

УДК 543.31

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ: АНАЛИЗ И ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ ПРИРОДНЫХ ПИТЬЕВЫХ ВОД**

© 2010 г.

*Е.В. Шляпунова, Г.М. Сергеев*

Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского

GenMich@rambler.ru

*Поступила в редакцию 06.06.2009*

Систематизированы результаты аналитического контроля токсичных и биогенных ионов в 17-ти бутилированных природных питьевых водах Европейской части России и Кавказского региона. Найдены идентификационные признаки природных вод, позволяющие достоверно устанавливать соответствие бутилированной воды минеральному источнику.

*Ключевые слова:* природные питьевые воды, анализ, идентификационные признаки, экологический мониторинг.

Авторами настоящей работы опубликованы [1–8] результаты систематического мониторинга (2006–2008 гг.) анионного и катионного состава около 20 бутилированных столовых и минеральных питьевых вод различных природных источников Европейской части России и Кавказского региона. Методами ионной хроматографии, проточно-инжекционного титрования и экстракционной редокс-фотометрии определено содержание 19 нормируемых катионов и анионов. Среди них:  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{BrO}_3^-$ ,  $\text{SeO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ , представляющие собой основные или примесные ионы, находящиеся на разных полюсах токсичности или биологической активности [9–11].

Вместе с тем, полученные нами в последнее время и опубликованные данные экологического мониторинга надлежащим образом ранее не обсуждались. Поэтому цель настоящего исследования – обобщение результатов аналитического контроля экотоксикантов и биогенов в популярных природных питьевых водах. Кроме этого – нахождение идентификационных признаков природных вод, позволяющих достоверно устанавливать соответствие бутилированной воды минеральному источнику.

**Введение в проблему и постановка задачи**

Контроль содержания ионных форм токсичных и биогенных компонентов в природных водах имеет важное значение для охраны окружающей среды. Экологический мониторинг необходим, поскольку усиливаются антропогенные нагрузки и повышаются эксплуатационные характеристики известных месторождений,

что приводит к ухудшению качества природных питьевых вод [12–14]. Важным является установление общих закономерностей распределения микрокомпонентов в зависимости от содержания матричных ионов, а также динамики изменения концентраций токсичных соединений и биогенных веществ в подземных питьевых водах различных месторождений [15].

Актуальность решения таких задач обусловлена, с одной стороны, экологическими проблемами водных ресурсов, с другой – вопросами соответствия торговых марок питьевых вод заявленному производителем образцу. Последнее объясняется тем, что в России используют более 300 наименований различных по составу и лечебным свойствам бутилированных минеральных вод. Однако их качество не всегда удовлетворяет требованиям соответствующих нормативных документов [9–11], а некоторые бутилированные воды представляют собой имитацию природной воды.

Условия, способствующие формированию химического состава вод, распределены согласно широтной и вертикальной зональности [15]. Такие процессы являются вероятностно-детерминированными, ограниченными определенным числом геохимических ситуаций, а следовательно, они прогнозируемы.

Для идентификации природных вод, относящихся к определенному геохимическому типу, можно использовать принцип соподчиненности характерных признаков с применением выборочного коэффициента ранговой корреляции Спирмена (R) [16]:

$$R = 1 - \frac{6\sum d_i^2}{n^3 - n}$$

где  $d_i = x_i - y_i$ , для двух идентификационных признаков, расположенных в определенной последовательности (в порядке убывания или возрастания качества);  $n$  – объем выборки. Между признаками существует значимая ранговая корреляционная связь, если  $|R| > K_T$ . Критическая точка ( $K_T$ ) рассчитывается по уравнению:

$$K_T = k_T(\alpha, f) \sqrt{\frac{1-R^2}{n-2}},$$

здесь  $k_T(\alpha, f)$  – критическая точка двухсторонней области распределения Стьюдента (табличная величина);  $\alpha$  – уровень значимости (0.95);  $f = n - 2$ .

