

РАЗДЕЛ I. МАГМО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, МАГМАТОГЕННЫЕ И ЭПИТЕРМАЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

CHAPTER I. MAGMO-HYDROTHERMAL SYSTEMS, MAGMATOGENIC AND EPITHERMAL DEPOSITS

УДК 553.078.2

Паужетско-Камбально-Кошелевский геотермальный район: строение, история развития, основные гидротермальные системы и геотермальные месторождения

С.Н. Рычагов

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия
rychsn@kscnet.ru*

Паужетский (Паужетско-Камбально-Кошелевский) геотермальный район является одним из наиболее изученных на Камчатке. Однако, до настоящего времени остаются не решенными многие вопросы, имеющие фундаментальное научное и практическое значение в области рационального использования геотермальных ресурсов района. В докладе обобщены материалы о структурном положении района, истории его геологического развития, и др. Обсуждаются новые данные о строении основных (крупных) длительноживущих гидротермально-магматических и современных гидротермальных систем – Паужетской, Кошелевской, Камбальной. Показано значение исследования приповерхностной зоны разгрузки парогидротерм для реконструкции физико-химических параметров глубинного газовой флюида.

Ключевые слова: геотермальный район, гидротермальная система, геотермальное месторождение, тепловой поток, газовой флюид

Pauzhetsko-Kambalno-Koshelevsky Geothermal Area: Structure, Evolution, Main Hydrothermal Systems and Geothermal Deposits

Sergei N. Rychagov

Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

The Pauzhetsky (Pauzhetsko-Kambalno-Koshelevsky) geothermal area is one of the most studied on Kamchatka. However, so far remain not solved many questions having fundamental scientific and practical value in the field of rational use of geothermal resources of the area. The structural position of the area, the history of its geological development, etc. are generalized. New dates on the structure of the main (large) hydrothermal-magmatic and modern hydrothermal systems – Pauzhetskaya, Koshelevskaya and Kambalnaya are discussed. The value of a research of a near-surface zone of unloading hydrothermal solution for reconstruction of physical and chemical parameters of a deep gas-water fluid is shown.

Keywords: geothermal area, hydrothermal system, geothermal deposit, heat flux, gas-water fluid

Паужетско-Камбально-Кошелевский геотермальный район расположен в зоне сопряжения двух крупнейших структур Южной Камчатки – Ункановичского горста и Южно-Камчатского прогиба. Район занимает центральное положение в субкольцевой тектоно-магматической структуре, представляющей собой аккумулятивно-тектонический свод размером 35×50 км, осложненный вулканотектонической депрессией (кальдерой по другим данным) верхний неоген – нижнечетвертичного возраста размером в плане 20×25 км (*Долгоживущий ...*, 1980). Таким образом, район отождествляется с южнокамчатским долгоживущим вулканическим и вулканогенно-рудным центром (Рис. 1). В развитии центра выделяется три структурных яруса: нижний представлен вулканогенно-осадочными породами олигоцен-

среднемиоценового возраста, вмещающими многофазные интрузивные тела от габбро до плагиигранитов; средний образован вулканогенно-осадочными толщами среднего миоцена – плиоцена и включает рудопроявления золото-серебряного типа; верхний ярус отвечает за четвертичный этап развития Курило-Камчатской островной дуги и сложен лавами, туфами и интрузивными породами плейстоцен-голоценового возраста среднего и кислого состава. Район включает три основные геолого-гидрогеологические структуры, определяющие его строение и контролирующее положение крупных геотермальных аномалий: Паужетскую гидротермальную систему, Камбальский вулканический хребет и Кошелевский вулканический массив. Структуры образованы на четвертичном этапе развития островной дуги.

