

УДК 543.544+543.33

ИОНОХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ КАТИОНОВ ЩЕЛОЧНЫХ И ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В НЕКОТОРЫХ ПИТЬЕВЫХ ВОДАХ

© 2008 г.

Е.В. Шляпунова, Г.М. Сергеев

Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского

Shlena@bk.ru

Поступила в редакцию 03.06.2008

Представлены результаты определения ионов Li^+ , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} в некоторых популярных природных питьевых водах Европейской части России и Кавказского региона. Изучена взаимосвязь между гидрогеохимическими характеристиками водоносной среды и химическим составом подземных источников. Нарушений требований нормативного законодательства не выявлено. Установлено, что отношение суммарной концентрации катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} к общему содержанию ионов Na^+ и K^+ в природных водах является в каждом случае специфическим. Последнее позволяет получить информацию об источнике происхождения питьевой воды.

Ключевые слова: щелочные и щелочноземельные элементы, ионохроматографический контроль, питьевые воды.

Введение в проблему и постановка задачи

Минеральные воды являются многокомпонентными системами, содержащими, в том числе, нормируемые ионы щелочных и щелочноземельных элементов. Формирование таких вод происходит под влиянием различных природных и антропогенных воздействий [1–4]. По сравнению с питьевой водой централизованного водоснабжения они отличаются повышенной минерализацией и не могут заменить ее в ежедневном потреблении. Природные питьевые воды, расфасованные в емкости, применяются в качестве столовой воды. Показано, что на изменение качества всех перечисленных вод оказывают влияние природный, техногенные и смешанный факторы. Если ограничиться катионами щелочных, щелочноземельных элементов и аммония, то природный фактор определяет качество воды по содержанию Li^+ , Sr^{2+} и Ba^{2+} ; смешанный фактор с приоритетом природного – по жесткости (Ca^{2+} и Mg^{2+}), минерализации, содержанию Na^+ и K^+ ; смешанный фактор с приоритетом техногенного – по NH_4^+ .

Контроль качества воды централизованного водоснабжения, питьевых столовых и минеральных вод, упакованных в потребительскую тару, осуществляют в соответствии с требованиями нормативной документации, регламентирующей их состав и безопасность [5–6]. Кроме предельно допустимых концентраций (ПДК) введен дополнительный показатель качества бутилированной питьевой воды – физиологическая полноценность, который определяет со-

держание в питьевой воде наиболее важных биогенных элементов [7].

Проблемы оценки качества питьевых подземных вод наряду с совершенствованием методов контроля заключаются в следующем: выявление региональной специфики химического состава вод, установление особенностей естественного функционирования минеральных источников по характерным показателям, изучение влияния повышенных эксплуатационных характеристик и антропогенных загрязнений. Немаловажно создание банка данных макро- и микрокомпонентного состава природных вод, отражающего современные условия их формирования, что требует проведения анализа большого количества образцов вод различных месторождений.

В связи с трудностями, связанными с добычей, разливом и транспортировкой минеральных вод, разработаны рецептуры искусственно минерализованных вод, имитирующие популярные воды «Нарзан», «Ессентуки» и др. Экономические особенности реализации природных вод и искусственных аналогов поставили задачу идентификации фальсификатов, поступающих в продажу под маркой натуральных вод. Очевидно, что лишь многокомпонентный анализ, в том числе методом ионной хроматографии (ИХ) [8], позволяет одновременно фиксировать определенные уровни концентраций различных катионов или анионов в образцах вод и тем самым идентифицировать природные воды в соответствии с их источником происхождения и качеством.

Таким образом, актуальным является решение комплекса задач, связанных, с одной стороны, с экологическими проблемами водных ресурсов, с другой – с вопросами «распознавания образа» торговых марок природных питьевых вод.

Данная работа посвящена ионохроматографическому анализу большого числа природных питьевых вод Европейской части России и Кавказского региона на содержание катионов щелочных, щелочноземельных элементов и аммония.

