

## Экспериментальные исследования для развития информационной базы минеральных вод

М.А. Талыбов<sup>1</sup>, Д.Т. Сафаров<sup>2</sup>, И.В. Черунова<sup>3</sup>, Е.Н. Сирота<sup>3</sup>, С.А. Колесник<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Azerbaijan Technical University, Baku, Азербайджан*

<sup>2</sup> *Universität Rostock, Rostock, Германия*

<sup>3</sup> *Донской государственный технический университет, Россия*

**Аннотация:** В статье обоснованы и представлены специальные исследования по определению химических свойств минеральных вод отдельных регионов Ставропольского края РФ. В работе проведено экспериментальное исследование химического состава девяти минеральных водных источников районов г.Пятигорска и г.Ессентуки методами экспериментальной атомно-эмиссионной спектроскопии и ионной хроматографии. Большую часть установленных химических элементов составляет натрий (Na) (от 844 до 6620 мг/литр); далее кальций (Ca) как один из основных источников катионов, а также калий (K) и магний (Mg) (они составляют от 6.7 до 92.2 и 15 до 76.2 мг/литр, соответственно). Значима также сера (S) с количеством 362 мг/литр; кремний (Si) имеется в достаточном количестве в составе этих водах – от 3.5 до 27.3 мг/литр. Малую долю составляют литий (Li), бор (B), стронций (Sr). Полученные экспериментальные данные позволяют расширить мировую информационную базу соответствующих природных ресурсов РФ.

**Ключевые слова:** Минеральные воды, химический состав, экспериментальные исследования, атомно-эмиссионная спектроскопия, ионная хроматография.

Основная доля получаемой энергии основана на традиционных источниках, которые используются долгие годы и характеризуются рядом проблем. Первая проблема заключается в определенных негативных воздействиях на окружающую среду от непосредственных производственных процессов получения энергии из традиционных энергетических ресурсов (например, во время сжигания угля, нефти, газа). Вторая проблема заключается в конечности запасов природных ресурсов, что приводит к необходимости расширения технологий получения энергии на базе альтернативных источников. К таким источникам относятся солнечная и ветровая энергии, энергия геотермальных вод, морских волн и приливов, энергия биомассы и т.д. Альтернативные источники энергии широко используются как в промышленных масштабах, так и в частном секторе.

---



Технологии получения энергии из неограниченных источников дают возможность строить энергонезависимые дома с экологически чистой инфраструктурой в удаленных районах и решать проблемы энергоснабжения уже существующих объектов. К таким источникам относят минеральные воды.

В этом направлении в Азербайджане и в Российской Федерации проводятся тематические исследования, т.к. обе страны обладают запасами как традиционных, так и альтернативных источников энергии, и ведут работы по параллельному развитию современных технологий энергообеспечения жизнедеятельности, в том числе, опирающихся на использование минеральных вод, которые представляют интерес в сфере биотехнических ресурсов.

В основе создания технологий использования ресурсов минеральных вод лежат их первичные химические и теплофизические свойства. Существенный задел в выполнении исследований данного направления (исследования теплофизических свойств геотермальных и минеральных вод различных стран мира: Германия, Азербайджан, Турция, Россия и т.д.) получен сотрудниками кафедры «Тепло- и хладотехника» Азербайджанского Технического Университета (Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan) в рамках «Государственной Программы по использованию альтернативных и возобновляемых источников энергии в Азербайджанской Республике», утвержденной распоряжением Президента Азербайджанской Республики от 21 октября 2004 года под номером 462 [Государственная Программа по использованию альтернативных и возобновляемых источников энергии в Азербайджанской Республике Утв.22.10.2004, ст. 246], которая содействует широкомасштабным работам по строительству в Азербайджанской Республике ветряных, малых и больших гидротермальных и солнечных электростанций, по использованию энергии биомассы,

---

геотермальных вод и т.д. Лабораторно-экспериментальная база для проведения данного рода исследований обеспечена совместными ресурсами международного партнерства Azerbaijan Technical University (Baku, Azerbaijan / Азербайджан) и Universität Rostock (Rostock, Deutschland / Германия): кафедра «Техническая термодинамика». Развитие технологий и исследования свойств минеральных вод РФ опирается на научно-исследовательские работы Донского государственного технического университета (филиал в г.Шахты).

