

кальциевыми. Полученные геохимические характеристики карстующихся пород источника Серебряный ключ показывают, что по отношению к карбонатным породам агрессивность вод незначительна, и в склоновых условиях происходят в основном их вертикальные нисходящие перетоки.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 15-35-50435, грант ДВО РАН 15-1-2-097.*

### **Литература**

1. Анохин В. М., Рыбалко В. И., Аленичева А. А., Леликов Е. П. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист К- (52), 53. – Владивосток. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011. – 332 с.
2. Берсенев Ю.И. Карст Дальнего Востока. – М.: Наука, 1989. –172 с.
3. Гвоздецкий Н.А. Карст/ Н.А. Гвоздецкий. – М.: Мысль, 1981. – 214 с.
4. Гвоздецкий Н.А. Проблемы изучения карста и практика / Н.А. Гвоздецкий. – М.: Мысль, 1972. – 392 с.
5. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Лист (L-(52), 53; (K-52, 53) – оз. Ханка. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011. –684 с.
6. Демин Л.В., Берсенев Ю.И., Татарников В.А. Карст Приморского, Хабаровского краев и Амурской области//Карст Сибири и Дальнего Востока. – Владивосток, 1980. – С. 5–54.
7. Юдович Я.Э., Майдль Т.В., Иванова Т.И. Геохимия стронция в карбонатных отложениях. –Л.: Наука, 1980.– 152 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НАСЫЩЕННОСТИ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ВТОРИЧНЫМИ МИНЕРАЛАМИ (НА ПРИМЕРЕ ПРИРОДНОГО КОМПЛЕКСА ТАРЫС, ТУВА)**

Н.В. Гусева, Ю.Г. Копылова, А.А. Хващевская

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,  
E-mail: guseva24@yandex.ru*

**Аннотация.** В статье рассмотрены особенности химического состава вод родников природного комплекса Тарыс. Выделены три типа подземных вод: грунтовые воды зоны региональной трещиноватости карбонатно-терригенных отложений рифея (5 выходов); трещинно-жильные воды окислительно-восстановительной обстановки таннуольского плагиогранитового комплекса с местной областью питания (5 выходов); трещинно-жильные воды восстановительной обстановки таннуольского плагиогранитового комплекса с отдаленной областью питания (10 выходов). Оценена насыщенность вод вторичными минералами.

**Abstract.** In the article the peculiarities of the spring chemical composition in the natural spa area «Taris» has been considered. The trace element behavior, gas composition and radioactivity are presented. The following types of groundwater were identified: the groundwater in regional fracturing zone of Riphean carbonate-terrigenous rocks of the (5 springs); fracture-vein waters with oxidizing-reducing conditions confined tanuolsk plagiogranite complex with the local recharge area (5 springs); fracture-vein waters with reducing conditions confined tanuolsk plagiogranite complex with the far recharge area (10 springs). The water saturation with respect to secondary minerals has been evaluated.

Природный комплекс «Тарыс» располагается в отрогах Прихубсугульского нагорья в устьевой части руч. Аржаанец, притока р. Барахоля у выхода ее в Тарысскую котловину. Эти источник с давних времен являются местом паломничества местного населения, которое здесь осуществляет стихийное лечение.

Впервые термы Тарыса были описаны в 1932 г. В.М. Левченко [3], а в 1949 г. они изучались бальнеологом С.Л. Рогачевским. Изучением режима минеральных вод и строительством ванн на Тарысе в 1954–1955 гг. занимались сотрудники «Союзгеокаптажминвод», результаты их исследований представлены в работе [1]. Летом 1955 г. Тувинским облздравотделом на Тарысе был организован временный врачебный пункт (врач Е.Е. Вакуленко) и консультации бальнеологов (А.О. Блюменфельд и П.А. Черкашин). В 1965 году термы обследовались Е.В. Пиннекером и Ю.И. Кустовым, результаты этих исследований представлены в [5].

Источники природного комплекса Тарыс приурочены к крупному разлому субмеридионального простирания вдоль тектонического контакта балыктыгхемской свиты (RF *bl*) и таннуольского плагиогранитового комплекса ( $v_{\delta C_2 t_2}$ ). Балыктыгхемская свита представлена крупнозернистыми мраморами белого и светло-серого цвета с небольшим присутствием прослоев кварцитов, биотитовых и биотит-амфиболовых кристаллических сланцев, перемежающихся с мраморированными онколитовыми известняками и хлорит-серицитовыми сланцами. Породообразующими минералами таннуольского плагиогранитового комплекса являются: плагиоклаз (андезин, андезин–олигоклаз), роговая обманка, биотит, кварц, реже калиевый полевой шпат (0–15 %). Сочетания этих минералов составляют ассоциацию пород с натриевым уклоном, характерную для диорит-гранодиорит-плагиогранитной формации. В приконтактных частях балыктыгхемской свиты с таннуольским комплексом появляются новообразования граната, андалузита и силлиманита.