Экспериментальная часть

Работу выполняли на хроматографе «Цвет-3006» с кондуктометрическим детектором, используя коммерческие колонки фирмы «ЭЛ-СИКО», содержащие сорбенты «Элсикат-5» (для разделения катионов щелочных металлов и аммония); элюэнт 5 мМ HNO_3 (1 мл/мин), подавляющая колонка (100×6 мл, АРА-4П) и «Элсикат-2» (для ионов щелочноземельных элементов); элюэнт 2.0 мМ этилендиамина и 4.0 мМ лимонной кислоты (3 мл/мин), концентрирующая колонка (35×3 мм, ДИАПАК – сульфо).

Ионы Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , сорбированные на разделяющей колонке, вытеснялись в приведенной последовательности двухзарядными катионами этилендиамина (En^{2+}), входящего в состав элюэнта (2.0 мМ указанного основания; рН 3.6). Такая форма катионита (En^{2+}) обеспечивала удаление из матрицы анализируемого образца ионов щелочных металлов и аммония, не вытесняющих противоионы сорбента. Поэтому в начале хроматограммы наблюдался системный пик несорбируемых ионов Li^+ , Na^+ , K^+ , NH_4^+ .

Необходимо отметить, что закомплексованность катионов щелочноземельных элементов с этилендиамином [9] существенно меньше по сравнению с величинами суммарной закомплексованности каждого из ионов: Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} и Ba^{2+} с SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- – анионами в области их концентраций 0.2–10 г/л [1, 10]. В этой связи следует ожидать, что комплексы с указанными лигандами, образующиеся в подземных водах, не разрушаются при прохождении через колонку с катионитом в форме этилендиамина и наряду с ионами щелочных металлов и аммония участвуют в формировании системного пика. Содержащаяся в элюэнте лимонная кислота (4 мМ) перемещает по колонке ионы Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , образуя с ними в процессе хроматографирования комплексные соединения различной устойчивости [10], что улучшает эффективность разделения. Следовательно результаты ионохроматографического

анализа для принятых условий отвечают концентрациям «свободных» катионов щелочноземельных элементов, которые сорбируются в виде двухзарядных ионов, а элюируются в форме цитратных комплексов.

Концентрацию ионов SO_4^{2-} , Cl^- , F^- , NO_3^- контролировали методом двухколоночной ионной хроматографии с применением селективного анионита «ANIEKS-N» и карбонатного элюэнта [11]. С целью освобождения вод от органических составляющих для всех хроматографических систем использовали предколонку (50?6 мм) с сорбентом «SGX C18». Перед анализом воду очищали от взвешенных частиц пропусканием через мембранный фильтр (0.45 мкм). Суммарное содержание как свободных, так и «связанных» (фторидных, карбонатных, сульфатных, гидроксо-) форм кальция(II) и магния(II) определяли методом комплексонометрического титрования, согласно ГОСТ 23268.5-78. Методика проточно-инжекционного определения карбонатной щелочности (HCO_3^-) вод приведена в работе [12].

Анализировали 8–10 образцов нескольких партий природной питьевой (минеральной или столовой) бутилированной воды одинаковой маркировки. Проверка по F-критерию Фишера и t-критерию Стьюдента [13] не выявила расхождений в содержании аналитов, которые могли быть обусловлены различными партиями торговой продукции. Правильность используемых методик проверяли способом добавок. Систематическая погрешность была незначимой, поскольку разность результатов анализа пробы с добавкой и без неё входила в доверительный интервал этой разности. Суммарная относительная погрешность ионохроматографических определений для концентраций искомых компонентов на уровне (0.1–5) мг/л составляла 15–20%, при содержании большем 20 мг/л – 5–10%. Анализ проточно-инжекционным методом проводился с погрешностью, не превышающей 10%; комплексонометрическое титрование – 2%.

