

6. Агеев А.А. Поверхностные явления и дисперсные системы в производстве текстильных материалов и химических волокон [Текст]. Агеев А.А., Волков В.А. –М.:Совъяз Бево, 2004.464с.
7. Волков Коллоидная химия. –М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина. 2001. 640 с.
8. С. С. Хохлов, А. В. Дунаев, К. Н. Герасимов, А. Ф. Елеев. Трибопрепараты на основе 1,1-дигидроперфтор-4,7-диокса-3,6-диметилдеканон-2- сульфокислоты. В сб. тез. докл. 9-ой Всероссийской конференции «Химия фтора». -М.: ИНЭОС. 2012. P-70.
9. Волков В.А. Чистый клининг для природы. [Текст]/Волков В.А., Миташова Н.И. Вода magazine, 2011, № 7, с. 44-46.
10. Волков В.А. Поверхностно-активные вещества в моющих средствах и усилителях химической чистки./Виктор Анатольевич Волков. –М.: Легпромбытиздат, 1985, 200 с.

УДК 541.1

## ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ В ПРОЦЕССАХ ВОДОПОДГОТОВКИ

*Гречаников А.В., доц., Платонов А.П., доц., Ковчур А.С., доц.,  
Ковчур С.Г., проф.*

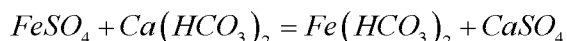
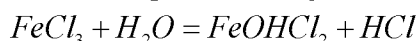
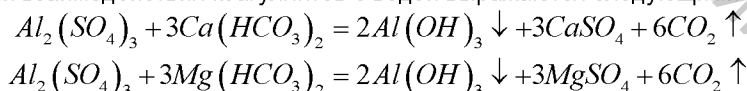
*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Процессы коагуляции и флокуляции применяются для выделения взвешенных твёрдых частиц из воды, если скорость их естественного осаждения слишком мала, чтобы обеспечить эффективное осветление воды. Термины «коагуляция» и «флокуляция» часто взаимозаменяют друг друга, однако, для того, чтобы получить более точное представление о процессах осветления и обезжелезивания, их можно рассматривать как два различных механизма. Коагулянты – коагулирующие агенты – вещества, добавление которых в жидкую среду, содержащую мелкие частицы, вызывает слипание этих частиц. Эффективными коагулянтами для систем с водной дисперсионной средой являются соли поливалентных металлов (алюминия, железа). Коагулянт нейтрализует заряды, разрушая «облако», окружающее коллоидные частицы и способствуя их агрегации. Флокулянты увеличивают размер хлопьев, образовавшихся в ходе коагуляции. Вследствие того, что флокулянт образует мостиковые связи между слипшимися коллоидными частицами, формируются крупные и легко осаждающиеся флокулы. Процесс флокуляции ускоряется при медленном перемешивании [1].

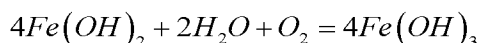
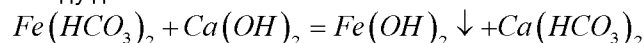
Обессоливание природной воды для потребления на теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) включает в себя два основных процесса: предварительную обработку химическими реагентами и отстаивание, фильтрацию. При решении технологических вопросов предочистки воды требуется знание состава воды. Такие данные могут быть получены только экспериментальным путём. Это связано с отсутствием полной методики расчёта химических реакций, протекающих при химической обработке воды [2].

Природная вода содержит растворённые соли, диссоциирующие на ионы. Как правило, присутствуют ионы  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ; в меньшей степени  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $NO_3^-$ ,  $HSiO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ . Содержание других катионов и анионов обычно не превышает 0,1 мг/дм<sup>3</sup>. Сущность обработки воды неорганическими коагулянтами, такими, как сульфат алюминия, хлорид железа (III), сульфат железа (II) заключается в гидролизе сульфатов и хлорида с образованием положительно заряженных золь гидроксидов алюминия и железа, которые нейтрализуют отрицательно заряженные частицы в воде, что способствует агрегации частиц.

Химические реакции взаимодействия коагулянтов с водой выражаются следующими уравнениями [3]:



Для ускорения процесса в воду добавляют известь:



Применению неорганических коагулянтов свойственны следующие недостатки [3]:

1) невозможность во многих случаях обеспечить в воде нормируемое количество остаточного алюминия или других токсичных катионов металлов;

2) необходимость подщелачивания для осуществления гидролиза коагулянта, т.к. коагулирующим действием обладают прежде всего продукты последнего;

3) значительный расход коагулянтов, в результате чего повышается коррозионная активность воды (увеличивается скорость коррозии трубопроводов).

По сравнению с неорганическими коагулянтами полимерные коагулянты обладают следующими преимуществами:

- 1) обеспечивают такой же или лучший результат при значительно меньших дозах;
- 2) работают в широком диапазоне pH и щёлочности;
- 3) не изменяют pH очищенной воды;
- 4) не снижают эффективности при хлорировании;
- 5) не добавляют в очищенную воду растворённых металлов (алюминия и железа);
- 6) увеличивают скорость разделения жидкой и твёрдой фазы;
- 7) увеличивают срок службы фильтров прямой фильтрации;
- 8) минимизируют объём образуемого осадка;
- 9) образуют легче обезвоживаемый осадок;
- 10) сокращают расходы на обработку и удаление осадка;
- 11) более удобны в приготовлении и использовании.

