

УДК 553.7(477.87)

Г.Я. Барышников, В.А. Елисеев

## Термальные лечебные воды кремнистого состава Алтае-Саянской горной страны\*

*Ключевые слова:* минеральные воды, Алтае-Саянская горная страна, кремниевые кислоты, термальные источники, радоновые воды, геоструктура.

*Key words:* mineral waters, Altai-Sayan highland, silicon acids, thermal sources, radon waters, geostucture.

Кремнистые минеральные воды имеют значительное распространение на территории Алтае-Саянской горной страны. На Алтае они представлены термальными радоновыми водами Белокурихинских, Джумалинских, Рахмановских и Каменных источников. В Кузнецком Алатау кремнистые воды обнаружены в виде углекислых вод Терсинского источника, а в Саянах имеются Абаканские, Хакусские и Гусинские источники азотных терм; Уш-Белдирские, Баунтовские, Могойские, Шуриндинские и Тайрыские источники серводородных терм; Питателевские, Былыринские, Гаргинские, Байтальские и Нилова Пустыньские источники радоновых терм; Аршанские и Шумацкие источники углекислых вод; Горячинские, Кучихинские и Аллинские источники фтористых вод.

По геоструктурным, гидрохимическим и геотермальным условиям в Алтае-Саянской горной стране выделяют три области развития кремнистых минеральных вод [1].

1. Алтайская область, включающая Горный Алтай и западную часть Саяна, относится к зоне герцинской и каледонской складчатости.
2. Тувинская область, включающая Юго-Восточную Туву и часть Монголии, относится к зоне каледонской складчатости.
3. Саяно-Байкальская область характеризуется развитием архейской, байкальской и каледонской складчатости.

Предельно допустимая концентрация кремнезема в пресной питьевой воде равна 10,0 мг/л (ГОСТ 2874-82) [2]. Нижняя граница содержания кремнекислот как терапевтически активных компонентов, принятая курортологами, соответствует 50 мг/л. Верхняя граница лечебной концентрации кремниевых кислот для внутреннего применения (питье и ингаляции) находится в пределах 120–130 мг/л. Для наружного использования содержание этих биологически активных соединений может возрастать до 250–300 мг/л [3].

Кремний относится к слабоподвижным анионным элементам. Он занимает второе место по распределению элементов в земной коре. Его кларк составляет 29,5%. Химическая связь кремния с кис-

лородом наиболее прочная, поэтому его геохимия во многом является геохимией кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ). Свободный кремнезем в форме кварца и его разновидностей составляет около 12% земной коры, а 75% слагают полевые шпаты, слюды, амфиболиты и другие минералы.

Кремний является слабым мигрантом, его минералы труднорастворимы. Воды, как правило, не насыщены кремнеземом, и он мигрирует в растворимых или коллоидных формах, выпадая из раствора в форме геля – опала. Подвижность аморфного кремнезема возрастает с повышением температуры. Растворимость  $\text{SiO}_2$  зависит от pH, достигая максимума в сильных кислотах и сильных щелочах. Формы соединения, в которых находится кремний в растворе, весьма разнообразны. Часто Si находится в растворенном состоянии в виде кремниевой кислоты и поликремниевых кислот. Различают несколько форм кремниевых кислот: ортокремниевая ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ), метакремниевая ( $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ), пирокремниевая ( $\text{H}_6\text{Si}_2\text{O}_7$ ), дикремниевые кислоты ( $\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ ) и ( $\text{H}_{10}\text{Si}_2\text{O}_9$ ).

Кремниевые кислоты – слабые кислоты. Растворы кремнекислот могут быть получены растворением аморфного кремнезема в воде, из растворов силикатов щелочных металлов, взаимодействующих с кислотами, ионным обменом или электродиализом, гидролизом соединений Si, поликонденсацией одних кремниевых кислот в другие. В равновесном растворе аморфного кремнезема находятся мономерные формы кремниевой кислоты, в основном  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ . Ортокремниевая кислота стабильна при комнатной температуре.

В процессе образования раствора кремниевой кислоты вначале получают неустойчивый раствор  $\text{H}_2\text{SiO}_4$ , которая вступает в поликонденсацию. В результате поликонденсации могут образовываться разнообразные поликремниевые кислоты с линейной, разветвленной и смешанной структурой. К продуктам поликонденсации кремниевой кислоты относятся гидрозоли (коллоидный кремнезем) и гидрогели кремнезема, силикогели и др.