Результаты и их обсуждение

С целью репрезентативности выборки объектами анализа являлись 8 природных столовых вод и 9 питьевых минеральных вод различных источников Европейской части России и Кавказского региона. Изменение химического состава подземных вод в пределах отдельных водоносных горизонтов обусловлено, в первую очередь, существованием трехмерной картины фильтрации таких вод. Все сульфатные воды

верхних горизонтов с минерализацией более 2 г/л находятся в равновесии с гипсом. По мере перехода к зонам с большим временем водообмена макрокомпонентный состав вод изменяется в следующем направлении: $\text{SO}_4^{2-} - \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} - \text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}(\text{Mg}^{2+}) \rightarrow \text{SO}_4^{2-} - \text{Na}^+ \rightarrow \text{SO}_4^{2-} - \text{Cl}^- - \text{Na}^+$ [1].

Доминирующий тип вод позволяет оценить ненасыщенность подземных источников основными породообразующими минералами. Процессы водообмена являются вероятностно-детерминированными, ограниченными определенным числом геохимических ситуаций, а следовательно, они прогнозируемые. В нижних водоносных горизонтах, содержащих напорные минеральные воды, многие системы «вода – порода» находятся в состоянии химического равновесия.

В табл. 1 приведены данные о содержании катионов Na^+ , K^+ , Mg^{2+} и Ca^{2+} в природных столовых и питьевых минеральных водах. Для столовых вод (за исключением столовой газированной воды «Эссенуки № 20») характерна пониженная концентрация ионов Na^+ и K^+ по сравнению с Ca^{2+} и Mg^{2+} . Отношение концентраций последних к первой группе ионов составляет 3–40. В большинстве лечебно-столовых и лечебных вод преобладают катионы Na^+ , содержание которых достигает 3 г/л («Эссенуки № 17»).

Установлено, что в минеральных водах, имеющих pH 5.3–5.8, разливаемых в стеклянную тару, концентрация ионов Na^+ выше по сравнению с их содержанием для аналогичной торговой продукции в пластиковой упаковке: соответственно 53 ± 3 и 3.4 ± 0.2 («Кисловодская курортная»), 1260 ± 60 и 670 ± 30 мг/л («Эссенуки № 2»). По-видимому со временем на гидратированной поверхности стекла происходит вытеснение ионов Na^+ катионами гидроксония. Такие процессы затруднены в случае вод природной «газации» или искусственно газированных вод с pH > 6 и относительно большой концентрацией гидрокарбонатов. Следует отметить отсутствие влияния материала тары на содержание ионов K^+ , Ca^{2+} и Mg^{2+} .

На рис. 1 показано изменение закомплексованности катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} от суммарной концентрации анионов-лигандов в различных питьевых водах. Величину функции закомплексованности ($F_{\text{экл}}$) вычисляли как отношение результатов анализа вод методом комплексонометрии к данным ионохроматографического определения. Различный тангенс угла наклона приведенных на этом рисунке линейных зависимостей объясняется неодинаковой суммарной закомплексованностью катионов Mg^{2+} и Ca^{2+} с Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} и OH^- -ионами.

Полученные значения $F_{\text{экл}}$ сравнивали с теоретически рассчитанными величинами ($F_{\text{расч}}$),

Таблица 1

Содержание некоторых катионов щелочных и щелочноземельных элементов (мг/л) в природных столовых и питьевых минеральных водах ($n = 5$; $P = 0.95$)*

