

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки/профиль 05.06.01 Науки о Земле / Гидрогеология 25.00.07
Школа Инженерная школа природных ресурсов
Отделение геологии

**Научный доклад об основных результатах подготовленной
научно-квалификационной работы**

Тема научного доклада
Формирование химического состава термальных вод провинции Цзянси (Китай) УДК 556.313(511.33)

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A6-68	Зиппа Елена Владимировна		27.05.2019

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ ИШПР	Язиков Е.Г.	Д.Г.-М.Н.		27.05.19

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОГ	Гусева Н.В.	К.Г.-М.Н.		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОГ	Гусева Н.В.	К.Г.-М.Н.		

Аннотация к научному докладу об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы

Цель работы – выявление процессов и механизмов формирования термальных вод провинции Цзянси. Достижение поставленной цели возможно при условии решения ряда **основных задач**:

1. Изучить условия распространения термальных вод в пределах рассматриваемого региона и их химический состав, включая растворенные сульфидную и сульфатную формы серы, с выделением разных групп терм, выявлением их характерных признаков и основных геохимических особенностей;

2. Изучить состав стабильных изотопов воды (δD , $\delta^{18}O$), углерода ($\delta^{13}C$) и серы ($\delta^{34}S$) для выявления генезиса термальных вод;

3. Выявить механизмы взаимодействия термальных вод с водовмещающими породами, включая оценку характера их термодинамического равновесия с основными минералами и оценку площадей активных поверхностей растворяемых минералов;

4. Оценить глубинную температуру и глубину циркуляции термальных вод и разработать модель формирования термальных вод провинции Цзянси.

Показано, что в пределах территории провинции Цзянси на достаточно близком расстоянии (5-50 км) друг от друга разгружаются разные по составу термальные воды, комплексное изучение которых проведено на новом аналитическом уровне. Впервые для термальных вод провинции Цзянси получены данные по содержанию различных форм серы и изотопному составу растворенных сульфидных и сульфатных ее форм, что послужило основой для обоснования поведения серы в различных геохимических средах и ее источниках в термах. Для термальных вод провинции Цзянси впервые проведена оценка характера их равновесия с основными минералами водовмещающих пород и установлено, что система термальные воды-горные породы является равновесно-неравновесной. Впервые рассчитаны площади активной поверхности растворяемых минералов и произведена оценка вклада основных пороодообразующих минералов в формирование состава термальных вод. Впервые для термальных вод провинции Цзянси разработана модель формирования с обоснованием источников химических элементов, показано преобладание принципиально разных процессов и механизмов формирования, а отличие состава двух групп термальных вод связано с временем взаимодействия их с горными породами и наличии или отсутствии углекислого газа. Впервые объяснена природа фракционирования изотопов серы и обоснована ее природа в термальных водах.

По материалам диссертационного исследования опубликовано 13 работ, из которых 4 работы опубликованы в журналах, индексируемых международными базами данных Web of Science, Scopus и журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки Российской Федерации для опубликования основных научных

