

ПРОТОЧНО-ИНЖЕКЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПИТЬЕВЫХ ВОД. КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И ГИДРОКАРБОНАТОВ

Е.В. Елипашева, П.Н. Куликов, В.П. Сергеева, Г.М. Сергеев

*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
Химический факультет
603950, ГСП-20, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23.
Shlena@bk.ru*

Поступила в редакцию 3 декабря 2010 г.

Предложены простые и надежные методики проточно-инжекционного кондуктометрического определения минерализации бутилированных питьевых вод и содержащихся в них гидрокарбонатов. В отличие от методик ГОСТ рекомендуемые способы анализа характеризуются экспрессностью, возможностью автоматизации, небольшим расходом проб и реагентов. Диапазон определяемых концентраций HCO_3^- -ионов составляет $5 \cdot 10^{-3}$ –6 г/л; контролируемый уровень минерализации вод $2 \cdot 10^{-2}$ –4 г/л при относительной погрешности не превышающей соответственно 10 и 30 %.

Ключевые слова: питьевые воды, проточно-инжекционный анализ, минерализация, гидрокарбонаты, кондуктометрическое определение.

Елипашева Елена Валерьевна – к.х.н., ассистент кафедры аналитической химии химического факультета Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского.

Область научных интересов – экологический мониторинг природных вод методом проточно-инжекционного анализа и хроматографии.

Автор 23 статей.

Куликов Павел Николаевич – аспирант кафедры аналитической химии Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского.

Область научных интересов – потоковые методы анализа природных и очищенных вод.

Сергеева Вера Павловна – к.х.н., доцент кафедры физической химии химического факультета Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского.

Область научных интересов – электрохимия растворов, расчеты равновесий в гомогенных и гетерогенных системах.

Автор около 40 публикаций.

Сергеев Геннадий Михайлович – д.х.н., доцент, профессор кафедры аналитической химии химического факультета Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского.

Область научных интересов – вещественный анализ объектов окружающей среды и технологических сред инструментальными методами.

Автор около 150 публикаций.

В России используют более 500 наименований различных по составу питьевых бутилированных столовых и минеральных вод. Однако их качество не всегда удовлетворяет требованиям соответствующих нормативных документов. Проблемы оценки качества питьевых вод, в том числе по таким обобщенным показателям как минерализация и карбонатная щелочность, требуют совершенствования унифицированных и экспрессных методов контроля.

Согласно [1] для бутилированных столовых вод «щелочность» должна находиться в пределах 0.5–6.5 мг-экв/л (норматив физиологической полноценности). Общая минерализация (сухой остаток) не регламентируется. Вместе с тем, считается, что минимальная величина этого показателя составляет 0.1 г/л; оптимальный уровень минерализации находится в пределах 0.2–0.5 г/л.

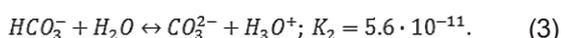
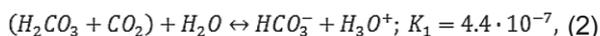
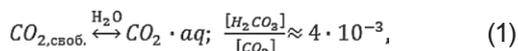
Для минеральных питьевых лечебных и лечебно-столовых вод приводятся [2] бальнеологические нормы содержания микро- и макрокомпонентов. Среди последних – не менее 0.5 г/л растворенной углекислоты (углекислотные воды).

Рекомендуемые методы определения минерализации (гравиметрия) и карбонатной щелочности (индикаторное или рН-метрическое титрование) требуют для проведения анализа больших объемов исследуемых образцов и продолжительного эксперимента [3].

Поэтому с целью унификации способов контроля обобщенных показателей вод и повышения производительности аналитических процессов рационально применение проточно-инжекционного анализа (ПИА) [4, 5]. Для решения вышеуказанных задач оптимальным является использование кондуктометрического детектора, отклик которого линеен в достаточно широком диапазоне концентраций электролитов [6].

В настоящей работе предлагается проточно-инжекционное кондуктометрическое определение минерализации и карбонатной щелочности бутилированных питьевых вод с различным солевым составом.

Большинство природных вод относятся к гидрокарбонатному типу, так как в них доминируют гидрокарбонаты щелочноземельных элементов [7]. Между угольной кислотой и её анионами устанавливаются подвижные равновесия:



В большинстве природных вод рН изменяется в пределах 6-8 и зависит от соотношения концентраций свободного диоксида углерода и гидрокарбонат-ионов.

