

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОДЫ В МИНЕРАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКАХ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ

Л.Л. Парнякова, Е.Г. Кекина, А.В. Дубовской, Ю.С. Асеева, И.Л. Шедловская*

Центр испытаний и экспертизы ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава РФ, Москва

РЕЗЮМЕ. Питьевые минеральные воды часто используют с лечебно-профилактическими целями, прежде всего при заболеваниях желудка, кишечника, поджелудочной железы, печени, желче- и мочевыводящих путей. Минеральные воды с различными физико-химическими свойствами могут применяться для наружного (минеральные ванны, орошения, клизмы и т.д.) или питьевого употребления. На курортах с питьевыми минеральными водами больные пьют воду непосредственно у источников. Бутилирование воды обеспечивает сохранность первоначального состава и лечебные свойства. Проведена оценка пяти образцов минеральной воды из труднодоступных районов Шумаковского заповедника Республики Бурятия. Уровень общей минерализации в представленных на испытание образцах составил 1,1–1,3 г/дм³, что характеризует ее как природную минеральную столовую воду; Установлено, что исследованная минеральная вода относится к гидрокарбонатной магниевokalьциевой кремнистой (НСО₃ 85, Са²⁺ 50–60, Mg²⁺ 30–50 экв.%) гидрохимической группе с реакцией среды от слабокислой до щелочной рН 6,4–8,8. Из бальнеологически активных компонентов во всех пробах воды обнаружен кремний (в пересчете на метакремниевую кислоту) в диапазоне 51,7–124,0 мг/дм³. Наибольшее количество отмечено в источнике № 4 (124,0±5,0 мг/дм³). Помимо кремния в воде всех источников присутствует радиоактивный газ радон, концентрация от 33 до 1003 Бк/дм³. Наибольшее содержание радона обнаружено в источнике № 2 (1003±119 Бк/дм³). Это выше порогового значения содержания бальнеологически значимого фактора – 185 Бк/дм³ (5 нКи/дм³). По данному показателю вода из источника № 2 по принятой в курортологии классификации относится к слаборадоновым и показана для наружного применения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: минеральная вода, биологически активные компоненты, радон, перспективы развития источников.

ВВЕДЕНИЕ

Восточная Сибирь богата минеральными водами различного состава, обладающими лечебными свойствами. Шумацкие минеральные источники Республики Бурятии известны с древних времен. Исследуемые минеральные источники расположены на высоте 1558 м в горах Восточного Саяна, на реке Шумак (правый приток р. Китой), на северном макросклоне Тункинских Гольцов. Хребет сложен кристаллическими сланцами и гранитами. В соответствии с гидрологическим районированием эта территория относится к Восточно-Саянской области термальных и холодных углекислых вод (Богачев, 1905).

Главнейшим геологическим фактором появления углекислых вод в Восточном Саяне является молодая вулканическая деятельность в

четвертичное время, отмеченная тектоническими разломами, к которым приурочены горячие источники.

Минеральные источники были известны с древних времен, но сведения в литературе о данных источниках встречаются крайне редко. Первые научные работы о минеральных водах Забайкальского края и Бурятии датируются началом XX века, в которых авторы указали их место расположения и тип (Богачев, 1914; Пинеккер и др. 1968; Ломоносов, 1974).

На территории Шумака располагается природный туристический заповедный комплекс. Минеральные источники выходят тремя линиями в количестве более 100 (200) штук. Вода из всех источников стекает в одно русло. Суммарный расход воды всех источников – около 10,0 л/с.

* Адрес для переписки:

Кекина Елена Геннадьевна
E-mail: lena.kekina@mail.ru

Изливающиеся минеральные воды отличаются как по температуре, цвету, минерализации, вкусу, так и по содержанию углекислоты и радона.

Образцы воды из пяти минеральных источников были доставлены из Окинского района, Республики Бурятия с географическими координатами 51°58'06.7"N 101°52'02.5"E.

Цель работы – оценка показателей качества биологически активных компонентов в минеральных источниках Шумакского заповедника в зимний период года.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пробы отбирали в чистую посуду без добавления консерванта, затем на вертолете из Шумакского заповедника доставляли в г. Иркутск. До момента доставки в лабораторию пробы сутки хранили в термосумках при температуре +4...+6. Оценка минеральной воды на содержание микроэлементного состава (металлов) выполняли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе Квант-Z.ЭТА. Катионный состав определяли титриметрическим методом, анионный состав – методом спектрофотометрии на приборе Unico (ГОСТ Р 54316-2011). Радиологические испытания проводили на УСК «Гамма-Плюс» (Методика измерения активности радона..., 2008).

