

XVII Всероссийская  
(с международным участием)  
Ферсмановская научная сессия

05-08 апреля 2020 г.

г. Апатиты, Мурманская обл.



Saint Petersburg  
State University  
Research Park

# Закономерности формирования железистых минеральных вод курорта «Марциальные воды» (Карелия) по благородным газам ( $^3\text{He}/^4\text{He}$ , $^{20}\text{Ne}/^4\text{He}$ ) и тритию ( $^3\text{H}$ )

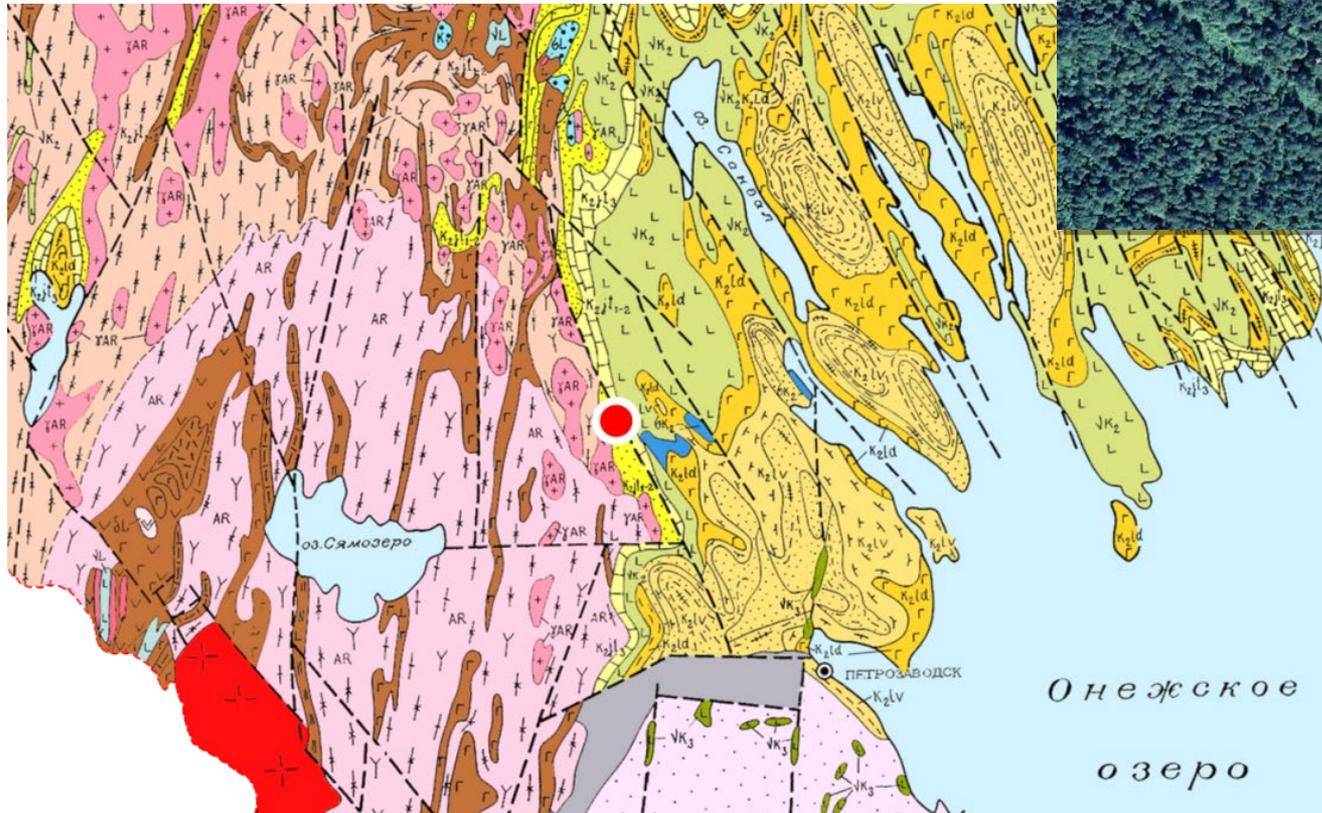
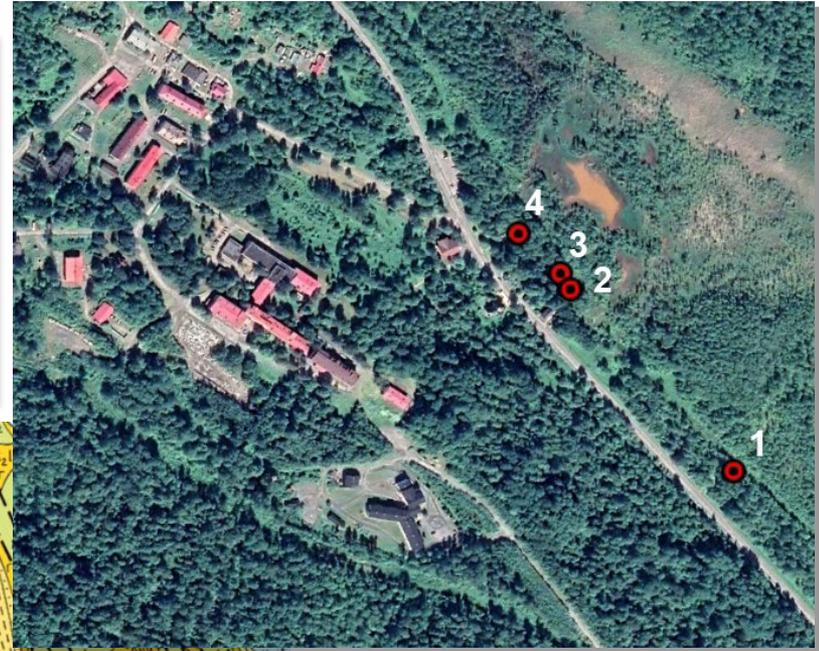
Бородулина Г.С.<sup>1</sup>, Каменский И.Л.<sup>2</sup>, Скиба В.И.<sup>2</sup>, Токарев И.В.<sup>3</sup>

