

ВУЛКАНИЗМ И ГИДРОТЕРМЫ УЗОН-СЕМЯЧИКСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО РАЙОНА НА КАМЧАТКЕ

В. В. АВЕРЬЕВ, Г. Е. БОГОЯВЛЕНСКАЯ, О. А. БРАЙЦЕВА,
Е. А. ВАКИН, Г. Ф. ПИЛИПЕНКО

Институт вулканологии СО АН СССР

На Камчатке самые мощные проявления современной гидротермальной деятельности расположены в пределах Восточной вулканической зоны, где распределены не равномерно по всей площади, а образуют группы, в которых отдельные термоаномалии, по-видимому, связаны общим фронтом теплового питания. Такие площади с аномально высоким тепловым режимом В. В. Аверьев предложил назвать геотермальными районами. В данном сообщении рассматривается крупнейший на Камчатке геотермальный район — Узон-Семячикский.

Ранее этот район изучали Б. И. Пийп, (1937), В. И. Влодавец (1958), С. И. Набоко (1954), В. В. Иванов (1960). Их труды послужили основой для постановки здесь разносторонних исследований с участием большой группы вулканологов. В результате здесь доказано существование двух новых, очень крупных месторождений парогидротерм — Узонского и Семячикского — и получены данные для решения некоторых теоретических вопросов вулканологии и геотермии.

Основными геологическими структурами района являются вулканотектонические депрессии Большого Семячика и Узона, формирование которых связано с мощной вспышкой кислого вулканизма в плейстоцене.

Среди вулканических образований здесь можно выделить три комплекса пород, которые соответствуют трем крупным этапам вулканической деятельности. Первый, наиболее древний комплекс, сформировавшийся до возникновения вулканотектонических депрессий, включает породы как основного, так и кислого состава. Древние толщи кислого состава играют существенную роль в строении Узон-Гейзерной кольцевой структуры, слагая ее восточную часть. В бортах Семячикской структуры вскрываются преимущественно толщи лав и пирокластики базальт-андезитового состава. Докальдерный этап охватывает конец верхнего плиоцена — ранний плейстоцен.

Второй комплекс пород парагенетически связан с образованием вулканотектонических депрессий. Формирование его ознаменовалось мощными игнимбритообразующими извержениями, в процессе которых возникли сложные покровы игнимбритов. Центры игнимбритовых извержений располагались на месте современной группы вулканов Большой Семячик и Узон-Гейзерной депрессии. С этим же этапом связано возникновение экстрозивных куполов, выжимание которых происходило по заложившимся кольцевым разломам. Этап игнимбритового вулканизма приурочен к среднему — началу верхнего плейстоцена.

С этапом игнимбритообразования парагенетически связано возникновение вулканотектонических депрессий. Они представляют собой кольцевые структуры, образовавшиеся при обрушении кровли очага

после извержения больших объемов пемз и игнимбригов (кальдеры обрушения). Размер Узон-Гейзерной депрессии 9X15 км. Семячикской — 9x10 км. Они не приурочены к вершине одного вулкана, а «срезают» вулканические образования разного возраста и состава. Сбросовые уступы, ограничивающие Узон Гейзерную депрессию, хорошо выражены в рельефе. В Семячикской структуре сбросовый уступ четко прослеживается в западной ее части, а в восточной перекрыт более молодыми эффузивами и положение его остается проблематичным. Узон-Гейзерная депрессия состоит, видимо, из двух кольцевых структур, из которых западная в конце верхнего плейстоцена была осложнена образованием более молодой кальдеры.

Третий комплекс представлен породами посткальдерного этапа развития. В этот период наиболее резко проявились различия между Узонско-Гейзерной и Семячикской депрессиями.

Для Узон-Гейзерной депрессии в этот период характерна относительно слабая вулканическая деятельность, выразившаяся в извержениях кислого материала — выбросах пемз, выжимании экструзий. Семячикской кольцевой структуре свойствен интенсивный «посткальдерный» вулканизм. Это, с одной стороны, образование маломощных игнимбритовых покровов и пемз, связанных с формированием крупных экструзий, с другой — возникновение новой вулканической группы Большого Семячика.

Особенности строения изученных структур подчеркиваются четкими петрохимическими различиями вулканических пород всех трех комплексов.

Лавы основного состава, слагающие докальдерный комплекс, представляют собой породы преимущественно базальтового и андезито-базальтового состава (50—55% SiO_2) и являются наиболее щелочными разновидностями основных лав района. На вариационной диаграмме А. Н. Заварицкого они ложатся на линию Лассен-Пик-Йеллоустон. Кислые породы докальдерного комплекса — также вполне обособленная по основности группа пород, содержащая от 62 до 72% SiO_2 и относящаяся к тому же типу (Лассен-Пик-Йеллоустон).

