91(с13)к
П-32.

Б. И. ПИЙП

ТЕРМАЛЬНЫЕ КЛЮЧИ КАМЧАТКИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО
АКАДЕМИИ НАУК
С С С Р

91(С198)
Б
П-32.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СОВЕТ ПО ИЗУЧЕНИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИЛ (СОПС)

Серия Камчатская, вып. 2

91(С19)К
П.32.

Б. И. ПИЙП

ТЕРМАЛЬНЫЕ КЛЮЧИ КАМЧАТКИ

244723
ИНВ. №
Камчатский обл. отд. библиотека
ГУГБ—НКВД
11606

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА • 1937 • ЛЕНИНГРАД

НАПЕЧАТАНО ПО РАСПОРЯЖЕНИЮ АКАДЕМИИ НАУК СССР

Непременный секретарь академик *Н. Горбунов*

Ответственный редактор проф. А. Н. Заварицкий

Технический редактор А. Покровский

Ученый корректор А. Налетов

Сдано в набор 7 сентября 1936 г. — Подписано к печати 9 февраля 1937 г. 268 стр. + 1 карта. — Бум. 62 × 94 см. — 17½ печ. л. — 43125 тип. зн. — 18.06 уч.-авт. л. Ленгорлит № 53. — АНИ № 1393. — Заказ № 1632. — Тираж 1200. Типография Академии Наук СССР. Ленинград, В. О., 9 линия, д. 12

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие 5

I. Общая часть.

Оро-гидрографическая характеристика Камчатки 9
Геологическое строение 10
Горячие ключи 17

II. Описательная часть.

Юг Камчатки

1. Горячие источники по р. Нусхус 23
2. Горячие источники по р. Катаакия (Кта-Киек) 24
3. Паужетские горячие источники 24
4. Озерновские горячие источники 32
5. Курильские теплые источники 36
6. Верхне-Голыгинские горячие источники 37
7. Средне-Голыгинские горячие источники 37
8. Нижне-Голыгинские горячие источники 38
9. Штюбелевские горячие источники 39
10. Халуткинские горячие источники 41
11. Саванские горячие источники 42
12. Асачинские горячие источники 43
13. Опальские горячие источники 43
14. Карымчинские горячие источники 44
15. Жировые горячие источники 46
16. Вилючинские теплые источники 47
17. Верхне-Паратунские горячие ключи 47
18. Средне-Паратунские горячие ключи 55
19. Нижне-Паратунские горячие ключи 58
20. Апачинские горячие источники 69
21. Малые Банные горячие источники 72
22. Большие Банные горячие источники 78
23. Начикинские горячие источники 91
24. Малкинские горячие источники 105
— Малкинский холодный углекислый источник 116

Восточное побережье

25. Лево-Авачинские теплые источники 121
26. Тимоновские горячие источники 121
27. Кехкуйские теплые источники 122
28. Налачевские горячие источники 123

Стр.

29. Краеведческие горячие источники 139
30. Зензурские горячие источники 142
31. Пущинские теплые источники 143
32. Березовские горячие источники 148
33. Нижне-Семячинские горячие источники 149
34. Верхне-Семячинские горячие источники 154
35. Узонские горячие источники и фумаролы 156
36. Тауншицкие горячие источники 177
37. Кихпинычевские горячие источники и фумаролы 177
38. Кроноцкие теплые источники 178
39. Тюшовские горячие источники 178
40. Верхне-Чажминские горячие ключи 181
41. Нижне-Чажминские горячие ключи 182
42. Щапинские теплые источники 183
43. Верхне-Щапинские горячие источники 190
44. Тымракские горячие источники 190
45. Бекешские теплые источники 190

