



УДК 551.49.550 (575.2)

## ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СОВРЕМЕННЫХ ТЕРМОМИНЕРАЛЬНЫХ ВОД И СЕЙСМИЧНОСТЬ КЫРГЫЗСТАНА

### MAIN PARAMETERS OF MODERN THERMOMINERAL WATERS AND SEISMICITY OF KYRGYZSTAN

**Кендирбаева Дж. Ж.**

доктор геолого-минералогических наук,  
профессор, заведующая лабораторией  
Института сейсмологии Национальной Академии наук  
Кыргызской Республики  
jumaevna48@gmail.cov

**Kendirbaeva J.J.**

Doctor of Geological and  
Mineralogical Sciences, Professor,  
Head of the Institute of Seismology  
National Academy of Sciences  
Kyrgyz Republic  
jumaevna48@gmail.cov

**Аннотация.** Анализировано распределение гелия и углекислого газа в термоминеральных водах (ТМВ) Кыргызстана, а тренд и устойчивость их режима изучены с помощью статистики, а также по системе R-STERS для прогноза сейсмических событий. В них показана индифферентность концентрационных уровней гелия к типам водопунктов и стратиграфо-литологическим различиям, а также к глубинам циркуляции, но фиксируются схожие и близкие вариации при отсутствии повторяющихся аналогий от одного сейсмического события к другому.

**Annotation.** The distribution of helium and carbon dioxide in thermal mineral waters (TMW) of Kyrgyzstan was analyzed, and the trend and stability of their regime were studied using statistical data, as well as using the R-STERS system to predict seismic events. They are indifferent to the levels of helium content to the types of water bodies and stratigraphic-lithological differences, as well as to the depth of circulation, but similar and close variations are recorded in the absence of repeated analogies from one seismic event to another.

**Ключевые слова:** термоминеральные воды, прогноз землетрясений, временные вариации, закономерные помехи и случайные сигналы, тренд и устойчивость режима.

**Keywords:** thermal mineral waters, earthquake forecast, time variations, regular interference and random signals, trend and stability of the regime.

**Введение.** Кыргызстан является горным регионом, который сформировался к верхнему палеозою, преобразован кайнозойским орогенезом до современного облика, а в геологическом разрезе участвуют породы, разнообразные по составу, возрасту и генезису (осадочные, интрузивные, эффузивные и метаморфические). Здесь хребты и впадины отделяются тектоническими разрывами, к которым нередко приурочены эпицентры сильных землетрясений, а также выходы термальных вод.

Термоминеральные воды (ТМВ) как в пространстве, так и во времени, благодаря непрерывному движению во всех направлениях, отражают состояние современной дегазации Земли и, как следствие, направленность развития сейсмической обстановки. В отдельных их выходах экзотические для верхней части разреза газы содержатся в количествах, не поддающихся объяснению константами распада элементов. При этом они динамичны и чувствительны к состояниям среды, благодаря чему их подвижность позволяет не только дальше, но и дольше наблюдать процессы возмущения, но эти свойства непрерывно испытывают влияние большого количества природных факторов.

Для прогноза сильных землетрясений на протяжении около полувека проводятся наблюдения за режимом ТМВ. Пункты наблюдений расположены, главным образом, в северной части республики, а выбор каждого из них, по данным [1], обоснован особенностями разрывно-блоковой морфологии структур. К настоящему времени накоплено достаточное количество временных рядов, в которых некоторые параметры считаются индикаторами подготовки сильных землетрясений: фиксируют схожие или близкие вариации при отсутствии регулярно повторяющихся аналогий от одного сейсмического события к другому [2]. Поэтому, как показано [3], информативные признаки, к которым отнесены свободные и растворенные газы имеют по характеру проявления неизгладимые черты.

Методика исследований. Детально анализировано распределение гелия и углекислого газа в ТМВ, а тренд и устойчивость их режима изучены с помощью статистики, а также по системе R-STERS, рассчитанной для краткосрочного прогноза сейсмических событий. Она разработана для выявления эффектов от сильных землетрясений (с магнитудой более 5–6), допуская, что на графиках возможна фиксация изменения уровня вод при магнитудах толчков которых менее 3–4.

