

## **Оценка объемов глинистой толщи и содержаний в ней ртути в пределах Восточно-Паужетского термального поля.**

*А.А. Нурдаев<sup>1</sup>, Р.А. Кузнецов<sup>1</sup>, М.С. Чернов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: [envi@kscnet.ru](mailto:envi@kscnet.ru)*

<sup>2</sup> *Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва*

В работе приводится оценка объемов аргиллизированных пород на поверхности Восточно-Паужетского термального поля и подсчет накопленной в них ртути.

### **Введение**

Ртуть – элемент, активно участвующий во всех этапах рудообразования и использующийся в геохимических поисках полезных ископаемых на рудную минерализацию. Гидротермальный процесс, учитывая его распространение и продолжительность, является одним из крупнейших, после активного вулканизма, источников поступления ртути на дневную поверхность [7].

В работах, выполненных ранее, показано, что в результате гидротермальной активности происходит накопление ртути в аргиллизированных образованиях, широко развитых на поверхности термальных полей [6]. Одним из объектов, изучению которого было уделено большое внимание в течение 2013-2019 гг., является Восточно-Паужетское термальное поле. При этом никаких оценок накопления ртути, показавших бы масштаб современного ртутного рудообразования, не проводилось.

В данной работе приведена оценка количества ртути, накопившейся в глинистых аргиллизированных образованиях Восточно-Паужетского термального поля. Многолетние исследования глинистых образований термальных полей Паужетского месторождения, включающие в себя определение мощности глинистой толщи и содержания в ней ртути на различных глубинах, позволили провести оценку количества ртути, накопившейся в пределах современной и активной части Восточно-Паужетского термального поля.

### **Объект исследования**

В пределах Паужетского геотермального месторождения выделяется несколько крупных термальных полей, однако только Восточно-Паужетское, расположенное в восточной части месторождения, в 1.5 км от эксплуатируемого участка, по всей видимости, характеризуется естественным термодинамическим и геохимическим режимом [5]. Поле располагается на Северном склоне Камбального вулканического хребта, представленного серией разновозрастных вулканических построек разной степени эродированности. Начало формирования вулканического хребта относится к плиоцену [4], в южной части Камбального хребта находится современный действующий вулкан Камбальный, единственное историческое извержение которого произошло в 2017 г. [2]. По мнению некоторых авторов, образование Паужетской системы связано с тепловым потоком Камбального вулканического хребта [1]. Современная гидротермальная активность на площади Восточно-Паужетского поля проявлена весьма умеренно: в центральной части наблюдается разгрузка гидротермальных растворов, представленная парогазовыми струями и отдельными небольшими водногрязевыми котлами. Разгружающиеся на дневной поверхности термальные воды – слабокислые сульфатные с широким катионным составом, минерализация не превышает 0.5-0.8 г/л. Границы термального поля выделялись по результатам площадной температурной съемки, проводившейся по нерегулярной сети, граница современного термального поля определялась по 20-градусной изотерме. Площадь поля составила 21 500 м<sup>2</sup>.

### **Толща аргиллизированных пород**

В приповерхностной зоне всех термальных полей Паужетского месторождения, в том числе и на исследуемом в данной работе Восточно-Паужетском, развита толща аргиллизированных пород, сформировавшихся в результате переработки вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород гидротермальными растворами с замещением первичных минералов глинистыми. При этом замещение зачастую имеет псевдоморфный характер, и породы, как правило, сохраняют первичную макроструктуру. Подобные процессы происходят под действием кислых и слабокислых ( $\text{pH}=3.5-5.5$ ;  $T \leq 95$  °C) сульфатных вод смешанного катионного состава и гидрокарбонатно-сульфатных аммониевых вод, в результате чего вулканы постепенно преобразуются в глинистые минералы [3]. Данные поверхностные образования активно исследуются лабораторией геотермии ИВиС ДВО РАН на протяжении многих лет. Сформированная глинистая толща неоднородна, содержит фрагменты первичных пород разной степени изменённости. Глинистые минералы представлены преимущественно каолинитом, смектитом и смешанослойными образованиями.

Для данной толщи характерно сложное строение, но во всех разрезах выделяется две общие крупные зоны – поверхностная зона сернокислотного выщелачивания и подстилающая ее зона углекислотного выщелачивания [5].

