КРИТЕРИИ ОБОЗНАЧЕНИЯ И ОЦЕНКА ТЕРМОМИНЕРАЛЬНЫХ ВОД КАМЧАТКИ

Рогатых С.В., Мурадов С.В.

*Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения
Российской академии наук, Петропавловск-Камчатский, e-mail: rogarykhsv@yandex.ru*

В статье приведено описание основных критериев обозначения для оценки потенциально лечебных минеральных холодных и термальных вод полуострова Камчатка. Среди курортных районов России Камчатка выделяется как своеобразная и характерная область распространения термальных вод с богатейшими гидроминеральными ресурсами. Главной трудностью, возникающей при попытках систематизировать данные о химических и бальнеологических особенностях современных проявлений минеральных вод, является необходимость выбора объективного критерия для их сравнения. Рассмотрены показатели, характеризующие минеральные воды: газовый состав (содержание азота, углекислого газа, сероводорода и метана), ионный состав, общая минерализация, содержание биологически активных микрокомпонентов, температура и радиоактивность, водородный показатель pH. В базе данных холодных и термальных минеральных вод Камчатского края, собранной в Научно-исследовательском геотехнологическом центре Дальневосточного отделения Российской академии наук, на настоящий момент введены все эти показатели, а также история их открытия, показания к лечебному применению и краткое описание месторождения. По результатам анализа базы данных отобраны примеры источников, соответствующих вышеуказанным критериям оценки. В основном Камчатский край богат слабоминерализованными водами с повышенным содержанием кремниевой кислоты, которая играет роль одного из главных факторов в бальнеологическом лечении и, сочетаясь с различными газами (азотом, углекислым газом, сероводородом, радоном), порождает большое число типов минеральных вод. Необходимо в дальнейшем дополнять базу данных минеральных вод Камчатки, обозначив экологические проблемы отдельных источников, таким образом сформулировать адекватные меры их охраны, применения и сохранения.

Ключевые слова: минеральные воды, Камчатка, база данных, показатели качества, гидротермы, кремниевая кислота

CRITERIA FOR DESIGNATING AND EVALUATING THERMOMINERAL WATERS OF KAMCHATKA

Rogatykh S.V., Muradov S.V.

*Scientific research geotechnological centre Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences,
Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: rogarykhsv@yandex.ru*

The article gives a description of the main designation criteria for the evaluation of the potentially therapeutic mineral cold and thermal waters of the Kamchatka Peninsula. Among the resort areas of Russia Kamchatka stands out as a peculiar and characteristic area of the distribution of thermal waters with the richest hydromineral resources. The main difficulty arising in attempts to systematize data on the chemical and balneological features of modern manifestations of mineral waters is the need to select an objective criterion for their comparison. The parameters characterizing mineral waters are considered: the gas composition (nitrogen, carbon dioxide, hydrogen sulphide and methane content), ionic composition, total mineralization, the content of biologically active microcomponents, temperature and radioactivity, hydrogen pH. In the database of cold and thermal mineral waters of the Kamchatka Territory, collected at the Research Geotechnological Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, all these indicators have been introduced to date, as well as the history of their discovery, indications for therapeutic use and a brief description of the deposit. Based on the results of the database analysis, examples of sources matching the above evaluation criteria were selected. Basically, the Kamchatka region is rich in slightly mineralized waters with an increased content of silicic acid, which plays the role of one of the main factor in balneological treatment, and, in combination with various gases (nitrogen, carbon dioxide, hydrogen sulfide, radon) generates a large number of types of mineral waters. It is necessary to further supplement the Kamchatka mineral water database by identifying the ecological problems of individual sources, thus formulating adequate measures for their protection, use and conservation.

Keywords: mineral waters, Kamchatka, database, quality indicators, hydrotherms, silicic acid

Минеральные воды, холодные и термальные – ценное и популярное лечебное средство как в стационарной бальнеотерапии, так и в амбулаторном лечении. Проблема критериев обозначения и оценки лечебных вод Камчатки является существенной в процессе развития бальнеологии в регионе [1]. Среди курортных районов России Камчатка выделяется как своеобразная

и характерная область распространения термальных вод с богатейшими гидроминеральными ресурсами.

Минеральными в бальнеотерапии называют природные (обычно подземные) воды, часто обладающие повышенными температурой и радиоактивностью. Минеральные воды могут оказывать благоприятное и даже лечебное действие на организм

человека, поскольку содержат в больших количествах минеральные биологически активные компоненты [2].