Срединный хребет

46. Кимитинские горячие источники 191
47. Крерукланские горячие источники 191
48. Тигеюейнские горячие источники 194
49. Оксичанские горячие источники 195
50. Оксинские горячие источники 196
51. Верхне-Анаунские горячие источники 198
52. Киреунские горячие источники 200
53. Двухъюрточные горячие источники 203
54. Еловские теплые источники 203
55. Перевальные теплые источники 205
56. Калгаучские термальные источники 206
57. Миньчвентенские горячие источники 206
58. Аманинские горячие источники 207
59. Русаковские горячие источники 207
60. Панкарские теплые источники 208
61. Паланские горячие источники 209
62. Коркаваямские горячие источники 211
63. Дранкинские горячие источники 211
64. Тымлятские горячие источники 212
— Укинский минеральный источник 212

III. Заключительная часть.

Расположение источников 215
Дебит и температура 216
Характер выхода источников 219
Геологическая обстановка выхода ключей 221
Химический состав воды и газа 223
Минеральные новообразования 228
О генезисе термальных ключей Камчатки 232
Сравнение камчатской горячеключевой провинции с другими 240
Summary 247

Приложения:

I. Список термальных источников, помещенных на диаграммах (рис. 73) 253
II. Сводная таблица анализов термальных источников Камчатки 257

Предисловие

На Камчатке, согласно списку П. Т. Новограбленова,[1] имеется около 63 групп термальных источников. Из них только 10—15 групп, благодаря близости к населенным пунктам и, следовательно, удобному доступу к ним, относительно хорошо известны. Для них имеется кое-какой литературный материал, а для некоторых и старинные химические анализы. Остальные источники, расположенные в необитаемых и большей частью трудно доступных горных районах полуострова, известны нам главным образом только по названию, со слов охотников, посещающих эти места зимою; многие из них, очевидно, не известны вовсе.

Даже хорошо известные горячие ключи, описанные у многих исследователей Камчатки, оставались все же малоизученными, особенно в геологическом отношении. До последнего времени на Камчатке не было известно ни одного источника, геологические условия выхода которого мы бы знали. А между тем эта сторона источников, в связи с химическим составом их, представляет наибольший научный интерес. И, действительно, проведенные за последние пять лет исследования обнаружили много важных особенностей в отношении связи их с вулканическими образованиями, с тектоникой и приуроченностью различных типов к магматическим телам определенного химического состава. Некоторые источники оказались чрезвычайно интересными своим оригинальным химическим составом и концентрацией в них больших количеств редких элементов (мышьяк,

[1] П. Т. Новограбленов. Горячие ключи Камчатки. Изв. Русск. геогр. общ., т. LXIII, вып 5—6, 1931.

бор, цинк). Несомненно, дальнейшие исследования откроют среди этих вулканических горячих источников еще много других интересных в научном отношении особенностей и подтвердят или опровергнут некоторые намечающиеся закономерности в распределении типов источников и в составе их.

Помимо большого научного интереса, горячие источники Камчатки за последнее время начинают привлекать к себе внимание и с практической стороны. Это вызвано желанием камчатских областных организаций начать на некоторых горячих источниках полуострова строительство собственных санаторно-курортных заведений для сильно увеличившегося промышленного населения Камчатки (рыбные промысла, рыбоконсервные заводы, лесные комбинаты и т. п.). До сих пор организованного курортного лечения на горячих ключах Камчатки не было; ими весьма примитивно пользовались только коренные жители страны, а больные из рабочих и служащих обычно посылались на „материк“ — на курорты и санатории ДВК и даже Кавказа. С целью выявления наиболее пригодных для указанного строительства горячих источников летом 1934 г. было исследовано на средства Камчатского Облпрофсовета и Облисполкома 11 групп горячих ключей. Из числа последних автором очерка было изучено с различной степенью детальности 7 групп.

Задачей настоящего очерка является восполнить существующий в литературе пробел по части наших знаний о термальных источниках Камчатки и дать некоторый материал в этом отношении для местных организаций. С этой целью здесь будут приведены как материалы личных наблюдений автора по 12 группам термальных источников, так и материалы других исследователей, рассеянные в опубликованной литературе по Камчатке. Имея в виду дать полное представление о термальных источниках этой страны, автор включает сюда совершенно неисследованные источники, для которых будет указано только местонахождение, некоторые соображения о типе их, и, где возможно, будут приведены данные о геологических условиях выхода.