Вопросам анализа и исследования минеральных вод в России уделяется большое внимание. В рамках Государственного доклада «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации за 2011», подготовленного по заказу Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, отмечено, что «Прогнозные ресурсы питьевых и технических подземных вод Российской Федерации очень велики, они оцениваются в 869,1 млн куб.м/сут., в это количество включены как пресные (с минерализацией до 1 г/л), так и слабоминерализованные (до 3 г/л) подземные воды. Запасы минеральных подземных вод России составляют 334,2 тыс.куб.м/сут. Количество участков минеральных подземных вод достигает 1244, из них 849 находится в распределенном фонде недр. Наибольшими запасами минеральных подземных вод располагает северокавказский федеральный округ [1, 2]. Свойства минеральных вод определяются первичным их типом и структурой (Рис.1).

При этом качество минеральных вод в значительной мере определяется их химическим составом, который целесообразно исследовать на предмет ряда актуальных показателей, т.к. тенденции освоения новых источников и использования действующих во многом определяются полнотой технической информации о них [3,4].

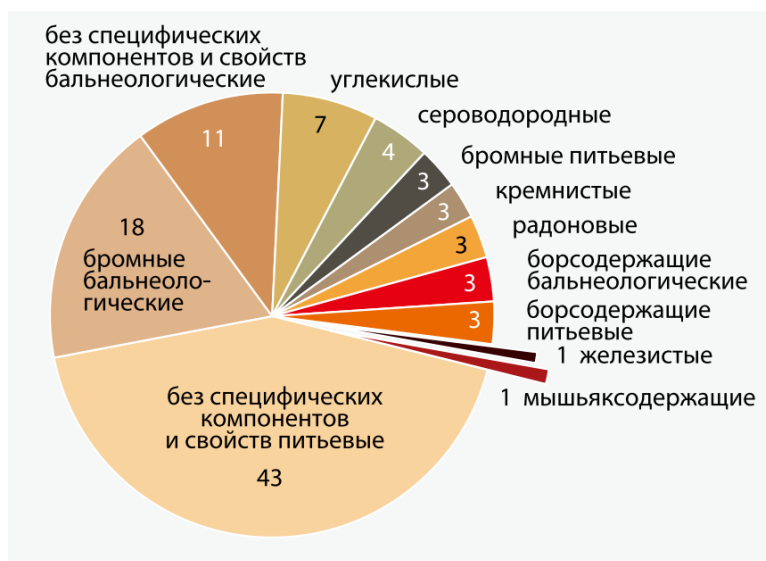


Рис.1. - Структура запасов минеральных подземных вод России, % [1].

1. По Указу Президента Российской Федерации от 27 марта 1992 года, Кавказские Минеральные Воды являются особо охраняемым эколого-курортным регионом Российской Федерации. В нём прямо были определены цели создания региона — сохранение природных богатств курортов КМВ — всемирно известной местности с уникальными оздоровительными и лечебными факторами, неповторимым историко-архитектурным и культурным обликом [Указ Президента Российской Федерации "Об особо охраняемом эколого-курортном регионе Российской Федерации — Кавказских Минеральных Водах" от 27 марта 1992 года, № 309 Москва].

В рамках этих задач были исследованы технические свойства геотермальных потенциалов Российской Федерации. С этой целью был проанализирован химический состав и теплофизические свойства (плотность, вязкость, скорость звука, теплоемкость, давления насыщенных паров) актуальных водных ресурсов.

На курортах Пятигорска для питьевого лечения применяются углекислые воды, которые, в основном, сосредоточены на небольшой площади вокруг горы Машук. Эти источники можно разделить на следующие

бальнеологические группы: углекислые воды (горячие, теплые, холодные) - первый пятигорский тип; углекисло-сероводородные сложного ионно-солевого состава - второй пятигорский тип; радоновые воды - третий пятигорский тип; минеральные воды Эссентукского типа (углекислые и углекисло-сероводородные) и, наконец, бальнеологическая группа вод "без специфических компонентов и свойств" (азотные термы, метановые воды с повышенным содержанием йода и брома, слабоуглекислая хлоридная натриевая вода типа Арзни) [5].

