

МОНИТОРИНГ КОЛЛОИДНЫХ ПРИМЕСЕЙ ПРИРОДНЫХ И ПИТЬЕВЫХ ВОД НА ОСНОВЕ ЛАЗЕРНОЙ УЛЬТРАМИКРОСКОПИИ С ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКОЙ СИГНАЛА

Коллоидные (высокодисперсные) водные системы широко распространены в природе и в техносфере. К ним относятся, например, природные и питьевые воды, в которых численная концентрация коллоидных частиц (размером 60... 200 нм) составляет примерно 10^{10} - 10^{11} шт/л и на порядок превышает численную концентрацию более крупных (взвешенных и оседающих) примесей. Коллоидные системы природных и питьевых вод отличает полидисперсность, многокомпонентность, наличие органических и биоорганических (белковых, гуминовых) соединений в растворенном состоянии, в виде ассоциатов и входящих в состав биоминеральных коллоидных частиц. Кроме того, в водных экосистемах субмикронные коллоиды играют ключевую роль в транспорте следовых количеств металлов и органических примесей (в том числе токсичных).

Знание основных характеристик таких систем (концентрации частиц, распределения частиц по размерам, электрофоретической подвижности, распределения частиц по электрофоретической подвижности и т.д.) дает аналитическую информацию о системе, а также позволяет выбрать оптимальные методы очистки воды.

Для изучения свойств коллоидных примесей наиболее адекватными являются методы поточной ультрамикроскопии и микроэлектрофореза. Отечественная промышленность не выпускает подобного оборудования, позволяющего анализировать частицы размером менее 200 нм. Единичные установки, созданные в лабораториях самими исследователями, как правило, используют визуальный контроль, в результате чего данная процедура становится длительной и трудоемкой, а также негативно влияет на зрение наблюдателя (в качестве источника света в установках используют лазеры). Поэтому оснащение таких установок видео-насадками с выводом сигнала на компьютер, несомненно, должно ускорить и облегчить процесс анализа коллоидных систем. Кроме того, такие установки с цифровой обработкой сигнала могут явиться аналогом для создания серийных отечественных приборов, которыми можно будет оснастить экоаналитические лаборатории.

В лаборатории физико-химических методов анализа межфакультетского УНЦ «Мониторинг и реабилитация природных систем» ранее была создана лазерная установка для проведения поточной ультрамикроскопии [1]. В качестве источника света в ней использован красный лазер мощностью 2 мВт и с фокусировкой луча до 30 мкм.

Задачами данной работы являлись: 1) модернизация поточного ультрамикроскопа – его сопряжение с цифровой видео-насадкой на микроскоп БТП-7623, 2) обоснование и создание методики работы на установке с использованием программного обеспечения «Тайфун» для определения распределения частиц по размерам; 3) проведение мониторинговых исследований водопроводной и невской воды.

Разработка методики включала: а) выбор рабочей диафрагмы (из двух, обычно используемых для анализа дисперсий с концентрацией $\sim 10^8$ см⁻³ и $\sim 10^7$ см⁻³; б) выбор времени захвата (для записи видео-файла); в) определение необходимого числа повторов для обеспечения допустимой погрешности эксперимента ($\leq 15\%$); г) выбор частоты кадров при подсчете количества частиц в записанных видео-файлах.

На основании данных, полученных при анализе невской и водопроводной воды, было показано, что 3-4-х кратный повтор видео-захвата со временем захвата 20-40 секунд обеспечивает относительную погрешность не выше 10% на девятой диафрагме при среднем количестве частиц в файле захвата от 10 до 50 штук и на пятой диафрагме при количестве частиц от 50 до 200 штук. В то же время, на пятой диафрагме при среднем количестве частиц в файле захвата от 5 до 50 штук относительная погрешность возрастала до 15-50%.