В нижеследующем описании все термальные источники будут обозначаться по классификации К. Шнейдера:[1] 1) горячие источники с температурой от 50 до 100°; 2) теплые источники, температура которых находится между 20 и 50° и 3) „холодные“ термы с постоянной температурой, близкой к 20°.

[1] Karl Schneider. Beiträge zur Theorie der heissen Quellen. Geologische Rundschau. Zeitschrift für allgemeine Geologie, Bd. IV, 1913, S. 72.

Автор пользуется случаем выразить свою признательность многим лицам: Д. К. Александрову, М. Ф. Двали, Г. Н. Профессорансову и А. В. Щербакову за предоставление неопубликованного материала по ряду горячих источников; В. Д. Троицкому за помощь в полевой и камеральной работе, И. А. Городисскому и, в особенности, В. Е. Кутейникову за выполнение некоторых химических анализов, и заместителю начальника Камчатской экспедиции ЦНИГРИ В. Н. Али-Мухамедову за содействие в осуществлении настоящей работы.

Особо благодарен автор проф. А. Н. Заварицкому, положившему начало (личным изучением вулкана Авача) детальным вулканологическим исследованиям на Камчатке, в том числе и геологическим исследованиям горячих источников, за выдвижение на эту интересную работу и за неизменно отзывчивое руководство.

Предлагаемая работа выполнена в Центральном научно-исследовательском геолого-разведочном институте (ЦНИГРИ) и в настоящем издании печатается с разрешения дирекции этого учреждения.

Горячие ключи

Первым описанием горячих ключей Камчатки мы обязаны Степану Крашенинникову, первому и крупнейшему исследователю Камчатки (1735—1740 гг.). Ему были известны только 6 групп источников, посещенных им лично, а именно: Паужетские, Озерновские, Банные, Начикинские и 2 группы Семячинских. Остальные в то время оставались неизвестными русским, так как туземцы считали горячие источники, как и вулканы, божественными явлениями и сообщать о них пришельцам страшились.[1]

Многие из посещенных С. Крашенниковым горячих ключей снова были осмотрены исследователями только спустя 150—180 лет, а такие как верхняя гейзеровая группа Семячинских источников не посещена никем еще и до сих пор. Позднейшие исследователи, знакомясь с Камчаткой преимущественно случайно, останавливали свое внимание только на тех горячих источниках, которые лежат вблизи наиболее оживленных путей сообщения полуострова, т. е. на пути из Петропавловска в Большерецк и в долину р. Камчатки. Такими источниками являются: Малкинские, Начикинские и Паратунские.

В 1779 г. на Начикинских ключах был французский консул Lesseps из экспедиции Лаперуза, который подробно описал источники и сделал на месте примитивный качественный химический анализ воды; он же впервые упоминает Малкинские источники.[2] В том же году Начикинские источники посетил и описал Clark из экспедиции капитана Кука.[3] В 1798 г. на этих же ключах был капитан Сарычев вместе с командором Берингом.[4] Через 7 лет натуралист Langsdorff из экспедиции Крузен-

---

[1] Степан Крашенинников. Описание земли Камчатки. СПб., 1786, 2 изд.

[2] Лессепс. Путешествие по Камчатке и южной окраине Сибири. СПб., 1801, 1-й т.

[3] J. Cook. A Voyage to the Pacific ocean . . . etc. Vol. 3. London, 1782.

[4] Г. Сарычев. Путешествие капитана Сарычева по Северо-восточной части Сибири. . . и т. д. СПб., 1802.