Поликремниевые кислоты имеют изоэлектрическую точку в интервале pH 2–3. Скорость поликонденсации минимальна при pH 2–3, причем в области pH < 2 конденсация ускоряется протонами, а при pH > 2 – ионами OH<sup>-</sup>. Поликонденсация в кислой среде протекает по донорно-акцепторному механизму с образованием переходного комплекса, в котором атом кремния вре-

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №09-05-00923).

менно приобретает координационное число 6 вместо 4. Устойчивость золя кремниевой кислоты зависит от ее концентрации, температуры, pH и др. Со временем золь теряет устойчивость и переходит в гель (при pH > 7,5 гидрозоль термодинамически устойчив к коагуляции). Скорость гелеобразования максимальна при pH 5,5–6,0.

Концентрация кремниевых кислот в водах зависит от температуры и давления. Чем выше температура и давление в среде формирования минеральных вод, тем выше концентрация данной кислоты. Содержание этого соединения до 50 мг/л характерно для слабо-термальных вод с температурой до 35 °С, которые организуются на небольших глубинах с невысоким давлением. Кремнекислоты с концентрацией от 50 до 100 мг/л наблюдаются обычно в термальных водах при температуре до 60–70 °С. Как правило, они глубинного происхождения в условиях повышенного давления. Более высокое содержание кремниевой кислоты (свыше 100 мг/л) встречается исключительно в высокотермальных водах.

Кремнекислоты в минеральных водах присутствуют в коллоидной форме в виде высокодисперсного золя и коллоидного комплекса, состоящего из группы SiO<sub>2</sub>, мономолекулярной недиссоциированной метакремниевой (H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) или ортокремниевой (H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>) кислоты, а также гидроксилата (HSiO<sub>3</sub>) в ионной форме.

В условиях повышенных температур и давления наименее устойчивым в горных породах в присутствии воды является кремнезем. Растворимость его в воде увеличивается с повышением давления и температуры. При температуре 300 °С и давлении 87 атмосфер накапливается SiO<sub>2</sub> – 98 мг/л, при 350 °С и 165 атмосфер – 198 мг/л, а при 450 °С и 3000 атмосфер – почти 4500 мг/л [1]. Процесс растворения кварца и полевошпатных минералов изверженных пород усиливается, если вода насыщена фтористым натрием, сульфатом натрия, кальция и магния, хлоридом калия и натрия и бикарбонатом натрия [4].

В ряде гидротермальных областей наблюдается обогащение сульфидами щелочных вод, в основном в виде ионов HS<sup>-</sup>. В водах отдельных источников H<sub>2</sub>S определяется в количестве до 10–15 мг/л [5]. Кремнистые воды некоторых источников содержат высокие концентрации углекислоты. Свободная углекислота определяется в них в пределах от 300 до 2800 мг/л.

В большинстве кремнистых минеральных вод в ионной форме находится фтор. Содержание его может колебаться от предельно допустимых концентраций (1,5–2,0 мг/л) до высоких (15–20 мг/л). У половины кремнистых минеральных источников отмечается радиоактивность и в водах определяется небольшое содержание радона. Концентрация радона в этих водах обычно колеблется от 1 до 25 нКю/л [5].

Минеральные воды с высоким содержанием кремнекислот встречаются в зонах новейшего горообразования, они охватывают как древние кристаллические массивы и складчатые области, так и области молодого орогенеза.

В гидрогеологическом отношении территории с кремнистыми водами представляют собой области распространения трещинных и трещинно-жильных вод [6]. Широкое развитие дизъюнктивных нарушений и глубокий врез эрозионной сети обусловили формирование мощной зоны пресных вод и глубокую циркуляцию термальных вод, очаги разгрузки которых находятся в краевых тектонических зонах [1].

Физико-химические свойства кремнистых минеральных вод имеют определенные характерные особенности. Большинство из них относится к термальным водам. Температура их колеблется от 16 до 87 °С. Воды с температурой до 40 °С формируются на небольших глубинах и в условиях затрудненной разгрузки. Высокие температуры (до 90 °С) характерны для минеральных вод глубинного происхождения.

