

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ОСТАТОЧНОГО АКТИВНОГО ХЛОРА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В АВТОМАТИЧЕСКИХ ПРИБОРАХ КОНТРОЛЯ

К.ф.-м.н. Ягов Г.В. (ООО «Информаналитика», СПб)

В существующей практике обеззараживания питьевой воды хлорирование используется весьма часто как наиболее экономичный и эффективный метод в сравнении с любыми другими известными методами. В России, как и в других странах, хлорированию подвергается до 99 % потребляемой питьевой воды. При этом для дезинфекции используют либо чистый хлор, либо хлоробразующие реагенты. В США для этих целей в среднем в год используют около 500 тыс. тонн хлора, в России – до 100 тыс. тонн. Такая популярность хлорирования связана с тем, что это единственный способ, обеспечивающий благодаря эффекту последствия микробиологическую безопасность воды в любой точке распределительной сети в любой момент времени. Все остальные методы обеззараживания воды, включая промышленно применяемые в настоящее время озонирование и УФ-облучение, не обеспечивают обеззараживающего последствия и поэтому на заключительных стадиях водоподготовки всё равно требуется введение некоторого количества хлора.

Таким образом, мировой опыт подтверждает, что хлорирование воды является самым надежным санитарно-гигиеническим методом, предотвращающим распространение эпидемий и гарантирующим безопасность питьевой воды.

Обеззараживание очищенных сточных вод является одной из эффективных мер профилактики различных инфекций водного происхождения. Практика использования хлора в качестве обеззараживающего агента для дезинфекции сточных вод, в силу ряда объективных причин, в настоящее время сокращается, и хлорирование сточных вод заменяется альтернативными методами обработки. Тем самым обеспечивается выполнение требований ГН 2.1.5.689-98 и МУ 2.1.5.800-99, ограничивающих содержание хлорорганических соединений и не допускающих поступление остаточного активного хлора в водоёмы в составе сточных вод. Однако модернизация очистных сооружений и их перевод на другие методы обеззараживания не происходят мгновенно, в эксплуатации ещё остаются ОС, использующие обработку хлором и хлоробразующими реагентами. Кроме того, в системах оборотного технического водоснабжения использование хлора не запрещено и этот метод обеззараживания воды остаётся актуальным.

Контроль содержания остаточного хлора и его производных имеет важное значение для управления процессом обеззараживания как питьевых, так и сточных вод, кроме того, события последнего времени показывают, что не снята и проблема непрерывного автоматического контроля содержания остаточных количеств хлора и его соединений в воде плавательных бассейнов и аквапарков.

Для измерения массовых концентраций хлора применяют специальные анализаторы, принципы действия которых различны. В связи с многообразием используемых терминов, считаем необходимым привести их определения. В отечественной аналитике используется термин «остаточный активный хлор», за рубежом этот параметр именуется «общий хлор», или этот показатель, в свою очередь, может подразделяться на «свободный», «потенциально свободный» и «связанный» хлор. Взаимосвязь этих понятий становится понятной из следующей схемы:

«остаточный активный хлор» или «общий хлор» или «общий остаточный хлор» (синонимы)	свободный хлор	свободный активный хлор	элементарный хлор хлорноватистая к-та
		потенциально свободный	гипохлориты
	связанный хлор	хлорамины и органические хлорамины

Рассмотрим характеристики некоторых автоматических анализаторов, предназначенных для непрерывного контроля содержания остаточного хлора в потоке воды и методы измерения, положенные в основу их работы.

Таблица 1. Автоматические анализаторы остаточного хлора в воде

Наименование анализатора хлора	Диапазон измерений мг/дм ³	Метод измерения	Аналог методики выполнения измерений
АГХ-3	20...200 г/дм ³	фотометрия	–
ВАКХ-2000	0,2...2,0	йодометрия	ГОСТ 18190-72, ISO 7393-3
ВАКХ-2000 С	0,2...2,0	йодометрия	ГОСТ 18190-72, ISO 7393-3
Флюорат-АС-2	0,1...5,0	хемилюминесценция	МУК 4.1.965-99
CL-17	0,05...5,0	колориметрия с DPD	ISO 7393-2
РСА 300АС/D	0...5,0	колориметрия с DPD	ISO 7393-2
РСА 301АС/D	0...5,0	колориметрия с DPD	ISO 7393-2
АСХВ/М1031	0...1,0 0...2,0	электрохимия	–
АХВ-М3	0...2,5 0...5,0	электрохимия	–
КХВ-2	0...5,0	электрохимия	–
Chloromat 9184	0...5,0	электрохимия	–
Depolox 3 plus	0...0,2 0...20	электрохимия	–
MICRO/2000	0,01...5,0	электрохимия	–

Видно, что в автоматических анализаторах используются главным образом четыре метода измерения: оптические (фотометрия и колориметрия), йодометрия, хемилюминесценция и различные варианты электрохимического метода.