11606
Инв. № 244723
Камчатская областная библиотека

штерна посетил и описал Малкинские источники и впервые упомянул про Паратунские.[1] Про Малкинские ключи упоминает также англичанин Cochrane, бывший здесь в 1810 г.[2] В 1822 г. капитан Шабельский, первый из исследователей, съездил на Паратунские источники и кратко описал их.[3] Минералог Hofman из экспедиции Коцебу в 1824 г. произвел первые геологические наблюдения на Камчатке в окрестностях Авачинской губы и около Начикинских ключей, кратко описал последние и упомянул про Малкинские.[4]

Описание горячих источников, даваемое упомянутыми путешественниками, за исключением Лессепса, является обычно весьма кратким и беглым, редко даже с упоминанием температур горячей воды. В этом отношении резко выделяется исключительно обстоятельное, не потерявшее значения даже до сих пор, исследование Малкинских ключей А. Эрманом,[5] которое сопровождается даже полным количественным химическим анализом горячей воды, произведенным в Берлине проф. Rammelsberg'ом; к сожалению, менее подробно им осмотрены Начикинские горячие ключи. Во время посещения Эрманом Малкинских ключей (1829) они, как и Паратунские ключи, пользовались на Камчатке и даже за пределами ее большой популярностью по той причине, что на них существовали благоустроенные официальные лечебные заведения с постоянными койками, медицинским персоналом и аптекой.

С 1851 по 1855 г. на Камчатке много путешествовал К. Дитмар, состоявший при генерал-губернаторе Камчатки чиновником особых поручений по горной части. Им были посещены и описаны Малкинские, Начикинские, две группы Паратунских и Узонские горячие источники. Кроме того, им были собраны сведения еще о 20 горячих источниках, им не посещенных. Впервые все эти источники помечены на карте Камчатки, посещенные описываются, а не посещенные упоминаются

[1] G. H. Langsdorff. Bemerkungen auf einer Reise um die Welt ... etc. Frankfurt a/M. 1812.

[2] J. D. Cochrane. Narrative of a pedestrian journey through Russia and Siberian Tartary ... etc. London, 1824.

[3] A. Schabelski. Voyage aux colonies russes de l'Amérique ... St. Petersbourg, 1826.

[4] E. Hofmann. Geognostische Beobachtungen, angestellt auf einer Reise um die Welt ... etc. Berlin, 1829.

[5] A. Erman. Reise um die Erde ... etc. Bd. III, Berlin, 1848

в тексте.[1] Горячим ключам и вулканам посвящен специальный очерк, правда, имеющий только характер перечня.[2]

Специально горячими источниками Камчатки интересовался д-р Б. Дыбовский, работавший здесь врачем с 1879 по 1882 г. Им лично были осмотрены 5 групп горячих источников: Малкинские, Начикинские, Апачинские, Банные и Нижне-Паратунские. Вместе с К. Шмидтом, произведшим химические анализы 8 групп горячих источников, Б. Дыбовский составил описание этих 8 групп и упомянул еще о 8 группах источников, ставших известными ему благодаря рассказам местных жителей.[3]

К. И. Богданович, посвятивший геологическому изучению полуострова 2 года (1897—1898), вскользь упоминает лишь о некоторых виденных им лично горячих источниках,[4] но зато помещает их все (25), известные как из литературных данных, так и из полученных путем опросов местных жителей сведений на составленную им и кап. Лелякиным новую карту Камчатки.[5]

Участник экспедиции К. Богдановича, д-р Слюнин, составивший капитальное географо-экономическое описание Охотско-Камчатского края, приводит в своем труде перечень некоторых горячих источников Камчатки, главным образом из числа виденных им лично (Банные ключи).[6]

Другой исследователь Камчатки д-р Тюшов, в своих опубликованных дневниках за 1896—1898 гг., приводит описание горячих источников Начикинских и Карымчинских.[7]

Много нового и подробного материала по горячим источникам Камчатки дала большая Камчатская экспедиция Ф. П. Рябушинского, работавшая здесь в 1908—1910 гг. Материал, касающийся известных и совершенно новых горячих ключей,

[1] К. Дитмар. Поездки и пребывание в Камчатке в 1851—1855 гг. СПб., 1901.