Газовый состав рассматриваемых минеральных вод определяется инертными газами: азот, аргон, радон, гелий и неон. Газонасыщенность термальных вод весьма низкая. Содержание в воде азота и инертных газов не превышает 15–20 см<sup>3</sup> на 1 литр воды.

Для химического состава кремнистых вод, как правило, характерна низкая минерализация, не превышающая 2 г/л. Однако минерализация вод, насыщенных свободной углекислотой, может достигать 4–6 г/л.

Ионный состав минеральных вод определяется вмещающими породами. Воды, циркулирующие в гранитах, по своему составу гидрокарбонатно-сульфатные или сульфатные. Они формируются в результате выщелачивания кварцево-полевошпатовых минералов и окисления сульфидных рудных минералов. В водах, образующихся в докембрийских породах, сульфаты преобладают над бикарбонатами.

Ниже мы приводим описание некоторых месторождений минеральных вод с повышенным содержанием кремнекислот. Целенаправленно кремнистые соединения как лечебный бальнеологический фактор на большинстве курортах не используются. Только на отдельных курортах термальные щелочные воды с высоким содержанием кремнекислот успешно назначаются в лечении различных заболеваний.

*Абаканские источники.* Абаканское месторождение находится на северном склоне Абаканского хребта, в верховьях р. Б. Абакан, на р. Бедуй в Республике Хакасия. Источники приурочены к Западно-Саянской складчатой области. Здесь из протерозойских метаморфических сланцев отмечается выход термальных вод. Абаканские воды относятся к термальным (37 °С) слабоминерализованным (0,4 г/л) нейтральным (pH – 7,2) гидрокарбонатным магниевонариево-кальциевым кремнистым (75 мг/л) минеральным водам (табл. 1) [7].

Химический состав кремнистых минеральных вод Абаканского, Белокурихинского и Горячинского месторождений

Химические элементы	Скв. 68 Абаканское месторождение			Скв. 4Э-60 Белокурихинское месторождение			Скв. 1/63 Горячинское месторождение		
	мг/л	мг-экв/л	экв-%	мг/л	мг-экв/л	экв-%	мг/л	мг-экв/л	экв-%
Катионы									
K <sup>+</sup>	2	0,05	1	1	0,03	1	170	7,4	89
Na <sup>+</sup>	30	1,33	29	80	3,47	94	-	0,9	11
Mg <sup>2+</sup>	12	1,0	22	1	0,03	1	18	8	-
Ca <sup>2+</sup>	43	2,1	47	3	0,16	4	188	3	-
Всего	89	457	-	85	3,69	-	-	-	-
Анионы									
F <sup>-</sup>				8	0,4	11	2,4	0,1	1
Cl <sup>-</sup>	21	0,6	13	17	0,49	13	11	0,3	4
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	21	0,45	10	71	1,47	40	339	7,1	83
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	214	3,52	77	81	1,33	36	12	0,2	2
Всего	257	4,57	-	177	3,69	-	391	8,3	-
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	75	-	-	43	-	-	88	-	-
Минерализация	422	-	-	304	-	-	656	-	-
pH	7,2	-	-	9,2	-	-	9,2	-	-

Исследований по физиологическому влиянию кремнистых терм не проводили. Однако источники используются местным населением для лечебных целей.

*Аршанское месторождение.* Аршанские источники располагаются у подножья южного склона Тункинских Альп в долине р. Кынгарги на высоте 900 м (Бурятия). Аршанское месторождение находится в краевой части Тункинского артезианского бассейна, сопряженного с горным массивом посредством ступенчатого разлома. Коллектором аршанских вод являются протерозойские известняки, обнажающиеся на склонах гор и погружающиеся в южном направлении под терригенные отложения Тункинской депрессии. Это определяет условия поступления глубинной углекислоты и формирование в толще известковых вод, характеризующихся постоянством ионного состава и зональным изменением температуры и содержания газа. Суммарный дебит скважин с холодной водой (7–18 °С) составляет 3,5 л/сек. Глубокая скважина вскрыла известняки в интервале 107–358 м и вывела фонтанирующую воду с дебитом 4 л/сек и температурой 21,5 °С. В погруженной части известковой толщи в интервале 550–590 м скважиной вскрыта вода с дебитом 6 л/сек и температурой 41,7 °С. Эксплуатационные запасы минеральных вод, утвержденные в ГКЗ, соответствуют по категории А и В – 985 м<sup>3</sup>/сут.