Минерализация вод чаще всего обусловлена гидрокарбонатами, сульфатами и хлоридами кальция, магния, натрия и калия.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Работу выполняли на установке ПИА блочного типа (рис. 1). Используемая аппаратура включала двухканальный перистальтический микронасос (LBK 2132, Швеция) с низким уровнем пульсации потока жидкости, проточную кондуктометрическую ячейку в тефлоновом корпусе с вольфрамовыми электродами (объем камеры 35 мкл, постоянная сосуда $3.4 \cdot 10^{-2} \text{ см}^{-1}$ при частоте $\nu = 3500 \text{ Гц}$ и $20 \text{ }^\circ\text{C}$). Применяли кондуктометр (модель 5721, Польша) с пределами измерений удельной электропроводности: $0 - 3 \cdot 10^{-4} \dots 10 \text{ См/м}$ в десяти поддиапазонах. Кроме этого – самописец КСП-4 и компенсационное устройство для согласования выходного сигнала кондуктометра с электронной схемой самописца.

Объектами анализа являлись бутилированные столовые, лечебно-столовые и лечебные минеральные воды Европейской части России и Кавказского региона, а также очищенные и кондиционированные воды. На протяжении 2008–2009 гг. осуществляли периодический контроль (три раза в год) не менее трех партий вод одного наименования и трех проб из каждой партии. Перед анализом воды очищали от взвешенных частиц пропусканием через мембранный фильтр (0.45 мкм). Для освобождения от органических веществ использовали картридж с сорбентом «SGX C-18».

С целью контроля HCO_3^- -ионов применяли «обращенный» вариант ПИА при использовании в качестве несущего потока (8 мл/мин) анализируемой воды (проба объемом 50-80 мл) и инъекции в поток одинаковых аликвот (125 мкл) стандартных растворов HCl различных концентраций: от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л с интервалом, составляющим 0.5 порядка величины.

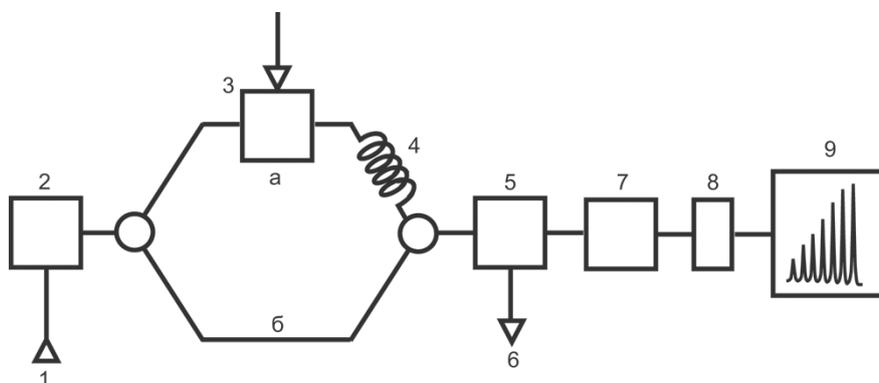


Рис. 1. Блок-схема установки ПИА для определения HCO_3^- -ионов (а) и минерализации вод (б): 1 - анализируемая вода (или раствор сравнения), 2 - перистальтический микронасос, 3 - устройство ввода порции титранта, 4- реакционная трубка, 5 - кондуктометрическая ячейка, 6 - слив, 7 - кондуктометр, 8 - компенсирующее устройство, 9 - самописец

Концентрацию исходного 0.1 моль/л раствора HCl уточняли еженедельно. В качестве растворителя применяли освобожденную от растворенной углекислоты бидистиллированную воду с удельной электропроводностью (κ) не более 20 мкСм/м и реактивы квалификации х.ч.

