

А.Г. Хайрулина, С.В. Темерев

Определение натрия и калия в природных водах методом фотометрии пламени

A.G. Khairulina, S.V. Temerev

The Sodium and Potassium Determination in Natural Waters by Flame Photometry

Методом фотометрии пламени определено содержание натрия и калия в природных и минеральных водах; исследованы состав образцов вод по катионам (магния, кальция) и анионам (карбонату, гидрокарбонату, сульфату и хлориду), соответствие химического состава образцов минеральных вод декларируемым показателям ионного состава. Показано, что метод фотометрии пламени позволяет более достоверно классифицировать природные воды по гидрохимическим данным.

Ключевые слова: поверхностные и минеральные воды, химический состав, фотометрия пламени.

Введение. Исключительная роль воды связана с ее универсальной способностью растворять различные вещества, образовывать сложные по химическому составу растворы солей, газов и органических веществ с различными свойствами.

От гидрохимического состава воды зависят как физические – температура замерзания, величина испарения, цвет, прозрачность, так и химические свойства [1].

Химический состав воды необходимо учитывать при использовании водных объектов для всех видов водоснабжения (бытового, технического, транспортного), при строительстве гидротехнических сооружений (для предупреждения коррозии бетона, металлов), при орошении (для использования характерных качеств воды). Знание состава воды данного объекта позволяет определить возможность ее использования для хозяйственных целей или наметить пути улучшения ее качества [1, 2].

Минеральные воды обладают природными лечебными свойствами. Оздоровляющее действие минеральной воды на организм человека, ее лечебные свойства известны с глубокой древности. На базе месторождений минеральных вод действуют курорты, санатории, здравницы, заводы по розливу минеральных вод. По мере наиболее интенсивного развития потребительского рынка организовано и функционирует достаточно много предприятий, занимающихся розливом, доставкой и реализацией минеральных

The aim of research is to determine sodium and potassium in natural and mineral waters by a flame photometry method; to research structure of water samples on cations (magnesium, calcium) and anions (bicarbonate, sulfate and chloride); to research a conformity of chemical composition of mineral waters' samples to declared indicators of ionic structure. In the course of study it is shown that the flame photometry method allows us to classify more authentically natural waters according to hydrochemical data.

Key words: surface and mineral waters, chemical composition, flame photometry.

вод. Это увеличивает вероятность реализации минеральной воды, которая не соответствует по своему составу и безопасности декларируемым показателям [3].

При исследовании источников минеральных вод и соленых озер химический состав воды полностью определяет их практическое значение, и, естественно, изучение химического состава воды в этих случаях является основной задачей [4].

Цели:

- определение натрия и калия в природных и минеральных водах методом фотометрии пламени;
- исследование состава образцов вод по катионам (магния, кальция) и анионам (карбонату, гидрокарбонату, сульфату и хлориду);
- исследование соответствия химического состава образцов минеральных вод декларируемым показателям ионного состава;

Задачи:

- выполнить критический обзор мировой литературы по теме исследования;
- освоить методы и методики определения ионного состава природных и минеральных поверхностных и приповерхностных вод: фотометрию пламени; комплексометрию катионов магния (II), кальция (II), турбидиметрию хлорид- и сульфат-анионов; протолитометрию карбонат, гидрокарбонат анионов;
- приготовить модельные растворы определяемых катионов и анионов;

Определение натрия и калия в природных водах методом фотометрии пламени

- построить градуировочные графики и определить области линейности;
- отобрать пробы различных по ионному составу вод в соответствии с существующими международными стандартами;
- проанализировать образцы пресных, соленых и минеральных вод;
- сравнить результаты анализа образцов вод различных типов, групп и классов;
- в соответствии с современными представлениями классифицировать исследованные образцы вод по

результатам определения ионного состава, сформулировать итоговые выводы.

Экспериментальная часть. Метод определения растворенных калия и натрия в неочищенной и питьевой воде устанавливает ИСО 9964-3. Метод пламенной эмиссионной спектрометрии применим к пробам воды с концентрацией натрия и калия до 10 мг/л. Для проб воды, содержащих более высокие концентрации калия и натрия, стандарт рекомендует брать для анализа аликвоту меньшего объема. Нижний предел обнаружения – менее 0,1 мг/л [5].