Двумя качественными идентификационными признаками могут являться, например, среднее содержание макрокомпонента (компонентов), «задающего» примесный состав природных вод, и «отвечающая» данной гидрогеологической ситуации концентрация токсичного или биогенного иона.

Выявление региональной специфики химического состава вод и установление особенностей естественного функционирования минеральных источников по характерным показателям является важной задачей аналитической химии.

### Результаты вещественного анализа природных питьевых вод. Экологическая ситуация

Классификация геохимических типов исследованных нами вод приведена ниже.

*Группа гидрокарбонатных магниевых вод* имеет преобладающий ионный состав  $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$ . Чаще всего это грунтовые воды платформенных геологических структур с интенсивным водообменом, находящиеся как в Европейской части, так и в южных регионах России. К ним относятся, в частности, природные воды «Дивеевская», «Сарова» (Нижегородская обл.); «Я» (Владимирская обл.); «Святой источник» (Кострома); «Ледяная жемчужина» и «Архыз» (Кавказский регион).

*Группа хлоридно-сульфатных гидрокарбонатных натриевых вод* ( $\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{Cl}^- - \text{Na}^+$  ( $\text{Mg}^{2+}$ )), относящихся к напорным глубинным водам горноскладчатых образований с активным водообменом по зонам разломов и тектонических нарушений. В их число входят природные питьевые воды Кавказского региона: «Нарзан», «Кисловодская целебная», «Новотерская целебная», «Славяновская», «Нагутская 26», «Ессентуки № 2», «Ессентуки № 4» и «Ессентуки № 17».

В малочисленную группу *хлоридно-сульфатных гидрокарбонатных магниевых вод* ( $\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{Cl}^- - \text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$  ( $\text{Na}^+$ )) входят природные воды «Ессентуки № 20», «Кисловодская курортная» и «Ветлужская».

На изменение качества вод оказывают влияние природный, техногенный и смешанный факторы. Если ограничиться неорганическими анионами, а также катионами щелочных, щелочноземельных элементов и аммония, то природный фактор определяет качество воды по содержанию  $\text{F}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ; смешанный фактор с приоритетом природного – по жесткости ( $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ ), минерализации,  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ ; смешанный фактор с приоритетом техногенного – по  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  и  $\text{NH}_4^+$ . Техногенный фактор определяет качество воды, в том числе по  $\text{BrO}_3^-$  (как результат обработки озонном природной воды, содержащей бромид-ионы).

Макро- и микрокомпонентный состав некоторых популярных природных столовых и минеральных вод, содержащих нормируемые анионы и катионы, приведен в табл. 1, 2. Полученные данные представляют результаты контроля (3/год) в период 2006–2008 гг. не менее трех партий воды одного наименования (каждая из 3-х образцов) и экспертизы трех проб каждого образца.

Кроме компонентов, указанных в табл. 1 и 2,  $\text{BrO}_3^-$ -ионы обнаружены (мг/л) в природной воде «Святой источник»:  $(4-15) \cdot 10^{-3}$  в зависимости от завода-изготовителя и времени выпуска), а также в водах «Аква Минерале»  $(5-9) \times 10^{-3}$  и «Бон Аква»  $(< 5 \cdot 10^{-4} - 4 \cdot 10^{-3})$ .

В большинстве вод содержание  $\text{Br}^-$ -ионов меньше ПДК (0.2 мг/л), концентрация нитритов не превышает 0.2 мг/л. Выполняются нормативы качества по селену и иоду: для питьевых (столовых) вод – 0.1 мг/л I и 0.1–0.01 мг/л Se; минеральных лечебных – до 5 мг/л I и 0.05 мг/л Se. Концентрации ионов  $\text{Li}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  и  $\text{Ba}^{2+}$  меньше пределов обнаружения (соответственно 0.01; 0.05; 2.0 и 6.0 мг/л).