Для исследования были отобраны образцы 9-ти водных проб минеральных вод из непосредственных природных источников районов Ставропольского края РФ, координаты которых приведены ниже в табл.1. Эти воды применяются как для питьевого, так и для бальнеологического лечения. Источники № 4, 7, 24, Красноармейский новый в Пятигорске имеют второе название "пятигорские теплые нарзаны" с температурой до  $T=313.15$  К. Все тёплые нарзаны характеризуются высокой газонасыщенностью, сравнительно низкой концентрацией солей. Функциональность этих вод зависит от их теплофизических и химических свойств [6]. В перспективе они рассматриваются и как природные источники для получения биоэнергетических ресурсов полезного назначения.

Эссентукское месторождение характеризуется значительным разнообразием лечебных типов минеральных вод. Но главное его богатство составляют углекислые гидрокарбонатно-хлоридные натриевые воды, или, как принято называть их на курорте, соляно-щелочные воды - широко известные Эссентуки № 1, 2, 4, 17, 19 и т.д.

Минеральная вода «Эссентуки глубокая буровая № 1» находится в восточной части Лечебного парка, но не в долине реки Кислуши, а на высокой террасе. Вначале этот источник имел пресную воду с небольшим содержанием сероводорода, со временем минерализация его возросла до 5,5

---

грамма, количество свободного сероводорода увеличилось до 12 мг, появилась углекислота. Температура её колеблется в пределах до 24 °С. Буровая № 1 используется и как питьевой источник [7-9].

Минеральные воды «Ессентуки № 2 новая», «Ессентуки №4», «Ессентуки №17» активно используются в лечебных целях [7-9]. Минеральная вода «Ессентуки №17» добывается с глубины до 1,5 км

В настоящей работе обоснованы и экспериментально получены важные для перспективного применения предложенных минеральных вод физические и химические свойства – для развития альтернативных природных источников энергии.

Исследования для определения количество катионов в минеральных вод проводились с использованием атомно-эмиссионного спектрометра [8] с индуктивно-связанной плазмой IRIS Intrepid II Optical Emission Spectrometer производства Великобритании (рис. 2).

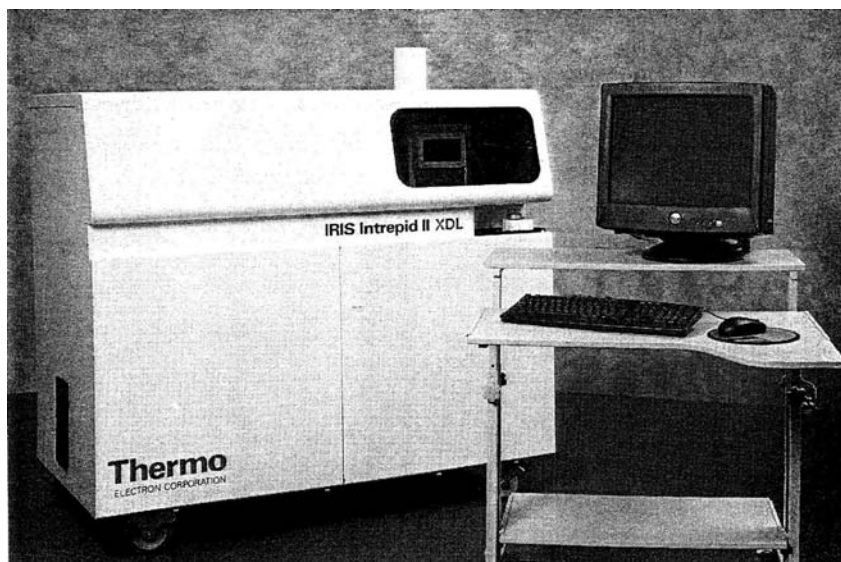


Рис.2. - Спектрометр IRIS Intrepid II Optical Emission [10].

Таблица № 1.