Данная методика предложена российскими учеными и сводится к построению временных графиков уровня подземных вод, атмосферного давления и температуры воды [4]. По их мнению, их



сущность, несмотря на то, что исходные данные являются гидрогеологическими, позволяют контролировать характер эволюции короткоживущих структур. Значения относительных деформаций, отражающих направленность (растяжение-сжатие) и интенсивность напряженно-деформационных процессов (в условных единицах с различным шагом) рассчитывают по формуле:

$$e = b / (b + (H_p - H_t)),$$

где  $e$  – значение относительной деформации (параметр напряженности);  $b$  – база (поправочный коэффициент), равная 10;  $H_p$  – значение УГВ в скважине на начало функционирования всех скважин в м;  $H_t$  – текущее значение УГВ в скважине.

Полученные результаты и их обсуждение. Основой интерпретации приняты теория пульсирующей земли и теория отражения, а также многофакторность формирования геохимического облика, особенно, с сейсмическими событиями. При этом особое внимание в ретроспективе и в режиме реального времени обращено на разрядку сейсмичности выше  $K \geq 12$  и на эпицентрального расстояния [5].

В нашем случае [6], прежде всего, интересным является индифферентность концентрационных уровней гелия к видам водопунктов (источники, скважины) и стратиграфо-литологической принадлежности вмещающей среды, а также к глубинам циркуляции ТМВ (табл. 1). Например, его максимальные концентрации обнаружены в источниках Алтын-Арашан и в скважинах Аксу, выходящих из интрузий в восточной части Тескейского гидрогеологического массива, а также в карбоновых образованиях [6].

Таблица 1

№№	Наименование ТМВ	T °C	He об / %	Химический состав, мг-экв. %
Иссык-Кульская впадина				
1	Аксу – скважина	53	0,8	Cl 59 SO <sub>4</sub> 38 (Na + K) 95 Ca4
2	Алтын-Арашан – источник	50,5	0,85	HCO <sub>3</sub> 68 SO <sub>4</sub> 18 (Na + K) 89 Ca10
3	Чон-Кызыл-Суу – источник	43	0,18	Cl 59 SO <sub>4</sub> 38 (Na + K) 85 Ca14
4	Джууку – источник и скважина	32–43	0,09–0,1	SO <sub>4</sub> 58 Cl 40 (Na + K) 88 Ca10
5	Бар-Булак – скважина	45–46	0,5	Cl 61 SO <sub>4</sub> 38 (Na + K) 65 Ca 32
Чуйская впадина				
6	Аламедин – скважина	48	0,08	Cl 59 SO <sub>4</sub> 38 (Na + K) 85 Ca14
7	Иссык-Ата – скважина	43–44	0,03–0,04	Cl 59 SO <sub>4</sub> 38 (Na + K) 85 Ca14

Содержание гелия в ТМВ Иссык-Кульской и Чуйской впадинах на площади Барбулак Иссык-Кульского бассейна, а в аналогичных условиях Чуйской впадины колеблется лишь в пределах первых сотен мг / л (Аламедин, Иссык-Ата).

Характерной чертой различий содержаний гелия в подземных водах является, по всей видимости, не стабильность других компонентов. Как видно из рисунка 1, в геохимическом отношении для гелия благоприятными служит сочетание сульфатов и натрия с гидрокарбонатами, но с величинами окислительно-восстановительного потенциала находится в обратной связи. При этом гелиеносными являются ТМВ независимо от геохимических свойств вмещающей среды, циркулирующие в зонах сочленения разломов, развивающихся разнонаправленно.

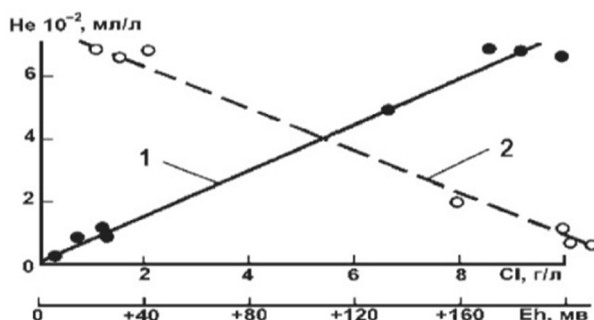


Рисунок 1 – Зависимость содержания гелия от хлора (1) и Eh (2)



Кроме того, во время реализации и после свершения сильных землетрясений в газовых струях появляются другие газы. Например, растворенный углекислый газ, отсутствующий в периоды сейсмического затишья в скважине 20 ТМВ «Джеты-Огуз», часто предваряет подземные толчки с  $K \geq 12$ . Поэтому пространственно-временные закономерности формирования и распространения гелия в геологических структурах и подземных водах представляют большой научно-практический интерес.