Полученные данные свидетельствуют о том, что содержание токсичных фторид-, нитрат-, нитрит-, бромид-ионов, а также нормируемых катионов щелочных, щелочноземельных элементов и аммония не превосходит предельных значений и удовлетворяет требованиям соответствующих документов. Вместе с тем установлено, что не для всех питьевых вод выполняется требование международного стандарта качества (в России не принят) по бромат-ионам (менее 0.01 мг/л [17]), которые образуются при обеззараживании воды озоном.

Таблица 1

**Результаты анализа макрокомпонентного состава (средние значения, мг/л) некоторых  
питьевых вод**

Питьевые воды	$\text{HCO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+}$
Геохимический тип вод: $\text{HCO}_3^-$ - $\text{SO}_4^{2-}$ - $\text{Cl}^-$ - $\text{Na}^+$ ( $\text{Mg}^{2+}$ )							
Эссентуки № 17	5700±300	1700±70	90±5	2900±140	4.5±0.2	27±3	54±5
Эссентуки № 4	4400±200	1600±60	56±3	2300±100	3.5±0.2	17±2	45±4
Нагутская 26	3200±200	670±30	160±8	1400±70	3.5±0.2	8±1	24±3
Эссентуки № 2	1800±100	690±30	1110±60	670±30	13.0±0.6	17±2	92±8
Кисловодская целебная	1600±80	40±2	1700±80	440±20	6.0±0.4	124±10	150±15
Новотерская целебная	1550±80	510±25	1100±50	850±40	27±1	25±2	155±10
Нарзан	1500±80	210±10	320±15	140±6	2.5±0.2	50±5	275±14
Славяновская	1300±70	150±8	600±30	630±30	12.0±0.6	17±2	180±10
Геохимический тип вод: $\text{HCO}_3^-$ - $\text{SO}_4^{2-}$ - $\text{Cl}^-$ - $\text{Ca}^{2+}$ - $\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{Na}^+$ )							
Эссентуки № 20	450±50	120±6	120±6	145±7	2.3±0.2	12±1	92±8
Кисловодская курортная	380±40	3.0±0.2	150±8	3.4±0.2	0.60±0.06	16±2	84±7
Ветлужская	110±12	1200±50	1200±60	300±15	< 0.05	17±2	18±3
Геохимический тип вод: $\text{HCO}_3^-$ - $\text{Ca}^{2+}$ - $\text{Mg}^{2+}$							
Святой источник	360±40	69±3	20±1	4.0±0.3	0.50±0.05	31±3	100±8
Я	280±30	1.9±0.2	2.4±0.3	1.4±0.1	0.64±0.06	18±2	50±5
Ледяная жемчужина	250±30	4.0±0.3	9.0±0.5	9.9±0.5	0.76±0.08	8±1	26±3
Архыз	210±20	4.0±0.3	6.0±0.4	10.4±0.5	0.70±0.06	12±1	27±3
Сарова	190±20	6.0±0.4	21±1	1.5±0.2	0.50±0.05	18±2	35±3
Дивеевская	180±20	0.90±0.09	0.80±0.12	0.68±0.06	0.20±0.02	12±1	12±2