Контакт отложений рифея и среднекембрийских таннуольских интрузий прослеживается на правом склоне пади Аржаанец в 250–300 м выше выхода терм. Непосредственно у источников склоны сложены известняками, разбитыми крутопадающими трещинами меридионального направления. Интенсивной разгрузке подземных вод несомненно способствует наличие узла пересечения крупных разломов и оперяющих их тектонических нарушений, создающих барражный эффект при разгрузке подземных вод.

Полевые работы по изучению и опробованию родников проводились в 2012 г. под руководством Ч.К. Ойдул [4], а в 2013 году под руководством и при непосредственной участии К.Д. Аракчаа [2], а в 2014 г. непосредственно при участии авторов статьи. Схема расположения выходов подземных вод природного комплекса Тарыс представлена в произвольном масштабе на рисунке.

Родники разгружаются на абсолютной отметке 940 м и выходят по обоим бортам руч. Аржаанец. При обследовании в сентябре 2013 года опробовано 19 выходов подземных вод. По условиям выхода подземных вод и их составу выделены следующие воды: грунтовые воды зоны региональной трещиноватости карбонатно-терригенных отложений рифея (5 выходов); трещинно-жильные воды окислительно-восстановительной обстановки таннуольского плагиогранитового комплекса с местной областью питания (5 выходов); трещинно-жильные воды восстановительной обстановки таннуольского плагиогранитового комплекса с отдаленной областью питания (10 выходов); поверхностные воды руч. Аржаанец (1 точка опробования).

Грунтовые воды зоны региональной трещиноватости карбонатно-терригенных отложений рифея развиты в восточной части бассейна руч. Аржаанец. По составу эти воды холодные с температурой 6,35 °С, нейтральные с рН 7,5, пресные гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией 350 мг/л и содержанием кремния 5,1 мг/л и фтора 0,49 мг/л лития 0,011 мг/л. Формула химического состава по осредненным данным (N=5) выглядит следующим образом (около параметра М указана величина минерализации в г/л и сумма катионов в мг-экв/л):

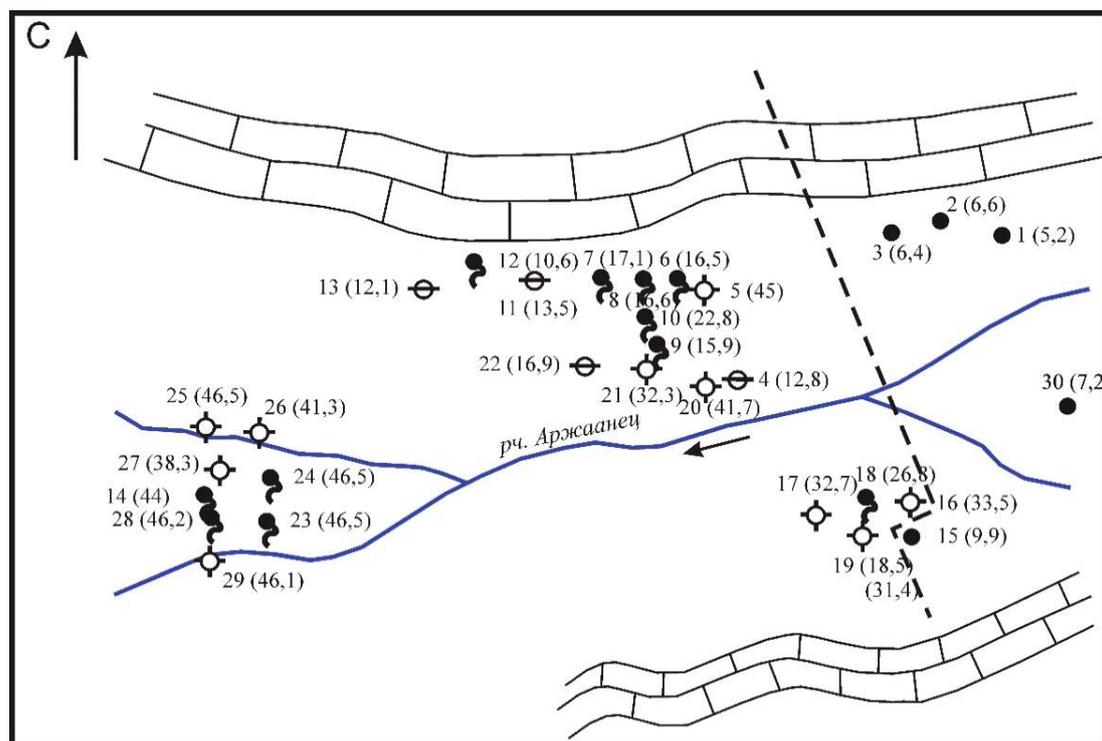
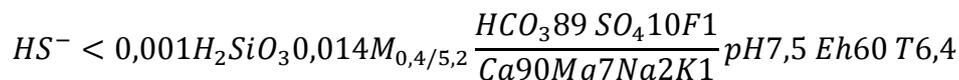
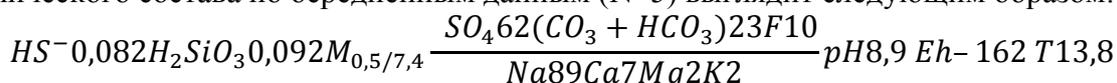