На испытание приняли пять образцов минеральной воды из Шумакских источников: «Селен», «Глаза», «Желудок», «Диабет», «Рак».

Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием ПО «ЛИС Химик-аналитик» (г. Томск).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для приема внутрь обычно применяют мало- и среднеминерализованные воды. Общая концентрация растворенных в воде минеральных и органических веществ в таких водах колеблется в пределах 1–12 г/л. К минеральным питьевым водам в большинстве стран мира относят воды с общей минерализацией не менее 1 г/л., а также воды с меньшей минерализацией, если они содержат биологически активные вещества в количестве, соответствующем нормам для питьевых минеральных вод. Это в первую очередь относится к водам, содержащим органические вещества, бор, мышьяк, кремниевую кислоту. Исследованная авторами вода относится к водам, бога-

тым кремниевой кислотой. Минеральные питьевые воды с подобным химическим составом применяются при лечении различных заболеваний, преимущественно органов пищеварения, при нарушении обмена веществ и болезнях мочевыводящих путей (Физиотерапия и Курортология..., 2020).

Питьевые воды разделяют на четыре группы:

1 - я группа – минеральные питьевые лечебные воды, общая минерализация которых колеблется в пределах 8–12 г/л, а также воды с минерализацией меньше, чем 8 мг/л, если они содержат повышенное количество бора, мышьяка, органических веществ и других компонентов; данные воды для лечения назначаются только врачом;

2 - я группа – минеральные лечебно-столовые воды, общая минерализация которых составляет 2–8 г/л, данные виды вод индивидуально назначаются только врачом-курортологом; их использование более двух недель может привести к нежелательным последствиям;

3 - я группа – природные минеральные столовые воды их общая минерализация составляет от 1 до 2 г/л, данную воду используют как обычную для постоянно питья;

4 - я группа – природные столовые воды с минерализацией менее 1 г/л, их применяют аналогично природным минеральными столовыми водам.

Исследованную минеральную воду из Шумакских источников можно отнести к минеральным природным питьевым лечебно-столовым водам.

Поскольку существенных различий по химическому составу воды между минеральными источниками не наблюдалось, ниже приводятся суммарные данные.

Изучение микроэлементного состава показало, что во всех водах Шумакских источников присутствует литий – 0,04–0,067 мг/дм³, марганец в количестве 0,11–0,30 мг/дм³ присутствует во всех источниках, кроме источника «Селен», стронций обнаружен только в источниках «Желудок» и «Рак» с концентрациями 0,50±0,14 и 0,57±0,51 мг/дм³ соответственно, остальные исследуемые микроэлементы были выявлены ниже предела обнаружения: цинк, алюминий, кобальт, никель, медь, мышьяк, свинец, кадмий, хром, железо, барий, селен (табл. 1).

Таблица 1. Состав катионов в минеральных источниках, мг/дм³

| Показатель | Источник «Селен» | Источник «Глаза» | Источник «Диабет» | Источник «Желудок» | Источник «Рак» |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Литий (Li ⁺) | 0,040±0,008 ^a | 0,063±0,010 ^b | 0,067±0,010 ^b | 0,067±0,010 ^b | 0,063±0,010 ^b |
| Аммоний (NH ₄ ⁺) | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| Калий (K ⁺) | 5,8±0,7 ^a | 8,7±1,0 ^b | 10,4±1,2 ^b | 10,6±1,3 ^b | 10,5±1,0 ^b |
| Натрий (Na ⁺) | 3,0±0,6 ^a | 2,0±0,4 ^b | 46,0±9,2 ^c | 0,92±0,18 ^d | 2,9±0,58 ^a |
| Магний (Mg ²⁺) | 67,0±7,0 ^{ab} | 79,0±8,0 ^{ac} | 61,0±6,0 ^b | 79,0±8,0 ^{ac} | 85,0±8,5 ^c |
| Кальций (Ca ²⁺) | 150,0±15 ^a | 170,0±17 ^a | 180,0±18 ^a | 170,0±17 ^a | 160,0±16 ^a |
| Стронций (Sr ²⁺) | <0,5 | <0,5 | <0,5 | 0,50±0,14 | 0,57±0,10 |
| Железо Σ (Fe ²⁺ + Fe ³⁺) | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| Алюминий (Al ³⁺) | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| Марганец (Mn ²⁺) | <0,01 | 0,11±0,03 | 0,22±0,06 | 0,30±0,08 | 0,23±0,06 |
| Медь (Cu ²⁺) | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Кобальт (Co ²⁺) | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Никель (Ni ²⁺) | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 |
| Свинец (Pb ²⁺), г/кг | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Цинк (Zn ²⁺) | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Кадмий (Cd ²⁺), г/кг | <0,0005 | <0,0005 | <0,0005 | <0,0005 | <0,0005 |
| Хром Σ (Cr ³⁺ +Cr ⁶⁺) | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Барий (Ba ²⁺) | <5,0 | <5,0 | <5,0 | <5,0 | <5,0 |
| Селен (Se ²⁺) | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Сумма катионов | 226,0 ^a | 260,0 ^b | 298,0 ^c | 261,0 ^b | 259,0 ^b |