Таблица 2

**Результаты анализа микрокомпонентного состава (средние значения, мг/л) некоторых  
питьевых вод**

Питьевые воды	$\text{NO}_3^-$	$\text{F}^-$	$\text{HPO}_4^{2-}$	$\text{SeO}_3^{2-}$	$\Gamma$
Геохимический тип вод: $\text{HCO}_3^-$ - $\text{SO}_4^{2-}$ - $\text{Cl}^-$ - $\text{Na}^+$ ( $\text{Mg}^{2+}$ )					
Эссентуки № 17	1.0±0.25	2.3±0.1	< 0.06	$(3.3±0.2) \cdot 10^{-2}$	1.3±0.1
Эссентуки № 4	1.2±0.3	2.3±0.1	2.0±0.2	$(4.8±0.2) \cdot 10^{-2}$	1.0±0.07
Нагутская 26	1.3±0.3	2.4±0.1	< 0.06	$(4.6±0.3) \cdot 10^{-2}$	0.38±0.02
Эссентуки № 2	3.0±0.3	2.0±0.1	2.0±0.3	$(4.4±0.4) \cdot 10^{-2}$	0.31±0.02
Кисловодская целебная	16.0±0.6	1.5±0.2	< 0.06	$(3.0±0.6) \cdot 10^{-4}$	0.090±0.007
Новотерская целебная	10.0±0.4	1.9±0.2	< 0.06	$(2.3±0.2) \cdot 10^{-2}$	0.21±0.01
Нарзан	2.8±0.3	0.9±0.1	< 0.06	$(6.3±0.9) \cdot 10^{-3}$	0.17±0.01
Славяновская	4.4±0.6	1.7±0.1	3.0±0.3	$(2.5±0.2) \cdot 10^{-2}$	0.29±0.02
Геохимический тип вод: $\text{HCO}_3^-$ - $\text{SO}_4^{2-}$ - $\text{Cl}^-$ - $\text{Ca}^{2+}$ - $\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{Na}^+$ )					
Эссентуки № 20	1.3±0.3	1.4±0.2	0.30±0.06	$(4.3±0.3) \cdot 10^{-2}$	$(7.2±0.7) \cdot 10^{-4}$
Кисловодская курортная	1.0±0.2	0.23±0.03	0.30±0.06	$(6.5±0.6) \cdot 10^{-4}$	$(1.5±0.2) \cdot 10^{-4}$
Ветлужская	12.0±0.6	2.1±0.2	< 0.06	$(7.6±0.9) \cdot 10^{-3}$	$(1.0±0.2) \cdot 10^{-4}$
Геохимический тип вод: $\text{HCO}_3^-$ - $\text{Ca}^{2+}$ - $\text{Mg}^{2+}$					
Святой источник	< 0.2	0.40±0.05	< 0.06	$(3.0±0.4) \cdot 10^{-4}$	$(4.2±0.5) \cdot 10^{-4}$
Я	2.0±0.3	0.23±0.03	< 0.06	$(3.8±0.5) \cdot 10^{-4}$	$(2.1±0.3) \cdot 10^{-4}$
Ледяная жемчужина	1.3±0.3	0.30±0.03	0.20±0.05	$(3.6±0.3) \cdot 10^{-4}$	$(7.9±0.8) \cdot 10^{-4}$
Архыз	1.5±0.3	0.30±0.04	< 0.06	$(1.6±0.3) \cdot 10^{-3}$	$(2.6±0.4) \cdot 10^{-4}$
Сарова	< 0.2	0.40±0.05	< 0.06	$(5.0±0.9) \cdot 10^{-4}$	$(2.5±0.3) \cdot 10^{-4}$
Дивеевская	< 0.2	0.20±0.03	0.35±0.07	$(1.6±0.3) \cdot 10^{-4}$	$(2.2±0.3) \cdot 10^{-4}$

**Особенности анионного и катионного  
состава природных питьевых вод**

**Фторид-ионы.** Воды, содержащие катионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ , в основном, всегда недонасыщены фторидами. Они способны активно их накапливать. Увеличение минерализации таких вод приводит к возрастанию содержания  $\text{F}^-$ -ионов. Вместе с тем, для большинства вод наблюдается

ся лишь приближение концентраций фторид-ионов к состоянию химического равновесия по отношению к минералу флюориту (фториду кальция;  $\text{ПР} = 4 \cdot 10^{-11}$ ) (рис. 1). В связи с различной растворимостью фторидов кальция (магния) и катионов щелочных металлов переход анионов  $\text{F}^-$  из пород в подземные воды, а также их концентрация зависят от величины отношения  $c(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/c(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ . Чем больше указанное

