

*Л. С. Егорова, М. И. Минин, А. Г. Алиева***Тест-метод определения общей жесткости воды***L. S. Egorova, M. I. Minin, A. G. Alieva***Test Method to Determine Total Hardness of Water**

Предложена тест-система для определения общей жесткости воды по интенсивности окраски шкалы. Данный метод является быстрым и недорогим способом провести анализ как в лаборатории, так и за ее пределами.

**Ключевые слова:** тест-система, общая жесткость, тест-полоски, тест-полосы, цветовая шкала, Эриохром черный Т, карбонат натрия.

DOI 10.14258/izvasu(2013)3.2-37

В настоящее время возникает все большая потребность в проведении быстрого и точного анализа во внелабораторных условиях, поскольку необходим постоянный контроль состава окружающих нас объектов. Вода является одним из наиболее распространенных и важнейших веществ на Земле. Помимо использования в быту, ее широко применяют в промышленной деятельности, поэтому контроль состава воды производится регулярно. Одним из важнейших критериев является общая жесткость [1].

Общая жесткость воды определяет содержание в воде растворенных солей кальция и магния. Суммарное содержание этих солей в воде и называют общей жесткостью [2].

Различают два вида жесткости воды: временную (карбонатную) и постоянную, иногда детализируют суммарную жесткость на жесткость по кальцию и магнию.

Временная (карбонатная) жесткость обусловлена присутствием гидрокарбонатов кальция и магния —  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ .

Наличие этих солей в воде объясняется растворением карбонатов кальция и магния под действием природной воды и растворенного в ней углекислого газа (диоксида углерода) при контакте с породами, содержащими эти соли, например:



Карбонатная жесткость называется временной потому, что эти соли разлагаются при кипячении воды.

Постоянная жесткость обусловлена присутствием в воде главным образом сульфатов и хлоридов кальция и магния —  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ .

It is proposed to use test system to determine the total hardness of the water according to color intensity scale. This method is a quick and inexpensive way to analyze water in the laboratory and beyond.

**Key words:** test system, total hardness, test strips, test strips, color scale, Eriochrome Black T, sodium carbonate.

По содержанию катионов кальция и магния воду можно классифицировать по степени жесткости (табл. 1) [3].

Для определения общей жесткости воды тест-методом за основу взята методика В. Г. Амелина, где в качестве тест-системы предложено тест-устройство для визуального определения общей жесткости при помощи импрегнированной эриохромом черным-Т и тетраборатом натрия (вводят для создания буферной смеси с  $\text{pH} \sim 9.20$ ), фильтровальной бумаги марки «красная лента». Диапазон определяемых суммарных содержаний ионов щелочноземельных металлов составляет 0.001000–0.1000 ммоль/л.

Методика модифицирована следующим образом:

1. Для определения общей жесткости воды предложен визуально-колориметрический метод определения интенсивности по разности окраски растворов (из синей через фиолетовую в малиновую).

2. Раствор тетрабората натрия заменен на аммиачный буферный раствор. Он является более дешевым и обладает большей буферной емкостью.

3. В качестве тест-устройства выбран шприц вместимостью 2,0 мл.

4. Диапазон определяемых содержаний составил 0.001000–0.5000 ммоль/л.

Для создания стандартной индикаторной шкалы необходимо приготовить индикаторный раствор. Он готовится путем приливания к раствору эриохрома черного Т (0,5–0,8 г/л) 1,00 мл аммиачной буферной смеси ( $\text{pH} \sim 9.20$ ) (от количества второго зависит интенсивность окраски).

Таблица 1

Классификация воды по содержанию солей кальция и магния

Общая жесткость воды, ммоль/л	Справочник по гидрохимии	Водоподготовка	Германия DIN 19643	United States Environmental Protection Agency (US EPA)		
0–1,5	Мягкая вода	Очень мягкая	Мягкая	Мягкая		
1,5–1,6		Мягкая		Умеренно жесткая		
1,6–2,4			Средней жесткости			
2,4–3,0			Достаточно жесткая			
3,0–3,6		Умеренно жесткая	жесткая	Жесткая		
3,6–4,0						
4,0–6,0	Средней жесткости	Жесткая	Очень жесткая	Очень жесткая		
6,0–8,0						
8,0–9,0	Жесткая					
9,0–12,0						
Свыше 12,0	Очень жесткая					

Готовят растворы с суммарным содержанием ионов кальция и магния в диапазоне от 0,001000 до 0,5000 ммоль/л (табл. 2).