[2] K. Ditmar. Die Vulkane und heissen Quellen Kamtschatkas. Peterm. Mitt., 1860.

[3] K. Schmidt. Die Thermalwasser Kamtschatka's. Mém. Acad. d. Sciences St. Pétersbourg, т. 32, № 18, 1885.

[4] K. Bogdanowitsch, loc. cit.

[5] К. И. Богданович и Лелякин. Карта Камчатки.

[6] Н. В. Слюнин. Охотско-Камчатский край. СПб., 1900.

[7] В. Н. Тюшов. По западному берегу Камчатки. Записки Русск. геогр. общ., т. 37, № 2, 1906.

опубликован в отчетах В. Л. Комарова,[1] П. Ю. Шмидта,[2] А. Н. Державина,[3] В. Н. Лебедева,[4] В. А. Власова.[5] Указанными исследователями описываются: Щапинские, Узонские, Пущинские, Малкинские, Начикинские, Нижне-Паратунские, Верхне-Паратунские, Апачинские, Паужетские, Явинские, Курильские и Бекешские горячие источники. Подробные описания трех групп источников с химическими анализами дает В. Н. Лебедев.

В 1920—1921 гг. участник шведской экспедиции E. Hulten посетил южную Камчатку и осмотрел большое количество горячих ключей. Очень короткому описанию их, почти перечислению посвящена глава в его небольшом географическом очерке южной Камчатки с приложением карты.[6]

Очень большой вклад в наши знания о горячих источниках Камчатки сделал местный камчатский краевед, ботаник по образованию, учитель П. Т. Новограбленов. В ряде заметок в „Известиях Русского географического общества“ и в „Трудах Тихоокеанского комитета Академии Наук СССР“ он дал описание многих неизвестных или мало известных горячих источников полуострова. Кроме материала собственных наблюдений, он собрал много сведений и у местного населения, в результате чего и изучения литературы им составлен полный список горячих источников Камчатки.[7]

Изучение горячих ключей на Камчатке с учетом геологической обстановки их выхода и с химическими анализами впервые, повидимому, стали производить сотрудники экспедиции проф. А. Н. Заварицкого. Параллельно с изучением действующего вулкана Авача А. Н. Заварицким, тогда в 1931 г. были исследованы Б. И. Пийпом Налачевские и Краеведческие источники, а Ю. Н. Келль и П. Т. Новограбленовым — Паратунские. Л. Н. Добрецов впервые измерил радиактивность

1 В. Л. Комаров. Камчатская экспедиция Ф. П. Рябушинского. Ботанический отдел, т. 1, 1912.

2 П. Ю. Шмидт. То же. Зоологический отдел, т. 1, 1916.

3 Н. А. Державин. То же.

4 В. Н. Лебедев. То же, т. 2, вып. 1, 1918.

5 В. А. Власов. То же, Метеорологический отдел, т. 1, 1916.

6 Hulten, Erich. Some Geographical Notes on the Map of South Kamtchatka. Geografiska Annaler, 1923.

7 П. Т. Новограбленов. Изв. Русск. географ. общ. за 1929—1930 и 1931 гг.; Труды Тихоок. ком. Акад. Наук СССР, вып. 2, 1932.

воды и газа Паратунских ключей и фумарол Авачи, а С. К. Косман произвел на месте (в Петропавловске) химические анализы этих горячих ключей.[1] В 1933 г. автором настоящего очерка были изучены Узонские и Семячинские горячие источники.

Геологи нефтяных экспедиций, к сожалению, не обращают внимания на горячие источники, между тем в районе их работ они как-раз самые малоизвестные и абсолютно не исследованные. В этом отношении отрадным исключением является М. Ф. Двали, которому мы обязаны, напр., анализом Паланских терм.[2] Надо думать, что им будет дано описание и анализы других исследованных им горячих источников.