П р и м е ч а н и е : значения в рядах с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0,05$.

Таблица 2. Состав анионов в минеральных источниках, мг/дм³

| Показатель | Источник «Селен» | Источник «Глаза» | Источник «Диабет» | Источник «Желудок» | Источник «Рак» |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Фторид (F ⁻) | 1,87±0,20 ^a | 2,0±0,2 ^a | 2,1±0,2 ^a | 2,0±0,2 ^a | 1,8±0,2 ^a |
| Хлорид (Cl ⁻) | 4,6±0,4 ^b | 9,2±0,8 ^b | 7,4±0,7 ^b | 7,4±0,7 ^b | 5,7±0,5 ^b |
| Бромид (Br ⁻) | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Йодид (I ⁻) | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| Сульфат (SO ₄ ²⁻) | 69,0±4,0 ^c | 46,0±4,0 ^c | 47,0±4,0 ^c | 48,0±4,0 ^c | 55,0±4,0 ^c |
| Гидрокарбонат (HCO ₃ ⁻) | 708,0±71,0 ^a | 854,0±85,0 ^a | 854,0±85,0 ^a | 854,0±85,0 ^a | 854,0±85,0 ^a |
| Ортофосфат (PO ₄ ³⁻) | <0,01 | 0,04±0,02 | 0,045±0,02 | 0,045±0,02 | 0,045±0,02 |
| Нитрит (NO ₂ ⁻) | 0,04±0,02 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Нитрат (NO ₃ ⁻) | 2,4±0,4 | 0,7±0,1 | 3,1±0,4 | 1,7±0,3 | 1,3±0,2 |
| Сумма анионов | 786,0 | 911,0 | 914,0 | 913,0 | 918,0 |

П р и м е ч а н и е : см. табл. 1.

Таблица 3. Содержание недиссоциированных молекул в минеральных источниках, мг/дм³

| Показатель | Источник «Селен» | Источник «Глаза» | Источник «Диабет» | Источник «Желудок» | Источник «Рак» |
|---|------------------|------------------|-------------------|--------------------|----------------|
| Сероводород общий $\Sigma \text{H}_2\text{S}$ | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| В том числе свободные | | | | | |
| Метакремниевая кислота H_2SiO_3 | 51,7±4,0a | 79,0±6,0b | 124,0±5,0c | 98,0±8,0d | 76,5±6,0b |
| Мышьяк As | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 |
| Ортоборная кислота H_3BO_3 | <0,28 | <0,28 | <0,28 | <0,28 | <0,28 |
| Общая минерализация, М | 1,064±a | 1,25±b | 1,336±c | 1,272±b | 1,254±b |
| Сухой остаток при 105 °С | 684,0±62,0a | 812,0±73,0b | 882,0±79,0b | 820,0±74,0b | 808,0±73,0b |

Примечание: см. табл. 1.

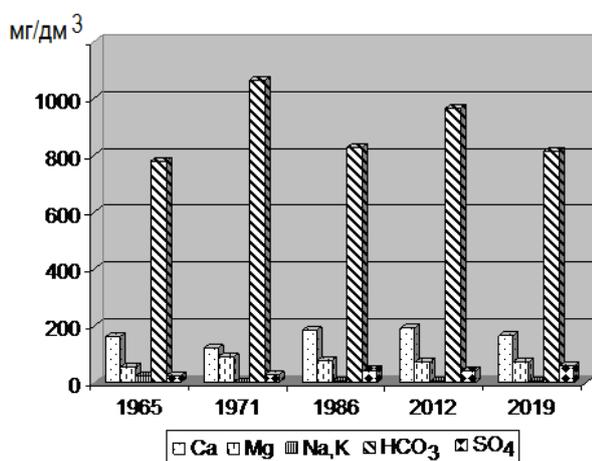


Рисунок. Изменения состава минеральных вод Шумакского месторождения в период с 1965–2019 гг.