Аршанские источники относятся к термальным (41,7 °С) маломинерализованным (М – 4,0 г/л) слабокислым (pH – 6,1) гидрокарбонатно-сульфатным кальциево-магниевым углекислым (2,1 г/л) кремнистым (109 мг/л) минеральным водам [8].

На базе месторождения функционируют бальнеоклиматический низкогорный таежный курорт и завод по розливу минеральной воды. Углекисло-кремнистые

воды используют как для наружного применения (ванны), так и для внутреннего (питье, орошения и ингаляции). На курорте с успехом проходят лечение люди с различными заболеваниями, в том числе сердечно-сосудистыми, желудочно-кишечными, нервными, кожными, гинекологическими и др. [9].

*Белокурихинское месторождение.* Белокурихинские источники термальных радоновых вод расположены на северных предгорьях Алтая в долине р. Большая Белокуриха на высоте 250 м над у.м. Месторождение приурочено к массиву серых порфировидных биотитовых гранитов пермо-карбонического возраста, обнажающихся на площади около 500 км<sup>2</sup> и залегающих в нижнепалеозойской структуре Ануйско-Чуйского синклинория. С севера гранитный массив и весь синклинорий ограничиваются крупным региональным разломом, образующим в этом районе тектоническую границу. Белокурихинский гранитный массив представляет собой типичную водонапорную систему трещинных вод.

Белокурихинские источники относятся к термальным (37°С) слабоминерализованным (М – 0,3 г/л) щелочным (pH – 9,2) сульфатно-гидрокарбонатным натриевым кремнистым (58 мг/л) радоновым (Rn – 8 нКи/л) минеральным водам с содержанием фтора до 14 мг/л (см. табл. 1).

На территории месторождения располагается бальнеологический лесной курорт. Радоновые воды используют наружно (ванны, ингаляции, орошение) и для питья. На курорте с успехом проходят лечение люди с заболеваниями опорно-двигательной и нервной систем, кожными и гинекологическими болезнями, заболеваниями зубов (кариес), со старческими остеопорозами, с эндокринными патологиями (заболевания

щитовидной железы, сахарный диабет), а также с атеросклерозом сосудов головного мозга. Кремнекислоты благотворно влияют на людей с кожными заболеваниями (псориаз, нейродермит, аллергическая экзема), венными расстройствами (варикозное расширение, флебиты, тромбофлебиты), а также с хроническими профессиональными отравлениями тяжелыми металлами (сальварсан, висмут и др.).

*Горячинское месторождение.* Горячинские источники термальных вод расположены на восточном берегу Байкала на высоте 478 м над у.м., в 180 км от Улан-Удэ. Месторождение приурочено к трещиноватой зоне крупного разлома сбросового характера, образовавшегося в связи с формированием Байкальской впадины. Термальная вода циркулирует в трещинах верхнепротерозойских гранитов. Изверженные породы залегают в виде массивов в породах таланчанской толщи архея, представленных мигматитами и гнейсами с линзами кристаллических известняков. Разгрузка терм происходит по зоне тектонического дробления и вторичного изменения гранитных пород. Суммарный расход термальных вод, вскрытых в очаге разгрузки несколькими разведочными и одной каптажной скважинами на глубине 100 м, составляет 14 л/сек [6].

Горячинские источники представлены термальными (54 °С) слабоминерализованными (М – 0,66 г/л) щелочными (рН – 9,15) сульфатными натриевыми кремнистыми (88 мг/л) минеральными водами с содержанием фтора до 2,4 мг/л (см. табл. 1) [8].

На базе месторождения функционирует бальнеологический низкогорный курорт таежной зоны. Основное использование термальных вод – наружное в виде ванн. В санаторно-курортных условиях проходят лечение люди с заболеваниями костно-мышечной и нервной систем, а также с гинекологическими и кожными болезнями.