В 1934 г. впервые был получен детальный материал по 11 группам горячих источников, благодаря совершенным, по инициативе и на средства Камчатского Облпрофсовета и Облздрава, работам по выявлению наиболее пригодных для санаторно-курортного строительства местного значения горячих источников. Автором настоящего очерка были исследованы горячие источники: Малкинские, Начикинские, две группы Банных и три группы Паратунских; Д. К. Александровым — Паужетские и Явинские горячие источники; Г. К. Майером и Г. Н. Проферансовым — Крестовские и Семячинские источники.

В том же 1934 г. А. В. Щербаковым были посещены и описаны Пущинские горячие источники, для которых в Ленинграде был сделан химический анализ, а В. С. Кулаковым были посещены все Анаунские горячие ключи, изучены, описаны и взяты пробы воды для анализа.

Коренные жители и пришлое население используют сейчас горячие источники весьма широко как в лечебном, так и в бытовом отношении. Особенно посещаются ключи, которые лежат близ населеннных пунктов; чаще всего их используют в качестве простых бань.

Лечебными считаются все горячие ключи, но предпочтение отдается только некоторым. Обычно это источники лежат далеко в горных долинах, в безлюдных местах и поэтому ими пользуются только тяжело больные[3] и охотники. Лечатся чаще

1 Неопубликованные материалы.

2 То же.

3 Которым не „помогают“ близлежащие, считаемые не особенно целебными, ключи.

всего от ревматизма и ранений, затем от накожных и венерических болезней. Основанием для установления таких считаемых высокоэффективными в лечебном отношении горячих источников служит по приемуществу личный примитивный опыт местного населения.

В результате этого часто бывает, что на ряду со случаями быстрого исцеления, происходит тяжелое ухудшение болезни и даже смерть. От злоупотребления заманчиво близкой горячей водой многие страдают сердечными болезнями.

Несомненно, с организацией настоящих лечебных заведений на горячих источниках, терапевтическая ценность последних повысится. Очень может быть, что некоторые горячие источники как курортные места будут иметь не только местное значение.

Рассматривая прилагаемую карту Камчатки, на которую нанесены все известные горячие источники, видно, что подавляющая часть их располагается в районах прошлой и современной вулканической деятельности. Прямая связь их с вулканами особенно бросается в глаза в южной Камчатке, где имеется очень много вукланов и более чем где-либо в другом месте полуострова горячих ключей. Любопытно, что последние почти совершенно отсутствуют на западном берегу, где исключительно распространены третичные осадки, и нет их в тех местах Срединного хребта, где последний свободен от лав и вулканов. Это можно объяснить тем, что разломы в вулканических районах были глубже, в силу чего здесь и образовались вулканы и их частые спутники — горячие ключи.

О генезисе термальных ключей Камчатки

Говоря о генезисе термальных ключей, необходимо различать два момента в этом понятии: с одной стороны, причину возникновения и существования ключей и с другой—происхождение вещественного состава их. Та и другая сторона генезиса термальных источников решается на основе учета геологического строения района их.

Наблюдения показывают, что термальные источники встречаются как в районах современной и геологически недавно угасшей магматической деятельности, так и в районах, где эта деятельность прекратилась уже давно. В последних вместо этого обычно имеются мощные перемещения горнокаменных масс и существуют следы сильных нарушений сплошности их.

Примерами первых являются юные вулканические страны и области с альпийским магматическим циклом, а вторых—где магматическая деятельность закончилась еще до третичного времени. Вполне естественно приписывать горячим источникам районов с недавней магматической деятельностью, в особенности источникам современных вулканических стран, магматическое происхождение за счет тепла существующих еще горячих магматических масс, а источникам районов с интенсивной тектоникой — происхождение за счет проникновения метеорных вод на глубину, где существует по причине геотермического градиента высокая температура.

Широкое развитие вулканических явлений на Камчатке и наибольшая плотность распределения термальных источников в тех участках ее, где как раз много и действующих вулканов, заставляет считать причину существования здесь источников в магматической деятельности.