Выяснилось, что можно полагать возможности раскрытия механизмов формирования геохимических аномалий, проявляющихся в зонах затишья и афтершоковой области. В качестве примера приведено Кызыл-Артское землетрясение (26.06.2016) с  $K_r = 15,1$  главный толчок которого с 26.06 по 10.10.2016 сопровождался 2855 афтершоками (рис. 2).

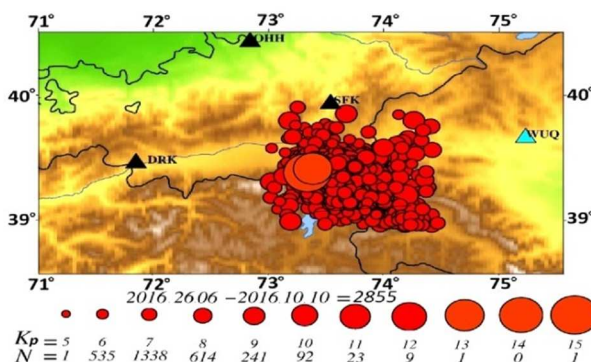


Рисунок 2 – Эпицентр Кызыл-Артского землетрясения с  $K_r = 15,1$  и его афтершоки с 26.06.2016 по 10.10.2016 г.

Выделены в пространственно-временном выражении закономерный и случайный типы перестройки в режиме ТМВ – первый идентифицирован с экзогенными, причем как климатическими и сезонными факторами, так и в формате 11-летнего цикла солнечной активности, а второй, контрастный по амплитудам и кратковременный по формам, совпадает с периодами до, во время и после сейсмичности более  $K \geq 1$  (рис. 3).

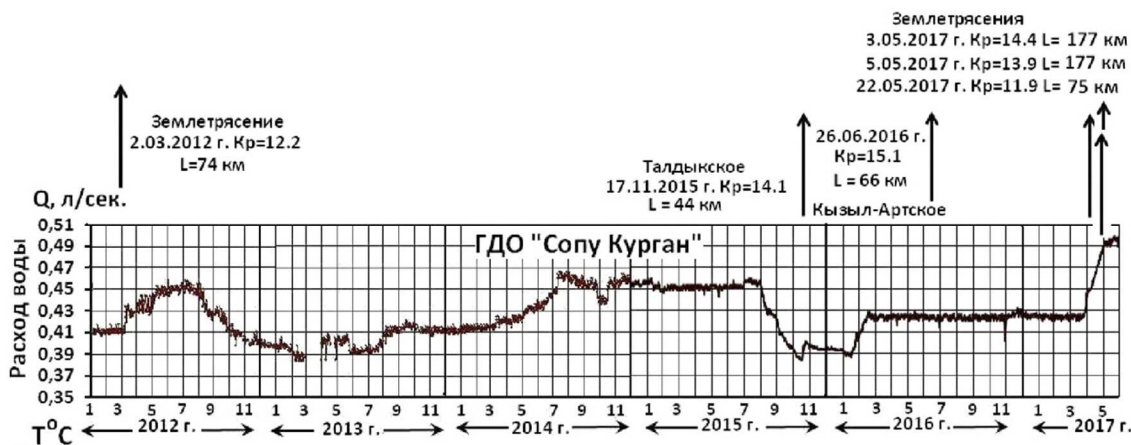


Рисунок 3 – Вариации расхода воды «Сопу-Курган» за 2012–2017гг

В пространственно-временном выражении улавливается единство «ансамблевых» признаков, связанных с сейсмической активизацией [5]. Так, вариации являются ответной реакцией гидрогеологического разреза на сейсмические события, с которого ведется мониторинговое слежение, тогда как формы проявления, главным образом, обязаны особенностям строения конкретных структур: по амплитуде размазанные колебания проявляются внутри тектонического блока, а остроконечные и узкие пики – в межблоковых зонах глубинных разломов.