Таблица 2

Суммарные содержания ионов кальция и магния в стандартных растворах

$\Sigma \text{Ca}^{2+} \text{ и } \text{Mg}^{2+}$ , ммоль/л · 10 <sup>3</sup>	$\text{Ca}^{2+} \cdot 10^3$ ммоль/л	$\text{Mg}^{2+} \cdot 10^3$ ммоль/л
1,0	0,5	0,5
10,0	5,0	5,0
25,0	12,5	12,5
50,0	25,0	25,0
75,0	37,5	37,5
100,0	50,0	50,0
150,0	75,0	75,0
250,0	125,0	125,0
500,0	250,0	250,0

Таблица 3

Результаты титрования пробы раствором ЭДТА

	№ пробы	$V_{\text{ал.}}$ мл	$V_{\text{ЭДТА}}$ , пошедший на титрование, мл
утро	1	50,00 мл	6,30
	2		6,25
	3		6,30
	4		6,40
день	5		6,30
	6		6,40
вечер	7		6,30
	8		6,30
	9		6,40
	10		6,30
	11		6,40
	12		6,40

В тест-устройство шприц набирают 1,0 мл индикаторного раствора и вводят 1,0 мл раствора с известным содержанием ионов кальция и магния.

По известным концентрациям готовят индикаторную шкалу в диапазоне 0,001000 до 0,5000 ммоль/л с переходом окраски из синей через фиолетовую в малиновые..

В качестве исследуемого объекта проверки модифицированного тест-метода использовалась речная вода. Лабораторные пробы были отобраны путем взятия четырех проб в р. Оби на равных расстояниях друг от друга. Пробы отбирались в Барнауле, в районе речного вокзала, на равных расстояниях от центрального моста. Проба отбиралась в один день в разное время суток — утро, день, вечер. Объем пробы составлял 1500 мл в емкость, изготовленную из полимерных материалов. Анализ проводился в течение нескольких часов после отбора пробы. Результаты анализа комплексонометрического титрования приведены в таблице 4.

Таблица 4

Сравнение результатов анализа пробы речной воды тест-методом и титриметрическим методом

№	Общая жесткость, ммоль/л · 10 <sup>-2</sup>	
	Титриметрический метод	Тест-метод
1	12,6 ± 0,2	12 ± 2
2	12,5 ± 0,2	10 ± 2
3	12,6 ± 0,2	12 ± 2
4	12,8 ± 0,2	10 ± 2
5	12,6 ± 0,2	12 ± 2
6	12,8 ± 0,2	10 ± 2
7	12,6 ± 0,2	12 ± 2
8	12,6 ± 0,2	10 ± 2
9	12,8 ± 0,2	10 ± 2
10	12,6 ± 0,2	12 ± 2
11	12,8 ± 0,2	10 ± 2
12	12,8 ± 0,2	10 ± 2

Данный тест-метод удовлетворяет установленным ранее условиям. Тест-устройство удобно, мобильно, доступно, обладает низкими затратами как по времени на приготовление тест-устройства, так и по материальным средствам. Тест-метод подходит для полуколичественного анализа общей жесткости речных и озерных вод, это дает возможность контролировать качество вод в «поле».

Недостатком метода является невысокая чувствительность и недостаточная точность по сравнению с титриметрическим методом, а растворы сравнения теряют свою окраску через две недели после их создания в результате разложения индикатора.

Тест-метод подходит для определения общей жесткости воды речных и озерных вод, где среднее содержание катионов кальция и магния в среднем составляет 0,1–0,2 ммоль/л.

### Библиографический список

1. Золотов Ю. А., Иванов В. М., Амелин В. Г. Химические тест-методы анализа. — М., 2002.
2. Амелин В. Г. Тест-метод определения суммарных показателей качества вод с использованием инди-

каторных бумаг // Журнал аналитической химии. — 2000. — № 5.

3. Станкевич М. Е., Радионов В. В. Методы определения и устранения жесткости воды. — Саратов, 2002.