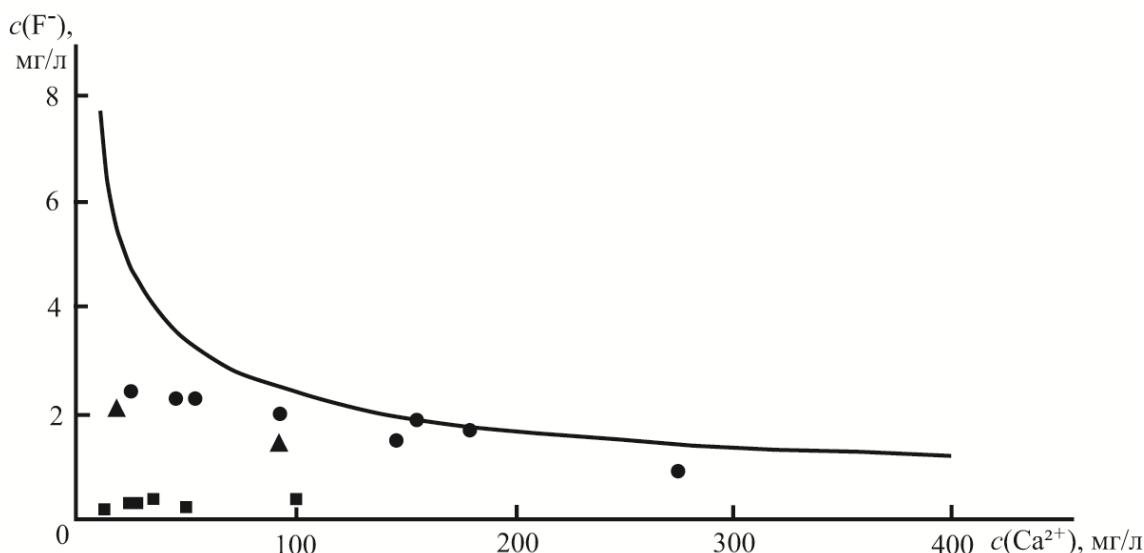


Рис. 1. Взаимосвязь концентраций ( $c$ ) фторид-ионов и катионов кальция для природных питьевых вод различных геохимических типов по отношению к расчетной зависимости.

Геохимический тип вод: (●)  $\text{HCO}_3^- \text{--} \text{SO}_4^{2-} \text{--} \text{Cl}^- \text{--} \text{Na}^+ (\text{Mg}^{2+})$ : «Нарзан», «Кисловодская целебная», «Новотерская целебная», «Славяновская», «Нагутская 26», «Ессентуки № 2», «Ессентуки № 4», «Ессентуки № 17»; (▲)  $\text{HCO}_3^- \text{--} \text{SO}_4^{2-} \text{--} \text{Cl}^- \text{--} \text{Ca}^{2+} \text{--} \text{Mg}^{2+} (\text{Na}^+)$ : «Ессентуки № 20», «Ветлужская»; (■)  $\text{HCO}_3^- \text{--} \text{Ca}^{2+} \text{--} \text{Mg}^{2+} (\text{Na}^+)$ : «Дивеевская», «Сарова», «Я», «Святой источник», «Ледяная жемчужина», «Архыз»