- 1 – *Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН, Петрозаводск;*  
2 – *Геологический институт Кольского научного центра РАН, Апатиты;*  
3 – *Санкт-Петербургский государственный университет, Научный парк, РЦ РДМИ;*



# Общая характеристика участка

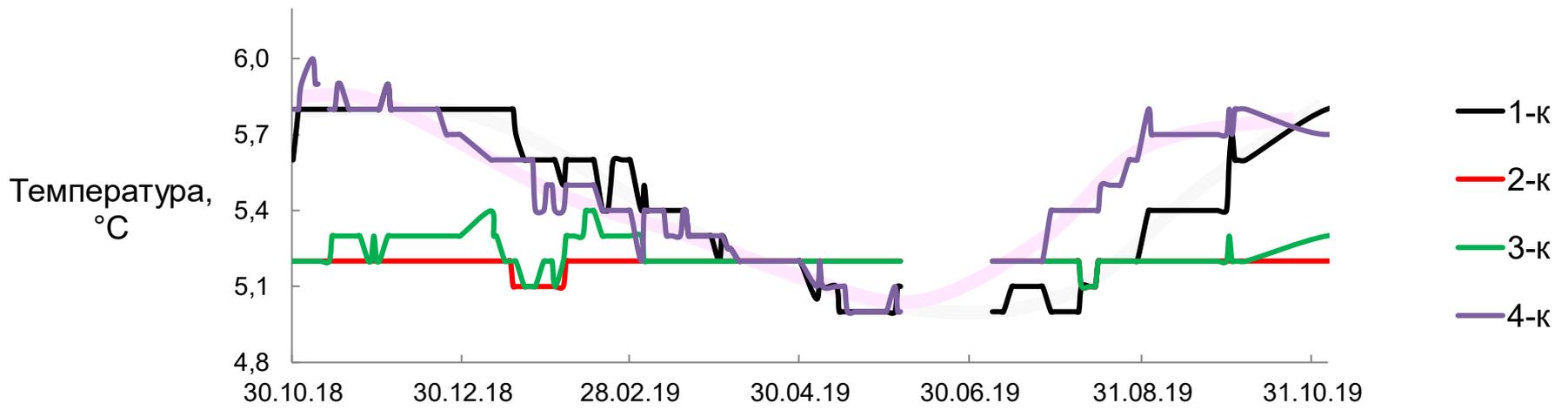
В современном виде курорт действует с 1964 г. и использует в лечебно-питьевых целях высокожелезистые сульфатные подземные воды (выделены в самостоятельный гидрохимический тип), разгружающиеся самоизливом из четырех скважин.