Обращаясь к вопросу о вещественном составе термальных источников, необходимо сразу же исключить из рассмотрения источники, которые существуют благодаря только геотермическому градиенту. Вещественный состав этих вод, весьма возможно, определяется составом вмещающих их горных пород. Минералогический и газовый состав термальных источников молодых магматических районов, наоборот, может быть обусловлен полностью или частично ювенильными эманациями, поднимающимися из незастывших еще магматических резервуаров.

Геологические условия, существующие в верхних частях земной коры, не дают возможности найти в природе чистые ювенильные воды, понимая их такими, как они были охарактеризованы Э. Зюссом. Метеорные воды, циркулирующие в приповерхностных участках земной оболочки, неизбежно должны смешаться с подымающимися ювенильными струями, в силу чего на поверхность всегда будут выходить смешанные вадозово-ювенильные источники. Степень смешения, очевидно, может быть различной в зависимости от количества подымающихся ювенильных эманаций, уровня грунтовых вод и глубины проникновения и обильности последних. По подсчетам Day и Allen'a, в бедных по дебиту слабоминерализованных горячих источниках из окрестностей вулкана Лассен-пик в Калифорнии содержится только 10—15% магматической воды, остальные 85—90% — метеорная вода.[1]

Чистые магматические воды по выходе из магмы, повидимому, существуют только в зоне между магматическим очагом

---

[1] Loc. cit., стр. 144 .

[1] A. L. Day a. E. T. Allen. The Volcanic Activity and Hot Springs of Lassen Peak. Carnegie Institution, Washington, Publ. 360, 1925, p. 170.

и нижней границей распространения метеорных вод. Недавно Lindgren подсчитал, что глубина проникновения последних колеблется от 2400 до 3000 м в осадочных породах и до 900—1000 м в изверженных и метаморфических.[1] Если магматический очаг близок к указанным границам, как это бывает, повидимому, в случае только вулканических очагов, то магматическая вода уже сразу при выходе из магмы должна смешаться с метеорными водами.

Если в настоящее время, после прошедшей оживленной критики результатов исследований A. Brun'a, нет сомнений в существовании магматической воды, то существуют разногласия относительно физического состояния такой воды и способности самостоятельного ее перемещения к поверхности земли. Allen и Day пришли к заключению на основании собственных исследований многих горячих вулканических вод США (Иеллоустонский национальный парк, источники вулкана Лассен-пик в Калифорнии и вулкана Катмай на Аляске) и опытов д-ра Morey, что магматическая вода может подниматься к поверхности только в виде пара и что конденсация ее происходит уже в зоне метеорных вод.[2] Другими словами, по мнению этих исследователей, жидкая магматическая вода не может выделяться из магмы, так как в таком состоянии она не обладает достаточным давлением, чтобы перемещаться кверху; если вода за счет конденсированного магматического пара образуется в зоне циркуляции метеорных вод, то она поднимается на поверхность благодаря только движению последних. Lindgren же, наоборот, основываясь на строении и составе рудных жил, образованных из значительных количеств трудно-летучих веществ, которые должны были подниматься вместе с магматическими водами, предполагает, что последние могли подниматься в жидком состоянии в силу проталкивания их снизу давлением пара.[3]

Повидимому, более прав Lindgren. Обобщения, сделанные Day и Allen'ом на основании изучения вулканических вод, выделяющихся из при-поверхностных магматических очагов, не

---

[1] W. Lindgren. Waters, Magmatic a. Meteoric. Econ. Geology, vol. 30, № 5, 1935, pp. 163—177.

[2] Loc. cit., см. также Journ. of Geology, vol. 32, 1924, pp. 178—190.

[3] W. Lindgren. Hot Springs and Magmatic Emanations. Economic Geology, vol. 22, № 2, 1927, pp. 189—192.

могут быть, как справедливо указывает Lindgren, распространены на все горячие источники магматического происхождения, так как часть последних может быть связана с глубоко залегающими плутоническими камерами. Выходящие оттуда водные эманации должны вскоре же, далеко ниже зоны циркуляции метеорных вод, конденсироваться в жидкие растворы. В источниках, связанных с близ-поверхностными магматическими очагами, наоборот, ювенильная вода, смешанная с метеорной, часто образуется на поверхности.