результатов диссертаций. Кроме этого, 2 статьи приняты к печати в научных журналах, рецензируемых базами данных Web of Science, Scopus и Перечнем ВАК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Басков, Е.А. Гидротермы Земли / Е.А. Басков, С.Н. Суриков. – Л.: Недра, 1989. – 243 с.
2. Басков, Е.А. Гидротермы Тихоокеанского сегмента Земли / Е.А. Басков, С.Н. Суриков. – М.: Недра, 1975. – 172 с.
3. Букаты, М.Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач // Изв. ТПУ. – 2002. – Т. 305. – № 6. – С. 348-365.
4. Бусеев, А.И. Аналитическая химия серы / А.И. Бусеев, Л.Н. Симонова // М.: Наука. – 1975. – 271 с.
5. Волков, И.И. Метод определения восстановленных соединений серы в морской воде / И.И. Волков, Н.Н. Жабина // Океанология. – 1990. – Т. 30. – № 5. – С. 778-782.
6. Галимов, Э.М. Геохимия стабильных изотопов углерода / Э.М. Галимов. М.: Недра. – 1968 – 226 с.
7. Гаррелс, Р.М. Растворы, минералы, равновесия / Р.М. Гаррелс, Ч.Л. Крайст.– М.: Мир, 1968. – 368 с.
8. Геологическая эволюция и самоорганизация системы “вода–порода”. В 5 т. Т. 1. Система вода–порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование / Алексеев В.А. [и др.]; отв. ред. С.Л. Шварцев. – Новосибирск: СО РАН, 2005. – 244 с.
9. Геологическая эволюция и самоорганизация системы “вода–порода”. В 5 т. Т. 2. Система вода–порода в условиях зоны гипергенеза / Алексеев В.А. [и др.]; отв. ред. Б.Н. Рыженко. – Новосибирск: СО РАН, 2007. – 389 с.
10. Глобальный биогеохимический цикл серы и влияние на него деятельности человека / Под. ред. Г.К. Скрябина [и др.]. – М.: Наука, 1983. – 421 с.
11. Гриненко, В.А. Геохимия изотопов серы / В.А. Гриненко, Л.Н. Гриненко. – М.: Наука, 1974. – 274 с.
12. Замана, Л.В. Кальциевые минеральные равновесия азотных терм Байкальской рифтовой зоны / Л.В. Замана // Геохимия. – М.: Наука, 2000. – № 11. – С. 1159-1164.
13. Лаврушин, В.Ю. Подземные флюиды Большого Кавказа и его оформления / В.Ю. Лаврушин. – М.: ГЕОС. – 2012. – 348 с.
14. Новиков, Ю.В. Методы исследования качества воды водоемов / Ю.В. Новиков, К. О. Ласточкина, З. Н. Болдина // М.: Медицина. – 1990. – 400 с.
15. Плюснин, А.М. Гидрогеохимические особенности состава азотных терм Байкальской рифтовой зоны / А.М. Плюснин, Л.В. Замана, С.Л. Шварцев, О.Г. Токаренко, М.К. Чернявский // Геология и геофизика. – 2013. –Т. 54. – № 5. – С. 647-664.