Минеральные воды являются природными подземными водами и формируются в толще земной коры с определенными геолого-структурными, геотермическими, гидрогеологическими и геохимическими условиями, которые определяют закономерности их пространственной локализации, газовый, ионно-солевой и микроэлементный состав, температуру и другие показатели [3].

Целью исследования является разработка критериев оценки экологического состояния холодных и термальных минеральных вод Камчатского края.

Материалом исследования служили литературные источники и результаты собственных экспедиционных исследований, а также собранная на их основе база данных холодных и термальных минеральных вод Камчатского края, включающая 236 источников и месторождений. Физико-химические параметры вод исследовались в сертифицированной химико-технологической лаборатории НИГТЦ ДВО РАН по стандартизированным методам, обеспечивающим достоверность результатов. Статистическую обработку экспериментальных данных производили с помощью программного обеспечения *Microsoft Office Excel 2007*, рассчитывая стандартное отклонение средних значений.

Результаты исследования и их обсуждение

Лечебное действие минеральных вод обусловлено полным комплексом физико-химических свойств, содержащихся в растворе минеральных веществ, а не каким-либо одним или несколькими газовыми или ионными компонентами.

Основные показатели, характеризующие минеральные воды [1; 4]:

- 1) газовый состав,
- 2) ионный состав,
- 3) общая минерализация,
- 4) содержание биологически активных микрокомпонентов,
- 5) температура,
- 6) радиоактивность,
- 7) показатель рН.

При исследовании оценки возможности использования минеральных вод потеря из поля зрения одного из этих критериев может привести к неправильным или ошибочным выводам.

Газовый состав. Все природные воды, в том числе и минеральные, содержат в себе в каком-то количестве растворенные газы, которые при увеличенных концентрациях могут переходить в свободное состояние. Этим объясняется то, что многие гидротермальные источники Камчатки газифицирующие.

Основными газами в минеральных водах являются азот N_2 , углекислый газ CO_2 , метан CH_4 и сероводород H_2S . Азот появляется в водах из воздушного пространства, углекислый газ – в результате процессов термометаморфизма горных пород или биохимических реакций, метан и сероводород – продукты биохимических процессов. В фумаролах сероводород имеет вулканическое происхождение [3]. Остальные газы – кислород, гелий, аргон, радон и т.д. – в процентном отношении не играют существенной роли в газовой компоненте состава вод.

Таким образом, минеральные воды по газовому составу подразделяются на азотные, углекислые, метановые, сероводородные и воды смешанного состава – азотно-углекислые, углекисло-метановые и др.

Для отнесения воды по составу газов к какому-либо типу обязательно учитываются как свободные, так и растворенные газы, а содержание отдельных газов должно быть не менее 20 объемных процентов от всего количества газов.

Общий газовый состав и газонасыщенность вод необходимо учитывать при выяснении и геохимических условий формирования минеральных вод. А для бальнеологической оценки вод важно знать количественный состав растворенных газов, так как свободные газы в значительной своей части теряются из воды еще до ее лечебного применения.

Ионный состав. Для характеристики солевого состава применяется ионная форма выражения анализов, в которой состав вод показывается в мг в 1 л, мг-экв и экв %. В бальнеологии классификация минеральных вод производится по анионам и катионам, содержащимся в водах в количестве не менее 20–25 экв. %.

Среди анионов Cl , SO_4 и HCO_3 содержатся в составе большинства минеральных вод, среди катионов – Na , K , Ca и Mg . Более редко в водах присутствуют Fe , As , NH_4 , H и некоторые другие. Поэтому в классификации минеральных вод учитывают только первые шесть ионов [5].

Ионный состав минеральных вод может быть простым – определяется двумя-

тремя ионами (сульфатно-кальциевый), сложным – определяется четырьмя-пятью (хлоридно-сульфатно-гидокарбонатный натриево-кальциево-магниевый). На практике установилось, что при обозначении состава вод сначала указываются ионы, содержащиеся в большем количестве, а потом в меньшем.

Общая минерализация вод определяет возможность использования вод в качестве питьевых лечебных вод.

В.И. Вернадский при общей классификации мировой воды выделял пресные воды (минерализация до 1 г/л), соленые (от 1 до 50 г/л) и рассолы (свыше 50 г/л). Предел концентрации солей в 1 г/л является критерием отнесения всех вод к минеральным, однако некоторые ученые отмечают, что некоторые ценные лечебные воды (например, кремнистые щелочные термы) обладают минерализацией часто значительно меньше 1 г/л [6].