Таблица 1

Методы, используемые в исследовании ионного состава природных вод [6]

Метод	Определяемый ион	Минимальная определяемая концентрация, мг/л
Фотометрия пламени ПАЖ 2 (СССР)	Ca ²⁺ , Na ⁺ , K ⁺	0,1–0,001 мг/л
Комплексометрия	Ca ²⁺ , Mg ²⁺	1,0 мг/л
Протолитометрия	HCO ₃ ⁻	10 мг/л
Турбидиметрия	Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻	0,50 мг/л

Условие электронейтральности воды используют при определении ионного состава поверхностных природных вод, представляя в виде

$$\sum C_{Na^+} + C_{K^+} + C_{Ca^{2+}} + C_{Mg^{2+}}, [\text{мг} - \text{экв/л}] = \sum C_{Cl^-} + C_{CO_3^{2-}} + C_{HCO_3^-} + C_{SO_4^{2-}},$$

[мг – экв/л] уравнения материального баланса в гидрохимическом анализе.

[мг – экв/л] = [ммоль/л] × f (фактор эквивалентности иона в реакции с реагентом).

В массовых гидрохимических анализах сначала анализируют воду на содержание анионов хлорида, сульфата, карбоната и гидрокарбоната, затем комплексометрически определяют концентрации катионов магния и кальция, а концентрации катионов натрия и калия рассчитывают в виде суммы мг-экв в литре воды, вычитая из суммы мг-экв анионов (правая часть уравнения) сумму мг-экв катионов кальция (2+) и магния (2+).

Достоверность определения катионов натрия и калия обеспечивает именно метод фотометрии пламени, позволяющий анализировать концентрации вышеуказанных катионов эмиссией их атомного пара в воздушно-пропановом пламени.

В каждом параллельном образце исследуемой воды, кроме пламенной фотометрии катионов натрия, калия, кальция, выполняли полный гидрохимический анализ главных анионов (хлоридов, сульфатов, карбонатов и гидрокарбонатов), но представление всего комплекса экспериментальных результатов ограничено объемом публикуемого в журнале материала.

Результаты и обсуждение. Результаты таблиц 2–4 свидетельствуют об универсальности метода фотометрии пламени в отношении как снеговых, пресных, так и соленых рассолов степного Алтая.

Таблица 2

Содержание ионов натрия, калия, кальция в снеговой воде

Объект	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺
	мг/л		
Снеговая вода	13,2 ± 0,3	8,28 ± 0,07	0,3 ± 0,2

Таблица 3

Содержание ионов натрия и калия в пресных водах

Объект анализа	Na ⁺	K ⁺
	мг/л	
Водопроводная вода (п. Южный)	21,2 ± 0,3	9,2 ± 0,3
Грунтовая вода №1 (п. Южный)	126 ± 1	10,4 ± 0,1
Водопроводная вода №2 (п. Южный)	22,6 ± 1,4	9,8 ± 0,7
Грунтовая вода №2 (п. Южный)	115 ± 1	10,6 ± 1,8
Водопроводная вода (п. Восточный)	36 ± 1	11,5 ± 1,2

Таблица 4

Содержание ионов натрия и калия в соленых водах

№ точки (объект)	Na ⁺	K ⁺
	г/л	
№8 (Б. Яровое)	3,62 ± 0,07	0,787 ± 0,004
№1 (Б. Яровое)	2,90 ± 0,06	0,685 ± 0,006
№6 (р. Кулунда)	1,42 ± 0,19	0,323 ± 0,011
№7 (р. Кулунда)	1,707 ± 0,009	0,369 ± 0,002

Таблица 5

Содержание (мг/л) ионов Na⁺ и K⁺ в бутылированных минеральных водах (колонки 3–4) и сумма, указанная производителем

