УДК 628.1

Аверина Ю.М., Ветрова М.А., Рыбина Е.О. Чумакова А.А.

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Аверина Юлия Михайловна – к.т.н., доцент каф. ИМиЗК, председатель ОСМУСС РХТУ имени Д.И. Менделеева, e-mail: averinajm@mail.ru

Ветрова Маргарита Александровна-магистр 1 курса каф. ИМиЗК РХТУ имени Д.И. Менделеева;
Рыбина Евгения Олеговна, студентка 4 курса факультета инженерной химии;
Чумакова Анастасия Александровна - магистрант кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии РХТУ им. Д. И. Менделеева

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева. 125190, Москва, Миусская пл., 9

В данной работе приведены методы исследования качества воды. Описана методика проведения химического и физического анализа воды.

Ключевые слова: *очистка вод, контроль качества, титриметрический метод анализа*

WATER QUALITY CONTROL METHODS

Averina Yu.M., Vetrova M.A., Rybina E.O., Chumakova A.A

.Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

This paper presents methods for studying water quality. The technique of carrying out chemical and physical analysis of water is described.

Keywords: water purification, quality control, titrimetric method of analysis

Вода обладает необычными свойствами как физическими, так и химическими, по сравнению с другими жидкостями. Вода, находясь в порах и капиллярах, способна создавать колоссальное давление, в момент прорастания в зерне оно может достигать четырех атмосфер, именно поэтому росток с легкостью может прорасти сквозь асфальт. У науки нет ответов, почему только вода может находиться в трех состояниях на Земле, почему из всех жидкостей у воды самое большое поверхностное натяжение и почему она является мощнейшим растворителем. Вода – важнейший элемент жизни. В последнее время наблюдается тенденция нехватки чистой питьевой воды. Например, в России около 40% населения потребляют воду не соответствующую санитарно-гигиеническим нормам. По данным Всемирной Организации Здравоохранения загрязненная питьевая вода является одним из важнейших факторов преждевременной смерти [1-3].

Выделяют следующие основные группы показателей качества воды:

- физические - температура, цвет, мутность, наличие запаха, привкуса;
- химические – количественный и качественный состав минеральных и органических загрязнений;
- бактериологические – степень загрязненности бактериями.

Для мониторинга этих показателей существует большое количество различных методов. Например, вкус и запах воды определяют органолептическими методами; цвет и мутность, а также содержание железа – фотометрией; жесткость, содержание хлоридов и сульфатов – титриметрией; а для определения биологических показателей можно использовать метод мембранных фильтров. Рассмотрим некоторые методы отдельно.

Окислительно-восстановительный потенциал воды – это физическая характеристика воды, которая измеряется в милливольтах как разность потенциала между двумя конкретными электродами, платиновым и хлорсеребряным, которые помещены в водный раствор.

Показания снимаются обыкновенным вольтметром и если показания составляют отрицательные значения, к примеру -150 милливольт, принято считать, что вода имеет восстановительное значение, а именно электронно-донорное свойство, иными словами вода является антиоксидантной.

Если же наоборот ОВП принимает положительные значения, например +250 милливольт, такая вода имеет окислительные свойства, или электронно-акцепторное свойство.

Гравиметрия. Один из самых простых и распространенных аналитических исследований является весовой метод [4]. Благодаря гравиметрии, возможно, определить концентрацию отдельных растворенных компонентов питьевой воды. В ходе анализа требуется перевести их в труднорастворимые соединения, отфильтровать при помощи «беззольного» бумажного фильтра (отличаются по скорости фильтрования, а так же размерами пор), высушить, прокалить и взвесить на аналитических весах. Требуемая точность весов 0,0002 грамма.

Достоинства метода: высокая точность, отсутствие необходимости калибровки, простота. Недостатки: значительный расход времени на проведение анализа.

Титриметрические методы анализа основаны на количественном определении объема раствора одного или двух веществ, вступающих между собой в реакцию, причем концентрация одного из них должна быть точно известна. Раствор, концентрация вещества в котором точно известна, называется титрантом, или

титрованным раствором. При анализе чаще всего стандартный раствор помещают в измерительный сосуд и осторожно, малыми порциями, дозируют его, приливая к исследуемому раствору до тех пор, пока не будет установлено окончание реакции. Этот процесс называется титрованием. В момент окончания реакции происходит стехиометрическое взаимодействие титранта с анализируемым веществом и достигается точка эквивалентности. В точке эквивалентности затраченное на титрование количество (моль) титранта точно равно и химически эквивалентно количеству (моль) определяемого компонента. Точку эквивалентности определяют, вводя в раствор подходящий индикатор и наблюдают за изменением окраски (рис.1).

