

ВЫБОР МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ КРЕМНИЯ В ВОДАХ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

М.Г. Камбалина

Научный руководитель доцент Н.В. Гусева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Кремний является одним из самых важных элементов в природных водах. Его роль весьма велика как в аспектах оценки качества вод для питьевых и бальнеологических целей, так и с геохимических позиций. Кремний является главным породообразующим элементом, а алюмосиликатные горные породы, следовательно, основным его источником в природных водах. Однако распространенность кремния в природных водах весьма различна и определяется многими факторами: масштабами обогащения, условиями водной миграции и удаления из раствора. При отсутствии достоверных знаний о концентрации кремния в природных водах невозможно подойти к решению важных геохимических задач, таких, например, как обоснование механизмов формирования химического состава природных вод.

Целью исследования является сопоставление возможностей применения спектрофотометрического (СФ) и атомно-абсорбционного (ААС) методов для определения уровня концентрации кремния в природных водах разного состава.

Объектами исследований являлись природные подземные и поверхностные воды разного состава, опробованные сотрудниками НОЦ «Вода» в мае – августе 2013 г. Опробовались подземные воды в скважинах, расположенных в Кемеровской области, а также в родниках в Хакасии, там же отбирались пробы поверхностных, речных и озерных вод. Выбор объектов исследования обусловлен необходимостью изучения распространенности кремния в водах с различными геохимическими характеристиками.

Результаты исследования химического состава вод приведены в табл. 1. Рассматриваемые воды от околонефтральных до щелочных с минерализацией от 82 до 90568 мг/дм³. Самую высокую минерализацию среди рассматриваемых имеют воды двух озер Хакасии – Ши́ра и Тус. Среди подземных вод минерализация редко превышает 1 г/дм³. Исключением являются два родника, которые располагаются около упомянутых выше озер. Их минерализация составляет 1,9 г/дм³ в роднике около озера Ши́ра и 5,8 г/дм³ в роднике около оз. Тус. Также воды различаются по соотношению основных ионов. Пресные воды преимущественно гидрокарбонатные кальциевые. Лишь в скважине 2 и роднике в г. Ужур воды гидрокарбонатно-хлоридные кальциевые и сульфатно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые соответственно. С ростом минерализации увеличивается доля в анионном составе сульфат-иона и хлорид-иона. Воды оз. Тус, имеющие максимальную минерализацию, сульфатно-хлоридные магниевые-натриевые.

Таблица 1

Химический состав вод

Привязка	Мин, мг/дм ³	рН	Концентрация, мг/дм ³								Тип воды
			HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	ОЖ*	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	
Скв. №1	82	7,5	71	18	7	3	14	5	7,8	1	HCO ₃ -Ca
Скв. №2	88	7,1	49	27	63	3	16	4	5	5	HCO ₃ -Cl-Ca
Скв. №3	416	7,0	233	15	25	5	100	18	18	1	HCO ₃ -Ca
родник в г. Ужур	482	6,9	342	150	2	7	80	40	37	2	SO ₄ -HCO ₃ -Mg-Ca
р. Сон	509	7,9	415	107	16	8	96	42	38	2	HCO ₃ -Mg-Ca
Скв. №2а	554	7,2	449	65	4	6	152	28	19,4	2	HCO ₃ -Ca
Скв. №16	620	7,6	567	88	7	7	88	27	105	3	HCO ₃ -Ca-Na
родник около оз. Ши́ра	1930	7,3	451	985	91	16	128	117	377	6	SO ₄ -Mg-Na
родник около оз. Тус	5852	7,6	1434	2438	875	66	232	664	908	18	Cl-SO ₄ -Na-Mg
оз. Ши́ра	15637	8,8	833	8450	1970	97	60	1147	3547	46	Cl - SO ₄ -Mg-Na
оз. Тус	90568	8,3	1388	3230	2980	820	240	9857	17292	285	SO ₄ - Cl -Mg-Na

Исследование распространенности кремния в рассматриваемых водах проводилось двумя методами: спектрофотометрическим (СФ) и методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС). Метод ААС, предлагаемый нами, является приоритетным для исследователей, поскольку позволяет определить все формы кремния без предварительной пробоподготовки, в то время как СФ дает аналитическую информацию только о концентрации мономерно-димерных форм кремниевой кислоты [1]. Результаты определения концентраций кремния разными методами приведены в табл. 2.