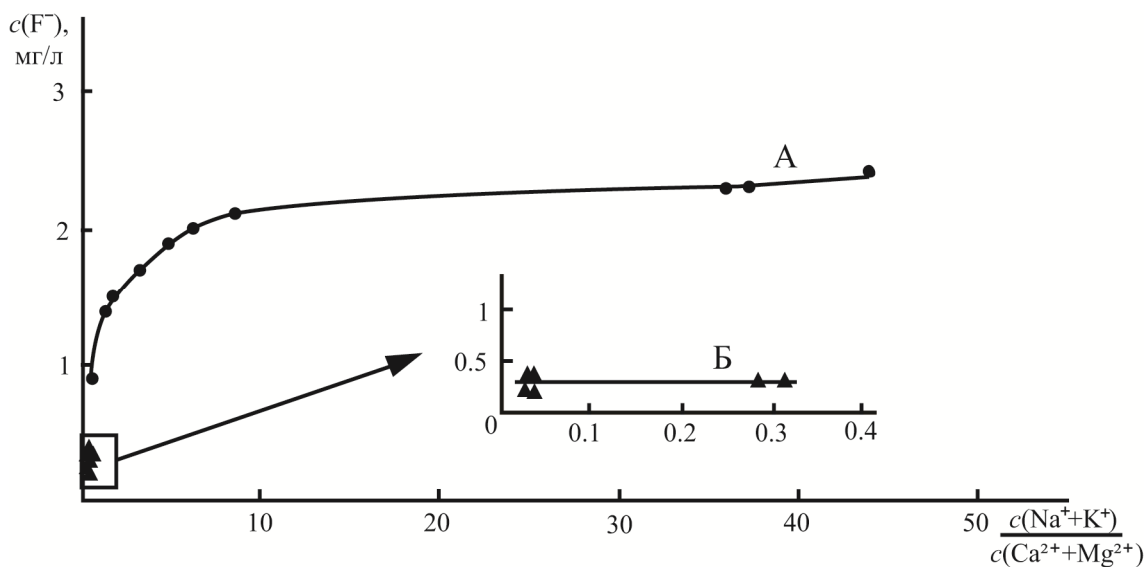


Рис. 2. Насыщение природных вод фторид-ионами (А) и влияние на растворимость  $\text{CaF}_2$  и  $\text{MgF}_2$  больших содержаний  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  (Б).

Геохимический тип вод: (●)  $\text{HCO}_3^- \text{--} \text{SO}_4^{2-} \text{--} \text{Cl}^- \text{--} \text{Na}^+ (\text{Mg}^{2+})$  и  $\text{HCO}_3^- \text{--} \text{SO}_4^{2-} \text{--} \text{Cl}^- \text{--} \text{Ca}^{2+} \text{--} \text{Mg}^{2+} (\text{Na}^+)$  «Нарзан», «Ессентуки № 20», «Кисловодская целебная», «Славяновская», «Новотерская целебная», «Ессентуки № 2», «Ветлужская», «Ессентуки № 17», «Ессентуки № 4», «Нагутская 26»; (▲)  $\text{HCO}_3^- \text{--} \text{Ca}^{2+} \text{--} \text{Mg}^{2+}$ : «Я», «Святой источник», «Дивеевская», «Сарова», «Архыз», «Ледяная жемчужина»

отношение для природных вод «содового» типа, тем больше фторид-ионов при прочих равных условиях они содержат (рис. 2).

Для гидрокарбонатных магниевых вод при существенном избытке (от 120 до 400-кратного) катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  по отношению к фторид-ионам (0.2–0.4 мг/л), на растворимость осадков  $\text{CaF}_2$  и  $\text{MgF}_2$  оказывают влияние

одноименные ионы. Среди гидрокарбонатных натриевых вод минимальным содержанием фторид-ионов отличается «Нарзан»:  $0.9 \pm 0.1$  мг/л.

**Нитрат-ионы.** Поскольку нитраты основных катионов природных вод не образуют осадков, наблюдается симбатность изменения концентрации нитрат-ионов с увеличением общего

содержания растворимых солей для вод с минерализацией больше 2 г/л. Кроме минерализации вод, концентрация нитратов определяется и другими причинами. Среди них заметное место отводится процессам денитрофикации и нитраторедукции ( $\text{NO}_3^- \rightleftharpoons \text{NO}_2^- \rightleftharpoons \text{NH}_4^+$ ), изменяющим миграционные формы и концентрации азота.

Диапазон изменения концентраций нитрат-ионов для большинства исследованных природных питьевых вод составляет 1–4 мг/л. Максимальное содержание нитратов (не превышающее ПДК) установлено в минеральной воде «Кисловодская целебная» ( $16.0 \pm 0.6$  мг/л).

Взаимосвязь содержания фторид- и нитрат-ионов с некоторыми характеристиками макрокомпонентного состава природных питьевых вод представлена в табл. 3.