*Джумалинское месторождение.* Джумалинские теплые ключи находятся в 100 км к югу от с. Кош-Агач Республики Алтай, на южном склоне Северо-Чуйского хребта (абсолютная высота 2320 м), в долине одноименной реки. Выходы подземных вод приурочены к восточному крылу Калгутинского поднятия и связаны с тектоническими нарушениями в трещиноватых сильно выветренных кварцевых порфирах среднего девона. До выхода на поверхность теплые воды проходят через толщу многолетнемерзлых ледниковых отложений. По пути они охлаждаются грунтовыми водами. Температура воды на выходе достигает 19,8 °С. При соответствующем каптаже выходов теплых джумалинских вод возможно повышение их температуры и содержания радона. Суммарный дебит родников 10–15 л/сек.

Джумалинские воды относят к слаботермальным (20 °С) слабоминерализованным (0,25 г/л) слабощелочным (рН – 8,4) сульфатно-гидрокарбонатным натриевым кремнистым (30 мг/л) минеральным водам с содержанием фтора до 3,2 мг/л и радона до 1 нКю/л (табл. 2). В газовом составе преобладает азот.

Отсутствие исследований по влиянию джумалинских источников на человека, а также отдаленность их от населенных пунктов не дают возможности использовать термальные воды в лечении больных.

*Каменское месторождение.* Каменные источники расположены в пределах юго-западной оконечности Кольвань-Томской складчатой зоны (с. Третий Интернационал, правый берег р. Оби). Выходы минеральных вод установлены на всем протяжении зоны от Камня-на-Оби до Томска. Воды слабонапорные, неглубокой циркуляции, приурочены к трещиноватой зоне выветривания гранитов верхнетриасового возраста, развитой до глубины 75–100 м. Водовмещающие породы представлены отложениями укропской свиты,

Таблица 2

Химический состав кремнистых минеральных вод Джумалинского и Каменского источников

Химические элементы	Джумалинский источник			Каменский источник		
	мг/л	мг-экв/л	экв-%	мг/л	мг-экв/л	экв-%
Катионы						
K <sup>+</sup>	1	0,1	1	-	-	-
Na <sup>+</sup>	67	2,8	83	3	0,1	4
Mg <sup>2+</sup>	1	0,1	3	6	0,5	18
Ca <sup>2+</sup>	9	0,4	13	43	2,1	78
Всего	78	3,4	-	52	2,7	-
Анионы						
F <sup>-</sup>	3	0,2	4	-	-	-
Cl <sup>-</sup>	21	0,6	17	7	0,2	8
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	76	1,7	46	5	0,1	4
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	49	0,9	23	134	2,4	88
Всего	149	3,4	-	146	2,7	-
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	28	-	-	29	-	-
Минерализация	270	-	-	260	-	-
рН	8,4	-	-	8,4	-	-

## Термальные лечебные воды кремнистого состава Алтае-Саянской горной страны

песчано-глинистыми сланцами и известняками. Реже встречаются туфы и порфириды. Температура воды на выходе из скважины составляет 7 °С. В интервале максимального водопритока (42–35 м), по данным термокроджажа, она достигает 16 °С. Обогащение вод радоном, по-видимому, связано с выщелачиванием рассеянных радиоактивных элементов из интрузивного тела. Питание радиоактивных вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков. Суммарный дебит скважин – 1,0 л/сек.

Каменные воды относятся к холодным (7°С) слабоминерализованным (0,26 г/л) слабощелочным (рН – 8,2) гидрокарбонатным кальциевым кремнистым (49 мг/л) радоновым (25 нКю/л) минеральным водам (см. табл. 2).

Отсутствие физиологических исследований по влиянию их на организм человека не дает возможности их применения в курортной практике. Однако воды подобного типа с успехом используются в Липовской бальнеолечебнице Свердловской области для лечения различных заболеваний.

*Месторождение Нилова Пустынь.* Термальные источники расположены в узкой долине р. Ихе-Угун, спускающейся с хребта Тункинские Альпы к р. Иркут и прорезающей Туранский хребет. В геологическом строении района основное место занимают метаморфические породы архея и протерозоя (мраморы, кальцифиры, гнейсы), прорванные верхнепротерозойскими гранитами. Выход термальных вод приурочен к месту пересечения разломов широтного и меридианного расположения. Разлом вдоль р. Ихе-Угун имеет ширину 400 м и сопровождается интенсивным дроблением пород. Термовыводящая зона вскрыта четырьмя

скважинами. Запасы минеральных вод утверждены в ГКЗ по категории А с дебитом 3,0 л/сек.

