



# ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ВОДОЙ

Куцева Н.К.  
ДОЛЖНОСТЬ

Аналитический центр ЗАО «РОСА», г. Москва

Ключевые слова:

Без воды не обходится ни одна отрасль промышленности. Прежде всего, для жизнеобеспечения людей, занятых на любом производстве, нужна доброкачественная питьевая вода. В целом к качеству питьевой воды предъявляются более высокие требования [1], чем к качеству воды, используемой для других целей.

Но помимо питьевой воды в любом производстве вода в колоссальных масштабах используется и для обеспечения технологических процессов.

В соответствии с [2] техническая вода – это вода, подаваемая с использованием централизованной или нецентрализованной системы водоснабжения, не предназначенная для питья, приготовления пищи и других хозяйственно-бытовых нужд населения или для производства пищевой продукции. Однако, на практике это понятие до сих пор остаётся шире.

Качество воды, используемой для производственных нужд, устанавливается в каждом конкретном случае в зависимости от назначения воды, требований технологического процесса с учётом специфики того сектора промышленности, в котором она используется. Принято выделять следующие направления использования воды в промышленности.

1. Вода является сырьем для производства, и качество получаемого конечного продукта напрямую зависит от качества и состава применяемой

в производственном процессе воды. Это касается производства лекарственных препаратов, пищевых продуктов, косметики, средств гигиены.

2. Вода используется в технологическом процессе, например, в электронной промышленности, металлургии, при порошковой окраске, в парниковом и оранжерейном хозяйстве, на комплексах автомоек и технопарков. В этом случае от качества используемой воды зависит качество изделий, срок и надежность работы оборудования.

3. Вода сопутствует технологическому процессу, например, ТЭЦ, ТЭС, АЭС и котельные. Здесь применяется оборотный цикл воды с системами нагрева, охлаждения, кондиционирования. При этом особые требования предъявляются, в первую очередь, к карбонатной жесткости воды и количеству взвешенных веществ, так как от этого напрямую зависит срок службы коммуникаций.

Анализ воды важен во всех случаях. При этом перечень контролируемых показателей и выбор метода анализа зависят от того, как используется вода в технологическом процессе и какие требования к ней применяются.

Так же, как и питьевая, техническая вода берется из подземных и наземных источников и обычно проходит процедуру водоподготовки в зависимости от цели дальнейшего её использования.

Нормативы качества воды

Таблица 1

Показатель	СанПиН 2.1.4.1074	ТИ-10-04-03-09		ТИ-10-5031536-73	
		для воды с исходной жесткостью до 1 мг-экв/л	для воды с исходной жесткостью более 1 мг-экв/л	пива	безалкогольных напитков
рН	6-9	< 7,8	< 7,8	6- 6,5	3-6
Хлориды, мг/л	350	80	25	100-150	100-150
Сульфаты, мг/л	500	100	20	100-150	100-150
Магний, мг/л	-	1,30	7	следы	-
Кальций, мг/л	-	1,30	7	40-80	-
Калий+натрий, мг/л	Na 200	100	15	-	-
Щелочность, мг-экв/л		4	1	0,5-1,5	0,5-1,5
Сухой остаток, мг/л	1000	500	100	500	500
Нитраты, мг/л	45	40	40	10	10
Окисляемость, мг O <sub>2</sub> /л	5	6	6	2	-
Жесткость, мг-экв/л	7	0,2	1	2-4	0,7
Мутность, мг/л	1,5	1,50	1,50	1	1
Цветность, град	20	0	0	10	10
Фосфаты, мг/л	-	0,1	0,1		
Медь, мг/л	1	0,1	0,1		

Во многих случаях требования к качеству технической воды не такие жёсткие, как для питьевой [3-5]. В то же время специфика ряда производств обуславливает снабжение водой, качество которой значительно выше качества питьевой. Для достижения необходимого уровня качества вода из городской водопроводной сети, поверхностных водоемов, артезианских скважин подвергается специальной очистке, в частности, с использованием технологий обратного осмоса и нанофильтрации.

