



Рисунок 2— График корреляционной зависимости температуры воды и воздуха

Как видно из рисунка 2, 1965 г. характеризовался более тесной связью температуры воды и воздуха, чем 2013 (0,89 и 0,79 соответственно). В апреле 2013 г. наблюдались колебания корреляционной зависимости от 0,5 до 0,8; в 1965 г. снижение корреляционной зависимости до 0,7 отмечается в третьей декаде апреля. По тесноте связи можно предположить, что в настоящее время на температуру воды оказывают влияние не только метеорологические показатели. По колебаниям корреляционной зависимости можно судить об антропогенном воздействии на реку. К наиболее значимым факторам, которые оказали влияние на изменение термического режима на р. Лесная (река малой водности) можно отнести вырубку растительности вдоль берегов, а также смешивание с потоками с другими температурными параметрами.

УДК 543.3:628.16

**А.П. ГОЛОВАЧ, С.В. МОПТИК**

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест

### **ВЛИЯНИЕ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИРОДНЫХ ВОД НА ПАРАМЕТРЫ КОАГУЛЯЦИОННОЙ ОЧИСТКИ В ПРОЦЕССЕ МЕМБРАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ**

On the basis of the data of research of a molecular-mass distribution and fluorescence of the dissolved organic matters of surface natural waters the conclusion about influence of high-polymeric fractions of humic substances on pollution of membranes in straining action is made.

Начало применения мембранных методов водоподготовки (микро- и ультрафильтрация) связано с источниками воды достаточно высокого качества, имевшим малую мутность и требовавших минимальной очистки. Для устранения мутности было достаточно только мембранной фильтрации, не было необходимости в применении дополнительных методов обработки воды. Успешное применение мембранно-

льтрации позволило распространить данную технологию на воду, требующую более глубокой очистки, например, с помощью коагулянтов [1].

Однако из-за того, что взаимодействие между коагулянтom, различными компонентами природной воды и материалом мембран является комплексным, не до конца изучено, какое влияние оказывает коагуляция на пропускную способность мембран. Важным фактором, определяющим характер влияния коагуляции на характеристики мембран (улучшение или ухудшение), является доза коагулянта. При низких дозах степень загрязнения мембраны, как правило, увеличивается по сравнению с экспериментами без коагуляции, однако при дозах, обеспечивающих интенсивную коагуляцию, практически во всех случаях наблюдается улучшение характеристик мембран. Между способностью коагуляции к удалению растворенных органических веществ (РОВ) и улучшением характеристик мембран была обнаружена прямо пропорциональная линейная зависимость [1]. Коагулянт (сульфат алюминия, сульфат трехвалентного железа или оксихлорид алюминия), обладающий наибольшей эффективностью в отношении удаления РОВ из воды определенного источника, является наиболее эффективным и в отношении улучшения характеристик мембран.

Количество РОВ в исходной воде не может служить индикатором степени загрязнения мембраны: более низкие концентрации не обязательно соответствуют меньшему загрязнению. Эти результаты позволяют предположить, что мембраны загрязняются, в основном, лишь некоторая часть растворенных органических веществ, образованная коллоидными частицами с размерами приблизительно от 3 до 20 нм. Причем эти частицы могут составлять всего лишь 10–15 % от общего содержания РОВ, и доля этой части меняется от одного источника воды к другому. Установлено также, что условия коагуляции, эффективные в отношении удаления общего содержания органических веществ, оказываются эффективными и в отношении той его части, которая обуславливает загрязнение мембраны.

Изучение состава РОВ поверхностных источников Беларуси [2] позволяет предположить, что данным характеристикам соответствуют высокомолекулярные фракции веществ гумусовой природы – фульвовых и, особенно, гуминовых кислот (ФК и ГК). В поверхностных водах гумусовые вещества (ГВ) составляют 60–90 % от общего количества растворенных органических веществ и, находясь в растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии, формируют, в основном, естественный фон примесей. Значительная часть гуминовых кислот, высокомолекулярных фракций фульвокислот и их соединений в природных водах существует в виде частиц коллоидной дисперсии.

Исследование молекулярно-массового распределения ГВ методом гель-хроматографии позволяет рассчитать содержание фракций с разными молекулярными весами. В изучаемых образцах речных и торфяно-болотных вод соединения гуминовых кислот с молекулярными массами более 10000 а.е.м. составляли приблизительно 8–10 %, а ФК – 5–8 %. Гумусовые вещества имеют высокую степень окисления перманганатом калия, поэтому между цветностью и перманганатной окисляемостью существует положительная корреляция — коэффициент равен 0,7–0,8. Среди ГВ преобладают фульвокислоты (до 97 %). Речная вода содержит меньшее количество гуминовых кислот (1,3–3 %), чем торфяно-болотная (3–8 %).