Следующий этап вулканической деятельности — этап мощных эксплозивных и экструзивных извержений — дал породы, петрохимически абсолютно аналогичные породам древнего комплекса кислого состава. Посткальдерные экструзии Узонской структуры представлены породами того же петрохимического типа.

Последний, современный этап вулканической деятельности, выразившийся в формировании современных вулканов массива Большой Семячик, дал особую, самую крайнюю известково-щелочную серию пород типа Пеле, представляющую непрерывную линию с вариациями пород от базальтов до липарит-дацитов, несомненно являющуюся производной единой базальтовой магмы.

Исходя из истории геологического развития района и учитывая указанные петрохимические особенности пород, можно предположить, что: 1) в изученном районе в четвертичный период одновременно существуют центры кислого и основного вулканизма, дающие свои характерные комплексы пород; 2) породы кислого вулканического комплекса района являются, по-видимому, производными андезитовой магмы, поступающей на поверхность в течение всего четвертичного периода из самостоятельного очага; 3) одновременно в Семячикской структуре действуют вулканические центры, дающие все производные базальтовой магмы.

Гидротермальная деятельность сосредоточена в пределах описанных кольцевых структур района.

Крупнейшая гидротермальная система связана с Узон-Гейзерной кольцевой депрессией. Очагами разгрузки системы служат термоаномалии в кальдере Узон и в долине р. Гейзерной, которая находится в вос-

точной части депрессии. Здесь в узком ущелье в области кольцевого разлома, ограничивающего депрессию, идет интенсивная разгрузка перегретых вод с гейзерным режимом излива. Сольфатарные поля вулкана Кихпиньч, расположенные в верховьях р. Гейзерной, по всей вероятности, являются дериватами терм Долины Гейзеров.

В 15 км северо-западнее в молодой кальдере разгружаются термы Узона. Эта часть депрессии заболочена, обширные пространства заняты озерами, в дне и по берегам которых выходят перегретые воды. Источники характеризуются высокой газонасыщенностью и пульсирующим режимом излива.

Показанные участки гидротермальной активности, а также все известные участки гидротермального изменения пород связаны с крупной зоной нарушения северо-западного простирания, секущей депрессию по линии, близкой к осевой. Предполагается, что эта зона фиксирует глубинный разрыв в породах складчатого фундамента, заложённый еще до образования кольцевой структуры. Его проявление на поверхности через мощную толщу кальдерно-озерных образований, фиксируется высокотемпературными растворами, для которых он, по-видимому, служит выводящим каналом.

Вторая гидротермальная система связана с Семячикской кольцевой структурой. На Большом Семячике в центральных частях массива располагаются обширные сольфатарные поля с мощными струями перегретого пара, кипящими грязевыми котлами, парящими площадками, источниками фумарольных терм. Термопроявления сосредоточены на останцах верхнеплейстоценовых вулканов. Все они лежат в единой зоне термально измененных пород общей площадью 10 км², перекрытой на юге молодыми эффузивами. На юго-восточном продолжении этой зоны у подножия Большого Семячика обнаружена область разгрузки (более 10 км²) мощного потока термальных вод (район Нижне-Семячикских источников). Область теплового питания этого потока находится в пределах вулканического массива Большой Семячик (Аверьев, Вакин, 1966). Таким образом, поверхностные термопроявления Узон-Гейзерной и Семячикской систем имеют некоторые различия: термопроявления Семячикского массива представлены сольфатарными полями и крупными паровыми струями, Узона — заболоченными горячими озерами, пульсирующими источниками, Долины Гейзеров — интенсивной разгрузкой и гейзерным режимом излива. Различия в характере поверхностных термопроявлений этих систем могут быть объяснены различием геологического строения и гидрогеологических условий участков разгрузки.

С гидрогеологической точки зрения описанные структуры напоминают небольшие наложенные артезианские бассейны со смешанной, трещинной и трещинно-пластовой циркуляцией вод. Будучи относительно замкнутыми структурами обрушения, они явились идеальным «вместилищем» для локального накопления здесь подземных вод. Отложения кальдерно-озерного комплекса мощностью в несколько сот метров служат водовмещающими породами, а встречающиеся в них прослои алевропелитовых туфов — относительными водоупорами. Разгрузка происходит преимущественно вдоль кольцевых разломов, ограничивающих депрессию, или по разломам, секущим эти структуры.

Артезианские структуры в современном виде оформились в послеледниковое время, и их эволюция продолжается с продолжением вулканической деятельности. Гидротермальная деятельность началась раньше, о чем свидетельствует наложение молодых экстрезивов на термально измененные породы и их обломки в моренах.

Термы Узон-Гейзерной и Семячикской гидротермальных систем принадлежат единой генетической линии и являются производными перегретых хлоридных натриевых вод, типичных для областей современного вулканизма (табл. 1).