16. Чудаев, О.В. Состав и условия образования современных гидротермальных систем Дальнего Востока России. Владивосток / О.В. Чудаев // Дальнаука. – 2003. – 216 с.
17. Шварцев С.Л. Генезис и эволюция углекислых минеральных вод месторождения Мухен (Дальний Восток) [Текст] / С.Л. Шварцев, Н.А. Харитонова, О.Е. Лепокурова, Г.А. Челноков // Геология и геофизика. – 2017. – Т. 58. – № 1. – С. 48-59.
18. Шварцев С.Л. Общая гидрогеология / С.Л. Шварцев. – М.: Недра. – 1996. – 425 с.
19. Шварцев С.Л. Основное противоречие, определившее механизмы и направленность глобальной эволюции / С.Л. Шварцев // Вестник РАН. – 2015. – Т. 85. – № 7. – С. 632-642.
20. Шварцев, С.Л. Взаимодействие воды с алюмосиликатными горными породами. Обзор / С.Л. Шварцев // Геология и геофизика, 1991 (12), с. 16-50.
21. Шварцев, С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. / С.Л. Шварцев. – М.: Недра. – 1998. – 366 с.
22. Шварцев, С.Л. К проблеме самоорганизации геологической системы вода-порода / С.Л. Шварцев // Геология и геофизика. – 1995. – Т. 36. – № 4. – С. 22-29.
23. Ármannsson H. The fluid geochemistry of Icelandic high temperature geothermal areas / H. Ármannsson // Applied Geochemistry. – 2016. – V. 66. – P. 14-64.
24. Aubrey, L. Z. Sulfur cycling in a stratified Euxinic lake with moderately high sulfate: Constraints from quadruple S isotopes / L. Z. Aubrey, A. Jr. Kamysny, R. K. Lee, J. Farquhar, H. Oduro, M. A. Arthur // Geochem. et Cos. Acta. – 2010. – V. 74. – № 17. – P. 4953-4970.
25. Bethke, C.M., Farrell, B., Yeakel, S., 2018. The Geochemist's Workbench, Version 12.0: GWB Essentials Guide. Aqueous Solutions / C.M. Bethke, B. Farrell, S. Yeakel // LLC, Champaign, Illinois, US. – 2018. – 198 p.
26. Chen, G. The isotopic and chemical characteristics of geothermal fluids from the Western fjords, Iceland and two selected hot spring areas in Jiangxi Province, SE-China / G. Chen // Geothermal training programme. Reports. – 2008. – V. 13. – 32 p.
27. Deng, Y. Fluoride geochemistry of thermal waters in Yellowstone National Park: I. Aqueous fluoride speciation / Y. Deng, D. K. Nordstrom, R. B. McCleskey // Geochimica et Cosmochimica Acta. – 2011. – V. 75 (16). – P. 4476-4489.
28. Edmunds, W. M. Origin of saline groundwaters in the Carnmenellis Granite (Cornwall. England): Natural processes and reaction during Hot Dry Rock reservoir circulation / W. M. Edmunds, R.L.F. Kay, R.A. McCartney // Chemical Geology. – 1985. – V. 49. – P. 287-301.
29. Fournier, R.O. Water geothermometers applied to geothermal energy / R.O. Fournier // In Application of Geochemistry in Geothermal Reservoir Development. (F. D'Amore, co-ordinator), UNITAR. – 1991. – P. 37-69.
30. Gallois, R. The formation of the hot springs at Bath Spa, UK / R. Gallois // Geological Magazine. – 2007. – V. 144(4). – P. 741-747.

31. Garrels, R.M. Mineral Equilibria at low temperature and pressure / R.M. Garrels, N.Y.: Harper and Row, New York. – 1960. – 306 p.
32. Geological memoirs. Series 1. Number 2. Regional geology of Jiangxi province. – Beijing: Geological publishing house– (People’s Republic of China, Ministry of Geology and Mineral Resources. Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources). An Outline of the regional geology of Jiangxi Province, China 1984. – 922 p.
33. Hugenholtz, P. Novel division level bacterial diversity in a Yellowstone hot spring/ P. Hugenholtz, C. Pitulle, K.L. Hershberger, N.R. Pace // J. Bacteriol. . – 1998. – V. 180. – P. 366-376.
34. Jiangxi statistical yearbook [Электронныйресурс] URL: <http://www.jiangxi.gov.cn/>
35. Kaasalainen, H. The geochemistry of trace elements in geothermal fluids, Iceland / H. Kaasalainen, A. Stefánsson, N. Giroudc, S. Arnórsson // Applied Geochemistry. – 2015. – V. 62. – P. 207-223.
36. Krunić, O. Origin of fluorine in mineral waters of Bujanovac valley (Serbia, Europe) / O. Krunić, S. Parlić, D. Polomčić, M. Jovanović, S. Erić // Geochemistry International. – 2013. – V. 51 (3). – P. 205-220.
37. Marini, L. Water–rock interaction in the Bisagno valley (Genoa, Italy): application of an inverse approach to model spring water chemistry / L. Marini, G. Ottonello, M. Canepa, F. Cipolli // Geochim. Cosmochim. Acta. – 2000. – V. 64 (15). – P. 2617-2635.
38. Mottl, M.J. Chemistry of hot springs along the Eastern Lau Spreading Center / M.J. Mottl, J.S. Seewald, C.G. Whet, M.K. Tivey, P.J. Michael, G. Proskurowski, T.M. McCollom, E. Reeves, J. Sharkey, C.-F. You, L.-H. Chan, T. Pichler // Geochimica et Cosmochimica Acta. – 2011. – V. 75 (4). – P 1013-1038.
39. Ohmoto, H. Sulfur and carbon isotopes / Ohmoto H, Goldhaber MB // In: Barnes H.L. (ed) Geochemistry of hydrothermal ore deposits, 3rd edn. Wiley, New York . – 1997. – P. 517-611.
40. Scislewski, A. Estimation of reactive mineral surface area during water–rock interaction using fluid chemical data / A. Scislewski, P. Zuddas // Geochimica et Cosmochimica Acta. – 2010. – V. 74. – P. 6996-7007.
41. Seelig, U. Halogens in water from the crystalline basement of the Gotthard rail base tunnel (central Alps) / U. Seelig, K. Bucher // Geochimica et Cosmochimica Acta. – 2010. – V. 9. – P. 2581-2595.
42. Shvartsev, S.L. Geochemistry of the thermal waters in Jiangxi Province, China / S.L. Shvartsev, Z. Sun, S.V. Borzenko, B. Gao, O.G. Tokarenko, E.V. Zippa // Applied Geochemistry. – 2018. – V. 96. – P. 113-130.
43. Sun, Z. Isotopic and geochemical evidence for mantle and crustal contributions to geothermal fluids in Southern Jiangxi Province, China / Z. Sun, B. Gao, Z. Zhang // Water-Rock Interaction, Two Volume Set: Proceedings of the 12th International Symposium on Water-Rock Interaction, Kunming, China, 31 July - 5 August 2007. (Ed. Thomas D. Bullen, Yanxin Wang). – 2007. – P. 263-267.
44. Sun, Zh. Geothermometry and chemical equilibria of geothermal fluids from Hveragerdi, SW-Iceland, and selected hot springs Jiangxi Province, SE-China. Iceland / Zh. Sun // Geothermal training program report. – 1998. – V. 14. – 30 p.