Природные питьевые воды	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
Столовые воды				
«Дивеевская»	0.68 ± 0.06	0.20 ± 0.02	12 ± 1	12 ± 2
«Сарова»	1.5 ± 0.2	0.50 ± 0.05	18 ± 2	35 ± 3
«Архыз»	10.4 ± 0.5	0.70 ± 0.06	12 ± 1	27 ± 3
«Ледяная жемчужина»	9.88 ± 0.5	0.76 ± 0.08	8 ± 1	26 ± 3
«Я»	1.4 ± 0.1	0.64 ± 0.06	18 ± 2	50 ± 5
«Святой источник»	4.0 ± 0.3	0.50 ± 0.05	31 ± 3	100 ± 8
«Кисловодская курортная» **	3.4 ± 0.2	0.60 ± 0.06	16 ± 2	84 ± 7
«Эссенуки № 20»	145 ± 7	2.3 ± 0.2	12 ± 1	92 ± 8
Минеральные лечебно-столовые и лечебные воды				
«Кисловодская целебная»	440 ± 20	6.0 ± 0.4	124 ± 10	146 ± 15
«Эссенуки № 2» **	670 ± 30	13.0 ± 0.6	17 ± 2	92 ± 8
«Эссенуки № 4»	2300 ± 100	3.5 ± 0.2	17 ± 2	45 ± 4
«Эссенуки № 17»	2900 ± 140	4.5 ± 0.2	27 ± 3	54 ± 5
«Новотерская целебная»	850 ± 40	27 ± 1	25 ± 2	155 ± 10
«Нагутская-26»	1400 ± 70	3.5 ± 0.2	8 ± 1	24 ± 3
«Нарзан»	144 ± 6	2.5 ± 0.2	50 ± 5	275 ± 14
«Славяновская»	630 ± 30	12 ± 0.6	17 ± 2	180 ± 10
«Ветлужская»	300 ± 15	$< C_{\text{мин}}$	17 ± 2	18 ± 3

* Содержание монов Li^+ в воде «Дивеевская» $6 \cdot 10^{-3}$ мг/л, ионов NH_4^+ в водах «Сарова» и «Я» $4 \cdot 10^{-2}$ и $2 \cdot 10^{-3}$ мг/л соответственно; в других водах концентрации Li^+ и NH_4^+ меньше $C_{\text{мин}}$. Ионы Sr^{2+} и Ba^{2+} не обнаружены.

** Упакованы в пластиковую тару.

учитывая концентрацию свободных лигандов и константы устойчивости соответствующих комплексов [1, 10]. Действительно, для маломинерализованных природных вод (суммарная концентрация сульфатов, карбонатов, хлоридов не превышает 0.5 г/л) данные по содержанию магния(II) и кальция(II), полученные методами ионной хроматографии и комплексонометрии, практически совпадают. С увеличением минерализации закономерно возрастает различие между результатами. Вместе с тем, отношение соответствующих экспериментальных величин для каждой из минеральных вод, характеризующее степень связывания аналитов в

«природные» комплексы, близко к расчетному значению закомплексованности. Выполненное сопоставление подтверждает предположение о природе сорбатов, в роли которых выступают акватированные ионы Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} и Ba^{2+} .

На рис. 2 представлены зависимости суммарного содержания ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} от общей концентрации ионов Na^+ и K^+ для различных геохимических типов вод. Точки 6 и 7 рис. 2а относятся к водам «Ледяная жемчужина» и «Архыз», отличающимся от других природных столовых вод повышенным содержанием ионов Na^+ (~10 мг/л), причем отношение концентраций катионов Mg^{2+} и Ca^{2+} к сумме