В бальнеологии до недавнего времени применялась классификация вод по В.В. Иванову и Г.А. Невраеву [7]: слабоминерализованные (до 1 г/л), среднеминерализованные (от 1 до 10 г/л), высокоминерализованные (от 10 до 50 г/л) и рассольные воды (свыше 50 г/л). В первую группу попадают те минеральные воды, лечебное значение которых определяется не общим содержанием солей, а только наличием бальнеологически ценных ионов, газов, температурой или радиоактивностью.

Граница минерализации в 10 г/л является оптимальной концентрацией вод, применяемых в качестве питьевых лечебных вод.

Содержание биологически активных микрокомпонентов – это компоненты, ионы или молекулы, которые придают водам дополнительные ценные лечебные свойства. Из микроэлементов это бром, йод, фтор, бор, железо, мышьяк, кремний, в несколько меньшей степени литий, стронций, барий, марганец, медь и другие.

К таким компонентам относится также и сероводород, который играет важную роль в лечебном отношении. Бальнеологическая ценность сероводородных вод определяется не связанным (HS), а свободным сероводородом (H_2S).

При наличии в минеральных водах перечисленных микрокомпонентов воды обозначаются соответственно как сероводородные, железистые, мышьяковистые, бромистые, кремнистые, борные и т.д.

Температура – один из основных факторов, который определяет бальнеоло-

гическую ценность воды и практику ее использования. Минеральные воды по температуре разделяются на 4 группы: холодные (температура ниже 20 °C, субтермальные (20–37 °C), термальные (37–42 °C) и гипотермальные (свыше 42 °C). Наиболее удобными для лечебного использования в виде ванн являются горячие воды (с температурой 37–42 °C).

Радиоактивность. В минеральных водах при некоторых геологических и геохимических условиях накапливаются в повышенных концентрациях различные радиоактивные элементы: радон и радий. Таким образом, воды обозначаются как радоновые, радиевые или радоно-радиевые (при повышенном содержании Rn и Ra). В бальнеологии применяются только радоновые воды, в исключительных случаях – радоно-радиевые с небольшой концентрацией радия.

Радоновые воды оказывают на организм человека лечебное действие не непосредственно радоном как газом, а непрерывно испускаемыми им и короткоживущими продуктами его распада – радиоактивными излучениями α -, β -, γ -лучами. В качестве границы для обозначения вод радоновыми принято считать содержание радона в 10 единиц Махе. Можно подразделить радиоактивные воды на три группы: слаборадиоактивные (10–50 ед. Махе), среднерадиоактивные (50–100 ед. Махе) и сильнорадиоактивные (более 100 ед. Махе) [8].

Величина pH вод. Концентрация в водах ионов H^+ отражает степень диссоциации присутствующих в воде кислот и взаимодействие их с содержащимися в водах газами (в первую очередь с углекислым газом).

Существующая классификация [7] минеральных вод по кислотности (щелочности) подразделяет на 5 типов: сильно кислые ($pH < 5,5$), слабокислые (pH от 5,5 до 7,0), нейтральные ($pH = 7,0$), слабощелочные (pH от 7,0 до 8,5), сильнощелочные ($pH > 8,5$).

Для краткого обозначения химического состава вод в гидрологической и курортной литературе применяется формула М.Г. Курлова [9]. В ней указывается ионный состав воды в процентах, специфика, включая газы в г/л, а также температура.

В.В. Иванов и Г.А. Невраев [по: 6] в целях более комплексной оценки различных минеральных лечебных вод разработали классификацию, основанную на основных

критериях их оценки и данных о закономерностях формирования минеральных вод. Исходя из реально существующих в природе типов вод, они предложили такую классификационную таблицу, в которой каждой воде отведено строго определенное место. Такая классификационная таблица имеет важное практическое значение: пользуясь методом аналогии и сопоставления, можно судить о лечебных качествах вновь полученной воды. В настоящее время специалистами НИГТЦ ДВО РАН разработана база данных термальных и холодных минераль-

ных вод Камчатского края, основанная на таких таблицах.

В базе данных холодных и термальных минеральных вод Камчатки, собранной в Научно-исследовательском центре ДВО РАН, на настоящий момент введены все вышеупомянутые показатели. В базу данных включено 236 источников минеральных вод Камчатского края. По результатам анализа базы данных отобраны примеры источников, соответствующих критериям оценки. Примеры отнесения к тому или иному критерию вод Камчатского края показаны в таблице.