Выбор частоты кадров при просмотре видео-файла зависел от концентрации частиц и скорости потока исследуемой системы через кювету. Так при концентрации частиц свыше 10^8 см^{-3} , линейной скорости движения фронта воды в тефлоновом капилляре порядка 0,5 см/мин и при частоте кадров во время записи, равной 25 сек^{-1} , число кадров при просмотре файлов следует снижать до $1-2 \text{ сек}^{-1}$.

Сравнение кривых распределения коллоидных частиц по размерам, полученных для невской и водопроводной воды (см. рис.1 и 2), показало: 1) сравнительную стабильность вида кривой для коллоидов невской воды; 2) заметный разброс данных для коллоидов водопроводной воды разных сроков отбора; 3) преобладание доли мелких частиц в водопроводной воде (по сравнению с невской), 4) незавершенность кривой распределения частиц по размерам для коллоидов невской воды (т.е. наличие более крупных частиц, по сравнению с верхним пределом возможности регистрации фотометрического клина). При этом следует отметить, что общая концентрация коллоидных частиц, регистрируемых поточным ультрамикроскопом, для образцов водопроводной воды составляла $(1,0-1,2) \cdot 10^8 \text{ см}^{-3}$, для образцов невской воды – $(4,3-4,4) \cdot 10^7 \text{ см}^{-3}$.

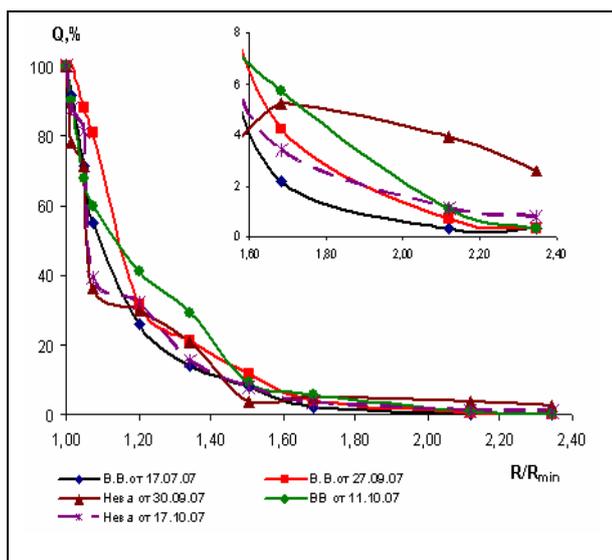


Рис. 1. Интегральные кривые распределения коллоидных частиц по относительным размерам: BB – водопроводная вода; Нева – вода из дельты Невы

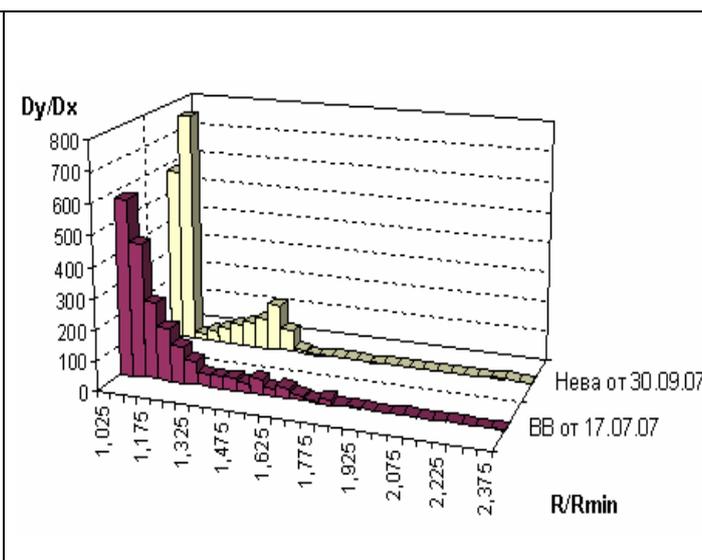


Рис. 2. Распределения коллоидных частиц невской и водопроводной воды по относительным размерам в дифференциальном виде

ЛИТЕРАТУРА:

1. Молодкина Л.М., Селеньев Д.Г., Голикова Е.В. и др. Коллоид. журн. 1987. Т. 49, № 3. С. 580–583.