Горячие воды Нилова Пустынь относятся к термальным (42 °С) слабоминерализованным (0,95 г/л) слабощелочным (рН – 8,2) сульфатным натриевым кремнистым (62 мг/л) минеральным водам с содержанием фтора до 2,8 мг/л (табл. 3). В воде определяется незначительная концентрация радона (до 2 нКю/л).

На территории месторождения работает бальнеологический предгорный санаторий. Минеральные воды используют для наружного применения в виде ванн. В санаторных условиях проходят лечение люди с заболеваниями костно-мышечной и нервной систем [6].

*Месторождение Питателевское.* Питателевские источники находятся в долине р. Селенга, в западной части Итанцинской депрессии. Депрессия заполнена мезозойскими конгломератами и четвертичными аллювиальными отложениями. Мощность аллювия в среднем 60 м, мезозойские породы вскрыты в скважинах до 280 м. Коренным ложем депрессии служат граниты протерозойского и палеозойского возраста. В районе месторождения установлено субширотное тектоническое нарушение. В правом борту долины фиксируется также субмеридиальное нарушение. Интенсивная трещиноватость гранитов в месте пересечения этих нарушений обусловила создание естественного очага разгрузки терм на данном участке депрессии. Вскрывающиеся скважинами граниты содержат термальную воду в коре выветривания и в тектонических трещинах. Мезозойский комплекс обводнен слабо. В аллювии вскрывается мощный поток грунтовых вод. Суммарный дебит скважин – 6 л/сек, утвержден в ГКЗ в качестве запасов вод по категории В.

Таблица 3

Химический состав кремнистых минеральных вод Нилова Пустыньского, Питателевского и Рахмановского месторождений

Химические элементы	Скв. 2 Нилова Пустыньское месторождение			Скв. 74 Питателевское месторождение			Скв. 2 Рахмановское месторождение		
	мг/л	мг-экв/л	экв-%	мг/л	мг-экв/л	экв-%	мг/л	мг-экв/л	экв-%
Катионы									
K <sup>+</sup>	8	0,2	1	14	0,4	1	1	0,03	1
Na <sup>+</sup>	254	11,1	77	471	20,5	77	50	2,1	92
Mg <sup>2+</sup>	5	0,4	3	2	0,2	1	1	0,04	1
Ca <sup>2+</sup>	56	2,8	19	111	5,6	21	3	0,14	6
Всего	323	14,4	-	599	26,6	-	65	2,38	-
Анионы									
F <sup>-</sup>	1	-	-	8	0,4	1	3	0,14	6
Cl <sup>-</sup>	23	0,6	13	188	5,3	20	4	0,11	5
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	593	0,45	10	974	20	77	26	0,53	22
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	73	3,52	77	36	0,6	2	73	1,6	67
Всего	690	4,57	-	1206	266	-	106	2,38	-
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	62	-	-	43	-	-	32	-	-
Минерализация	1082	-	-	304	-	-	192	-	-
рН	7,9	-	-	9,2	-	-	8,9	-	-

Химический состав кремнистых минеральных вод Терсинского и Уш-Белдырского месторождений

Химические элементы	Скв. 1011 Терсинское месторождение			Скв. 69 Уш-Белдырское месторождение		
	мг/л	мг-экв/л	экв-%	мг/л	мг-экв/л	экв-%
<b>Катионы</b>						
K <sup>+</sup>	-	-	-	6	0,2	3
Na <sup>+</sup>	1054	45,87	67	100	4,3	95
Mg <sup>2+</sup>	82	6,83	8	0,3	0,02	1
Ca <sup>2+</sup>	288	14,4	21	1,2	0,06	1
Fe <sup>2+</sup> +Fe <sup>3+</sup>	24	1,85	4	-	-	-
Всего	1448	68,95	-	107	4,6	-
<b>Анионы</b>						
F <sup>-</sup>	4	0,21	1	10	0,51	11
Cl <sup>-</sup>	181	5,14	7	4	0,1	2
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1	0,01	1	35	0,7	16
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3952	63,59	91	75	2,3	58
HS <sup>-</sup>	-	-	-	20	0,6	13
Всего	4138	68,95	-	167	4,6	-
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	111	-	-	124	-	-
Свободная углекислота	2810	-	-	-	-	-
Бор	7	-	-	-	-	-
Минерализация	5800	-	-	398	-	-
pH	6,4	-	-	9,6	-	-