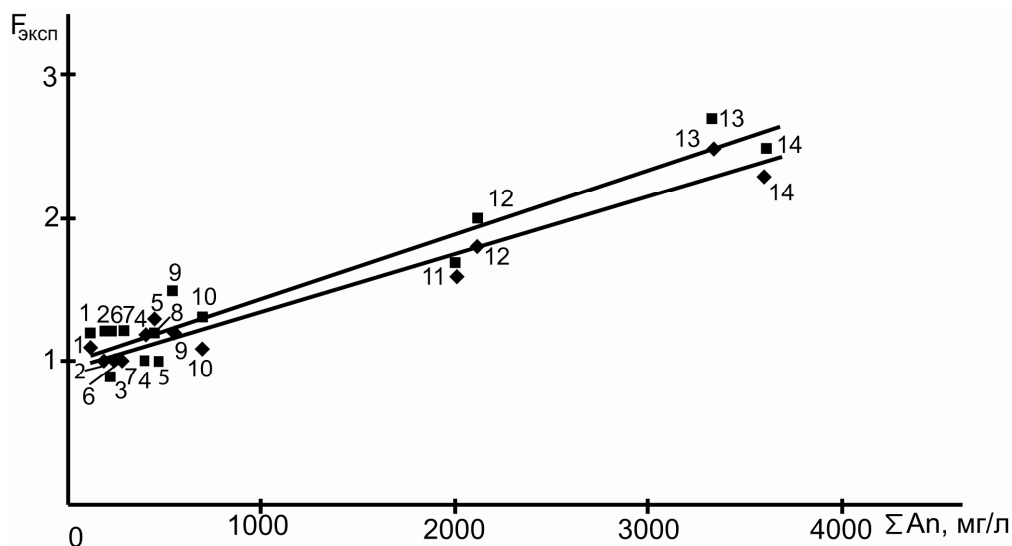


Рис. 1. Влияние содержания анионов питьевых вод на закомплексованность (F) ионов Mg^{2+} (■) и Ca^{2+} (◆). 1 – «Алтын»; 2 – «Бон Аква»; 3 – водопроводная вода г. Балахна; 4 – водопроводная вода г. Бор; 5 – водопроводная вода г. Н. Новгород (Советский р-н); 6 – «Ледяная жемчужина»; 7 – «Я»; 8 – «Святой источник»; 9 – «Кисловодская курортная»; 10 – «Ессентуки № 20»; 11 – «Нарзан»; 12 – «Славяновская»; 13 – «Кисловодская целебная»; 14 – «Ессентуки № 2»

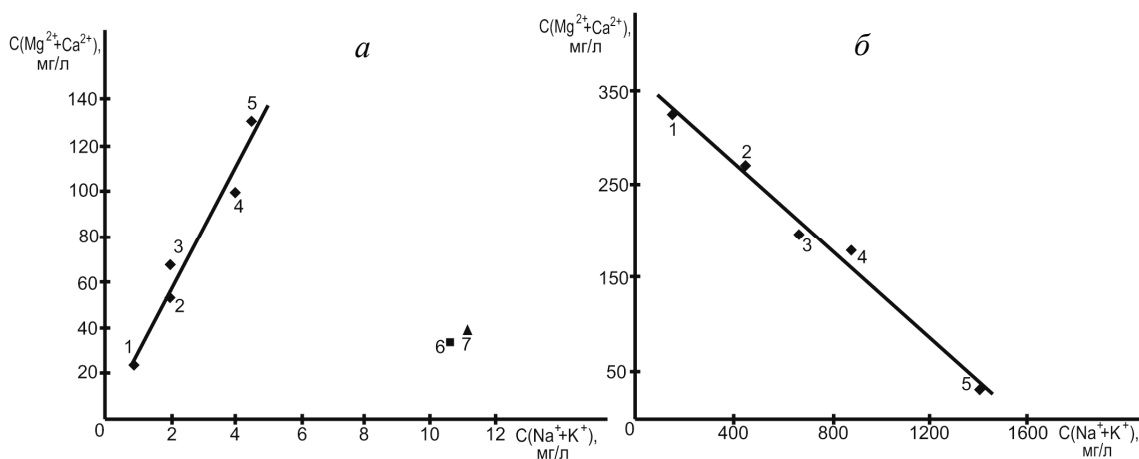


Рис. 2. Зависимость суммарного содержания катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} от общей концентрации Na^+ и K^+ для различных геохимических типов вод: а – для вод с низким содержанием солей натрия и калия: 1 – «Дивеевская»; 2 – «Сарова»; 3 – «Я»; 4 – «Кисловодская курортная»; 5 – «Святой источник»; 6 – «Ледяная жемчужина»; 7 – «Архыз»; б – для вод с повышенной концентрацией ионов Na^+ и K^+ : 1 – «Нарзан»; 2 – «Кисловодская целебная»; 3 – «Славяновская»; 4 – «Новотерская целебная»; 5 – «Нагутская-26»