Объект n = 3	Na ⁺	K ⁺	<Na ⁺ + K ⁺ >	Интервал (Na ⁺ + K ⁺) на бутылке
Нарзан	220,4 ± 1,3	11,5 ± 0,2	233,9	130–200
Касмалинская	159 ± 1	8,2 ± 2,4	167,2	50–200
Карачинская	804,5 ± 2,6	66 ± 1	870,5	500–800
Серебряный ключ	23,4 ± 0,6	8 ± 2	31	3–25
Меркурий	378 ± 3	30 ± 2	408	400–1000
Новотерская	725 ± 1	35,5 ± 0,6	760,5	700–1200
Благая весть	1045 ± 1	23 ± 6	1068	1000–1400
Родники России	21 ± 3	10,6 ± 2,2	31,6	10–30
Ессентуки 17	4600 ± 1	1200 ± 4	5800	3200–6000
Архыз	30 ± 2	7,5 ± 0,8	37,5	–
Серебряный лес	25,6 ± 3,4	9 ± 1	34,6	Не более 50

Несмотря на традиционный гидрохимический анализ, при анализе маломинерализованных вод расчетный метод не применим. Так, ошибка определения сульфат-аниона ±0,7 мг/л оказалась сравнима с содержанием кальция в снеговой воде 0,3 мг/л (табл. 2). То же относится и к хлорид-ионам, ошибка определения хлорид иона также составила ±0,4 мг/л. Таким образом, расчет суммы натрия и калия косвенным методом в случае маломинерализованных вод не верен методически.

Метод фотометрии пламени калия, кальция и натрия удовлетворяет по экспрессности, воспроизводимости и правильности гидрохимического определения катионного состава снеговых вод (табл. 2). Возможности метода фотометрии пламени позволяют достоверно определять катионный состав водопроводных (табл. 3), минеральных вод (табл. 5) и даже рассолов (табл. 4). Очевидно, при разбавлении сильно минерализованных вод необходимо учитывать фактор разбавления для исключения ошибок, рекомендуется использовать градуировку применяемой в анализе мерной посуды.

Использование метода фотометрии пламени позволило достоверно классифицировать природные воды

по величине минерализации, группе, типу и классу воды (табл. 6).

Выводы:

1. Прямое эмиссионное определение натрия, калия и кальция позволяет достоверно анализировать воды малой минерализации (табл. 3) и контролировать катионный состав минеральных вод в розничной сети (табл. 5).

2. Исследования ряда минеральных вод различной минерализации (11 образцов по три параллельных; табл. 5), представленных на потребительском рынке Алтайского края, показали, что бутылированная минеральная вода по органолептическим и физико-химическим показателям отвечает требованиям ГОСТ 13273-88 к минеральным, питьевым лечебно-столовым водам, предназначенным для промышленного розлива в бутылки.

3. Выявлено несоответствие содержания натрия и калия, заявленных производителем в виде суммарного содержания элементов. Четыре образца формально не соответствовали содержанию натрия и калия – образцы минеральных вод «Нарзан» (Краснодарский край), «Карачинская» (Новосибирская область), «Серебряный ключ» (Алтайский край), «Родники России» (Краснодарский край).

Характеристика исследуемых вод по классификации О.А. Алекина

Образец воды	Минерализация, г/дм ³	Класс воды	Группа (тип) воды
Снеговая вода	0,07	гидрокарбонатный	натриевая (I)
Водопроводная вода	0,10	гидрокарбонатный	натриевая (I)
Вода п. Восточный	0,11	гидрокарбонатный	натриевая (I)
Вода из колодца	0,40	гидрокарбонатный	натриевая (II)
	г/кг		
№6 (р. Кулунда)	3,50	хлоридный	натриевая (I)
№7 (р. Кулунда)	3,80	хлоридный	натриевая (I)
№1 (Б. Яровое)	6,80	сульфатный	натриевая (I)
№8 (Б. Яровое)	7,97	сульфатный	натриевая (I)

Библиографический список

1. Воды минеральные. Методы анализа. – М., 2000.
2. Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод. – 2-е изд. испр. – М., 1973.
3. Государственный контроль качества воды / ВНИИ-стандарт. – М., 2003.
4. Львов Б.В. Атомно-абсорбционный анализ. – М., 1966.
5. Никаноров А.М. Экологическое нормирование и моделирование антропогенного воздействия на водные экосистемы. – СПб., 1999. – Вып. 2.
6. Темерев С.В. Анализ воды и водных экосистем: лабораторный практикум для студентов 4-го курса хим. факта. – Барнаул, 2012.