Вода, используемая в производстве пищевых продуктов, должна соответствовать требованиям, установленным для питьевой воды [6], и основные требования к воде,

используемой непосредственно в технологических процессах для производства пищевых продуктов и напитков, определяются требованиями [7]. Помимо этого в каждом конкретном случае есть и специфические особенности пищевых производств и технологий [8-10]. От качества воды зависят вкусовые качества, запах, внешний вид (цвет, прозрачность) напитка и его устойчивость при хранении. Так, для воды, используемой для производства пива, безалкогольной продукции и водки, установлены более жёсткие нормативы по ряду показателей (табл. 1). Более того, для производства различных марок пива и водки рекомендуются еще более жёсткие нормативы качества воды.



А вот при производстве хлеба рекомендуется отдавать предпочтение жесткой, а не мягкой воде [11].

В производстве косметических средств, как правило, используют воду после специальной обработки путем фильтрации, дистилляции, деионизации, которая должна соответствовать требованиям, установленным для питьевой воды [12].

Высокие требования предъявляют к воде, используемой в пищевой промышленности и при производстве косметических средств с точки зрения микробиологической чистоты – вода не должна содержать патогенных и условно патогенных микроорганизмов.

При контроле качества воды используют самые разнообразные методы химического анализа в зависимости от направления её использования.

В первую очередь, это классические методы аналитической химии:

- *титрование (жесткость, щелочность),*
- *гравиметрия (сухой остаток, взвешенные вещества),*
- *спектрофотометрия в видимой области (цветность, мутность),*
- *потенциометрия (рН).*

Для определения анионов применяют как несложные в техническом отношении методы анализа (титриметрия, спектрофотометрия), так и более надёжные и производительные инструментальные методы (ионная хроматография, капиллярный электрофорез).

Допустимые уровни содержания металлов в различных типах воды, которая используется в промышленности, варьируются в широких пределах. Соответственно и методы определения металлов могут применяться самые разные – от обычной спектрофотометрии до высокочувствительных и дорогостоящих спектральных методов: атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

Производственный контроль качества воды по основным показателям можно проводить и с помощью специальных анализаторов или тест-методов, как российского, так и импортного производства (Медэкотест, Hach Lange, Merk и пр.).

Загрязнение воды органическими веществами можно оценить по значениям таких интегральных показателей, как ХПК и БПК. Но в отдельных случаях этого недостаточно. Например, нормативными документами к качеству воды для электронной промышленности установлены требования по содержанию общего органического углерода и эндотоксинов [13]. Потребности в использовании хроматографии при анализе технической воды практически нет, так как содержание индивидуальных органических соединений в технической воде обычно не нормируется.

Дистиллированная и деионизованная вода тоже относится к технической и должна соответствовать требованиям [14, 15]. Она находит применение в фармацевтическом производстве, в химической промышленности, типографии. Особо чистая вода применяется для выращивания кристаллов и в микроэлектронике. Анализу особо чистой воды, в частности, для электронной промышленности и для медицинских целей [16-19], когда от результатов анализа зависит возможность использования сложных и дорогостоящих систем водоподготовки на предприятии, следует уделять особое внимание. Так, при определении сухого остатка при контроле воды на соответствие требованиям [17, 18] необходимо обеспечивать безупречную чистоту посуды, проводить комплексные мероприятия по контролю качества анализов.

Анализ некоторых типов технической воды имеет свои особенности. Так, в воде для заводнения нефтяных пластов требуется определение размера частиц механических примесей и эмульгированной нефти, совместимости закачиваемых и пластовых вод по кальциту и гипсу, коррозионной активности [20]; в воде тепловых сетей – карбонатного индекса [21]; в воде паровых котлов – низких содержаний растворенного кислорода и солей жесткости в соответствии с технической документацией на конкретное оборудование. Коррозионную активность и склонность воды к образованию накипи можно оценить с помощью индекса насыщения Ланжелье (индекса насыщения воды  $CaCO_3$ ) и индекса стабильности Ризнера.

При анализе технической воды возникают и проблемы иного рода, связанные с правильным пониманием требований, приведенных в технической документации на оборудование с терминологической точки зрения, особенно, если

оборудование импортного производства. Например, в воде тепловых сетей регламентируется содержание масла и тяжелых нефтепродуктов [21], хотя с точки зрения аналитической химии воды под этим следует понимать, вероятнее всего, общие углеводороды, определяемые методом ИК-спектрометрии. В документации для паровых котлов часто вместо показателя «перманганатная окисляемость (перманганатный индекс)» указывают формулу « $KMnO_4$ » и вместо понятного для лаборатории названия «щелочность (свободная и общая)» – « $K_{S8,2}$ » и « $K_{S4,3}$ », требования к жесткости используемой воды в разных документах указывают в разных единицах (мг-экв/дм<sup>3</sup>, мг-экв/кг, °Ж,  $CaCO_3$ , Ca, CaO, ppm) и т.д.