Такой метод анализа применяют для определения общей жесткости, концентрации хлоридов, сульфатов, кальция, карбонатов, гидрокарбонатов и др. При выполнении анализа определение проводят в пробирках вместимостью 15-20 мл, имеющих метки. В процессе титрования раствор перемешивают стеклянной палочкой либо встряхиванием. Требуемые объемы растворов при титровании отмеряют с помощью бюреток, мерных пипеток. Наиболее удобны для титрования бюретки с краном.

Достоинства метода: быстрота выполнения, простота оборудования, удобство выполнения серийных анализов, большой набор химических реакций. Недостатки: необходимость предварительной стандартофикации растворов титранта и калибровки мерной посуды.

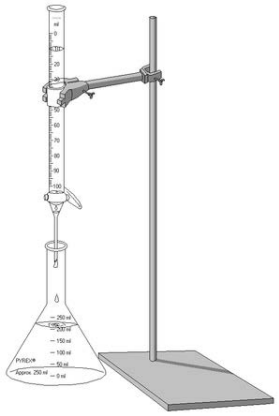

Рис.1 Внешний вид титриметрического метода

Хроматографические методы основаны на разделение и определение веществ между двумя фазами – подвижной и неподвижной. Неподвижной (стационарной) фазой служит твердое пористое вещество (сорбент) или пленка жидкости, нанесенная на твердое вещество. Подвижная фаза представляет собой жидкость или газ, протекающий через неподвижную фазу, иногда под давлением[5, 6]. Компоненты анализируемой смеси (сорбаты) вместе с подвижной фазой передвигаются вдоль стационарной фазы. Её помещают в стеклянную или металлическую трубку, называемую колонкой. В зависимости от силы взаимодействия с поверхностью сорбента (за счет адсорбции или по какому-либо другому механизму) компоненты будут перемещаться вдоль колонки с разной скоростью. Одни компоненты останутся в верхнем слое сорбента, другие, в меньшей степени, взаимодействующие с сорбентом, окажутся в нижней части колонки, а некоторые и вовсе покинут колонку вместе с подвижной фазой (такие компоненты называются неудерживаемыми, а время их удерживания определяет “мертвое время” колонки). Таким образом, происходит быстрое разделение сложных смесей компонентов.

Жидкостная хроматография (ЖХ) - метод разделения и анализа сложных смесей веществ, в котором подвижной фазой является жидкость. Подвижная фаза в жидкостной хроматографии выполняет сразу две функции: обеспечивает перенос десорбированных молекул по колонке и регулирует константы равновесия.

Метод жидкостной хроматографии, в отличие от газовой, происходит при комнатной температуре, его можно применять для разделения большего количества веществ, т.к. большинство веществ не обладает летучестью. Для анализа объектов окружающей среды наиболее широко используют высокоэффективную ЖХ в адсорбционном и ионообменном вариантах.

Ионная хроматография (рис. 2) – это высокоэффективная жидкостная хроматография для разделения катионов и анионов на ионообменниках низкой емкости. Достоинства ионной хроматографии: возможность определять большое число неорганических и органических ионов, а также одновременно определять катионы и анионы; высокая чувствительность определения (до 1 нг/мл без предварительного концентрирования); высокая селективность и малое время определения; малый объем анализируемой пробы (не более 2 мл образца); широкий диапазон определяемых концентраций (от 1 нг/мл до 10000 мг/л); возможность использования различных детекторов и их комбинаций; возможность полной автоматизации определения; часто полное отсутствие предварительной пробоподготовки. Основные недостатки ИХ: сложность синтеза ионообменников, что значительно затрудняет развитие метода; более низкая по сравнению с ВЭЖХ эффективность разделения; необходимость высокой коррозионной стойкости хроматографической системы, особенно при определении катионов.

Рис 2. Professional IC VarioSystem - профессиональная ионохроматографическая система с использованием Metrohm-технологии частичного заполнения петли (MiPT) и кондуктометрическим детектированием