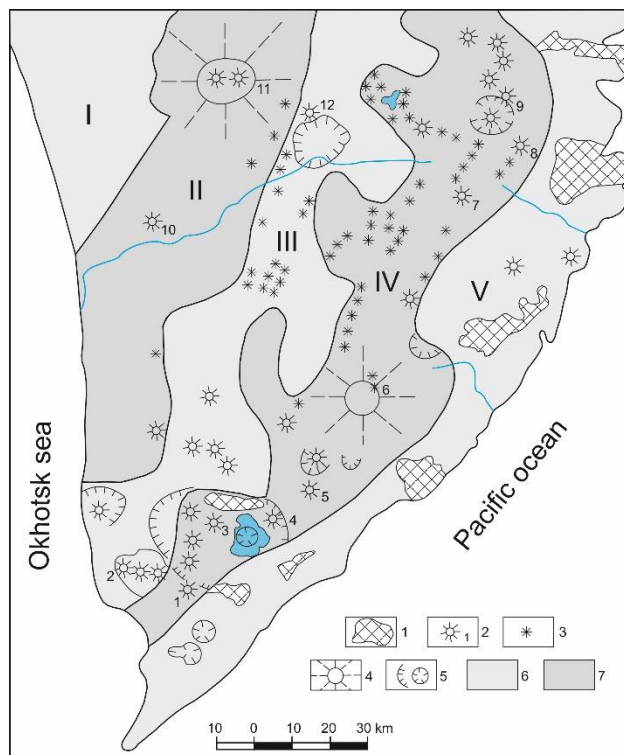


Рисунок 1 – Основные структуры Южной Камчатки и положение Паужетско-Камбально-Кошелевского геотермального района. Составлена на основании обобщения материалов С.Е. Апрелькова и С.В. Попруженко, Н.Н. Кожемяки с соавторами, М.И. Зубина, и др. авторов. Римские цифры: I – Большещерецкая плита, II – Голыгинский прогиб, III – Ункановичский горст, IV – Южно-Камчатский прогиб, V – Прибрежный горст. Арабские цифры: 1 – интрузии гранитоидов, 2 – вулканы (1 – Камбальский, 2 – Кошелевский, 3 – Дикий Гребень, 4 – Ильинский, 5 – Желтовский, и др.), 3 – моногенные шлаковые конусы, 4 – крупнейшие вулканические постройки (6 – Ксудац, 11 – Б. Ипелька), 5 – кальдеры и вулcano-тектонические депрессии, 6 – региональные зоны поднятий кристаллического фундамента, 7 – то же, опусканий

Паужетская гидротермальная система приурочена к центральной части одноименной вулcano-тектонической депрессии и отражает голоценовый этап развития длительноживущей гидротермально-магматической системы (Структура ..., 1993). Гидротермальная система относится к вододоминирующему типу. В ее структуре выделяется два водоносных горизонта: верхний ассоциирует с псефитовыми и крупнообломочными туфами средне- и нижнепаужетской подсвет, нижний приурочен к агломератовым туфам алнейской серии. Водоносные горизонты разделены двумя водоупорными толщами: верхний водоупор представлен туффитами верхнепаужетской подсветы, нижний – голыгинскими игнимбритами. Роль водоупора, по-видимому, выполняют и анавайские песчаники, залегающие в основании разреза. Считается, что водоносные горизонты связаны между собой отдельными субвертикальными разломами, по которым происходит смешение термальных вод на глубине и подъем вод к дневной поверхности. Глубинные термальные воды нейтральные до щелочных хлоридно-натриевые и хлоридно-гидрокарбонатные. В катионном составе преобладают натрий и кальций, присутствуют аммоний, бор. Отмечаются повышенные концентрации золота, редких щелочных и др. элементов. Установлено, что структурами, контролирующими интенсивное смешение термальных и метеорных вод, а также разгрузку восходящих парогидротерм в районе термальных полей, являются приподнятые тектоно-магматические блоки. В этих блоках выделены мощные зоны перехода жидкость-пар. В приповерхностных горизонтах таких блоков образуются брекчии тектонического или гидротермального происхождения, цемент которых представлен кварц-адуляровыми метасоматитами; к этим участкам приурочен комплексный рудный геохимический барьер (Au–Ag–As–B–K–Li–Rb). Вероятно, кварц-адуляровые метасоматиты