Питателевские воды относятся к термальным (68,5 °С) слабуминерализованным (М – 1,8 г/л) нейтральным (рН – 7,4) сульфатно-хлоридным натриево-кальциевым кремнистым (63 мг/л) минеральным водам с содержанием фтора до 8 мг/л (см. табл. 3). Отсутствие физиологического исследования по влиянию кремнистых термальных вод не дает возможности использовать их в лечебных целях [8].

*Рахмановское месторождение.* Рахмановские источники располагаются в западной части Алтая на территории Восточно-Казахстанской области на границе России и Казахстана в долине р. Арасан на высоте более 1000 м над у.м. Месторождение приурочено к Алтайской складчатой области в зоне тектонического разлома в изверженных породах. В гидрогеологическом отношении подземные воды относятся к трещиноватым трещинно-жильным водам. Минеральные воды вскрыты на глубине до 100 м. Удельный дебит их достигает 3,5 л/сек. Запасы вод, утвержденные ГКЗ по категории В, составили 350 м<sup>3</sup>/сут. [10].

Рахмановские источники относятся к термальным (47 °С) слабуминерализованным (М – 0,19 г/л) слабощелочным (рН – 8,9) гидрокарбонатно-сульфатным натриевым кремнистым (32 мг/л) радоновым (4 нКю/л) минеральным водам с содержанием фтора до 2,8 г/л (см. табл. 3) [10].

На базе месторождения функционирует санаторий «Рахмановские ключи», где с успехом проходят лечение люди с опорно-двигательными, нервными и гинекологическими заболеваниями [9].

*Терсинское месторождение.* Терсинские источники расположены в долине р. Верхней Терси,

правого притока р. Томь. Территория со всех сторон окружена невысокими горными кряжами. Месторождение имеет сложные гидрогеологические условия. Водовмещающие породы представлены угленосными пермо-карбонными отложениями балахонской серии, которые собраны в крупную антиклинальную складку, осложненную структурами второго порядка и дизъюнктивными нарушениями. Основной региональный разлом проходит вблизи оси складки в меридиональном направлении и имеет амплитуду смещения пород более 2000 м. Условия разгрузки углекислых вод на границе бассейна с Салаиром и Кольвань-Томской зоной затруднены из-за закрытости дизъюнктивных нарушений (подвижки типа надвигов). Более благоприятны они в зоне полукрытых крупных разрывных нарушений на границе с Кузнецким Алатау.

Зона активного водообмена с пресными водами в долине р. Верхней Терси обладает мощностью всего 50–80 м. Воды этой зоны под воздействием глубинных углекислых вод имеют несколько повышенную минерализацию (до 0,7–0,8 г/л) при содержании свободной углекислоты 300–500 мг/л и значительном увеличении содержания иона натрия. Зона замедленного водообмена вскрыта до глубины 400–600 м. Для нее характерны гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией от 1,5 до 6 г/л. Угленосные отложения представлены песчаниками, алевролитами, аргиллитами и пластами каменного угля. В осадочные отложения внедрены силлы базальт-диабазы (мощность до 100–120 м) и секущие дайки. В пределах Терсинского месторождения углекислые минеральные воды вскрыты 13 скважинами

в долинах рек Макариха и Верхняя Терся на глубинах от 36–100 м до 220–540 м. Эксплуатационные запасы минеральных вод утверждены ГКЗ по промышленной категории В в количестве 172 м<sup>3</sup>/сут.