Содержание макрокомпонентов в минеральных водах находилось в следующих интервалах: кальций 150,0–180,0 мг/дм³, магний 61,0–85,0 мг/дм³, калий 5,8–10,6 мг/дм³, натрий 0,92–4,6 мг/дм³. Содержание анионов было представлено следующим образом: гидрокарбонатов 708,0–854,0 мг/дм³, сульфатов 46,0–69,0 мг/дм³, хлоридов 4,6–9,2 мг/дм³, ортофосфатов 0,040–0,045 мг/дм³. Исследуемая вода из всех пяти минеральных источников заметно отличалась высоким содержанием фторидов (1,8–2,1 мг/дм³), но при этом не превышала ПДК для минеральных вод (ТР ЕАЭС 044/2019). Однако воду минеральных источников Шумака нельзя регулярно использовать детям до семи лет. Концентрация нитритов составила ниже предела обнаружения, кроме минерального источника «Селен» (0,04±0,02 мг/дм³). Нахождение нитратов

находилось в интервале 0,7–3,1 мг/дм³, что ниже предельно-допустимой концентрации в среднем в 16 раз (табл. 2).

Результаты исследования хорошо коррелируют с ранее полученными данными, выполненными в 2012 г. по макрокомпонентному составу (Шпейзер и др., 2012), однако можно отметить, что по истечении 7 лет несколько снизились показатели содержания кальция, натрия и гидрокарбонатов, а уровень хлоридов и сульфатов незначительно повысился. Микроэлементный состав значительно снизился во всех пяти минеральных источниках для цинка, селена, стронция в 1,2–1,5 раза. Только содержание магния практически осталось на прежнем уровне, по сравнению с ранее полученными результатами. При изучении состава минеральных вод источников Шумакского месторождения за последние годы можно наблюдать изменение химического состава воды во времени, что может повлиять на лечебные свойства источников (рисунок).

Наибольший интерес для изучения минеральных вод Шумакского месторождения представляют растворенные минеральные вещества типа метакремниевой кислоты. Имеются данные о влиянии кремния на внутриклеточный метаболизм. Кремний при поступлении в организм, накапливаясь в различных органах, влияет на метаболизм кальция, фосфора, белковый и липидный обмен, структуру и проницаемость клеточных мембран, нормализуя трансмембранный транспорт катионов, дефекты которого являются генетической основой развития артериальной гипертензии. С этим связан лечебный эффект кремнистых ванн при гипертонической болезни (Физиотерапия и курортология..., 2020).

Концентрация метакремниевой кислоты была определена в водах пяти источников и составила от 51,7 до 124 мг/дм³, наибольшее количество выявлено в источнике «Диабет» – 124,0±5,0 мг/дм³, наименьшее – в источнике «Селен» – 51,7±4,0 мг/дм³ (табл. 3).

Помимо кремния, в воде всех источников присутствует радиоактивный газ радон, от 33 до 1003 Бк/дм³. Следует обратить внимание на то, что содержание радона в питьевой воде из источников №№ 1, 3 и 4 в 2–5 раз превышает уровень вмешательства для радона-222 (60 Бк/кг) по СанПиН 2.6.1.2523-09 – НРБ-99/2009.

Наибольшее содержание радона обнаружено в источнике № 2 (1003±119 Бк/дм³). Это выше порогового значения содержания бальнеологически значимого фактора – 185 Бк/дм³ (5 нКи/дм³). По данному показателю вода из источника № 2 по принятой в курортологии классификации относится к слаборадоновой и показана для наружного применения. Подобные природные радоновые воды используются при лечении больных на известном курорте Белокуриха, в Воронежской и Белгородской областях.

Наружные процедуры с использованием радоновой воды (ванны, piscine) давно и успешно применяются при лечении различных заболеваний: сердечно-сосудистой системы, органов опоры и движения, нервной системы, эндокринной системы и нарушении обмена веществ, женской половой сферы, урологических заболеваний и патологии мужской половой сферы, заболеваний органов пищеварения, заболеваний кожи, заболеваний органов дыхания. Имеются противопоказания к лечению радоновыми процедурами: острые инфекционные заболевания; психические заболевания; часто повторяющиеся кровотечения; расстройства кровообращения II–III стадий; беременность (все сроки); злокачественные и доброкачественные опухоли и подозрения на эти заболевания; острый период заболевания; нагноительные процессы; открытая форма туберкулеза; все формы заболеваний крови; эпилепсия (Гусаров, 2000).