Взаимодействие между HCO_3^- -ионами и титрантом проходило в реакционной трубке из силиконовой резины длиной 10 см и внутренним диаметром 3 мм. Изменение удельной электропроводности раствора в кондуктометрической ячейке после инжектирования каждой порции титранта фиксировалось на диаграммной ленте самописца в виде симметричного узкого пика. Высота H последнего возрастала с увеличением степени оттитрованности гидрокарбонатов. Такой способ кондуктометрического титрования позволяет получить зависимость аналитического сигнала от концентрации раствора соляной кислоты. Были использованы билогарифмические координаты «lg H – pC(HCl)», поскольку величины H (мм) и C(HCl) (моль/л) в ходе эксперимента изменялись на несколько порядков. Точка пересечения двух прямолинейных ветвей кондуктограммы отвечала искомой молярной концентрации (в ед. pC) гидрокарбонат-ионов.

Метод ПИА с кондуктометрической регистрацией сигнала характеризуется диапазоном определяемых концентраций HCO_3^- ионов от $5 \cdot 10^{-3}$ до 6 г/л) и суммарной относительной погрешностью не более 10 %. Если содержание гидрокарбонатов превышало 0.2 г/л, пробу анализируемой воды разбавляли свежeproкипяченным и охлажденным бидистиллятом. Предел обнаружения составляет $3 \cdot 10^{-3}$ г/л HCO_3^- .

При определении карбонатной щелочности вод по методике ГОСТ использовали pH-метр-милливольтметр «pH-121» с электродной системой: стеклянный электрод ЭСЛ-63-07 и вспомогательный хлоридсеребряный электрод ЭВЛ-1 МЗ (погрешность измерений не превышала ± 0.05 ед. pH). При необходимости пробу разбавляли бидистиллятом, освобожденным от CO_2 . Оптимальный объем пробы воды, взятой для анализа, составил 20–25 мл. Для титрования использовали растворы HCl с концентрацией не менее $1 \cdot 10^{-2}$ М. При определении низких содержаний гидрокарбонатов (меньше 100 мг/л) вводили поправку к измеряемому объему титранта, найденную в ходе «холостого» опыта. С учетом рекомендаций [8] pH-метрическое титрование в «статических» условиях обеспечивает практически такие же характеристики, что и метод ПИА, существенно уступая последнему в экспрессности анализа. Суммарная относительная погрешность для концентраций HCO_3^- -ионов на уровне (0.1–2) мг/л составляла 15–20 %; в диапазоне (10–100) мг/л – (5–10) %.

Для получения градуировочной зависимости удельной электропроводности от минерализации

вод использовали растворы–имитаторы, матричный состав которых отвечал водам соответствующего геохимического типа. Сертификаты качества бутилированных питьевых вод, содержащих сведения о составе и концентрации основных компонентов, представляют такую возможность. Минерализацию (M , мг/л) рассчитывали по сигналам кондуктометра (κ , См/м), регистрируемых самописцем: $\kappa = (0.19 \pm 0.01) \cdot 10^{-3} \cdot M$. При использовании в качестве несущего потока бидистиллированной воды с удельной электропроводностью 20 мкСм/м предел обнаружения составляет 10 мг/л. При содержании растворенных минеральных солей более 4000 мг/л зависимость удельной электропроводности растворов от минерализации аппроксимируется степенной функцией, что обусловлено процессами агрегации ионов [6]. В условиях термостабилизации (± 0.5 °C) кондуктометрической ячейки относительная погрешность составила 2–30 % для области минерализации вод 25–200 мг/л и 2–5 % в диапазоне 200–4000 мг/л. Приведенные величины погрешностей не превосходят допустимых значений при гравиметрическом определении минерализации [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве примера на рис. 2 для сравнения приведены кривые pH-метрического и кондуктометрического титрования бутилированной воды «Аква Минерале». Полученные экспериментальные данные использовали для расчета в анализируемых образцах содержания HCO_3^- -ионов. Следует отметить «плавное» изменение величины pH в процессе титрования (рис. 2, а), поэтому необходимо использовать способ первой или второй производной. Кондуктограмма (рис. 2, б) характеризуется четким изломом двух пересекающихся прямых, точку пересечения которых, экстраполированную на ось абсцисс и отвечающую искомой концентрации HCO_3^- -ионов, находили решением системы соответствующих уравнений с использованием ПК.