Рис. Схема выходов подземных вод природного комплекса Тарыс

Условные обозначения 1 – грунтовые воды зоны региональной трещиноватости карбонатно-терригенных отложений рифея; 2 – трещинно-жильные воды окислительно-восстановительной обстановки таннуольского плагиогранитового комплекса с местной областью питания; 3 – трещинно-жильные воды восстановительной обстановки таннуольского плагиогранитового комплекса с отдаленной областью питания 4 – предполагаемый тектонический контакт карбонатно-терригенных отложений рифея и образований таннуольского плагиогранитового комплекса. Цифры около источников – номера источников, в скобках – температура

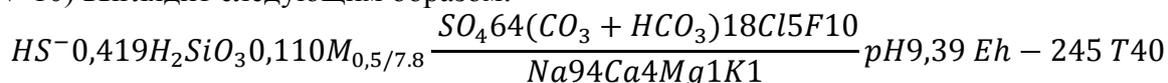


Трещинно-жильные воды окислительно-восстановительной обстановки таннуольского плагиогранитового комплекса с местной областью питания распространены по правому борту долины в центральной части исследуемой территории. Водовмещающими отложениями являются алюмосиликатные образования таннуольского плагиогранитового комплекса. По составу это холодные воды с температурой 13,8 °С, гидрокарбонатно-сульфатные натриевые щелочные с рН 8,9 воды с содержанием кремния 33,2 мг/л, фтора – 14,9 мг/л и лития – 0,076 мг/л. Формула химического состава по осредненным данным (N=5) выглядит следующим образом:

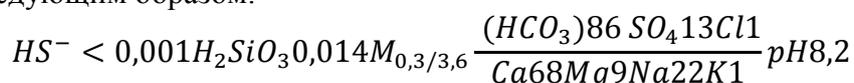


Трещинно-жильные воды восстановительной обстановки таннуольского плагиогранитового комплекса отдаленного питания распространены в алюмосиликатных образованиях таннуольского плагиогранитового комплекса в центральной и западной части исследуемого бассейна руч. Аржаанец. По составу это

теплые воды с температурой 40 °С пресные сульфатные натриевые с минерализацией 526 мг/л щелочные с рН 9,4 воды с содержанием кремния – 39,3 мг/л, фтора – 15,27 мг/л и лития – 0,067 мг/л. Формула химического состава по осредненным данным (N=10) выглядит следующим образом:



Анализ состава поверхностной воды руч. Аржаанец, который ниже по течению питается разгружающимися подземными водами, показал, что состав речной воды в значительной мере соответствует составу грунтовых вод рифейских образований в смешении с трещинно-жильными водами таннуольского плагиигранитового комплекса. По составу это холодные пресные гидрокарбонатные кальциевые воды с минерализацией 280 мг/л слабощелочные с рН 8,2 воды с содержанием кремния 4,9 мг/л, фтора – 0,48 мг/л и лития – 0,0063 мг/л. Формула химического состава выглядит следующим образом:



Согласно оценке степени насыщенности рассматриваемых типов вод вторичными минералами на начальных стадиях взаимодействия в системе вода-порода находятся грунтовые воды. Ультрапресные грунтовые воды гидрокарбонатного кальциевого состава насыщены гиббситом, при этом воды ненасыщенны глинистыми минералами, карбонатными и сульфатными минералами (табл. 1.). Это свидетельствует о незначительном времени взаимодействия рассматриваемых вод с горными породами.