## Средние многолетние показатели химического состава Марциальных вод (1991-2019)

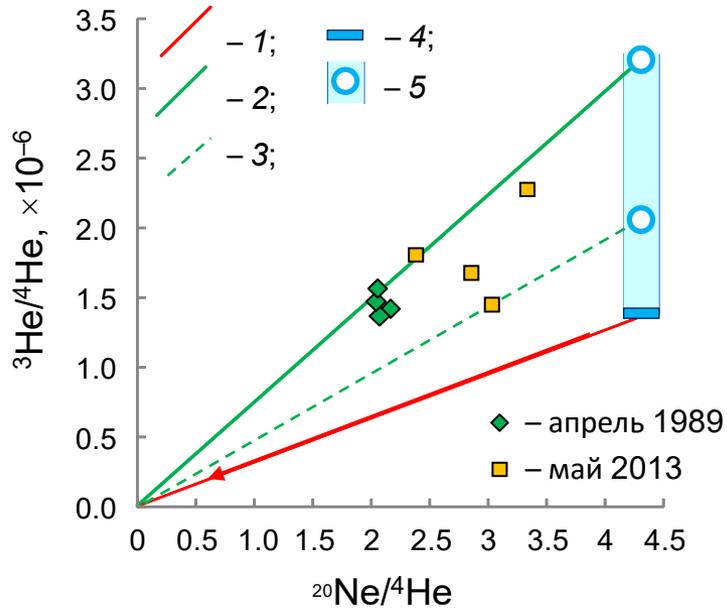
Компонент, показатель	Скважина			
	1-к	2-к	3-к	4-к
рН	6,4	6,2	6,1	6,1
Eh, мВ	+189	+194	+197	+188
Na <sup>+</sup> , мг/л	3,5	4,7	4,7	5,3
K <sup>+</sup> , мг/л	2,3	4,2	4,6	5,8
Ca <sup>2+</sup> , мг/л	25,8	42,7	38,0	53,2
Mg <sup>2+</sup> , мг/л	14,9	31,2	33,4	50,5
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	99,7	122,1	103,7	123,6
Cl <sup>-</sup> , мг/л	1,5	2,1	2,5	2,8
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	75,4	213,3	258,1	431,6
Fe <sup>2+</sup> , мг/л	14,3	41,9	55,2	95,8
SiO <sub>2</sub> , мг/л	12,9	15,9	16,3	15,9
CO <sub>2</sub> , мг/л	93,0	189,9	225,8	346,7
Минерализация, г/л	0,25	0,47	0,54	0,92

# Дебит и температура минеральных вод





# Гелий-неоновая систематика «Марциальных вод»



1 – линия накопления терригенного гелия  
 $(^3\text{He}/^4\text{He})_{\text{ТЕР}} \approx 2 \times 10^{-8}$  и  $(^{20}\text{Ne}/^4\text{He})_{\text{ТЕР}} \rightarrow 0$ .  
 2, 3 – линии смешения молодых и древних вод;  
 4 – изотопные координаты инфильтрационных вод;  
 5 – коридор эволюции изотопного состава молодых вод и расчетные изотопные координаты молодых вод для «Марциальных вод».

Скважина	Дата отбора	$^3\text{He}/^4\text{He} \times 10^{-6}$	$^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$
1-к	апрель, 1989	1.413	0.462
	май, 2013	2.270	0.300
2-к	апрель, 1989	1.360	0.483
	май, 2013	1.800	0.420
3-к	декабрь, 1987	1.440	0.390
	апрель, 1989	1.465	0.490
	апрель, 1989	1.458	0.372
	май, 2013	1.440	0.330
4-к	апрель, 1989	1.557	0.487
	май, 2013	1.670	0.350

Изотопный состав гелия ( $^3\text{He}/^4\text{He}$ ) и неон/гелиевое отношение ( $^{20}\text{Ne}/^4\text{He}$ ) указывают, что минеральные воды представляют собой смесь подземных вод различного возраста. «Молодая» компонента маркируется тритием и тритигенным гелием-3. Присутствие  $^3\text{He}_{\text{ТРИТ}}$  видно из роста отношения  $^3\text{He}/^4\text{He}$  по сравнению с характерным для инфильтрационных вод (Kamensky et al., 1991). «Древняя» компонента диагностируется по пониженному отношению  $^{20}\text{Ne}/^4\text{He}$ .