Классификация природных минеральных вод источников Камчатки по критериям оценки их возможного лечебного применения

Критерии оценки	Показатели критериев	Примеры минеральных источников Камчатки
1	2	4
По газовому составу	углекислые	Тимоновские
	азотные	Паратунские
	метановые	не обнаружено
	сероводородные	Сивучинские
	сложного состава	Нижне-Опальские
По ионному составу	хлоридные	Верхне-Щапинские
	сульфатные	Малкинские горячие
	гидрокарбонатные	Начикинские
	сложного анионного состава	Жировские
	натриевые	Малкинские холодные
	кальциевые	Голыгинские
	магниевые	Среднекимитинские
	сложного катионного состава	Паужетские
По общей минерализации	слабоминерализованные	Верхнекимитинские
	среднеминерализованные	Верхне-Паратунские
По содержанию биологически активных компонентов	сероводородные	Озерновские
	железистые	Малкинские холодные
	мышьяковистые	Налычевские
	бромистые	
	кремнистые	
	йодистые	Богачевские
	борные	Налычевские
По температуре	холодные	Шайбные
	субтермальные	Виллойские
	термальные	Дранкинские
	гипотермальные	Вилочинские
По радиоактивности	слабоактивные	Начикинские
	среднеактивные	Киреунские
	сильноактивные	Узонские
По кислотности	сильнокислые	Камбальные
	слабокислые	Шайбные
	нейтральные	Пущинские
	слабощелочные	Нижне-Паратунские
	сильнощелочные	Апачинские

В основном Камчатка богата слабоминерализованными водами с повышенным содержанием кремнистой кислоты, которая играет роль главного лечебного фактора и, сочетаясь с газами – азотом, углекислым, сероводородом и радоном, порождает большее число типов минеральных вод.

Так, из более крупных источников к кремнистым азотным относятся Нижне-Паратунские, Паужетские, Начикинские. К кремнистым мышьяковистым – Верхне-Шапинские, Налычевские. К кремнистым сероводородным – Озерновские, Дранкинские. Даже если исключить малоэффективные в лечебном отношении источники со слабой минерализацией (менее 2 г/л), то можно оценить лечебные гидротермальные подземные ресурсы полуострова высоко – не менее пятидесяти преимущественно горячих с высоким дебитом источников.

Заключение

Кроме лечебного применения минеральная вода широко используется в качестве столового напитка или в сочетании – разница в применении зависит от степени минерализации и химического состава [10]. В зависимости от этих факторов вода может оказывать то или иное (благоприятное или отрицательное) воздействие на организм человека [11]. Комплексное использование вод может стать одним из существенных источников пополнения краевого бюджета. Для этого необходимо тщательное изучение биологической, медицинской и экономической составляющих возможности полноценного использования парогидротерм как источников ценных биохимических компонентов, получения лекарственных средств и других комплексных соединений, в том числе с использованием термофильных организмов, иного нетрадиционного использования геотермальных ресурсов. Главная задача – постоянное изучение и точное определение состава вод и интерпретирование их воздействия на организм человека.

Список литературы

1. Рекреационные ресурсы Паратунской курортной зоны Камчатского края / Л.В. Веремчук [и др.] // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2012. – № 5. – С. 64–67.
2. Ефименко Н.В., Репс В.Ф. Механизмы действия питьевых минеральных вод // Курортная медицина. – 2013. – № 3. – С. 106–109.
3. Трухин Ю.П. Геохимия современных геотермальных процессов и перспективные геотехнологии. – М.: Наука, 2003. – 376 с.
4. ГОСТ 13273–88. Воды минеральные питьевые лечебные и лечебно-столовые: ТУ. – М.: Недра, 1988. – 15 с.
5. Камчатка – здравница северо-восточных регионов России: материалы и доклады второй межрегиональной научно-практической конференции // Отв. ред. С.В. Мурадов. – Петропавловск-Камчатский, НИГТЦ ДВО РАН, 2011. – 185 с.
6. Куликов А.Г., Воронина Д.Д. Питьевые минеральные воды в лечении и реабилитации: современный взгляд на проблему // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2017. – Т. 16, № 3. – С. 116–120.
7. Алексеев В.С., Грабовников В.А., Ключевин А.Н., Пашковский И.С., Рошаль А.А. О готовности к практическому применению новой «Классификации запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод» // Недропользование XXI век. – 2008. – № 4. – С. 36–41.
8. Зверев Г.В. Условия формирования радиоактивных подземных вод // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. – 2011. – № 14. – С. 217–220.
9. Курлов М.Г. Классификация сибирских целебных минеральных вод. – Томск: Физиотерапевтический институт, 1928. – 73 с.
10. Минеральные воды и лечебные грязи Дальнего Востока: справочник / сост. Б.И. Челнокова, Е.М. Иванов, Т.А. Гвозденко. – Владивосток: Изд-во Дальневост. федер. ун-та, 2010. – 128 с.
11. Алексеев В.С. Современное состояние нормативной базы в области водоснабжения // Водоснабжение и санитарная техника. – 2014. – № 3. – С. 4–13.