Исследованная вода по составу и качеству относится к гидрокарбонатно-магниево-кальциевой (НСО₃ 85, Са²⁺ 50–60, Mg²⁺ 30–50 экв.%) гидрохимической группе, а по уровню общей минерализации – к категории маломинерализованных минеральных вод (1,1–1,3 г/дм³).

Особую бальнеологическую ценность придает минеральным водам из Шумакских источников присутствие в них радона, что позволяет получить лечебный эффект при проведении наружных радонотерапевтических процедур на ее основе.

С учетом присутствия в минеральных водах из Шумакских источников вышеуказанных бальнеологически значимых факторов, их использование возможно только после тщательного изучения, в том числе после оценки их санитарно-микробиологического состояния.

Показания к индивидуальному применению воды из каждого конкретного источника к питьевому или наружному могут быть разработаны компетентными медицинскими лечебно-профилактическими учреждениями.

ВЫВОДЫ

Результаты исследований свидетельствуют, что мониторинг постоянства состава минеральных вод, осуществление периодического контроля изменения качества, макро- и микрокомпонентного состава минеральных вод необходимы для эффективного использования этого ценнейшего природного лечебного ресурса в санаторно-курортной практике.

По назначению исследованные образцы минеральных вод из четырех Шумакских источников могут быть отнесены к минеральным природным питьевым лечебно-столовым кремнистым водам. Вода из источника «Глаза» относится к слаборадоновым водам для наружного применения.

ЛИТЕРАТУРА

- Богачев И.А. Забайкальские целебные источники. М., 1905. 13 с.
- Богачев И.А. Курорты Забайкалья. Пути их развития. М., 1914. С. 119–123.
- ГОСТ Р 54316-2011 «Воды минеральные природные питьевые. Общие технические условия».
- Гусаров И.И. Радонотерапия. М.: Медицина, 2000. 200 с.
- Ломоносов И.С. Геохимия и формирование современных гидротерм Байкальской рифтовой зоны. Новосибирск: Наука, 1974. 164 с.
- Методика измерения активности радона в воде с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс». Менделеево, 2008.
- Минеральные воды Восточной Сибири. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 149 с.

Пинеккер Е.В. и др. Гидрогеология Прибайкалья. М.: Наука, 1968. 168 с.

Пинеккер Е.В. Термальные воды Саяно-Тувинского нагорья. Вопросы гидрогеологии и гидрогеохимии. Иркутск, 1969. С. 93–123.

СанПиН 2.6.1.2523–09. «Нормы радиационной безопасности».

ТР ЕАЭС 044/2019. Технический регламент евразийского экономического союза «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду».

Физиотерапия и курортология. Под ред. В.М. Боголюбова. Кн. 1, 2. М.: БИНОМ, 2020.

Шпейзер Г.М. Роль физико-химических процессов в формировании химического состава углекислых минеральных вод горно-складчатых областей. Гидрохимические материалы. 1994; 3:39–46.

Шпейзер Г.М., Борисенко И.М., Бочкарев П.Ф. О формировании химического состава вод некоторых источников Восточного Саяна. Подземные воды Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1971. С. 189–192.

Шпейзер Г.М., Васильева Ю.К., Гановичева Г.М. Органические вещества в минеральных водах горноскладчатых областей Центральной Азии. Геохимия. 1999; 3:302–311.

Шпейзер Г.М., Макарова А.А. и др., Шумакские минеральные воды. Наука о Земле. 2012; 5(1):293–309.

