

ХРАНЕНИЕ ВОДЫ

С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМ

ПОТЕНЦИАЛОМ

Исследовалась возможность хранения воды с $E = \text{минус}$ (600–700) мВ, получаемой путем насыщения воды молекулярным водородом, в стеклянных бутылках.

В течение 6 месяцев ухудшения свойств воды не наблюдалось. Через год хранения в 60 % проб ощущался запах сероводорода. Появление сероводорода могло быть связано с восстановлением сульфатов, растворенных в воде. Одной из причин, приводящей к восстановлению, может быть радиолиз воды под действием внешнего радиационного фона.



Введение

При производстве воды различных сортов возникает вопрос о возможности и сроках ее хранения. В природе вода не хранится, она все время в движении и постоянно обновляется. Однако человек вынужден делать запасы, в том числе и воды. В большинстве случаев срок хранения бутылированной воды не превышает 3–6 месяцев. В настоящее время все большую популярность приобретает вода с отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом. Первой технологией получения такой воды был электролиз. Электролизная вода использовалась сразу после приготовления, и задача ее хранения не возникала. Но в дальнейшем была разработана технология получения воды с отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом (ОВП) путем насыщения ее водородом [1]. Для получения отрицательного ОВП в бутылку, заполненную водой, вводили водород. В первых экспериментах было установлено, что такая вода, разлитая в стеклянные бутылки, длительное время (полгода и более) сохраняет свои свойства. В пластмассовых бутылках ОВП через 2–3 недели возрастает до уровня исходного из-за утечки

Н.А. Аристова,
кандидат технических наук, доцент,
и.о. заведующего кафедрой химии, Нижнетагильского технологического института (НТИ (филиал) УрФУ) Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

водорода через стенки сосуда. Поэтому возник вопрос о сроках хранения такой воды в стеклянных бутылках и о механизмах, отвечающих за возможное ухудшение качества воды. Исследованию этого вопроса посвящена настоящая работа.

Материалы и методы исследования

Водород получали электролизом 30 % раствора КОН. Поток водорода составлял 1 л/ч. Дополнительной осушке или очистке водород не подвергался. Использовалась московская водопроводная вода, очищенная песчаным фильтром и озонированием. После такой очистки вода отстаивалась сутки, чтобы распался остаточный озон. Очищенная вода полностью соответствовала санитарным нормам. Выделим некоторые характеристики: перманганатная окисляемость 2,4 мг/л; pH 7.4; содержание сульфатов 240 мг/л. ОВП определяли относительно хлор-серебряного электрода, в исходной воде он составлял 280 мВ.

* Адрес для корреспонденции: i.m.piskarev@gmail.com

Стеклянные бутылки емкостью 0,5 л с винтовым горлышком заправляли до верха водой путем погружения в сосуд с водой. Затем бутылку переворачивали вверх дном и снизу через горлышко по трубке вводили 50 мл водорода. Сохраняя бутылку в таком положении, ее закрывали под водой закручивающейся пробкой. Использовали новые пробки, так как в первых экспериментах было установлено, что использование бывших в употреблении пробок позволяет удерживать потенциал не более 6–7 месяцев. Всего для длительного хранения было заправлено 40 бутылок. Кроме того, для определения исходного значения ОВП были заправлены еще 10 бутылок, ОВП в которых был измерен на следующий день, так как время установления потенциала составляет не менее 24 ч [1]. 40 бутылок оставили хранить при комнатной температуре на боку так, чтобы пузырек водорода не касался пробки. Раз в три месяца 10 бутылок открывали, измеряли ОВП и оценивали органолептические свойства. Максимальный срок хранения бутылок составил 1 год.

Результаты и их обсуждение

Через первые 3 месяца потенциал воды в откупоренных бутылках относительно хлор-серебряного электрода составлял минус (600–700) мВ, вкус и запах – приятный. Через 6 месяцев потенциал во всех 10 откупоренных бутылках остался на том же уровне, вкус и запах не изменились. Через 9 месяцев потенциал в 9 бутылках немного возрос, стал в пределах минус (400–600) мВ. В одной бутылке потенциал возрос до минус 290 мВ, в ней ощущали запах сероводорода. Пробовать воду из этой бутылки не стали. Через 12 месяцев в четырех откупоренных бутылках потенциал сохранился на уровне минус (400–600) мВ, органолептические свойства не изменились. В 6 бутылках чувствовался сильный запах сероводорода, потенциал возрос до минус (100–200) мВ. Зависимость ОВП от времени хранения представлена на *рис. 1*.