Результаты потенциометрического титрования позволяют сделать вывод о том, что соединения гумусовых веществ обладают высокой обменной емкостью: для гуминовых кислот – 2,5–5,8 мг-экв/л, для фульвовых – 6,7–15 мг-экв/л, для гумусовых веществ в целом – 3–13 мг-экв/л. В соединениях с большой молекулярной массой значительную роль играют карбоксильные группы, а с меньшей – фенольные.

Применение метода флуоресцентных зондов позволило получить информацию о комплексообразующих свойствах гумусовых веществ [3]. С помощью флуоресцент-

ного зонда могут быть исследованы слабые, не образующие связей взаимодействия определяемые поверхностным потенциалом и конформацией макромолекулы. Проникающее при связывании зонда изменение параметров флуоресценции характеризуется константой связывания и количеством центров связывания. Экспериментальные зависимости взаимодействия зонда с молекулами ФК и ГК имеют два линейных участка, что свидетельствует о присутствии на данных молекул двух типов связывающих центров А и В. При возрастании молекулярных масс фракций ФК и ГК устойчивость образующихся координационных узлов как типа А, так и типа В понижается. Количество связывающих центров типа В во всех случаях больше таковых типа А. Общее содержание их растет с увеличением молекулярных масс во фракции и от ФК к ГК.

Исследования показали [2, 3], что координационные центры типа А представлены основным функциональными группами, а для центров типа В наряду с последними существенную роль играют поверхностный потенциал и наличие гидрофобных поверхностей молекулах гумусовых веществ, то есть их конформационные превращения. Трехмерная структура молекулы имеет пустоты, достаточно большие, чтобы разместить пептиды, молекулы воды и другие растворенные вещества, а также большое количество гидрофильных функциональных групп на внешней стороне вторичной структуры [4].

Координационные узлы типа В играют значительную роль в коагуляционной обесцвечивании природных поверхностных вод. При добавлении к очищаемой воде раствора сульфата алюминия или хлорного железа в течение первых 30...180 с происходит гидролиз введенных солей и формирование коллоидных гидроксидов алюминия и железа, имеющих огромные активные поверхности. Гумусовые примеси, находящиеся в воде, адсорбируются на поверхности цепочек гидроксидов. При этом различают два процесса: собственно адсорбцию и фиксацию (закрепление) адсорбированных коллоидов на поверхности. В основе процесса адсорбции лежат силы молекулярного взаимодействия. Величина адсорбции коллоидных частиц пропорциональна их дисперсности: она тем больше, чем выше дисперсность и чем меньше стойчивость частиц. Большое значение в процессе фиксации адсорбированных примесей принадлежит их коагуляции, вызываемой разноименностью зарядов, адсорбированных частиц и поверхности адсорбента. Знак и величина заряда у адсорбируемых коллоидных частиц влияют на их адсорбируемость.

Так как от величины дозы коагулянта может зависеть, улучшатся или ухудшатся характеристики мембран в процессе фильтрования, определение оптимальной дозы коагулянта является важной задачей. Расчет дозы коагулянта может быть основан на данных исследования молекулярно-массового распределения и флуоресцентного зондирования растворенных органических веществ поверхностных природных вод.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Влияние коагуляционной очистки воды на процесс мембранной фильтрации / Ken Howe, Mark M. Clark // Вода и экология: проблемы и решения. – 2007. – № 1. – С. 18–44.
2. Головач, А.П. Исследование органических примесей в воде методом флуоресцентной спектроскопии / А.П. Головач // Проблемы водоснабжения, водоотведения и энергосбережения в западном регионе Республики Беларусь: сборник материалов Международной научно-технической конференции. – Брест: Из-во БрГТУ, 2010. – С. 274–277.
3. Golovatch, A.P. Laser spectrofluorimetry of humic substances conformational transformation in water / A.P. Golovatch, N.A. Nemkovich, A.S. Kozlovski, I.I. Lishtvan, A.N. Rubinov // Proceedings SPIE. – 1995. – Vol. 2503. – P.1254–1259.
4. Geoffrey, D. Ghabbour Humic Acids: Marvelous Products of Soil Chemistry / D. Geoffrey, A. Elham // Journal of Chemical Education. – December 2001. – Vol.78, №12. – P. 1609–1614.