### **Оценка объемов глинистой толщи**

В ходе полевых работ 2013-2019 гг. на Восточно-Паужетском термальном поле разрез глинистой толщи был изучен с помощью скважин (более 15), шурфов (3) и ручного статического пенетromетра (более 80 точек испытания). Выполненные работы позволили выделить в пределах поля участок, для которого с достаточно частым шагом определены вертикальные границы зон сернокислотного и углекислотного выщелачивания, а также подошва глинистой толщи. Участок ограничен 10 скважинами, его площадь составляет  $4\,510\text{ м}^2$ , а средние мощности зон углекислотного и сернокислотного выщелачивания составляют 2.98 и 2.26 м, соответственно. Таким образом, объем глинистой толщи на выбранном участке составляет порядка  $13\,440\text{ м}^3$  для зоны углекислотного выщелачивания и  $10\,190\text{ м}^3$  для зоны сернокислотного выщелачивания. Если предположить, что средняя мощность глин сохраняется на всей площади Восточно-Паужетского поля, то объемы глин могут быть оценены как  $64\,000\text{ м}^3$  и  $48\,600\text{ м}^3$  для зон углекислотного и сернокислотного выщелачивания, соответственно.

### **Концентрации ртути**

Систематическое опробование разрезов глинистой толщи Восточно-Паужетского поля с целью определения содержания ртути проводятся с 2013 г. Накопленный материал составляет более 170 образцов из 13 скважин. Опробование проводилось по стандартной методике, по всей мощности разреза, через каждые 20 см. Концентрации ртути в аргиллизированных породах колеблются в пределах от 0.01 до 5.85 мг/кг. Средние значения концентраций ртути на площади Восточно-Паужетского термального поля составляют 0.95 мг/кг для зоны углекислотного выщелачивания и 0.66 мг/кг – для зоны сернокислотного выщелачивания. Для расчетов использовалось полученное в ходе выполнения работы значение средней плотности глин, равное  $1.6\text{ г/см}^3$ . Согласно приведенной выше оценке объемов, количество ртути в глинистой толще для детально изученного участка на Восточно-Паужетском поле составляет порядка 30 кг (10 кг в зоне углекислотного, 20 кг в зоне сернокислотного выщелачивания) и 150 кг (50 кг в зоне углекислотного, 100 кг в зоне сернокислотного выщелачивания) – для всего поля, согласно предположению, что средняя мощность глинистой толщи одинакова для детально изученного участка и всего остального поля.

## Выводы

Полученные в ходе ежегодных полевых работ 2013-2019 гг. данные о составе, строении и некоторых свойствах толщи глин Восточно-Паужетского термального поля позволили довольно точно оценить их объем и количество накопившейся в них ртути.

Объем глинистой толщи, находящейся в зоне воздействия современных гидротермальных растворов, может составлять около 112 600 м<sup>3</sup>. В данном объеме происходят активные процессы накопления и миграции различных элементов, в том числе ртути. Полученные в ходе выполнения работ данные позволяют оценить количество ртути, накопленное в глинистой толще Восточно-Паужетского термального поля в настоящее время, как 150 кг. Концентрация ртути в глинистой толще при этом составляет 0.8 г/т.

Полученные данные показывают, что на Восточно-Паужетском поле происходит современный процесс ртутного рудообразования. Глинистая толща является средой, где интенсивно происходят процессы накопления ртути. В случае продолжения работ по изучению поведения ртути в современном гидротермальном процессе, при оценке общего выноса ртути крупными гидротермальными системами юга Камчатки, данный материал, безусловно, будет востребован, так как провести корректную оценку без учета накопленной в глинистой толще ртути не представляется возможным.

## Список литературы

1. Белоусов В.И., Сугробов В.М., Сугрובה Н.Г. Геологическое строение и гидрогеологические особенности Паужетской гидротермальной системы // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 281.
2. Гирина О.А., Мельников Д.В., Маневич А.Г., Нурдаев А.А. Извержение вулкана Камбальный в 2017 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 2. С. 263-267.
3. Лучко М., Зухубая Д., Фролова Ю. Петрофизические преобразования андезитов на Кошелевских термальных полях (Южная Камчатка) // Материалы X международной конференции «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле». Москва. 2009. С. 250-254.
4. Огородов Н.В., Кожемяка Н.Н., Литасов Н.Е. Четвертичные вулканы // Долгоживущий центр эндогенной активности Южной Камчатки. М.: Наука, 1980. С. 105.
5. Рычагов С.Н., Давлетбаев Р.Г., Ковина О.В., Королева Г.П. Характеристика приповерхностного горизонта гидротермальных глин Нижне-Кошелевского и Паужетского геотермальных месторождений // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2008. № 2. Вып. 12. С. 116-134.
6. Рычагов С.Н., Нурдаев А.А., Степанов И.И. Поведение ртути в зоне гипергенеза геотермальных месторождений (Южная Камчатка) // Геохимия. 2009. № 5. С. 533-542.
7. Blum J.D., Sherman L.S., Johnson M.W. Mercury Isotopes in Earth and Environmental Sciences // The Annual Review of Earth and Planetary Sciences. 2014. V. 42. P. 249-269. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-050212-124107>.