Терсинские источники относятся к холодным (14 °С) слабокислым (рН – 6,4) среднеминерализованным (М – 5,8 г/л) углекислым (1,817 г/л) кремнистым (65 мг/л) гидрокарбонатным натриевым минеральным водам (табл. 4) [10]. В составе минеральных вод в различных скважинах обнаружены кремнекислоты (до 111 мг/л), железо закисное (1–24 мг/л), сероводород (до 6,8 мг/л), фтор (0,3–4 мг/л), цинк (0,3–0,7 мг/л), медь, свинец (0,01–0,4 мг/л). В газовой фазе, кроме углекислоты, составляющей 73–89%, установлены метан 6–9% и водород 0,1–0,3%. Температура воды на устье скважин – 11–14 °С.

По физическим свойствам терсинская минеральная вода обладает высокими вкусовыми качествами и может употребляться как лечебная столовая вода, а также для ванн. Эта вода является ближайшим аналогом лечебных минеральных вод «Боржоми», в связи с этим в Кузбассе в непосредственной близости от крупных промышленных центров можно планировать создание бальнеологического комплекса [9].

*Месторождение Уш-Белдир.* Источники термальных вод расположены в Республике Тува, на границе с Монгольской Народной Республикой, в верховьях р. Кызыл-Хем, на высоте 1127 м над у.м. В районе развиты метаморфические толщи верхнего протерозоя (сланцы, гнейсы, кварциты). Интрузивные породы представлены граносиенитами и гранитами. Выход термальных вод приурочен к зоне тектонического

нарушения, развивающейся над субмеридиальным Беллинским глубинным разломом, она имеет эрозионно-тектоническое происхождение. Три разведочные эксплуатационные скважины, вскрывшие открытые трещины в пределах термовыводящей зоны на глубине 30–60 м, изливают воды с дебитом 7,6 л/сек (запасы утверждены ГКЗ по категории В).

Горячие источники относятся к высокотермальным (84 °С) щелочным (рН – 9,5) слабоминерализованным (М – 0,40 г/л) сероводородным (21 мг/л) кремнистым (124 мг/л) гидрокарбонатным натриевым минеральным водам с содержанием фтора до 10 мг/л (см. табл. 4) [2].

На базе Уш-Белдирского месторождения функционирует бальнеологический курорт. Термальные минеральные воды используют для наружного применения (ванны). В санаторно-курортных условиях проходят лечение люди с заболеваниями костно-мышечной и нервной систем [5].

Таким образом, проведенный анализ месторождений термальных лечебных вод кремнистого состава Алтае-Саянской горной страны позволяет нам сделать следующие выводы.

1. Кремнистые воды, содержащие в своем составе биологические компоненты (сероводород, углекислоту, радон, фтор), обладают выраженным бальнеологическим действием.

2. Кремнистые термальные воды оказывают благотворное влияние на людей с заболеваниями кожи, сердечно-сосудистой, костно-мышечной и периферической нервной систем, а также при хронических отравлениях тяжелыми металлами.

### Библиографический список

1. Барабанов, Л.Н. Минеральные воды Прибайкалья. Минеральные воды СССР / Л.Н. Барабанов. – М., 1974.
2. Фомичева, В.Н. Минеральные воды Тувы. Минеральные воды СССР / В.Н. Фомичева. – М., 1974.
3. Давыдова, О.Б. Бальнеотерапевтическое значение кремнистых соединений в кремнесодержащих водах при их наружном применении / О.Б. Давыдова, И.М. Касьянова, С.А. Крикорова // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. – 1992. – №5–6.
4. Перельман, А.И. Геохимия : учеб. пособие для геолог. специальностей ун-тов / А.И. Перельман. – М., 1979.
5. Барабанов, Л.Н. Азотные термы СССР / Л.Н. Барабанов, В.Н. Дислер. – М., 1968.
6. Минеральные воды юга Восточной Сибири. Т. 1 / под ред. В.Г. Ткачук и Н.И. Толстухина. – М. ; Л., 1961.
7. Олигер, Т.А. Минеральный источник Абаканский / Т.А. Олигер // Окружающая среда и здоровье человека. – Барнаул, 1981.
8. Карасева, А.П. Минеральные воды Восточного Забайкалья. Минеральные воды СССР / А.П. Карасева. – М., 1974.
9. Справочник по санаторно-курортному отбору / под ред. В.М. Боголюбова. – М., 1986.
10. Иванов, В.В. Классификация подземных минеральных вод / В.В. Иванов, Г.А. Невраев. – М., 1964.