**Селенит- и иодид-ионы.** Присутствие значительных количеств Se(IV) в водах с повышенной концентрацией сульфатов можно объяснить окислением серосодержащих минералов. Относительно стабильные селенит-ионы, которым отвечает большая величина редокс-потенциала по сравнению с аналогичной формой серы, не полностью окисляются в гидротермальных условиях формирования подземных вод. Поэтому селен может находиться в восстановленной форме в присутствии окисленной формы серы. Кроме этого, причиной повышенной концентрации селена в Кавказских минеральных водах является близость залегания водоносных горизонтов и нефтегазоносных геологических структур, обогащенных серой.

Взаимосвязь содержания иодид-ионов и катионов  $\text{Na}^+$  имеет место для хлоридно-суль-

фатных гидрокарбонатных натриевых, а также магниевых-кальциевых вод. Концентрация иодидов в Кавказских минеральных водах зависит от особенностей геохимических условий формирования состава подземных вод данного месторождения. Принимая во внимание средние значения результатов анализа и погрешности определения иодид-ионов в различных партиях одинаковой торговой марки бутилированных минеральных вод, представляется возможной идентификация некоторых из них, в том числе «Кисловодской целебной», «Нарзан», «Нагутской 26».

Соподчиненность характерных признаков вод – взаимосвязь содержаний макрокомпонентов ( $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Na}^+$ ) и примесных биогенов (Se(IV) и I) показана в табл. 4.

**Катионы щелочных и щелочноземельных элементов.** Природные воды Кавказского региона отличаются повышенной концентрацией ионов  $\text{Na}^+$  (140–3000 мг/л); отношение  $c(\text{Na}^+)/c(\text{K}^+)$  находится в диапазоне 30–640. Указанные признаки наиболее характерны для минеральных вод «Ессентуки № 17» и «Нагутская 26» (соответственно  $2900 \pm 140$  и  $1400 \pm 70$  мг  $\text{Na}^+$ /л). В бутилированных природных водах «Нарзан» и «Славяновская» по сравнению с другими водами этого же региона отмечено высокое содержание ионов  $\text{Ca}^{2+}$ :  $275 \pm 14$  и  $180 \pm 10$  мг/л. Максимальным значением отношения  $c(\text{Ca}^{2+})/c(\text{Mg}^{2+})$  характеризуется вода «Славяновская» ( $11 \pm 1$ ).

По содержанию ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  ни одна из бутилированных природных столовых вод не удовлетворяет критериям качества для вод

Таблица 3

## Фторидный и нитратный факторы природных питьевых вод

Геохимический тип природных вод	Диапазон содержаний (мг/л)		R (K <sub>T</sub> )
	$\frac{c(\text{Na}^+ + \text{K}^+)}{c(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})}$	F <sup>-</sup>	
$\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{Cl}^- - \text{Na}^+ (\text{Mg}^{2+})$	0.5–45	1–2.4	1 (0)
$\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{Cl}^- - \text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+} (\text{Na}^+)$	Минерализация 2000–4000	$\text{NO}_3^-$ 3–16	1 (0)

Таблица 4

## Селеновый и иодный факторы природных питьевых вод

Геохимический тип природных вод	Диапазон содержаний (мг/л)		R (K <sub>T</sub> )
	$\text{SO}_4^{2-}$	Se(IV)	
$\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{Cl}^- - \text{Na}^+ (\text{Mg}^{2+})$ $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$	1–1100	$2 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-2}$	1 (0.1)
$\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{Cl}^- - \text{Na}^+ (\text{Mg}^{2+})$ $\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{Cl}^- - \text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+} (\text{Na}^+)$	$\text{Na}^+$ 140–3000	I $1 \cdot 10^{-4} - 1.3$	1 (0)

«высшей категории» (соответственно 20 и 2–20 мг/л). Для большинства питьевых вод не соблюдается оптимальное отношение концентраций ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  (60 и 30 мг/л).

Таким образом, основным итогом выполненной работы является описание эколого-гидрогеохимического состояния некоторых источников популярных природных питьевых вод Европейской части России и Кавказского региона.

### Выводы

1. Установлены особенности анионного и катионного состава некоторых природных питьевых вод различных регионов России.

