности обработки воды активированным раствором коагулянта могут быть использованы вышеприведенные методики, которые позволяют определять оптимальные режимы активированного раствора коагулянта, используемого в процессах очистки воды.

1.Копилевич В.А., Войтенко Л.В., Балакирева А.Д., Горбатенко К.А., Литвин Ю.С., Макаренко С.М., Островская А.В. Актуальные проблемы качества питьевой воды в Украине // Вода і водоочисні технології. – 2009. – №10-12. – С.7.

2.Эпоян С.А., Душкин С.С. Активированные растворы реагентов в процессах очистки природных вод // Программа и тезисы докладов XXXVI науч.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской национальной академии городского хозяйства. – Харьков, 2012 – С.126.

3.Яковенко Н.М., Колесник Н.Ю., Беляева В.М. Потери воды в жилом фонде и борьба с ними // Комунальне господарство міст: Наук-техн. зб. Вип.103. – Харків: ХНАМГ, 2012. – С.255-260.

4.Эпоян С.М., Душкин С.С. Влияние активированного раствора коагулянта сульфата алюминия на гидравлическую крупность коагулированной взвеси в процессах очистки питьевой воды // Комунальне господарство міст: Наук-техн. зб. Вип.103. – Харків: ХНАМГ, 2012 – С.251-255.

5.Biswas A.R., Kindler J. Sustainable Water Development and Management: A Synthesis. – Paris:UNEP, 1989. – 217 p.

6.Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. – М.: Наука, 1977. – 356 с.

7.Смолуховский М. Кинетика коагуляции коллоидных растворов // Коагуляция коллоидов. – М.: ОНТИ, 1966. – С.81-94.

8.Кульский Л.А., Когановский А.М., Гороновский И.Т., Шевченко М.А. Фізико-хімічні основи очистки води коагуляцією. – К.: АН УССР, 1970. – 108 с.

9.Кургаев Е.Ф. Основы теории и расчета осветлителей. – М.: Госстройиздат, 1962. – 164 с.

10.Митин Б.А. Исследование прочности осадка гидроокиси алюминия, обработанного полиакриламидом / Б.А. Митин // Коллоидный журнал. – 1966. – Т. 28, №6. – С.852-857.

Получено 24.07.2012

УДК 697.7

Н.Н.БОЛОТСКИХ, канд. техн. наук

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

РАСЧЕТ ЛЕНТОЧНЫХ ГАЗОЛУЧИСТЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ EUCERK

Описаны устройство и назначение ленточных газолучистых систем отопления EUCERK, методика их расчета и особенности их применения в Украине.

Описано пристрій та призначення стрічкових газопроменевих систем опалення EUCERK, методика їх розрахунку та особливості їх використання в Україні.

The technology and assignment of tape EUCERK gas-fired radiant heating systems methods of their calculation and details of their application in Ukraine are described.

Ключевые слова: газолучистая система отопления, тепловая мощность, интенсивность облучения.

Для отопления производственных помещений с большими и средними внутренними площадями в последние годы все чаще стали применять ленточные газолучистые системы отопления, поставляемые на рынок Украины различными фирмами и компаниями [1]. С точки зрения