Известно [7], что в минеральных водах наблюдается различное соотношение концентраций гидрокарбонатов и растворенной углекислоты. Чем выше природная «газация» вод, тем больше выделяется углекислого газа при титровании. В условиях ПИА дополнительное количество образующегося CO_2 (по сравнению с «негазированными» водами) остается в закрытой от атмосферного воздуха проточной системе. Процесс титрования происходит в силиконовой трубке, по которой движется поток анализируемой воды, содержащий после «точки эквивалентности» избыток титранта и продукты реакции. При сравнительно большой длине реакционной трубки (изготовленной из малопроницаемого для CO_2 материала) проис-

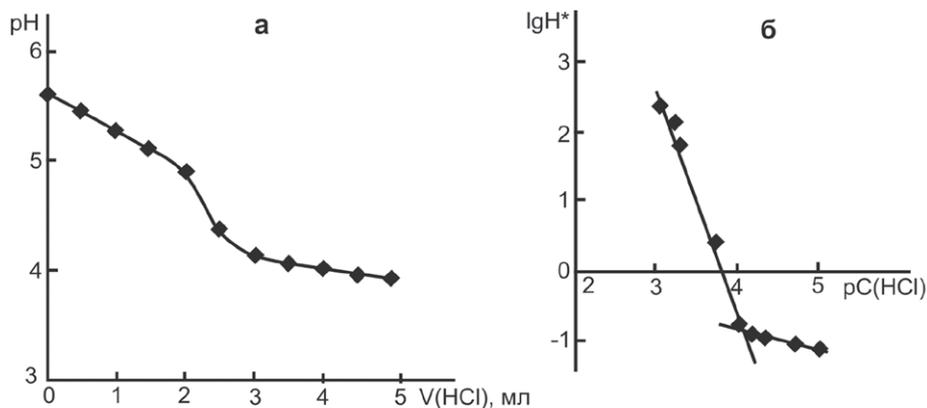


Рис. 2. Кривые рН-метрического (а) и кондуктометрического (б) титрования воды «Аква Минерале» для расчета содержания HCO_3^- -ионов (* - перерасчет на множитель шкалы кондуктометра $30 \text{ мСм} \cdot \text{м}^{-1}$)

ходит «дотитровка» минеральной воды, обогащенной растворенным углекислым газом.

Для таких природных вод естественный карбонатно-кальциевый углекислый баланс «растворенные породы – минеральные подземные воды» нарушается, если система становится открытой [7]. При этом величина рН увеличивается от 5.3–6.7 до 7.0–7.7, в зависимости от геохимического типа вод. Аналогичная ситуация может наблюдаться в статическом варианте рН-метрического или кондуктометрического титрования в открытой системе. Для этого скорость перемешивания титруемого раствора должна быть достаточно интенсивной.

Экспериментально установлена правомочность формулы:

$$K = \frac{C_{\text{карб.КД(проточ.)}}}{C_{\text{карб.КД(статич.)}}} = \frac{C(\text{HCO}_3^-) + C(\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_{2,\text{аэ}})}{C(\text{HCO}_3^-)}, \quad (4)$$

где K – поправочный коэффициент, учитывающий взаимодействие титранта с растворенной углекислотой минеральных вод природной «газации»; $C_{\text{карб.КД(проточ.)}}$ и $C_{\text{карб.КД(статич.)}}$ – концентрации гидрокарбонатов, определенные в проточной (закрытой) системе и в условиях «статического» (открытого) титрования соответственно.

Таким образом, метод ПИА позволяет определять в минеральных водах природной

Таблица 1

Влияние содержания гидрокарбонатов в минеральных водах природной «газации» на величину поправочного коэффициента K ($n = 5$; $P = 0.95$)

Содержание HCO_3^- , мг/л	Коэффициент K
200-450	1.22 ± 0.06
450-800	1.38 ± 0.07
800-2500	1.53 ± 0.08
2500-3500	1.61 ± 0.08
3500-7500	1.69 ± 0.08

газации суммарное содержание гидрокарбонатов и растворенной углекислоты. Последний показатель является весьма важным при лечении минеральными водами или при использовании таких вод в качестве прохладительного напитка.

В негазированных минеральных водах содержание растворенной углекислоты незначительно, поэтому поправочный коэффициент близок к 1. Величину K можно рассчитать по экспериментальным данным или оценить, зная уровень содержания гидрокарбонатов, приведенных в сертификатах качества бутилированных вод (табл. 1).

Результаты определения гидрокарбонат-ионов в некоторых бутилированных водах методами рН-метрии и ПИА представлены в табл. 2.