Географическая локализация исследованных проб  
минеральных вод районов Ставропольского края РФ

№ пп	Наименование источника	Условное Обозначе- ние источника	Географическ ая широта	Географическ ая долгота
1	Пятигорск №4	RR1	43°08'29.58"	44°04'20.57"
2	Пятигорск №7	RR2	43°08'29.58"	44°04'20.57"
3	Пятигорск Красноармейская новая	RR3	44°22'22.22"	43°55'99.99"
4	Ессентуки №1 Буровая	RR4	44°03'33.45"	42°85'00.08"
5	Ессентуки Ул. Лермонтово №1	RR5	44°03'33.41"	43°06'66.66"
6	Ессентуки ул. Кирова 26а №2	RR6	44°03'33.45"	43°06'66.74"
7	Ессентуки №4	RR7	44°03'33.47"	42°85'00.08"
8	Ессентуки №17	RR8	44°03'33.45"	42°85'00.08"
9	Пятигорск ул. Пастухова №19	RR9	44°03'33.41"	43°06'66.79"

Спектральные методы зачастую универсальны и обеспечивают высокую чувствительность определения. Они позволяют анализировать содержание интересующего компонента в диапазоне 5-6, а при использовании масс-спектрометров – в диапазоне 8-9 порядков. Использование спектрометров позволяет измерить содержание нескольких десятков примесных элементов одновременно [9]. Важна также скорость

получения информации о составе исследуемой пробы, которая сейчас может составлять до 2-3 минут. В процессе усовершенствования специального оборудования появился такой источник возбуждения спектра, как высокочастотная индукционно-связанная плазма (ИСП), которая сейчас превосходит по своим аналитическим возможностям многие ресурсы оптической эмиссии. Развитие фотоприемников позволило прийти к появлению фотодиодных матриц. В их основе лежат светочувствительные свойства кремния.

В современных исследованиях отмечено [8], что атомно-эмиссионные спектрометры в сочетании со спектрофотометрией имеют оправданно большое распространение, что нашло отражение в системах государственных стандартов РФ на методы аналитического контроля объектов химической промышленности, нефтехимии, экологии, металлургии, медицины. За счет единовременной регистрации значительного числа спектральных линий, высокую чувствительность и экспрессность, низкий уровень шума. Они работают в широком диапазоне длины волн с высоким спектральным разрешением [8].

Процесс атомно-эмиссионного спектрального анализа, который был реализован в настоящей работе, состоит из следующих основных звеньев [9,10]:

- Подготовка проб (подготовка образца);
  - Испарение анализируемой пробы (если она не газообразная);
  - Диссоциация — атомизация её молекул;
  - Возбуждение излучения атомов и ионов элементов пробы;
  - Разложение возбужденного излучения в спектр;
  - Регистрация спектра;
  - Идентификация спектральных линий — с целью установления элементного состава пробы (качественный анализ);
-



- Измерение интенсивности аналитических линий элементов пробы, подлежащих количественному определению;
- Нахождение количественного содержания элементов с помощью установленных предварительно градуировочных зависимостей.

Для практического исследования анализа анионов геотермальных вод РФ использовался анализатор анионов DX-100 (Рис. 3). Первоначально проводится процесс дегазирования образцов, для чего используется процесс дегазирования под вакуумом. При приготовлении и дегазировке растворителя (Элуент) были учтены условия размещения в закрытом посуде в режиме инертного газа (Рис. 4).

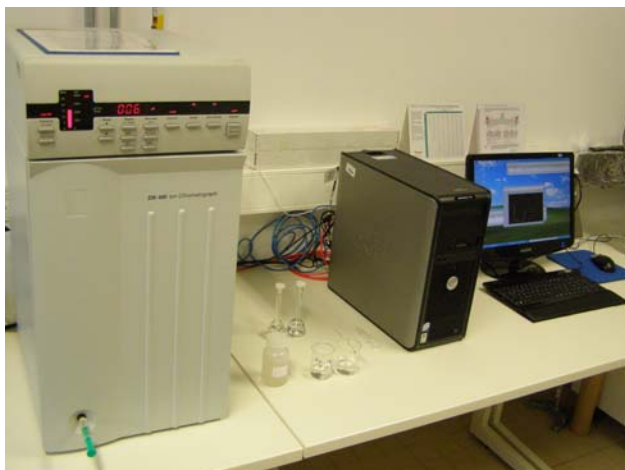


Рис.4. - Анализатор анионов DX-100 и условия процесса дегазирования образца.

На следующем этапе была проведена фильтрация элюентов, для чего фильтры в конце линии были открыты и создано избыточное давление. Экспериментальная установка обеспечена с кончиками линии - фильтрами (P/N 045987), которые устойчивы к давлению с помощью фильтрованных инертных газов (в основном гелий) в пределах 0.14-0.69 МПа. Регулятор давления внутри установки регулирует давление в пределах 0.03-0.07 МПа.