В качестве высокомолекулярных водорастворимых флокулянтов используют неорганические полимеры (например, полимерную кремниевую кислоту), природные полимеры (производные целлюлозы, крахмал и его производные) и синтетические органические полимеры (полиэтиленоксид, поливиниловый спирт, поливинилпиридины, полиакриамиды). Из синтетических органических полимеров наиболее часто применяют полиэлектролиты и полиамидные флокулянты [4].

Ионные свойства полиэлектролитов – один из факторов, определяющих возможность применения этих веществ в качестве флокулянтов. Другие факторы, например, полярный характер неионных связей в молекуле, размер и форма молекулы имеют более важное значение, чем заряд и плотность заряда. Благодаря размеру молекул полиэлектролиты способны к образованию мостиковых связей между мелкими частицами. Высокомолекулярные полимеры, благодаря своей способности притягивать и удерживать коллоидные частицы на полярных участках молекулы, являются эффективными флокулянтами во многих системах. Катионные полимеры, как правило, используются при низких значениях pH, а анионные – при высоких. В зависимости от выбора типа мономера и способа его превращения в полимер можно получить полимеры различной конфигурации, с разной молярной массой. Широкий выбор структур и молекулярных масс обеспечивает возможность получения полимера с заданными свойствами в зависимости от условий каждого конкретного процесса флокуляции.

Флокулирующая способность водорастворимых полимеров в дисперсных системах зависит от большего числа факторов, поэтому затруднена оценка влияния отдельных факторов на флокулирующий эффект. В связи с этим возникает необходимость определения флокулирующей активности полиэлектролитов на модельных дисперсных системах, в качестве которых в работе [5] использовали каолин и охру. Оценка влияния отдельных характеристик системы флокулянт–дисперсия на флокуляцию проводилась при сохранении неизменными других характеристик. За меру флокулирующего эффекта принимали показатель флокуляции  $D$ :

$$D = \frac{V - V_0}{V_0}, \quad (1)$$

где  $V$  и  $V_0$  – скорости седиментации дисперсии с добавкой флокулянта и без него. Чем больше значение параметра  $D$ , тем выше флокулирующий эффект полимерной добавки.

Эффективность флокуляции зависит как от характеристик флокулянта (природа и концентрация полимера, молярная масса, химический состав и гидродинамические размеры макромолекул), так и от характеристик дисперсной системы (концентрация дисперсной фазы и состав дисперсионной среды).

В зависимости от величины добавки один и тот же полимер может быть как флокулянт, так и стабилизатор дисперсной системы. В большинстве случаев в присутствии возрастающих добавок полимеров устойчивость дисперсной системы сначала снижается, а после достижения минимума возрастает. При избытке полимера происходит структурирование и стабилизация агрегативной и седиментационной устойчивости дисперсной системы. Обычно дестабилизация системы наблюдается при малых добавках полимера (от тысячных до сотых долей от массы твёрдой фазы), что свидетельствует о высокой эффективности флокулянтов. Механизм дестабилизации устойчивости дисперсной фазы, являющейся многокомпонентной дисперсной системой, имеет сложный характер. При обработке промышленной воды катионными полиэлектролитами флокуляция может протекать как по нейтрализационному механизму, так и за счет образования мостиковых связей между полимерсодержащими частицами с возникновением полимер – полимерных комплексов. Введение полиэлектролитов методом двойного дозирования (50 % + 50 %) позволяет ускорить их флокулирующее действие [6].

В настоящей работе использовались следующие водорастворимые полиэлектролиты: полистиролсульфокислота и её соли (HP) и хлорид поливинилбензилтриметиламмония (CIP). Для определения эффективности полиэлектролитов как флокулянтов большое значение имеет конформация их молекул. Определение формы молекулы полиэлектролита имеет важное значение для процесса флокуляции при очистке воды, поскольку этот процесс протекает в присутствии низкомолекулярных электролитов, что значительно усложняет нахождение оптимальной концентрации полиэлектролита. Конформация молекул полиэлектролитов во многом зависит от начальной степени диссоциации и, если она не слишком велика, от свойств недиссоциированной части макромолекулы. В этом можно убедиться, если рассмотреть свойства изученных полиэлектролитов с использованием теории, базирующейся на представлении об исключённом объёме. Отклонения от идеальности выражаются через вириальные коэффициенты [7]:

$$P = R \cdot T \cdot \left[ \frac{C}{M} + \sum_{n \geq 2} (n-1) \cdot B_n \cdot C^n \right], \quad (2)$$

где  $C$  – весовая концентрация полиэлектролита,  $R$  – газовая постоянная,  $T$  – абсолютная температура,  $B$  – вириальный коэффициент.