образованы на палеоэтапе развития гидротермальной системы, они были установлены также в других блоках системы (*Структура ...*, 1993). Таким образом, выделяются Паужетская длительноживущая гидротермально-магматическая система и наследующая ее современная гидротермальная система, в центральной части которой в 1960–1970-х годах разведано одноименное геотермальное месторождение. Установленная мощность первой в СССР и в России Паужетской ГеоТЭС составляет 12 МВтэ, прогнозная мощность ≥ 60 МВтэ в расчете на 100 лет эксплуатации (*Стратегия ...*, 2001). На основании комплексных структурно-геофизических работ, впервые в практике геотермальных исследований на Камчатке, определен источник тепла Паужетского месторождения: на границе между кристаллическим и терригенным фундаментами выделена зона разуплотненных пород мощностью от 3 до 5 км, по которой поднимается конвективный тепловой поток из недр Камбального хребта (*Феофилактов и др.*, 2021). В то же время, остались не решенными другие принципиальные вопросы, связанные с распределением и условиями циркуляции геотермального флюида в нижних горизонтах месторождения.

Кошелевская длительноживущая гидротермально-магматическая и современная газо-гидротермальная системы расположены в структуре одноименного вулканического массива. Массив сложен постройками пяти вулканов и образован вследствие эволюции периферического магматического очага, сформировавшегося на пересечении крупнейших южно-камчатских разломов. Центральная часть Кошелевского массива прорвана экструзиями андезидацитов и субвулканическими телами долеритов и микродиоритов, возможно, плейстоцен-голоценового возраста. Характерно наличие тектонических, протрузивных и интрузивных брекчий на контактах экструзивных и субвулканических тел. В целом, это сложный андезитовый вулкан, локализованный на сочленении южно-камчатского и северо-курильского сегментов островной дуги, разделенных сквозькоровыми проницаемыми разломами на крупные региональные тектонические блоки. Геолого-структурная позиция и эволюция магматических и постмагматических процессов определили образование в недрах массива длительноживущей рудообразующей гидротермально-магматической системы, а на современном этапе – газо-гидротермальной системы (*Рычагов*, 2014). В 1970–1980-е годы проведена оценка ресурсов тепла Кошелевского вулканического массива в связи с развитием геотермальной энергетики в регионе. Выделены две крупные термоаномалии (т/а): Верхне- и Нижне-Кошелевская, общий вынос тепла которых составляет 75000 КВт/сек (*Вакин и др.*, 1976). Бурением скважин в районе Нижне-Кошелевской т/а оконтурена зона перегретого (сухого) пара, распространяющаяся на глубину более 1.5 км. Установлено пародоминирующее геотермальное месторождение электрической мощностью ≥ 90 МВт. Прогнозные геотермальные ресурсы всего Кошелевского вулканического массива составляют > 200 МВтэ, (*Стратегия ...*, 2001), что определяет повышенное внимание к этому объекту с позиции оценки перспектив социально-экономического развития Камчатского региона. Неослабевающий научный интерес связан с особым геодинамическим положением массива и сквозькоровым характером газо-гидротермальной (флюидной) системы. Нами получены принципиально новые данные о строении Нижне-Кошелевского геотермального месторождения и физической природе геологических структур, контролирующей зону сухого пара, потоки восходящих флюидов и участки разгрузки металлоносных растворов в верхних горизонтах современной гидротермальной системы. В недрах месторождения выделены также элементы палеогидротермальной системы: относительно холодные блоки пород, сложенные пропилитами и вторичными кварцитами с эпитепальной рудной минерализацией. Блоки пород, принадлежащие современной и палеогидротермальной системам, разделены крутопадающими разрывными тектоническими нарушениями. Многофазная субвулканическая интрузия является крупной физической неоднородностью и источником тектонических деформаций в структуре гидротермальных систем. Брекчиевая мантия субинтрузии может служить зоной перетока высокотемпературных (перегретых) гидротерм хлоридно-натриевого состава. Источник тепла, вероятно, имеет магматическую природу и расположен в нижних горизонтах земной коры.