Концентрация кремния в рассматриваемых водах изменяется от 1,3 до 18,8 мг/дм³. Минимальная концентрация кремния отмечается в пресных водах с минерализацией до 100 мг/дм³, а также в водах с максимальной минерализацией 15 и 90 г/дм³. Согласно утверждениям Шварцева С.Л. [4], определяющими в формировании состава природных вод являются процессы взаимодействия в системе вода – порода. Воды с минерализацией до 100 мг/дм³ характеризуются малым временем взаимодействия с горными породами, ввиду чего кремний просто не успевает накапливаться в растворе. В водах с минерализацией от 10 г/дм³ до 100 г/дм³

малые концентрации кремния обусловлены процессами вторичного минералообразования, которые сопровождаются удалением этого элемента из раствора с формирующейся вторичной фазой. Соответственно масштабы обогащения вод кремнием значительно ниже масштабов его удаления из раствора. Кроме этого, важно отметить, что удаление кремния из вод озер может быть связано с его связыванием простейшими водными организмами [3].

Таблица 2

Результаты определения концентрации кремния разными методами и их сопоставительный анализ

Привязка	pH	Мин, мг/дм ³	Концентрация, мг/дм ³		$ \bar{X}_1 - \bar{X}_2 $, мг/дм ³	К	Проверка условия приемлемости $ \bar{X}_1 - \bar{X}_2 \leq K$	Вывод о приемлемости результатов
			СФ	ААС				
Скв. № 1	7,5	82	1,02±0,17	1,96±0,20	0,94	0,26	0,94≥0,26	неприемлемы
Скв. № 2	7,1	88	1,21±0,18	1,83±0,18	0,62	0,28	0,62≥0,28	неприемлемы
Скв. № 3	7,0	416	15,30±1,38	18,84±1,88	3,54	3,21	3,54≥3,21	неприемлемы
родник в г. Ужур	6,9	482	4,89±0,50	6,71±0,67	1,82	1,07	1,82≥1,07	неприемлемы
р. Сон	7,9	509	7,29±0,70	8,20±0,82	1,11	0,97	1,11≥0,97	неприемлемы
Скв. № 2а	7,2	554	8,27±0,78	12,21±1,22	3,94	1,86	3,94≥1,86	неприемлемы
Скв. № 16	7,6	620	11,64±1,07	14,93±1,49	3,29	2,48	3,29≥2,48	неприемлемы
родник около оз. Шира	7,3	1930	5,51±0,55	5,41±0,54	0,10	1,08	0,10 ≤ 1,08	приемлемы
родник около оз. Тус	7,6	5852	17,30±1,55	17,73±1,77	0,43	3,43	0,43 ≤ 3,43	приемлемы
оз. Шира	8,8	15637	2,11±0,26	2,26±0,23	0,15	0,42	0,15 ≤ 0,42	приемлемы
оз. Тус	8,3	90568	1,52±0,21	1,32±0,13	0,20	0,29	0,2 ≤ 0,29	приемлемы

Поскольку одной из задач данного исследования являлось сопоставление различных методов анализа кремния в водах и выбор оптимального, проведен контроль приемлемости полученных данных, сравнивая расхождение между результатами анализов, полученных методом СФ и методом ААС, с нормативом контроля погрешности К [2].

Согласно результатам сопоставительного анализа определения концентрации кремния в щелочных слабосоленых и соленых водах могут использоваться оба метода, поскольку в области щелочных pH преобладает мономерная форма кремния [1]. Для околонейтральных и слабощелочных вод с минерализацией до 1 г/дм³ целесообразнее использовать метод ААС.

Данные, полученные при сопоставительном анализе результатов определения концентрации кремния разными методами в подземных водах из скважин неприемлемы. Это может быть связано с тем, что помимо мономерной формы, в водах присутствуют полимерные формы кремния, идентификация которых методом СФ невозможна.

Выводы:

Рассмотрены современные методы анализа для определения концентрации кремния в природных водах: атомно-абсорбционный и спектрофотометрический;

Проведен сопоставительный анализ полученных результатов по РМГ 76-2004;

Показано, что метод атомно-абсорбционной спектроскопии является наиболее приоритетным для исследований, поскольку позволяет определить общую концентрацию соединений кремния, в то время как метод спектрофотометрии дает информацию только о концентрации мономерно-димерных форм кремнекислоты.

Установлено, что в пресных околонейтральных водах следует использовать метод атомно-абсорбционной спектроскопии; для щелочных соленых и соленых вод – как спектрофотометрический, так и атомно-абсорбционный методы анализа.

Выполнено при финансовой поддержке Госзадания «Наука» ТПУ

Литература

1. Камбалова М.Г., Скворцова Л.Н., Мазурова И.С., Гусева Н.В. К вопросу о методах определения растворимых соединений кремния в воде и способах ее обескремнивания//Известия Томского политехнического университета серия «Химия». – Томск, 2013. – № 3. – С. 18 – 22.
2. РМГ 76-2004. Государственная система обеспечения единства измерений. Внутренний контроль качества результатов количественного химического анализа. – М.: Стандартинформ, 2005. – 86 с.
3. Страхов И.М. Геохимия кремнезема. – М.: Наука, 1966. – 30 с.
4. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Недра, 1998. – 366 с.