Образцы подлежали хранению в полиэтиленовых сосудах, имеющих высокую плотность и обработанных деионизированной водой (Рис. 5).



Рис.5. - Емкости на установках.

Состав образцов, приготовленных для анализа, идентичен составу питьевой воды, поэтому анионный анализ таких образцов был проведен с процедурой разбавления и фильтрация (Рис. 6).

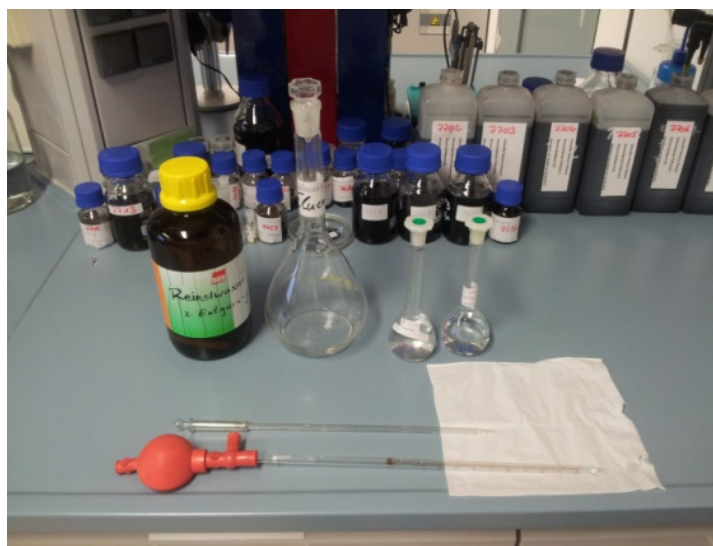


Рис. 6. - Разбавления образцов

Грунтовые и отходные воды фильтруются из фильтровки размером 0.45  $\mu\text{m}$  перед вводом на установку. Образцы, содержащие препятствующее вещество, перед вводом на установку подвергаются первичной обработке-пропускаются через цилиндры Dionex OnGuard<sup>TM</sup>.

Для использования автоматического введения образца в цикл экспериментальных измерений, выходной канал подсоединен к 5-му порту инъекционного клапана [11].

Длина носителя в количестве 1мл/мин. и 2 мл/мин. для одномоментной инъекции составляет:

- 100 мл в 1мл/мин. или используется короткий носитель (1000мл/мин.)\*(объем 1 образца/100мл) = 10 объем обр./мин.

- 200 мл в 1мл/мин. или используется короткий носитель (2000мл/мин.)\*(объем 1 образца/200мл) = 10 объем обр./мин.

В аппарат DX-100 (Рис.6,7) [12] можно подключить аппараты интегрирования Dionex 4400 или 4600, или же с использованием программ DIALOG или BASIC можно автоматизировать анализы.

Результаты экспериментальных исследований рассматриваемых образцов проб минеральных вод представлены в табл. 2.

Минеральная вода «Ессентуки глубокая буровая № 1» вначале имела небольшое содержание сероводорода. Со временем минерализация его возросла до 5,5 грамма, количество свободного сероводорода увеличилось до 12 мг, появилась углекислота. Вода буровая № 1 меньше насыщена солями и имеет сероводород. По типу — это углекислая, сероводородная солянощелочная вода. Температура её колеблется в пределах до 24 °С. Вода бесцветна, прозрачна, имеет выраженные примеси соли и характерный запах.

Таблица №2.

Химический состав минеральных водных источников  
районов г.Пятигорска и г. Эссентуки (РФ)