Особенно актуальна проблема водопотребления для крупных промышленных предприятий. Несмотря на то, что требования к качеству воды, используемой для технических нужд предприятия и обеспечения технологических процессов (охлаждение, нагрев, мойка тары и т.п.) зависят от типа системы водопотребления, практически для всех предприятий подобные проблемы общие. Это – образование накипи, коррозия, вспенивание, малый срок эффективной работы ионообменников, необходимость частой замены деталей оборудования и др.

Дефицит водных ресурсов и необходимость уменьшения объема стоков вызывают необходимость применения в производстве оборотного водоснабжения и повторного использования воды, а это означает не только использование специальных технологий очистки воды, но и потребность в постоянном аналитическом контроле качества воды.

Обессоливание и умягчение очищенных сточных вод даёт возможность многократно использовать их в качестве технической воды в большинстве технологических и теплообменных процессов и энергетике при условии постоянного контроля качества воды. Выбор подходящей схемы водоподготовки в первую очередь определяется качеством исходной воды и требованиями к технической воде. Для достижения необходимого уровня качества вода из городской водопроводной сети, поверхностных водоемов, артезианских скважин подвергается специальной очистке, в частности, с использованием технологий обратного осмоса и нанофильтрации. Это позволяет одновременно уменьшить в воде содержание ионов  $Ca^{2+}$  и  $HCO_3^-$  в 10-100 раз, а также железа и органических веществ, снижая вероятность образования накипи и других отложений. В тех случаях, когда отложения всё же образуются, предотвратить их дальнейшее образование возможно только за счёт изменения технологии водоподготовки на основе результатов химического анализа этих отложений.

Таким образом, анализ технической воды имеет много особенностей и не всякая аналитическая лаборатория может правильно провести исследование, результаты которых позволят решить производственные задачи. Разнообразие требований, предъявляемых к качеству технической воды в разных отраслях промышленности, обуславливают необходимость комплексного подхода к выбору подходящих методов аналитического контроля её качества.

## Литература:

1. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
2. Федеральный закон от 7 декабря 2011 г. №416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении».
3. МУ 2.1.5.1183-03 Санитарно-эпидемиологический надзор за использованием воды в системах технического водоснабжения промышленных предприятий.
4. Рябчиков Б.Е. «Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования» М. ДеЛи принт, 2004. – 328 с.
5. ГОСТ 23732-2011 Вода для бетонов и строительных растворов.
6. Востриков С.В., Довгань С.А. Подготовка воды для пищевых производств и контроль её качества, Воронеж, Изд-во ВГТА, 2009, 293 с.
7. Федеральный закон от 2 января 2000 г. №29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов» (с изменениями на 31 декабря 2014 года) (редакция, действующая с 23 января 2015 года).
8. ТИ 10 5031536-73-10 Технологическая инструкция по водоподготовке для производства пива и безалкогольных напитков.
9. ТР-10-04-03-09-88 Производственный технологический регламент на производство водок и ликероводочных изделий.
10. ТИ 10-04-03-07-90 Показатели технологической воды для приготовления водок на экспорт.
11. <http://mppnik.ru/publ/990-podgotovka-syrya-k-proizvodstvu-hleba.html>.
12. СанПиН 1.2.681-97 Гигиенические требования к производству и безопасности парфюмерно-косметической продукции.
13. ASTM D-5127-90 Standard Guide for Electronic Grade Water issued by American Society for Testing and Materials (ASTM).
14. ГОСТ 6709-72. Вода дистиллированная. Технические условия.
15. ГОСТ Р 52501-2005. Вода для лабораторного анализа. Технические условия.
16. ГОСТ Р 52556-2006. Вода для гемодиализа. Технические условия.
17. ФС 42-0324-09. Вода очищенная.
18. ФС 42-0325-09.
19. ОСТ 11 029.003-80. ИЭТ. Вода, применяемая в производстве. Марки, технические требования, методы очистки и контроля.
20. ОСТ 39-225-88 Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству.
21. РД 34.37.504-83. (НР 34-70-051-83) Нормы качества подпиточной и сетевой воды тепловых сетей.