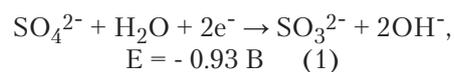
Мы предполагаем, что увеличение ОВП связано с расходом водорода на восстановительные реакции с веществами, содержа-

Рис. 1. Зависимость окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) относительно хлор-серебряного электрода ОВП (ХСЭ), мВ от времени хранения воды, насыщенной водородом, в стеклянной бутылке (t, месяцы). →

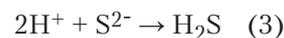
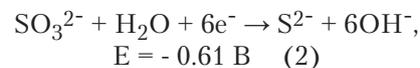
Н.А. Беркутов,
кандидат технических наук, доцент кафедры химии, Нижнетагильского технологического института (НТИ (филиал) УрФУ) Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (Уточнил)

И.М. Пискарев*,
кандидат физико-математических наук, (ВНЦ) ведущий научный сотрудник, НИИ ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

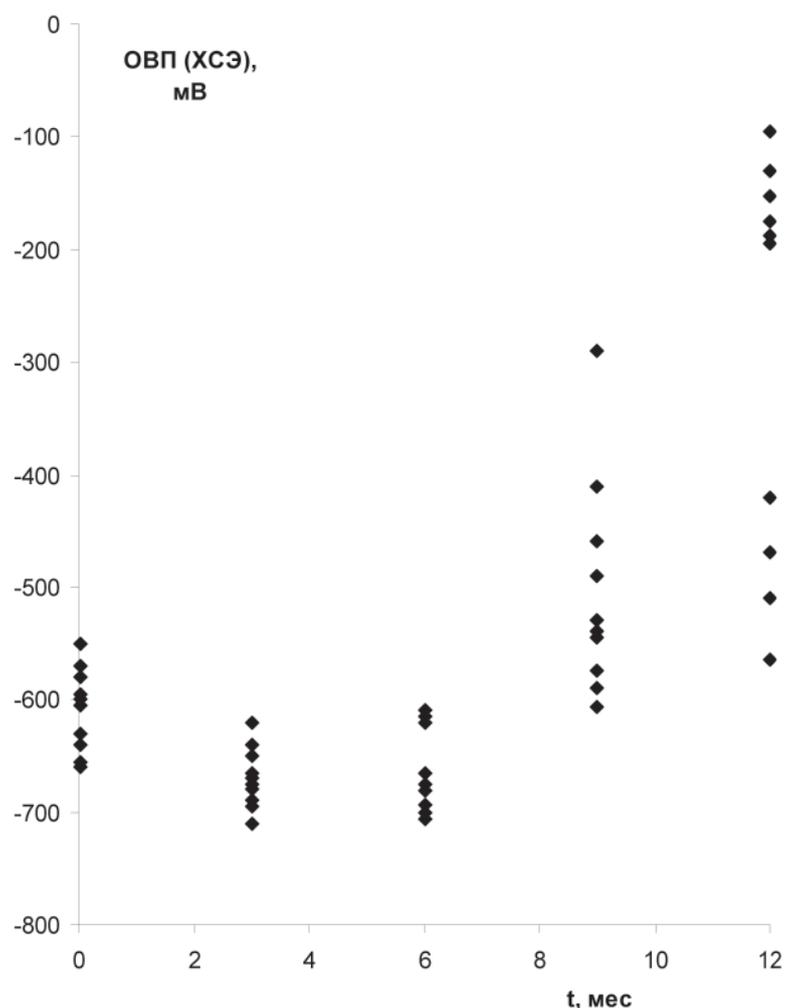
щимися в воде. Одной из причин появления запаха сероводорода может быть восстановление сульфатов. Первой стадией восстановления может быть реакция [2]:



Вторая стадия:



Ни первая, ни вторая реакция не могут происходить в водном растворе при потенциале, создаваемом водородом. В растворе, насыщенном водородом, без проблем может происходить только реакция (3). Но реакции (1) и (2) могут происходить с гидратированным электроном, ОВП которого $E = -2,87 \text{ В}$ [3]. Источником гидратированных электронов может служить радиолитиз воды под действием ионизирующего излучения, обусловленного радиационным фоном. В работе [4] наблюдалось свечение синглетного кислоро-



да, образующегося по цепочке $e^-_{aq} \rightarrow O_2 \cdot^- \rightarrow O_2(a^1\Delta_g)$. В воде, насыщенной водородом, растворенного кислорода практически нет [5], поэтому гидратированный кислород может расходоваться по другим каналам. Под действием радиационного фона 0.12 мкЗв/ч в чистой воде генерируются гидратированные электроны со скоростью $9.5 \cdot 10^{-18}$ моль/(л с) [4]. За год нарабатывается примерно $3 \cdot 10^{-10}$ моль/л гидратированных электронов. Флуктуации радиационного фона и примеси воды с атомным номером, превышающим атомный номер воды, могут повысить наработку гидратированных электронов в несколько раз. Порог обнаружимости запаха сероводорода составляет $1,2 \cdot 10^{-5}$ мг/л или $3,5 \cdot 10^{-10}$ моль/л [6]. Очевидно, что за год количество восстановленных сульфатов может оказаться достаточным для появления в воде заметного запаха сероводорода. Таким образом, в воде с отрицательным ОВП при ее длительном хранении могут протекать восстановительные процессы, ухудшающие ее качество. Поэтому к вопросу о хранении такой воды нужно подходить с осторожностью.

Заключение

Показано, что в воде с отрицательным ОВП может происходить восстановление растворенных веществ. Продукты восстановления по крайней мере ухудшают органолептические свойства воды. При оценке возможности хранения такой воды

Ключевые слова:

вода,
отрицательный
окислительно-
восстановительный
потенциал ОВП,
хранение

нужно учитывать все возможные каналы восстановительных реакций растворенных в воде веществ.

Литература

1. Аристова Н.А. Физико-химические методы получения экологически чистой активированной воды / Н.А. Аристова, И.М. Пискарев. Нижний Тагил: Изд. УрФУ НТИ, 2011. 75 с. Электронный ресурс: http://depni.sinp.msu.ru/~piskarev/science/NTI_Aristova_Piskarev.pdf
2. Добош Д. Электрохимические константы. Пер. с венгерского. М.: Мир, 1980. С. 230. (или 230 с. это страница в книге, так что С. 230)
3. Харт Э. Гидратированный электрон. Пер. с англ. /Э. Харт, М.А. Анбар. М.: Атомиздат. 1973. 280 с.
4. Ермолин С.В. Механизм свечения воды при радиолизе под действием радиационного фона. / С.В. Ермолин, И.П. Иванова, Д.И. Князев, С.В. Трофимова, И.М. Пискарев // Журнал физической химии. 2012. Т. 86. № 6. С. 1140–1143.
5. Аристова Н.А. Активация молекулярного водорода, растворенного в воде / Н.А. Аристова, И.М. Пискарев // Вода: химия и экология. 2009. № 1. С. 27–32.
6. Вредные вещества в промышленности: Справочник для химиков, инженеров и врачей. 7-е изд. Т. 3. Л. Химия: 1976. С. 51–53.



N.A. Aristova, N.A. Berkutov, I.M. Piskarev

WATER STORAGE WITH NEGATIVE REDOX POTENTIAL

The possibility of water storage with $E = \text{minus}$ (600-700) mV, obtained by saturating the water with molecular hydrogen in glass bottles have been investigated. Within 6 months deterioration the water was observed.

After a year of storage in 60% of the samples the smell of hydrogen sulfide was felt. The appearance of hydrogen sulfide could be explained by sulfates reduction, that were dissolved in water. One of the approaches to the recovery

may be the radiolysis of water under the influence of an external background radiation.

Key words: water, a negative redox potential, storage