концентраций ионов Na^+ и K^+ среди вод данной группы минимально и составляет 3.2–3.5. Различный характер корреляционных зависимостей, приведенных на рис. 2а и рис. 2б, объясняется тем, что для вод с относительно высокой минерализацией (2–4 г/л) гидрогеохимические равновесия, устанавливающие соотношения между концентрациями катионов щелочноземельных и щелочных элементов, определяются растворимостью сульфатных и карбонатных минералов. В сульфатно-гидрокарбонатных натриевых водах, как правило, наблюдаются низкие (по сравнению с ионами Na^+ и K^+) концентрации Ca^{2+} и Mg^{2+} . Последнее подтверждается экспериментальными данными. Особое положение занимает группа Кавказских минеральных вод «Ессентуки», для которых при сравнительно небольшом изменении содержания Ca^{2+} и Mg^{2+} (60–110 мг/л) существенно варьируется концентрация ионов Na^+ (от 150 до 3000 мг/л). По указанным признакам к этой же группе вод можно отнести минеральную лечебно-столовую воду «Ветлужская».

В табл. 2 приведены концентрации (мг/л) ионов Na^+ , K^+ , Mg^{2+} и Ca^{2+} в некоторых водах

централизованного водоснабжения и водах искусственной минерализации. В целом, по содержанию приведенных в этой таблице катионов ни одна из указанных вод искусственной минерализации не отвечает питьевым водам централизованного водоснабжения. Наблюдается существенное отличие концентраций ионов щелочных и щелочноземельных элементов и при сравнении с природными столовыми и минеральными лечебно-столовыми водами (табл. 1).

Соответствие содержания Ca^{2+} и Mg^{2+} в некоторых питьевых водах физиологической полноценности показано в табл. 3. Для большинства питьевых вод характерно повышенное (по сравнению с рекомендуемым) отношение концентраций ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} . По этому показателю наилучшими являются природная столовая вода «Я» и вода централизованного водоснабжения г. Нижнего Новгорода (Советский р-н).

Таким образом, основным результатом выполненных исследований является описание эколого-гидрогеохимического состояния некоторых популярных природных питьевых вод Европейской части России и Кавказского региона.

Таблица 2

Концентрации (мг/л) ионов Na^+ , K^+ , Mg^{2+} и Ca^{2+} в некоторых водах централизованного водоснабжения и водах искусственной минерализации ($n = 5$; $P = 0.95$)*

Питьевые воды	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
Воды централизованного водоснабжения				
г. Нижний Новгород (Советский р-н)	12.0±0.6	1.3±0.1	27±3	70±7
г. Балахна	9.0±0.5	1.50±0.2	13±1	36±4
г. Бор	2.0±0.2	0.30±0.05	8±1	27±3
п.г.т. Красные Баки	18±1	1.5±0.2	22±2	29±3
Воды искусственной минерализации				
«Аква Минерале»	14±1	0.14±0.03	5±1	< $C_{\text{мин}}$
«Бон Аква»	9.0±0.4	0.17±0.03	20±2	24±2
«Алтын»	1.5±0.2	0.30±0.05	5±1	28±3

* Содержание ионов Li^+ , NH_4^+ , Sr^{2+} и Ba^{2+} меньше $C_{\text{мин}}$.

Таблица 3

Соответствие содержания Ca^{2+} и Mg^{2+} в некоторых питьевых водах физиологической полноценности

Пониженное отношение $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$	Физиологич. полноц.: $\text{Ca}^{2+} - 60$; $\text{Mg}^{2+} - 30$ мг/л (отношение 2:1)	Повышенное отношение $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$
Природные питьевые столовые воды		
▽▼ «Дивеевская» (1.0±0.1)	▽▼ «Сарова» (1.9±0.2) ▽▼ «Архыз» (2.2±0.2) «Я» (2.5±0.3)	▽▼ «Ледяная жемчужина» (3.2±0.3) △ «Святой источник» (3.2±0.3) △▼ «Кисловодская курортная» (5.2±0.6) △▼ «Ессентуки № 20» (7.7±0.7)
Искусственно минерализованные воды		
▽▼ «Бон Аква» (1.2±0.1)		▽▼ «Алтын» (5.6±0.6)
Воды централизованного водоснабжения		
▽ п.г.т. Красные Баки (1.3±0.1)	Н. Новгород, Советский р-н (2.6±0.3)	▽▼ г. Балахна (2.8±0.3) ▽▼ г. Бор (3.4±0.3)

△ и ▽; ▲ и ▼ – соответственно повышенное и пониженное содержание Ca^{2+} или Mg^{2+} .