Для расчета минерализации вод получена зависимость удельной электропроводности различных образцов вод от суммарного содержания матричных солей – рис. 3. Соответствующие данные приведены в табл. 3.

Проверку правильности проточно-инжекционного определения гидрокарбонат-ионов и минерализации вод проводили сопоставлением с данными, полученными по соответствующим методикам ГОСТ. При сравнении результатов определений сначала устанавливали равнозначность методов. Рассчитанные величины F -критерия Фишера меньше приведенных [10, с. 53]. Чтобы сравнить средние значения (C_1 и C_2) двух выборочных совокупностей, использовали t -распределение Стьюдента [10]. Рассчитывали среднее взвешенное двух дисперсий ($\bar{S}_{\text{взв}}$) и максимальную погрешность разницы средних значений (Δ):

$$\bar{S}_{\text{взв}} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}, \quad (5)$$

$$\Delta = t_{P, f_{1,2}} \cdot \bar{S}_{\text{взв}} \cdot \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}}. \quad (6)$$

Пользуясь табличным значением $t_{P, f_{1,2}}$, можно сопоставить разность средних значений

концентрации $[C_1 - C_2]$ с полученной величиной Δ . Здесь $t_{P, f_{1,2}}$ – табличное значение критерия Стьюдента при доверительной вероятности $P = 0,95$ и числе степеней свободы $f_{1,2} = n_1 + n_2 - 2$;

n_1 и n_2 – число измерений по первой и второй методикам; S_1 и S_2 – выборочные стандартные отклонения для двух методик соответственно.

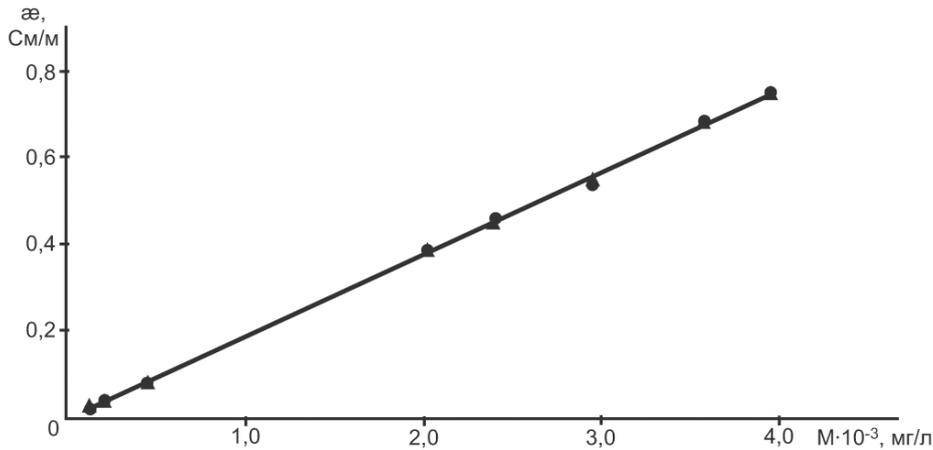


Рис. 3. Зависимость удельной электропроводности растворов сравнения – имитаторов матричного состава и образцов питьевых вод от их минерализации (M): ▲ - растворы сравнения; ● - питьевые воды

Таблица 2

Результаты определения гидрокарбонат-ионов (средние значения) в некоторых бутилированных питьевых водах ($n = 3, P = 0.95$)