Концентрация ограничивается областью, где достаточно применения только второго вириального коэффициента  $B_2$ . Расчёт вторых вириальных коэффициентов проведён с помощью метода нейросетевого моделирования. Для полимеров, молекулы которых имеют форму длинных стержней, второй вириальный коэффициент имеет величину порядка  $10^{-6}$  л/г<sup>2</sup>, для полимеров с гибкими макромолекулами  $B_2 = 10^{-7}$  л/г<sup>2</sup>, для твёрдых шарообразных молекул  $B_2 = 10^{-8}$  л/г<sup>2</sup>. Расчёты показывают, что при не слишком высоких концентрациях полистиролсульфонаты ведут себя подобно стержнеобразным молекулам ( $B_2 = 10^{-6}$  л/г<sup>2</sup>), а соли поливинилбензилтриметиламмония ближе по свойствам к молекулам с гибкими цепями. Для определения эффективной концентрации полиэлектролита как флокулянта необходимо построить модель молекулы полиэлектролита. Для этого необходимо учесть не только короткодействующие взаимодействия, но и дальнедействующие электростатические взаимодействия, а также взаимодействия, обусловленные наличием противоионов и низкомолекулярных электролитов, что является сложной, но решаемой задачей.

#### Список использованных источников

1. Химические вещества для коагуляции и флокуляции // Главный каталог [Электронный ресурс]. – 2003. – Режим доступа: water03@water03.ru
2. Громогласов, А. А. Водоподготовка : учеб. пособие для вузов / А. А. Громогласов, А. С. Копылов. – Москва : Энергоатомиздат, 1990. – 272 с.
3. Платонов, А. П. Исследование ионообменных процессов в растворах полиэлектролитов / А. П. Платонов, С. Г. Ковчур. – Витебск : УО «ВГТУ», 2005. – 117 с.
4. Куренков, В. Ф. Полиакриламид / Под ред. В. Ф. Куренкова. – Москва : Химия, 1992. – 192 с.
5. Куренков, В. Ф. Полиакриламидные флокулянты / В. Ф. Куренков // Статьи Соросовского образовательного журнала в текстовом формате / Химия [Электронный ресурс]. – 1997. – Режим доступа : <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/362.html>
6. Сюткин, В. Н. Новые экологически безопасные высокомолекулярные флокулянты – катионные полиэлектролиты / В. Н. Сюткин, С. А. Сажин, В. М. Попов, Н. Ю. Ерин // Химия растительного сырья. – 2000. – № 2. – С. 61–66.
7. Платонов, А. П. Второй вириальный коэффициент полиэлектролитов / А. П. Платонов, С. Г. Ковчур // Вестник УО «ВГТУ». – 2005. № 8. – С. 143–145.

УДК 665.58

## ПРИМЕНЕНИЕ СИЛИКОНОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОСМЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

*Зоткина А.Н., асс., Циунчик О.В., доц.*

*Белорусский государственный экономический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Силиконы (полиорганосилоксаны) — кислородосодержащие высокомолекулярные кремнийорганические соединения с химической формулой  $[R_2SiO]_n$ , где R = органическая группа (метильная, этильная или фенильная). Сейчас этого определения придерживаются редко, и в «силиконы» объединяются также полиорганосилоксаны и даже кремнийорганические мономеры (различные силаны), стирая различия между понятиями «силиконы» и «кремнийорганика».

Силиконы имеют строение в виде основной неорганической кремний-кислородной цепи (...-Si-O-Si-O-Si-O-...) с присоединёнными к ней боковыми органическими группами, которые крепятся к атомам кремния. В некоторых случаях боковые органические группы могут соединять вместе две или более кремнийорганических цепей. Варьируя длину основной кремнийорганической цепи, боковые группы и перекрёстные связи, можно синтезировать силиконы с разными свойствами.

Силиконы делятся на три группы, в зависимости от молекулярного веса, степени сшивки, вида и количества органических групп у атомов кремния:

- 1) силиконовые жидкости — менее 3000 силоксановых звеньев;
- 2) силиконовые эластомеры — от 3000 до 10000 силоксановых звеньев;
- 3) Силиконовые смолы — более 10000 силоксановых звеньев и высокая степень сшивки.

В зависимости от степени полимеризации силиконы могут иметь различную молекулярную массу и вязкость. Силиконовые полимеры разнообразны по структуре, в их состав возможно введение различных функциональных групп. Все это определяет широкий спектр свойств силиконов и разнообразие их применения в косметической промышленности.

Низкая поверхностная энергия силиконовых полимеров определяет их отличные водоотталкивающие и пеногасящие свойства. Низкая поверхностная вязкость немодифицированных силиконов и неспособность смешиваться с алифатическими углеводородами и водой способствуют тому, что силиконы, будучи нанесёнными на кожу или волосы, мгновенно отделяются от остальных компонентов рецептуры и равномерно распределяются поверх остальных ингредиентов, образуя мономолекулярную пленку. Поэтому сенсорные ощущения от косметического средства – гладкость, приятность – в первую очередь зависят от входящих в состав силиконов. Будучи нерастворимыми в воде, и обладая низким поверхностным натяжением, силиконы