# Расчет тритий/гелий-3 возраста «Марциальных вод»

Измеренные концентрации трития и расчет содержаний тритигенного гелия-3 позволяет ориентировочно оценить возраст «молодой» компоненты минеральной воды.

Время поступления инфильтрационной воды в систему:  
для опробования 1989 г. – середина–конец 1950<sup>-х</sup> годов;  
для опробования 2013 г. – вторая половина 1960<sup>-х</sup> годов.  
Доля молодой компоненты увеличивается.

В эти же годы произошло:

- изменение изотопного состава минеральной воды (содержаний дейтерия и кислорода-18), который из значительно фракционированного (сдвиг вправо относительно локальной линии метеорных вод) стал идентичен метеорным водам;
- в ряду урана-238 наступило равновесие  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U} = 1$ ;
- утяжелился изотопный состав растворенных форм углерода  $\delta^{13}\text{C}$ .

# Причины изменения характеристик минеральной воды

1. Расширение области современного питания вследствие перехода в 1964 г. к эксплуатации месторождения с помощью скважин.



2. Увеличение интенсивности инфильтрационного питания вследствие строительства в 60-х г. санатория и поселка в области питания подземных вод (планировка территории, организация фундаментов, дорог, траншей под водопровод и канализацию и т.п.)

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта  
РФФИ (проект № 18-45-100004).

- Бородулина Г.С., Токарев И.В., Левичев М.А. Первому русскому курорту — 300 лет. История изучения «Марциальных вод» // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2019. № 4. Т. 96. С. 76–82. DOI 10.17116/kurort20199604176
- Вакуловский С.М., Воронцов А.И., Катрич А.И. и др. Тритий в атмосферных осадках, реках и морях, омывающих территорию Советского Союза // Атомная энергия. 1978. Т. 44, вып. 5. С. 432–446.
- Виноградов А.П., Девирц А.Л., Добкина Э.И. Современное состояние трития в природных водах // Геохимия. 1968. № 10. С. 1147–1152.
- Воронюк Г.Ю., Бородулина Г.С., Крайнюкова И.А., Токарев И.В. Водообмен в краевых частях Балтийского щита и прилегающих артезианских бассейнах по изотопным и химическим данным (научные и прикладные аспекты). Карельский перешеек. //Труды Карельского научного центра, серия «Лимнология». 2016. №9. С 46-56. DOI: 10.17076/lim322
- Ресурсы и геохимия подземных вод Карелии. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. 1987. 151 с.
- Токарев И.В., Бородулина Г.С., Блаженникова И.В., Авраменко И.А. Условия формирования железистых минеральных вод по изотопно-геохимическим данным (курорт «Марциальные воды», Карелия) // Геохимия. 2015. №1. С. 88–91. DOI: 10.7868/S0016752514110090
- Токарев И.В., Бородулина Г.С., Каюкова Е.П., Поляков В.А., Варнакова Ю.В., Жданов С.В., Маркова Т.В. Исследование подземных вод в отдельных районах Карелии изотопно-геохимическими методами. Вестник СПбГУ. Серия 7 «Геология и география». 2008. №2. С. 25–36.
- Kamensky I.L., Tokarev I.V. and Tolstikhin I.N.  $^3\text{H}$ - $^3\text{He}$  dating: A case for mixing of young and old groundwaters. //Geochemica et Cosmochemica Acta. 1991, 55. P. 2895–2899.
- Tokarev I.V., Borodulina G.S., Subetto D.A., Voronyuk G.Y., Zobkov M.B. Fingerprint of the geographic and climate evolution of the Baltic–White Sea region in the Late Pleistocene-Holocene in groundwater stable isotopes ( $^2\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$ ). Quaternary International. 2019, 524. P. 76–85. DOI: 10.1016/j.quaint.2019.03.022

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