References

1. Veremchuk L.V. Recreational resources of the Paratunsky resort zone of the Kamchatka Territory [Rekreatsionnye resursy Paratunskoi kurortnoi zony Kamchatskogo kraia]. Voprosy kurortologii fizioterapii i lechebnoi fizicheskoi kul'tury – Questions of balneology of physiotherapy and therapeutic physical training, 2012, no. 5, pp.64–67.
2. Efimenko N.V., Reps V.F. Mechanisms of action of drinking mineral waters [Mekhanizmy deistviia pit'evykh mineral'nykh vod]. Kurortnaia meditsina – Spa medicine, 2013, no. 3, pp. 106–109.
3. Trukhin Iu.P. Geokhimiia sovremennykh geotermal'nykh protsessov i perspektivnye geotekhnologii [Geochemistry of modern geothermal processes and perspective geotechnologies]. Moscow, Nauka, 2003, 376.
4. GOST 13273-88 Vody mineral'nye pit'evye lechebnye i lechebno-stolovye [GOST 13273-88. Mineral water, medicinal and therapeutic-table waters]. Moscow, Nedra, 1988, 15.
5. Muradov S.V. Kamchatka – zdavnitsa severo-vostochnykh regionov Rossii [Kamchatka is a health resort in the north-eastern regions of Russia]. Petropavlovsk-Kamchatsky, NIGTTS DVO RAN, 2013, 185.
6. Kulikov A.G., Voronina D.D. Drinking mineral water in treatment and rehabilitation: a modern view of the problem [Pit'evye mineral'nye vody v lechenii i reabilitatsii: sovremennyi vzgliad na problemu]. Fizioterapiia, bal'neologiya i reabilitatsiia – Physiotherapy, balneology and rehabilitation, 2017, vol. 3, no. 16, pp. 116–120.
7. Alekseev V.S., Grabovnikov V.A., Kliukvin A.N., Pashkovskii I.S., Roshal' A.A. About readiness for practical application of the new «Classification of reserves and forecasted resources of drinking, technical and mineral groundwater» [O gotovnosti k prakticheskomu primeneniuiu novoi «Klassifikatsii zapasov i prognoznnykh resursov pit'evykh, tekhnicheskikh i mineral'nykh podzemnykh vod»]. Nedropol'zovanie XXI vek – Subsoil use of the XXI century, 2008, no. 4, pp. 36–41.
8. Zverev G.V. Conditions for the formation of radioactive groundwater [Usloviia formirovaniia radioaktivnykh podzemnykh vod]. Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii. Nauchnye chteniia pamiati P.N. Chirvinskogo – Problems of mineralogy, petrography and metallogeny. Scientific readings of the memory of P.N. Chirvinsky, 2011, no. 14, pp. 217–220.
9. Kurlov M.G. Klassifikatsiia sibirskikh tselebnykh mineral'nykh vod [Classification of Siberian medicinal mineral waters]. Tomsk, Fizioterapevticheskii institut, 1928, 73.
10. Chelnokova B.I., Ivanov E.M., Gvozdenko T.A. Mineral'nye vody i lechebnye griazi Dal'nego Vostoka: spravochnik [Mineral water and therapeutic mud of the Far East: a directory]. Vladivostok, Izd-vo Dal'nevost. feder. un-ta, 2010, 128.
11. Alekseev V.S. The current status of the regulatory framework in the field of water supply [Sovremennoe sostoianie normativnoi bazy v oblasti vodosnabzheniia]. Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika – Water supply and sanitary engineering, 2014, no. 3, pp. 4–13.