Тип воды	Питьевая вода, торговая марка (источник)	Содержание HCO_3^- , мг/л		
		Сертификат качества	pH-метрия (ГОСТ) ¹	ПИА ²
Очищенные (кондиционированные) воды	“Бон Аква” (г. Н. Новгород)	≤ 50	8 ± 1	9 ± 1
	“Алтын” (Нижегородская обл.)	–	45 ± 4	44 ± 3
	“Аква Минерале” (г. Самара)	≤ 200	55 ± 6	54 ± 5
Геохимический тип вод: $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$	“Сарова” (Нижегородская обл.)	150-300	180 ± 17	190 ± 20
	“Дивеевская” (Нижегородская обл.)	–	182 ± 18	180 ± 20
	“Архыз” (Карачаево-Черкессия)	50-200	210 ± 20	210 ± 20
	“Ледяная жемчужина” (г. Кисловодск)	100-400	260 ± 25	250 ± 30
	“Я” (Владимирская обл.)	200-300	280 ± 30	280 ± 30
	“Святой источник” (г. Кострома)	130-300	340 ± 35	360 ± 40
Геохимический тип вод: $\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{Cl}^- - \text{Na}^+ (\text{Mg}^{2+})^*$	“Славяновская” (г. Железноводск)	1200-1500	1260 ± 60	1300 ± 70
	“Нарзан” (г. Кисловодск)	1000-1500	1550 ± 80	1500 ± 75
	“Кисловодская целебная” (Ставропольский край)	800-2300	1600 ± 80	1600 ± 80
	“Новотерская целебная” (Ставропольский край)	1000-2000	1580 ± 75	1550 ± 80
	“Эссентуки № 2” (г. Минеральные Воды)	1000-2000	1750 ± 90	1800 ± 90
	“Эссентуки № 4” (г. Минеральные Воды)	3900-4900	4200 ± 180	4400 ± 200
	“Эссентуки № 17” (г. Минеральные Воды)	5000-7000	5600 ± 280	5700 ± 300

Примечание: 1 – предварительное удаление растворенного CO_2 ; 2 – с учетом поправочного коэффициента K , * – воды природной «газации».

Таблица 3

Результаты определения минерализации (средние значения) некоторых бутилированных питьевых вод ($n = 3, P = 0.95$)

Тип воды	Питьевая вода, торговая марка	Минерализация, мг/л		
		Сертификат качества	Гравиметрия (ГОСТ)	ПИА
Очищенные (кондиционированные) воды	“Аква Минерале”	менее 500	32 ± 2	27 ± 3
	“Алтын”	менее 200	132 ± 4	122 ± 10
	“Бон Аква”	менее 250	200 ± 6	218 ± 15
Геохимический тип вод: $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$	“Дивеевская”	140-220	60 ± 3	68 ± 5
	“Архыз”	50-300	130 ± 4	127 ± 9
	“Ледяная жемчужина”	500	190 ± 6	200 ± 17
	“Я”	200-500	190 ± 6	195 ± 12
	“Сарова”	300-500	200 ± 7	207 ± 16
Геохимический тип вод: $\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{Cl}^- - \text{Na}^+ (\text{Mg}^{2+})$	“Святой источник”	300-600	450 ± 15	444 ± 20
	“Нарзан”	2000-3000	2020 ± 40	2050 ± 60
	“Ессентуки № 2”	3100-6100	2400 ± 50	2430 ± 70
	“Славяновская”	3000-4000	2950 ± 60	2880 ± 75
	“Новотерская целебная”	3200-5800	3580 ± 70	3600 ± 80
“Кисловодская целебная”	2800-6300	3950 ± 80	3970 ± 80	

Таблица 4

Сравнение результатов определения HCO_3^- -ионов и минерализации вод методом ПИА и способом ГОСТ ($n_1 = n_2 = 3; P = 0.95; F_{\text{табл}} = 19$)

Питьевая вода	Показатель качества	ПИА	Способ ГОСТ	$F_{\text{экс}}$	$\bar{S}_{\text{взв}}$	$ C_1 - C_2 $	Δ
		C_1 , мг/л	C_2 , мг/л				
“Сарова”	$\text{C}(\text{HCO}_3^-)$	190 ± 20	180 ± 17	1.4	7.5	10	17
	Минерализация	207 ± 16	200 ± 7	5.2	5.0	7	11
“Нарзан”	$\text{C}(\text{HCO}_3^-)$	1500 ± 75	1550 ± 80	1.1	31	50	71
	Минерализация	2050 ± 60	2020 ± 40	2.2	20	30	47

Из табл. 4 следует, что разница в полученных результатах анализа $|C_1 - C_2|$ не превышает максимальную погрешность этой разницы (Δ) при заданной величине $t_{P, f_{1,2}}$ (6). Таким образом, показано, что систематические погрешности незначимы по сравнению со случайными.

Мониторинг на протяжении 2008–2009 гг. позволил установить, что контролируемые показатели – карбонатная щелочность и минерализация – в большинстве случаев (94 и 72 % соответственно) отвечают данным, приводимым в сертификатах качества исследованных нами бутилированных питьевых вод. По-видимому, различия в найденных и заявленных величинах обусловлены бутилированием воды из разных скважин одного и того же месторождения (называемого «источником»), в которых геохимические условия формирования вод (по вертикальной или горизонтальной зональности) могут отличаться [7]. Вместе с тем, для всех указанных вод выполняются требования соответствующих нормативных документов.