Пробы	RR1	RR2	RR3	RR4	RR5	RR6	RR7	RR8	RR9
<b>Катионы, (мг/л)</b>									
Al1670	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
As1890	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
B_2089	1.6	7.5	1.4	1.4	1.7	1.6	5.7	10.3	2.4
Ba2304	<0.1	<0.1	<0.1	7.0	<0.1	<0.1	1.9	1.6	0.1
Ca3181	424	26.2	425	86	384	407	124	101	468
Cd2288	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Co2286	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Cr2055	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Cu3247	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Fe2599	<0.1	0.2	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Hg1849	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
K_7664	70.4	13.0	59	6.7	68.6	63.3	15.8	11.7	92.2
Li6707	1.6	2.1	1.5	0.2	1.6	1.7	0.7	1.2	2.5
Mg2790	57.9	19.1	51	15	60.2	53.8	52.8	66.5	76.2
Mn2939	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	0.2	<0.1	<0.1	0.6
Mo2045	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Na8183	861	2490	844	539	928	948	2020	6620	1350
Ni2316	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
P_2136	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Pb2203	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
S_1820	266	304	291	7.1	270	275	0.4	0.3	362
Sb2175	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Se1960	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Si2124	9.6	7.2	27.3	7.1	7.6	22.7	5.6	3.5	22.4
Sr4077	8.9	8.3	8.6	2.6	8.4	8.8	4.9	7.1	12.0
Ti3349	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Tl1908	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1



				1					
V_2924	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Zn2062	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Всего:	170 3	2879. 6	1710. 8	674	1732. 2	178 4	2233. 7	6825. 1	2390. 2
<b>Анионы, (мг/л)</b>									
Хлориды	168 3	1409	928	400	1049	100 9	1660	2268	1545
Нитраты	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Сульфаты	163 9	918	839	31.5	942	849	1.3	0.8	1197

Содержание двууглекислого натрия (соды) равно 3,8 грамма, хлористого натрия (поваренной соли) — 2,3 грамма в 1 литре воды. Химические элементы, которые практически отсутствуют в составе минеральных водных источников районов г.Пятигорска и г. Эссентуки (РФ) помечены в таблице « <0.01 мг/литр». Это означает, что количество этих веществ в составе минеральных водных источников обозначенных наименований не действуют на их общие термодинамические свойства.

Большую часть химических элементов в составе минеральных водных источников Пятигорска и Эссентуки России составляет натрий (Na) (от 844 до 6620 мг/литр). Далее можно отметить кальций (Ca) как один из основных катионов в составах исследованных минеральных вод. А также как основные химические элементы минеральных водных источников Пятигорска и Эссентуки России можно отметить калий (K) и магний (Mg). Они составляют от 6.7 до 92.2 и от 15 до 76.2 мг/литр, соответственно. Значима также сера (S) с количеством 362 мг/литр. Кремний (Si) имеется в достаточном количестве в составе этих вод – от 3.5 до 27.3 мг/литр. Малую

долю составляют литий (Li), бор (B), стронций (Sr). Остальные элементы не так значительно встречаются в составе исследованных минеральных вод России.

Полученные экспериментальные данные позволяют расширить информационную базу минеральных вод РФ, что вносит вклад в многофакторный цикл исследований и применения ценных российских природных вод для развития современных технологий биоэнергетики.

### Литература

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации за 2011 год». Подземные воды // Информационно-аналитический центр «Минерал», Москва URL: [mineral.ru/Facts/russia/156/510/3\\_28\\_water.pdf](http://mineral.ru/Facts/russia/156/510/3_28_water.pdf) (дата обращения: 11.09.2014).

2. Куликов Г.В., Желваков А.В., Бондаренко С.С. Минеральные лечебные воды СССР. - М: НЕДРА, 1991. - 399 с.

3. Заграничный К.А. К вопросу об источниках и объемах поступления нефтяных компонентов в акваторию Черного моря // «Инженерный вестник Дона», 2014, №1. – URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2300](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2300)

4. Вишневецкий В.Ю., Ледяева В.С. Экспериментальные исследования динамики концентрации тяжелых металлов в поверхностном слое воды в Таганрогском заливе // Инженерный вестник Дона, 2012, №4/1. – URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1140](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1140)

5. Safarov J., Talibov M., Shahverdiyev A., Sirota E., Cherunova I., Zorer S., Hassel E. THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF THERMAL WATER RESOURCES // Chemie-Ingenieur-Technik. - 2012. – №84(8). - P. 1415.

6. Thermophysical Properties of Geothermal Energy and Mineral Water Resources of Azerbaijan, Germany, Russia and Turkey // XVIII International



Symposium of Thermophysical Properties, 24-29 June 2012. - Colorado: U.S.A., 2012. – URL: [thermosymposium.nist.gov](http://thermosymposium.nist.gov).

7. Грачева С.Л., Сартакова М.С. Кавказские Минеральные Воды. Путеводитель. - М: Издательство "ВОКРУГ СВЕТА", 2006. - 176 с.