2. Представлена оценка соподчиненности характерных признаков природных вод, устанавливающая новые взаимосвязи между гидрогеохимическими характеристиками подземных источников и их составом.

3. Показано, что содержание  $\text{F}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{I}^-$  ионов и  $\text{Se(IV)}$ , а также отношение концентраций  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ( $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ ) являются специфическими для некоторых источников природной питьевой воды. Указанные ионы служат химическими маркерами соответствия бутилированных питьевых вод заявленному производителем типу и наименованию воды.

### Список литературы

1. Сергеев Г.М., Шляпунова Е.В. Редокс экстракционно-фотометрическое определение иодидов в минеральных водах // Завод. лаб. диагност. матер. 2007. Т. 73. № 6. С. 15–17.
2. Шляпунова Е.В., Тихоненков А.В., Сергеев Г.М. Проточно-инжекционное кондуктометрическое определение карбонатной щелочности питьевых вод // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2007. Т. 50. № 10. С. 66–68.
3. Шляпунова Е.В., Сергеев Г.М. Анализ минеральных вод методом анионной хроматографии // Сорбционные и хроматографические процессы. 2007. Т. 7. Вып. 3. С. 527–533.
4. Шляпунова Е.В., Сергеева В.П., Сергеев Г.М. Высококчувствительное редокс-фотометрическое оп-

ределение селенит- и иодид-ионов в минеральных водах // Журн. аналит. химии. 2008. Т. 63. № 3. С. 242–246.

5. Шляпунова Е.В., Сергеев Г.М. Анионная хроматография и редокс-фотометрия в анализе питьевых вод // Журн. прикладной химии. 2008. Т. 81. Вып. 5. С. 730–735.

6. Шляпунова Е.В., Сергеев Г.М. Применение анионита «ANIEKS-N» для ионохроматографического анализа минеральных вод // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2008. Т. 51. № 1. С. 27–29.

7. Шляпунова Е.В. Сергеев Г.М., Пискунова М.С. Мониторинг природных столовых и питьевых минеральных вод: взаимосвязь содержания микро ( $\text{F}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ )- и макро ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) компонентов // Аналитика и контроль. 2008. Т. 12. № 1–2. С. 53–60.

8. Шляпунова Е.В. Сергеев Г.М. Ионохроматографический контроль содержания катионов щелочных и щелочноземельных элементов в некоторых природных питьевых водах // Вестник ННГУ. 2008. № 4. С. 65–70.

9. ГОСТ 13273-88. Воды минеральные питьевые лечебные и лечебно-столовые. М.: Изд-во стандартов, 1988. 28 с.

10. Государственный контроль качества минеральной воды и напитков. Справочник ТК по стандартизации. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. 840 с.

11. СанПиН 2.1.4.1116-02. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества. М.: Минздрав России, 2002. 27 с.

12. Прогноз качества подземных вод в связи с их охраной от загрязнений. М.: Наука, 1978. 208 с.

13. Зекцер И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды. М.: Научный мир, 2001. 328 с.

14. Моисеенко Т.И. Закисление вод: Факторы, механизмы и экологические последствия. М.: Наука, 2003. 276 с.

15. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швеи В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. М.: Наука, 2004. 677 с.

16. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов. М.: Высш. шк., 2003. 479 с.

17. Michalski R. Ion chromatography as reference method for determination of inorganic ions in water and wastewater // Critical Reviews in Analytical Chemistry. 2006. V. 36. № 2. P. 107–127.

## ECOLOGICAL MONITORING: ANALYSIS AND IDENTIFICATION FEATURES OF NATURAL DRINKING WATERS

*E.V. Shlyapunova, G.M. Sergeev*

Analytical control results of toxic and biogenic ions in 17 natural bottled drinking waters of European Russia and the Caucasus region have been systematized. Identification features of natural waters have been found which allow one to reliably establish correspondence between bottled water and the respective mineral water source.

*Keywords:* natural drinking waters, analysis, identification features, ecological monitoring.