**Выводы.** Подземные, особенно термоминеральные воды, оставаясь «несжимаемой субстанцией», своевременно отражают всевозможные напряжения, приходящие из недр Земли, а характер и амплитуды колебаний определяется пределами чувствительности «рабочего звена» в конкретном пункте наблюдений. Разграничение на этой основе среднестатистических границ в геолого-гидрогеологических параметрах может послужить основой объяснения механизма возникновения аномалий, не повторяющихся от одного землетрясения к другому.



### Литература:

1. Иманкулов Б.И., Кендирбаева Дж.Ж., Кожакова Н.Т. Разломная гидрогеологическая система Кыргызского Тянь-Шаня как отражение влияния эндогенных и экзогенных факторов // Известия Академии наук Республики Казахстан. Серия общественных и гуманитарных наук. – 2006. – № 2. – С. 44–47.
2. Иманкулов Б.И., Кендирбаева Дж.Ж. Об исследовании подземных вод в межгорных впадинах Кыргызского Тянь-Шаня в свете общей теории систем // Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей. – Екатеринбург, 2017. – С. 197–200.
3. Кендирбаева Дж.Ж., Гребенникова В.В. О взаимосвязи геотермических условий и геохимической обстановки Кыргызского Тянь-Шаня // Сб. : Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей. – Екатеринбург, 2013. – С. 145–147.
4. Оценка геодинамической обстановки и сейсмической опасности по энергетическим параметрам и векторам напряжений гидрогеодеформационного поля / Г.В. Куликов [и др.] // Разведка и охрана недр. – 2010. – № 7. – С. 19–24.
5. Кендирбаева Дж.Ж. Типизация пространственно-временной морфологии гидрогеохимических и гидродинамических траекторий Кыргызстана при сейсмической активизации // Сб. : Структура, вещественный состав, свойства, современная геодинамика и сейсмичность. – Воронеж, 2020. – С. 160–165.
6. Кендирбаева Дж.Ж. Гидротермальные системы Кыргызского Тянь-Шаня – как отражение теории пульсирующей Земли // В сб. материалов Всероссийской конференции с международным участием «Геотермальная вулканология, гидрогеология, геология нефти и газа». – Петропавловск-Камчатский, 2019. – С. 171–175.
7. Кендирбаева Дж.Ж. Фрактальность подземных вод Кыргызстана для прогноза землетрясений // Булатовские чтения. – Краснодар, 2020. – С. 110–116.

### References:

1. Imankulov B.I., Kendirbaeva J.J., Kozhakova N.T. Fault hydrogeological system of the Kyrgyz Tien-Shan as a reflection of endogenous and exogenous factors influence // Proceedings of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Social and Humanitarian Sciences. – 2006. – № 2. – P. 44–47.
2. Imankulov B.I., Kendirbaeva J.J. On research of underground waters in intermountain depressions of the Kyrgyz Tien-Shan in the light of the general systems theory // Deep structure, geodynamics, thermal field of the Earth, interpretation of geophysical fields. – Yekaterinburg, 2017. – P. 197–200.
3. Kendirbaeva J.J., Grebennikova V.V. On the relationship between geothermal conditions and geochemical environment of the Kyrgyz Tien Shan // Coll. Deep structure, geodynamics, thermal field of the Earth, interpretation of geophysical fields. – Yekaterinburg, 2013. – P. 145–147.
4. Assessment of geodynamic situation and seismic hazard by energy parameters and stress vectors of hydrogeodeformation field / G.V. Kulikov [et al.] // Exploration and protection of mineral resources. – 2010. – № 7. – P. 19–24.
5. Kendirbayeva J.J. Typification of spatial and temporal morphology of hydrogeochemical and hydrodynamic trajectories of Kyrgyzstan under seismic activation//Sb. : Structure, Material Composition, Properties, Modern Geodynamics and Seismicity. – Voronezh, 2020. – P. 160–165.
6. Kendirbaeva J.J. Hydrothermal systems of the Kyrgyz Tien Shan – as a reflection of the pulsating Earth theory // In the Proceedings of the All-Russian Conference with international participation «Geothermal volcanology, hydrogeology, oil and gas geology». – Petropavlovsk-Kamchatsky, 2019. – P. 171–175.
7. Kendirbaeva J.J. Fractality of groundwater in Kyrgyzstan for earthquake prediction // Bulatov readings. – Krasnodar, 2020. – P. 110–116.