Метод основан на эквивалентном обмене ионов раствора на ионы неподвижной твердой фазы. Свойствами ионообменников обладает большое число различных природных и синтетических соединений, самые применяемые из них - синтетические органические иониты. Большинство этих ионообменников имеет матрицу из сополимера стирола с дивинилбензолом. Этот сополимер легко образуется и обладает достаточно высокой физической и химической устойчивостью в различных условиях. Полимер может быть использован в качестве ионообменника только после введения в матрицу ионогенных групп. Ионогенная группа состоит из двух ионов. Один из них прочно фиксируется за счет ковалентной связи и называется функциональной группой (фиксированным ионом). Ионы противоположенного заряда (противоионы) связываются с фиксированным ионом за счет электростатического взаимодействия. Эти ионы могут обмениваться на эквивалентное количество ионов того же заряда из раствора. Выбор неподвижной фазы имеет большое значение при проведении любого хроматографического разделения. Синтез сорбентов для ионной хроматографии затруднен, т.к. к ним предъявляется довольно много требований. Этим требованиям удовлетворяют поверхностно-пористые ионообменники, которые состоят из твердого инертного ядра, покрытого тонким слоем ионита. На таких сорбентах быстро устанавливается равновесие, поскольку диффузия в тонкую ионообменную пленку занимает мало времени. В результате ускоряется хроматографический процесс и достигается высокая эффективность разделения.

Наиболее часто ионную хроматографию используют для определения: анионов неорганических кислот (HCl, HNO3, H2S, H3BO3 и др.); моно- и дикарбоновых кислоты; щелочных и щелочноземельных металлов; анионных комплексов переходных металлов; алифатических аминов; оксидов азота, серы и фосфора.

Одно из важнейших направлений использования ионной хроматографии – анализ вод. Известно, насколько важно определять компоненты вод разного типа. Среди этих компонентов существенное место занимают неорганические анионы, ионы металлов, ионогенные органические вещества. Ионная хроматография заняла своё место в ряду аналитических методов, пригодных для определения указанных компонентов.

Таким образом, питьевая вода должна быть безопасна в эпидемиологическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства.

Качество питьевой воды должно соответствовать гигиеническим нормативам перед ее поступлением в распределительную сеть, а также в точках водозабора, наружной и внутренней водопроводной сети.

Ниже приведен список химических веществ, которые определяются описанными в работе методами:

а) солевой состав – минерализация, общая жесткость, хлориды, сульфаты, щелочность (дополнительно кальций, магний, натрий, калий);

б) микроэлементы – фтор, бор, нитриты, нитраты, медь, селен, стронций (дополнительно алюминий, бериллий);

в) тяжелые металлы – ртуть, свинец, кадмий, мышьяк, железо, хром, ванадий, цинк, уран (дополнительно барий, никель, марганец) [7, 8];

г) органические вещества – ПАВ, нефтепродукты, бензапирен, фенол, сумма хлорорганических, нитро-, фосфорорганических соединений, ХПК, БПК, растворенный кислород, суммарные углеводороды.

Работа выполнена при финансовой поддержке РХТУ им. Д.И. Менделеева (проект № Х032-2018)

Список литературы

1. Игнатов, И. Вода и происхождение жизни: сборник научных статей / И. Игнатов, О.В. Мосин. - Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2016. - 658 с.

2. Курбатов А.Ю., Аверина Ю.М., Меньшиков В.В., Аснис Н.А., Ваграмян Т.А., Юрьева Г.А., Мамателашвили М.Т. Окисление двухвалентного железа в различных водных средах //Химическая промышленность сегодня. 2013. № 10. С. 36-41.

3. Комягин Е.А., Мынин В.Н., Ляпин И.Ф., Аверина Ю.М., Лопатюк Ю.Ю., Терпугов Г.В., Терпугов Д.Г. Пути решения проблемы очистки сточных вод от тяжелых и радиоактивных металлов//Экология и промышленность России. 2008. № 11. С. 21-23

4. Химия воды. В.И. Аксенов, Л.И. Ушаков, И.И. Ничкова. Издательство Урал. Ун-та, 2014 – 140 с.

5. Аверина Ю.М., Сальникова О.Ю., Труберг А.А., Терпугов Г.В., Кабанов О.В., Кацерева О.В, Комляшов Р.Б. Обезжелезивание природных вод с применением наномембран // Успехи в химии и хим. технологии – 2009. - Том. XXIII, №2 (95) - С. 14-17

6. Хроматографические методы анализа. Методическое пособие для специального курса / Е.Н. Шаповалова, А.В. Пирогов. - Москва: МГУ им. Ломоносова, 2007. - 109 с.

7. Аверина Ю.М., Меньшиков В.В. Практическое изучение основ технологии обезжелезивания природных вод до питьевого качества различными режимами фильтрации с применением керамических мелкопористых трубчатых мембран// Успехи в химии и химической технологии: сб. науч. тр. Том. XXIX, №1 (160) – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. - С. 82-85.

8. Аверина Ю.М., Аснис Н.А., Ваграмян Т.А., Меньшиков В.В. Исследование скорости окисления ионов Fe^{2+} в воде при барботировании воздуха // Теоретические основы химической технологии. 2018. Т. 52. № 1. С. 79-82.