Микрокомпонентный анионный и катионный состав тех же образцов бутилированных вод, отличающийся не более чем на 20–25 % от средних значений за тот же период наблюдений [11], не выявил фальсифицированной торговой продукции.

Таким образом, метод ПИА можно рекомендовать для экспресс-контроля гидрокарбонатной щелочности и минерализации вод различной солевого состава в качестве первого этапа оценки качества и подлинности бутилированных питьевых вод.

Выводы

Разработаны методики проточно-инжекционного кондуктометрического определения (ПИА) карбонатной щелочности (HCO_3^- -ионов) и минерализации бутилированных питьевых вод, характеризующиеся экспрессностью анализа (10 проб/час), возможностью автоматизации, небольшим расходом проб и реагентов.

Метрологические характеристики соответствуют требованиям ГОСТ. Диапазон опреде-

ляемых концентраций HCO_3^- -ионов составляет $5 \cdot 10^{-3}$ –6 г/л; контролируемый уровень минерализации вод - ($2 \cdot 10^{-2}$ –4) г/л при относительной погрешности не превышающей соответственно 10 и 30 %.

Выполнен анализ различных природных и очищенных бутилированных питьевых вод методом ПИА и способами ГОСТ. Показано, что различия в результатах анализа не превосходят нормируемых величин.

ЛИТЕРАТУРА

1. СанПиН 2.1.4.1116-02. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества. М.: Минздрав России, 2002. 27 с.
2. ГОСТ 13273-88. Воды минеральные питьевые лечебные и лечебно-столовые. М.: Изд-во стандартов, 1988. 28 с.
3. Государственный контроль качества минеральной воды и напитков. Справочник ТК по стандартизации. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. 840 с.
4. Шпигун Л.К. Проточно-инжекционный анализ // Ж. аналит. химии. 1990. Т. 45, № 6. С. 1045-1091.
5. Москвин Л.Н., Москвин А.Л. Проточные методы – общие принципы автоматизации химического анализа // Рос. хим. ж. 2005. Т. 49, № 2. С. 11-14.
6. Грилихес М.С., Филановский Б.К. Контактная кондуктометрия: Теория и практика метода. Л.: Химия, 1980. 176 с.
7. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. М.: Наука, 2004. 677 с.
8. Ваганчикова Е.В. Кондратенюк Б.М. Систематические погрешности измерений содержания гидрокарбонат-ионов в природных водах // Вестник Института Коми НЦ УрО РАН. 2001, № 8. С. 11-15.
9. Государственный контроль качества воды. Справочник ТК по стандартизации. М.: Изд-во стандартов, 2001. 687 с.
10. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения. Учеб. для вузов / Под ред. [Ю.А. Золотова]. – 2-е изд, перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2002. 351 с.
11. Шляпунова Е.В. Повышение избирательности вещественного анализа природных питьевых вод методами ионной хроматографии и экстракционной фотометрии. Канд. дисс. ... к.х.н. Нижний Новгород, 2009. 154 с.

FLOW INJECTION ANALYSIS OF POTABLE WATER. CONDUCTOMETRIC DETERMINATION OF MINERALIZATION AND HYDROGEN CARBONATE-IONS

E.V. Elipasheva, P.N. Kulikov, V.P. Sergeeva, G.M. Sergeev

*Department of Chemistry, Lobachevsky State University,
Gagarin Avenue 23, Nizhny Novgorod, 603950 Russia
Shlena@bk.ru*

Reliable and sample flow-injection methods of determination of mineralization and hydrogen carbonate-ions in bottle drinking water have been proposed. These methods are characterized by express analysis, capability of automation and small reagent and sample consumption. The total error for the hydrogen carbonate-ions concentration of ($5 \cdot 10^{-3}$ - 6) g/l equals 10 % and the mineralization's content of ($2 \cdot 10^{-2}$ - 4) g/l equals 30 %.

Keywords: Drinking water, flow injection analysis, mineralization, hydrocarbonate-ion, conductometric determination.