В анализаторе гипохлорита «АГХ-3», как можно судить по описанию этого прибора, производится прямое фотометрирование растворов гипохлорита, при этом по результатам измерения оптической плотности судят о концентрации гипохлорита, растворённого в воде. Метод прост в реализации, позволяет определять содержание больших количеств гипохлорита (от 20 г/дм³ до 200 г/дм³), к некоторым неудобствам данного метода можно было бы отнести неселективность измерения, что требует проведения дополнительных исследований в аналитической лаборатории при использовании гипохлорита из различных партий.

Колориметрия с использованием реакции образования окраски в результате взаимодействия общего хлора с N,N-диэтил-1,4-фенилендиамин (N,N-diethyl-1,4-phenylenediamine, DPD), описанная в ISO 7393-2, использована в ряде зарубежных анализаторов (см. табл. 1), однако этот метод не получил широкого распространения ни в отечественной лабораторной аналитической практике, ни в отечественных разработках автоматических приборов. Причина этого может заключаться в сложности получения градуировочных растворов, т.к. в настоящее время отсутствует воспроизводимый эталон (стандартный образец) остаточного общего хлора.

Метод, основанный на хемилюминесценции люминола при воздействии на него активного хлора в щелочной среде, описанный в МУК 4.1.965-99, теоретически может обладать наибольшей чувствительностью среди всех рассматриваемых методов. На практике же чувствительность метода ограничивается качеством используемых реагентов и присутствием в пробе воды других примесей, помимо активного хлора, которые влияют на интенсивность хемилю-

минесценции, а стало быть, и на результат измерения. Автоматический анализатор «Флюорат-АС-2» использует хемилюминесцентное излучение, возникающее в результате прямого окисления люминола свободным хлором для определения содержания свободного хлора в потоке воды. Градуировку анализаторов «Флюорат-АС-2» рекомендуется выполнять с использованием свежеприготовленных растворов гипохлорита натрия, концентрация активного хлора в которых определяется при помощи лабораторной йодометрической методики по ГОСТ 18190-72.

Йодометрический метод основан на способности активного хлора вытеснять йод из его соединений, этот метод положен в основу методик, описанных в ГОСТ 18190-72 и ISO 7393-3. В качестве ГОСТ 18190-72 методика, основанная на йодометрическом методе, получила широкое распространение в лабораторной аналитической практике, этому способствует также производство стандартного образца йодата калия (имитатора остаточного активного хлора), который используется для метрологического обеспечения этой методики выполнения измерений.

Принцип действия анализатора «ВАКХ-2000» и проточного варианта этого анализатора «ВАКХ-2000 С» основан на йодометрическом методе измерения массовой концентрации остаточного активного хлора в воде (определение по ГОСТ 18190-72). При этом регистрируется разность потенциалов, возникающая на электродах измерительной ячейки при добавлении точно известного количества йода. Для метрологического обеспечения эксплуатации этого типа анализаторов возможно использование ГСО йодата калия (имитатора остаточного активного хлора).

Варианты электрохимических методов (см. табл. 1), используемые для определения различных форм содержания хлора в воде, весьма многообразны, эти методы наиболее удобны для автоматизации, но используются, главным образом, для технологического контроля содержания хлора, т.к. требуют периодической валидации с использованием традиционных лабораторных методик выполнения измерений, основанных на йодометрическом методе.

ВЫВОДЫ

- ✓ Проблема контроля содержания остаточного активного хлора остаётся актуальной, несмотря на разработку и внедрение бесхлорных технологий обработки и обеззараживания воды.
- ✓ С использованием современных методов возможен автоматический контроль остаточного активного хлора в потоке питьевой воды или очищенных сточных вод.
- ✓ Методы, положенные в основу работы большинства современных автоматических анализаторов остаточного хлора, не имеют средств метрологического обеспечения и поэтому для градуировки и настройки требуют периодического выполнения контрольных лабораторных измерений с использованием йодометрической методики.
- ✓ Йодометрический метод измерения концентрации остаточного активного хлора - единственный метод, имеющий метрологическое обеспечение в виде государственного стандартного образца (ГСО йодата калия, имитатора активного хлора).
- ✓ Метод йодометрии может быть положен в основу работы автоматизированного анализатора для определения содержания остаточного активного хлора в потоке питьевой воды (воды плавательного бассейна, аквапарка и т.п.).