Тепловые параметры Узон-Гейзерной и Семячической гидротермальных систем

Система	Максим. температура естественных выходов, °С	Прогнозное температурожанье, ккал/кг	Естественная тепловая мощность, 10 ³ ккал/сек	Площадь теплового питания * км ²	Интенсивность теплового питания, мккал/сек·см ²	Исследователи (год обследования)
Узон-Гейзерная кальдера Узон	Кипение	250	134 64	120	110	В. В. Аверьев, Г. Н. Ковалев, Ю. Б. Слезин Г. Ф. Пилипенко (1966—1967 гг.) В. В. Аверьев (1962 г.) В. В. Аверьев, Е. А. Вакин, Г. Н. Ковалев (1965 г.)
Долина Гейзеров	То же	> 250	70			
Семячическая Верхне-Семячический участок	137	~640 (пар)	75 50	100	75	
Нижне-Семячический участок	50	100	25			

* Площадь кольцевой структуры.

Таблица 2

Сравнительная характеристика химического состава паро-гидротерм

Система		Восходящие источники	Источники периферии	Фумарольные термы (бессточные котлы)	Конденсаты паровых струй	
Узон-Гейзерная	Кальдера Узон	Характерный пример	ист. Гейзеритовый	ист. Последний	Западное поле	Восточное поле
		Минерализация, г/л	2,1	1,2	3,0	0,05
		Формула химического состава	$\frac{Cl_{194}}{Na_{90}K_5}$	$\frac{SO_4 75 HCO_3 20}{Mg_{53} (Na+K) 38}$	$\frac{(HSO_4+SO_4) 100}{Al_{39}H_{37}Fe_{22}}$	$\frac{HCO_3 100}{NH_4 100}$
	t, °С	84	55	96	95	
	pH	8	7	2,1	8	
	Долина Гейзеров	Характерный пример	Гейзер Великан	Уч-к Нижних гейзеров	Уч-к Верхних гейзеров	—
Минерализация, г/л		1,8	0,6	1,2	—	
Формула химического состава		$\frac{Cl_{185}SO_4 10}{Na_{95}}$	$\frac{SO_4 86 HCO_3 14}{Na_{48}Ca_{43}}$	$\frac{SO_4 97}{(Na+K) 69 Mg_{12} H_8}$	—	
t, °С	Кипение	68	98	—		
pH	7,6	7,2	3,5	—		
Семячическая	Характерный пример	ист. Нижне-Семячический	Межгорная котловина	Сольфатарное поле в. Бурлящего	в. Центральный Семячик	
	Минерализация, г/л	1,7	2,1	0,9	0,3	
	Формула химического состава	$\frac{Cl_{159}HCO_3 28 SO_4 13}{Ca_{59}Mg_{28}Na_{21}}$	$\frac{SO_4 57 HCO_3 28}{Ca_{61}Mg_{31}}$	$\frac{SO_4 94}{Na_{36}NH_4 33 Al_2 O}$	$\frac{HCO_3 100}{NH_4 98}$	
	t, °С	49	55	95	98	
	pH	6,5	7,5	2,3	8	

В табл. 2 приведены основные теплофизические параметры изученных гидротермальных систем. Количественная характеристика термопроявлений — интенсивность теплового питания — впервые оценена одним из авторов в 1965 г. (Аверьев, 1966). Для Узон-Гейзерной системы она составляет $110 \text{ мккал/сек}\cdot\text{см}^2$, для Большого Семячика — $72 \text{ мккал/сек}\cdot\text{см}^2$. Расчет производился отнесением тепловой мощности, замеренной по всем термопроявлениям, к площади, на которой происходит инфильтрация и нагрев атмосферных вод.

Как видно из этих расчетов, основные теплофизические характеристики Семячикской и Узон-Гейзерной систем сходны. Это — один из аргументов для поисков одинаковых источников их тепла. Ими, по-видимому, являются (прямо или косвенно) внутрикоровые магматические очаги, с развитием которых связано образование кольцевых структур.

ЛИТЕРАТУРА

- Аверьев В. В.* Гидротермальный процесс в вулканических областях и его связь с магматической деятельностью. — В кн.: Современный вулканизм. М., «Наука», 1966
- Аверьев В. В., Вакин Е. А.* Термальные поля вулканического массива Большой Семячик. — Бюлл. вулканол. ст., № 42, 1966.
- Влодавец В. И.* Вулканы и вулканические образования Семячикского района. — Труды Лабор. вулканологии АН СССР, вып. 15, 1958.
- Иванов В. В.* Основные закономерности распространения и формирования термальных вод Дальнего Востока СССР. — В кн.: Вопросы формирования и распространения минеральных вод СССР. М., Медгиз, 1960.
- Набоко С. И.* Гейзеры Камчатки. — Труды Лабор. вулканологии АН СССР, вып. 8, 1954, вып. 8, 1954.
- Пиш Б. И.* Термальные ключи Камчатки. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1937.