8. IRIS Intrepid II ICP Spectrometer Operator's Guide // Machineseker URL: [machineseker.com/A1828677/Thermo-Electron-IRIS-Interpid-II-XSP.html](http://machineseker.com/A1828677/Thermo-Electron-IRIS-Interpid-II-XSP.html) (дата обращения: 10.09.2014).

9. Свиридов В. Спектральный анализ: точность и скорость // ТехСовет. - 2004. - №8(18). - URL: // [tehsovet.ru/article-2004-8-5-210](http://tehsovet.ru/article-2004-8-5-210).

10. Спектральный анализ // Академик URL: [dic.academic.ru](http://dic.academic.ru) (дата обращения: 01.09.2014).

11. DX-120 ION CHROMATOGRAPH OPERATOR'S MANUAL // Dionex URL: [www.dionex.com/en-us/webdocs/4520-31183-03.pdf](http://www.dionex.com/en-us/webdocs/4520-31183-03.pdf) (дата обращения: 01.09.2014).

12. PeakNet-PA Software User's Guide // Dionex URL: [www.dionex.com/en-us/webdocs/4588-31322-02\\_V15.pdf](http://www.dionex.com/en-us/webdocs/4588-31322-02_V15.pdf) (дата обращения: 01.09.2014).

## References

1. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii i ispol'zovanii mineral'no-syr'evyh resursov Rossijskoj Federacii za 2011 god». Podzemnye vody [State report «On the status and exploitation of mineral resources of the Russian Federation for 2011». Groundwater]. – M: Informacionno-analiticheskij centr «Mineral». URL: [mineral.ru/Facts/russia/156/510/3\\_28\\_water.pdf](http://mineral.ru/Facts/russia/156/510/3_28_water.pdf) (date of access: 11.09.2014).
  2. Kulikov G.V., Zhelvakov A.V., Bondarenko S.S. Mineral'nye lechebnye vody SSSR [Mineral waters of the USSR]. - M: NEDRA, 1991. - 399 p.
  3. Zagranichnyj K.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №1 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2300/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2300/).
  4. Vishneveckij V.Ju., Ledjaeva V.S. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №4/1 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1140](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1140).
  5. Safarov J., Talibov M., Shahverdiyev A., Sirota E., Cherunova I., Zorer S., Hassel E. THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF THERMAL WATER RESOURCES. Chemie-Ingenieur-Technik. - 2012. - №84(8). - P. 1415.
  6. Thermophysical Properties of Geothermal Energy and Mineral Water Resources of Azerbaijan, Germany, Russia and Turkey. XVIII International Symposium of Thermophysical Properties, 24-29 June 2012. - Colorado: U.S.A, 2012. – URL: [thermosymposium.nist.gov](http://thermosymposium.nist.gov).
  7. Gracheva S.L., Sartakova M.S. Kavkazskie Mineral'nye Vody. Putevoditel' [Caucasian Mineral Waters. Guide]. - M: Izdatel'stvo «VOKRUG SVETA», 2006. - 176 p.
  8. IRIS Intrepid II ICP Spectrometer Operator's Guide. MachineSeeker URL: [machineseeker.com/A1828677/Thermo-Electron-IRIS-Interpid-II-XSP.html](http://machineseeker.com/A1828677/Thermo-Electron-IRIS-Interpid-II-XSP.html) (date of access: 10.09.2014).
  9. Sviridov V. TehSovet. - 2004. - №8 (18). - URL: [www.tehsovet.ru/article-2004-8-5-210](http://www.tehsovet.ru/article-2004-8-5-210).
-





10. Spektral'nyj analiz. Akademik URL: [dic.academic.ru](http://dic.academic.ru) (date of access: 01.09.2014).

11. DX-120 ION CHROMATOGRAPH OPERATOR'S MANUAL. Dionex URL: [dionex.com/en-us/webdocs/4520-31183-03.pdf](http://dionex.com/en-us/webdocs/4520-31183-03.pdf) (date of access: 01.09.2014).

12. PeakNet-PA Software User's Guide. Dionex URL: [dionex.com/en-us/webdocs/4588-31322-02\\_V15.pdf](http://dionex.com/en-us/webdocs/4588-31322-02_V15.pdf) (date of access: 01.09.2014).