Камбальный вулканический хребет представляет большой научный и практический интерес. Это резургентное тектоно-магматическое поднятие в паужетской вулканотектонической депрессии (*Долгоживущий ...*, 1980) или в одноименной кальдере по представлениям других авторов. Хребет вытянут в субмеридиональном направлении на 18–20 км и состоит из нескольких стратовулканов от андезитового до базальтового состава нижне-среднеплейстоценового возраста, осложненных интрузиями, экструзивно-субвулканическими телами, моногенными постройками и воронками взрывов. С юга к тектоно-магматическому поднятию примыкает голоценовый базальтовый вулкан Камбальный, последнее извержение которого состоялось в марте–апреле 2017 г. На основании детального изучения пепла вулкана нами сделано заключение о большой роли газо-гидротермальных процессов в подготовке и протекании этого эксплозивного извержения. Более того, обобщение сейсмических и геоакустических данных позволило П.П. Фирстову и М.А. Лобачевой назвать извержение необычным, гидротермального типа. Камбальный вулканический хребет в настоящее время представляет собой одну из крупнейших на Камчатке геотермальную систему. Ее тепловая мощность сопоставима с таковой Долины Гейзеров, кальдеры Узон, вулканического массива Большой Семячик, Кошелевской гидротермально-магматической системы, и др. (*Стратегия ...*, 2001). По данным структурно-геофизических исследований конвективный тепловой поток, поднимающийся из недр Камбального хребта, питает Паужетскую гидротермальную систему и, возможно, другие термоаномалии района (*Феофилактов и др.*, 2021). На основании сейсмической томографии в структуре Камбального вулканического хребта выделены субвертикальные зоны разуплотнения горных пород, насыщенные магматическим или парогазовым флюидом и связанные с глубинным источником тепла (*Komzeleva et al.*, 2021). Вдоль осевой зоны хребта на протяжении около 10 км выделяется три группы термальных полей (Северо-, Центрально- и Южно-Камбальная), вероятно, соответствующие зонам разгрузки парогидротерм трех гидротермальных систем. Принципиальным остается решение вопроса о геологическом строении, условиях теплового питания и гидродинамической связи геотермальных проявлений Камбального вулканического хребта.

Список литературы

1. Вакин Е.А. Гидротермы Кошелевского вулканического массива / Е.А. Вакин, З.Б. Декусар, А.И. Серезников, М.В. Спиченкова // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 58–84.
2. Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки / Ред. В.М. Сугробов. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. 284 с.
3. Долгоживущий центр эндогенной активности Южной Камчатки / Ред. Ю.П. Масуренков. М.: Наука, 1980. 172 с.
4. Рычагов С.Н. Гигантские газо-гидротермальные системы и их роль в формировании пародоминирующих геотермальных месторождений и рудной минерализации / С.Н. Рычагов // Вулканология и сейсмология. 2014. № 2. С. 3–28.
5. Стратегия развития топливно-энергетического потенциала Дальневосточного экономического региона до 2020 г. / Ред. А.П. Сорокин. Владивосток: Дальнаука, 2001. 112 с.
6. Структура гидротермальной системы / С.Н. Рычагов и др.; ред. В.И. Белоусов, И.С. Ломоносов. М.: Наука, 1993. 298 с.
7. Феофилактов С.О. Глубинное строение района Паужетской гидротермальной системы (Южная Камчатка) / С.О. Феофилактов, С.Н. Рычагов, В.А. Логинов и др. // Вулканология и сейсмология. 2021. № 1. С. 40–56.
8. Komzeleva V. Sources of the eruption of Kambalny volcano (Southern Kamchatka) in March 2017 inferred from local earthquake tomography / V. Komzeleva., I. Koulakov, S. Rychagov et al. // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2021. V. 420. 107392.