Впервые показано, что при определенных условиях, зависящих от природы противоионов сорбента и состава элюента, данные ионохроматографического анализа и комплексонометрии относятся соответственно к свободной форме катионов и сумме концентраций последних с комплексными частицами, образованными природными лигандами. Это утверждение обосновано теоретически и подтверждено экспериментально. Нарушений требований нормативного законодательства нами не выявлено. В настоящее время во всех изученных минеральных источниках действие природных факторов доминирует по сравнению с антропогенными нагрузками.

Вместе с тем, оптимальное отношение концентраций ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , являясь одним из критериев физиологической полноценности, для подавляющего большинства природных питьевых вод не выполняется и, по-видимому, требует «предпродажной» корректировки. Эта рекомендация относится, в первую очередь к искусственноминерализованным водам. По содержанию ионов Na^+ и K^+ ни одна из бутилированных природных столовых вод не удовлетворяет критерию качества для вод «высшей категории».

Установлено, что отношение суммарной концентрации катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} к общему содержанию ионов Na^+ и K^+ (или концентрация ионов Na^+ для вод Кавказской группы) являются в каждом случае специфическими. Последнее позволяет получить информацию об источнике их происхождения.

Выводы

1. Выполнен ионохроматографический анализ некоторых природных питьевых вод различных месторождений Европейской части России и Кавказского региона на содержание ионов Li^+ , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} и Ba^{2+} .

2. Изучена взаимосвязь между некоторыми гидрогеохимическими характеристиками и химическим составом подземных источников.

Список литературы

1. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. М.: Наука, 2004. 677 с.
2. Прогноз качества подземных вод в связи с их охраной от загрязнений. М.: Наука, 1978. 208 с.
3. Зекцер И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды. М.: Научный мир, 2001. 328 с.
4. Моисеенко Т.И. Закисление вод: факторы, механизмы и экологические последствия. М.: Наука, 2003. 276 с.
5. Государственный контроль качества воды. Справочник ТК по стандартизации. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. 776 с.
6. Государственный контроль качества минеральной воды и напитков. Справочник ТК по стандартизации. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. 840 с.
7. СанПиН 2.1.4.1116-02. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества. М.: Минздрав России, 2000. 27 с.
8. Eith C., Kolb M., Seubert A. Практическая ионная хроматография / Ed. К.Н. Viehweger, ред. русск. пер. Л.А. Духова. Herisau – Москва, Switzerland – Россия. 2005. 178 с.
9. Бьеррум Я. Образование аминов металлов в водном растворе. Теория обратимых ступенчатых реакций / Под ред. И.В. Таннаева. М.: Изд-во ИЛ. 1961. 308 с.
10. Инцеди Я. Применение комплексов в аналитической химии. М.: Мир, 1979. 376 с.
11. Шляпунова Е.В., Сергеев Г.М. // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2008. Т. 51. № 1. С. 27.
12. Шляпунова Е.В., Тихоменков А.В., Сергеев Г.М. // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2007. Т. 50. № 10. С. 66.
13. Доерфель К. Статистика в аналитической химии / Под ред. В.В. Налимова. М.: Мир, 1994. 268 с.

ION CHROMATOGRAPHIC MONITORING OF ALKALINE AND ALKALINE EARTH CATIONS IN SOME DRINKING WATERS

E.V. Shlyapunova, G.M. Sergeev

The results of the determination of Li^+ , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} ions in some popular natural drinking waters of the European part of Russia and the Caucasian region are presented. The interrelation between hydrogeochemical characteristics of the aquifer environment and chemical compositions of underground waters has been studied. No violations of legal norms and regulations have been found. The ratio of overall concentration of Ca^{2+} and Mg^{2+} cations to the total content of Na^+ and K^+ ions in natural waters has been determined to be a specific and individual feature and thus it can be used to identify the source of drinking water.