Состояние насыщенности трещинно-жильных вод таннуольского плагиигранитного комплекса сульфатного натриевого состава вторичными минералами свидетельствует о более длительном взаимодействии этих вод с горными породами. Воды этого типа насыщены глинистыми минералами (каолинитом и монтмориллонитами), а также карбонатами кальция и железа (табл.), что способствует удалению кальция и магния из вод. Возможно, с этим и связаны низкие содержания в этих водах кальция и магния при высоких концентрациях натрия, сульфатов и относительно малой общей минерализации. С сульфатами (тенардитом, мирабилитом, глауберитом, эпсомитом, целестином, ангидритом, баритом) все воды неравновесны. При этом теплые воды характеризуются большими значениями параметров насыщенности рассматриваемыми вторичными минералами, что может свидетельствовать о влиянии на процессы взаимодействия в системе вода-порода температурного режима вод.

Самые высокие значения параметра насыщенности среди рассматриваемых сульфатных минералов отмечаются для барита от –0,3 до –0,8. Источником серы в водах могут выступать зоны сульфидной минерализации контактового метаморфизма, а также гидросульфиды вод глубокого проникновения в рифтовую зону разлома.

Трещинно-жильные воды восстановительной обстановки таннуольского плагиигранитного комплекса являются азотными минеральными и могут быть охарактеризованы как теплые, очень теплые, термальные щелочные слабоминерализованные кремнистые фторидные сульфидные карбонат-гидрокарбонатно-сульфатные и сульфатные натриевые. По своим лечебным свойствам они могут быть отнесены к 4-й бальнеологической группе минеральных вод (Уш-Белдирский тип, МУ МЗ РФ № 2000/34).

*Таблица*

*Параметр насыщенности подземных вод природного комплекса Тарыс вторичными минералами*

Минерал	Грунтовые воды	Холодные трещинно-жильные окислительно-восстановительной обстановки	Теплые трещинно-жильные воды восстановительной обстановки
гиббсит	0,1	–	–
каолинит	–	1,5	1,7
Са-монтмориллонит	-3,2	4,8	6
Mg-монтмориллонит	-4,3	4	4,9
Na-монтмориллонит	-4,7	1,3	2,1
K-монтмориллонит	-5,1	-0,02	0,8
кальцит	-0,2	1,8	2,4
сидерит	0,3	0,6	1,4
доломит	-0,3	0,1	-0,1
барит	-0,3	-0,8	-0,3
целестин	-2,1	-1,5	-1,5
ангидрит	-2,2	-2,2	-2,5

Грунтовые воды зоны региональной трещиноватости карбонатно-терригенных отложений рифея могут рассматриваться как источник питьевых вод. Некоторые осложнения для их использования создают повышенные содержания ряда компонентов, превышающих ПДК для питьевых вод, среди которых Ba, Sr, Mn, Fe.

*Работа выполнена при поддержке Государственного задания «Наука» № 5.1931.2014/К.*

### **Литература**

1. Богородицкий, К. Ф., Валединский, В. И. Гидроминеральные ресурсы (Тувинской АО) // Природные условия Тувинской автономной области. Труды Тувинской комплексной экспедиции. М. : Издательство АН СССР. Вып. III. 1957.
2. Копылова Ю.Г., Гусева Н.В., Аракчаа К.Д., Ойдул Ч.К., Рычкова К.М., Хвощевская А.А., Камбалина М.Г., Каричева Е.Ю., Мазурова И.С. Химический состав вод родников природного комплекса Тарыс (Восточная Тува) Материалы II Международной научно-практической конференции. - Абакан, ООО «Кооператив «Журналист», 2015. – С.89-98
3. Левченко, В. М. Минеральные источники и грязевые озера Тувинской народной республики. Зап. гос. гидролог. ин-та. Т. 14. Л., 1935.
4. Ойдул Ч. К., Курбатская С. С., Донгак Р. Ш. Термальные воды Тарысских источников (Юго-Восточная Тува): особенности микрохимического состава [Электронный ресурс] // Новые исследования Тувы. 2014, № 1.
5. Пиннекер Е. В. Минеральные воды Тувы. Кызыл :Тувинское книжное издательство, 1968.–105 с