45. Sun, Zh. Studies of geothermal waters in Jiangxi Province using isotope techniques. / Zh. Sun, X. Li // Science in China (Series E) – 2001. – V. 44. – P. 144-150.
46. Tao, J. Petrogenesis of early Yanshanian highly evolved granites in the Longyuanba area, southern Jiangxi Province: Evidence from zircon U-Pb dating, Hf-O isotope and whole-rock geochemistry / J. Tao, W. Li, X. Li et al. // Sci. China Earth Sci. – 2013. – V. 56. – P. 922-939 <https://doi.org/10.1007/s11430-013-4593-6>
47. Zeikus, G.J. Oxidoreductases Involved in Cell Carbon Synthesis of Methanobacterium thermoautotrophicum / G.J. Zeikus, G. Fuchs, R.K. William, R.K. Thauer // Journal of bacteriology. – 1977. – V. 132. – P. 604-13.
48. Zhou, W. Gas isotopes and geochemistry of hot springs in Hengjing, Jiangxi Province / W. Zhou, W. Zhang // Science in China Series E: Technological Sciences. – 2001. – V. 44 (1). – P. 151-154.
49. Zhou, W. Studies of geothermal background and isotopic geochemistry of thermal water in Jiangxi Province / China nuclear science and technology report. – 1996. – P. 29.
50. Zillig, W. Thennoproteales: A novel type of extremely thermoacidophilic anaerobic archaeobacteria isolated from Icelandic solfataras / W. Zillig, K.O. Stetter, W. Schdfer, D. Ianecovic, S. Wunderl, I. Holz, P. Palm // Zbl. Bakt. Hyg., 1. Abt. Orig. – 1981. – V. 2. – P. 205-227.
51. Zuddas, P. Estimating the Reactive Surface Area of Minerals in Natural Hydrothermal Fields: Preliminary Results / P. Zuddas, J. Rillard // Procedia Earth and Planetary Science. – 2013. – V. 7. – P. 953-957.