WATER QUALITY INDICATORS IN MINERAL SPRINGS OF THE REPUBLIC OF BURYATIA

L.L. Parnaykova, H.G. Kekina, A.V. Dubovskoy, J.S. Aseeva, I.L. Shedlovskaya

Center for Testing and Examination of Natural Healing Resources of FSBI «NICC RK» of the Ministry of Health of Russia, Moscow Borisoglebskiy per 9, 121069, Russia

ABSTRACT. Drinking mineral water is often used for therapeutic purposes, especially for treatment of the stomach, intestines, pancreas, liver, bile and urinary tract disorders. Mineral healing water is used for external (mineral baths) or internal use (inhalation, irrigation, douching, enema, drinking). At resorts, patients drink mineral water directly from springs. Bottling water ensures the preservation of the original composition and medicinal properties of samples. The authors evaluated the quality of mineral water from hard-to-reach areas of the Shumak Reserve, the Republic of Buryatia. Total water mineralization of samples was in the range 1.1 – 1.3 g/dm³, which indicates that Buryatia spring water belongs to natural-mineral table water group; It was established that the studied mineral water belongs to the hydro-carbonate-magnesium-calcium siliceous hydrochemical group (HCO₃ 85, Ca²⁺ 50-60, Mg²⁺ 30-50 equiv.%) with pH from 6.4 to 8.8. Among the balneologically active components of all water samples, silicon was in the range of 51.7 – 124.0 mg/dm³. The highest value was noted in spring No. 4 (“diabetes”) 124.0 ± 5.0 mg/dm³. Besides elevated levels of Si, all springs contained radioactive gas radon in concentrations between 33 to 1003 Bq/dm³. The highest radon content was found in spring No. 2: 1003 ± 119 Bq/dm³. This is higher than the threshold value of the content of a balneologically significant factor – 185 Bq/dm³ (5 nCi/dm³). Accordingly, water of spring No. 2, should be classified as low radon water and designed for external use.

KEYWORDS: mineral water, biologically active components, silicon, radon, prospects for the development of sources.

REFERENCES

Bogashhev I.A. Zabajkal'skie celebnye istochniki. M., 1905. 13 s. (in Russ.).

Bogashhev I.A. Kurorty Zabajkal'ja. Puti ih razvitiya. M., 1914. S. 119–123 (in Russ.).

GOST R 54316-2011 «Vody mineral'nye prirodnye pit'evye. Obshhie tehicheskie uslovija» (in Russ.).

Gusarov I.I. Radonoterapiya. M.: Medicina, 2000. 200 s. (in Russ.).

Lomonosov I.S. Geohimija i formirovanie sovremen-nyh gidroterm Bajkal'skoj riftovoj zony. Novosibirsk: Nauka, 1974. 164 s. (in Russ.).

Metodika izmerenija aktivnosti radona v vode s is-pol'zovaniem scintilljacionnogo gamma-spektrometra s programmym obespecheniem «Progress». Mendeleev, 2008 (in Russ.).

Mineral'nye vody Vostochnoj Sibiri. M.: Izd-vo AN SSSR, 1963. 149 s. (in Russ.).

Pinekker E.V. i dr. Hidrogeologija Pribajkal'ja. M.: Nauka, 1968. 168 s. (in Russ.).

Pinekker E.V. Termal'nye vody Sajano-Tuvinskogo nagor'ja. Voprosy gidrogeologii i gidrogeohimii. Irkutsk, 1969. S. 93–123 (in Russ.).

SanPiN 2.6.1.2523–09. «Normy radiacionnoj bezopasnosti» (in Russ.).

TR EAJeS 044/2019. Tehnicheskij reglament evrazijskogo jekonomicheskogo sojuza «O bezopasnosti upakovannoj pit'evoj vody, vključaja prirodnuju mineral'nuju vodu» (in Russ.).

Fizioterapija i kurortologija. Pod red. V.M. Bogoljubova. Kn. 1, 2. M.: BINOM, 2020 (in Russ.).

Shpejzer G.M. Rol' fiziko-himicheskikh processov v formirovanii himicheskogo sostava uglekislyh mineral'nyh vod gornoskladchatyh oblastej. *Gidrohimicheskie materialy*. 1994; 3:39–46 (in Russ.).

Shpejzer G.M., Borisenko I.M., Bochkarev P.F. O formirovanii himicheskogo sostava vod nekotoryh istoch-nikov Vostochnogo Sajana. *Podzemnye vody Sibiri i Dal'nego Vostoka*. M.: Nauka, 1971. S. 189–192 (in Russ.).

Shpejzer G.M., Vasil'eva Ju.K., Ganovicheva G.M. Orga-nicheskie veshhestva v mineral'nyh vodah gornoskladchatyh oblastej Central'noj Azii. *Geohimija*. 1999; 3:302–311 (in Russ.).

Shpejzer G.M., Makarova A.A. i dr., Shumakskie mineral'nye vody. *Nauka o Zemle*. 2012; 5(1):293–309 (in Russ.).