Термальные источники Камчатки по условиям своего образования в огромном большинстве случаев, повидимому, принадлежат к последней только-что упомянутой группе вод, связанных с близ-поверхностными магматическими очагами. За это говорит широкое развитие здесь вулканических явлений, указывающих на близость магматических очагов к поверхности — факт, который местами подтверждается и на здешних интрузивных телах, как, напр., в верховьях р. Банной и в долине р. Паратунки, где через эродированные уже юные штоки гранодиорита произошли куполообразные выжимки риолита и излияния потоков базальта.

Происхождение основного солевого состава термальных источников объясняется гидролизом силикатов. По Allen'y и Day, процессы, здесь происходящие, обуславливаются выделяющимися из магмы вместе с парами воды галоидами и кислородными соединениями серы и углерода. Последние получаются в результате гидролиза сложных галоидных, сульфидных и карбидных молекул в магме. В конечных стадиях процесса кислотные радикалы, содержащиеся в подымающейся термальной воде, нейтрализуются основаниями из силикатных горных пород, и в воде появляются соли галоидов, сульфидов, сульфатов, карбонатов и бикарбонатов. Процесс такого гидролиза, по мнению Day и Allen'a, может происходить только в зоне циркуляции метеорных вод. Повидимому, в зависимости от глубины проникновения метеорных вод, от количества поднимающихся эманаций, от продолжительности существования их и от состава омываемых ими пород на поверхности могут появиться или щелочные или кислые горячие ключи.

Давно известным является факт, что одни химические элементы имеют склонность встречаться с кислыми изверженными породами, другие — с основными. Обособление их в ту или иную

группу, предполагается, имеет ту же причину, что и обособление самих кислых и основных пород, т. е. является следствием гравитационной дифференциации. Список этих элементов в том виде, в каком дает его C. D. Hulin в своей интересной работе о металлизации из основных магм,[1] следующий:

Группа I. Стремятся к связи с кислыми дифференциатами.

A. Определенные: Si, Li, K, B, F, Ce, Yt, Sn, Th, Zr, Ta, Nb, W, Mo, Be.

Группа II. Стремятся к связи с основными дифференциатами.

A. Определенные: Ca, Mg, S, Cr, Co, Fe, Mn, Ni, Pt металлы.

B. Вероятные: Cu, Ag, Au, Zn, Pb, Hg, As, Sb, Te, Se, Cl, Ba, Sr.

Основываясь на результатах исследования состава газов, выделяющихся из различных горных пород при нагревании, можно, повидимому, дополнить вторую группу элементов в приведенном списке еще некоторыми летучими веществами. Приближенное представление о количественном распределении их в различных по химическому составу горных породах и, следовательно, в соответствующих им магмах можно получить из табл. 47, составленной по данным R. T. Chamberlin.[2]

ТАБЛИЦА 47

Среднее содержание газов в изверженных горных породах

(по R. T. Chamberlin'y)

Название пород	Объем газа на единицу объема породы						
	H_2S	CO_2	CO	CH_4	H_2	N_2	Сумма
Габбро-базальты	0.08	1.04	0.27	0.07	1.05	0.09	2.60
Сиениты, диориты, андезиты	0.01	0.93	0.12	0.06	0.80	0.07	1.99
Граниты, риолиты . . .	сл.	0.90	0.10	0.04	0.48	0.08	1.60

Из этой таблицы видно, что в группе основных пород, в отличие от кислых, больше углекислых газов, сероводорода и воды (водорода). На богатство основных пород (магм) водою

[1] C. D. Hulin. Metallization from Basic Magmas. Univ. Cal. Publ. Bull. Depart. Geol. Sci., vol. 18, № 9, 1929, p. 254.

[2] R. T. Chamberlin. The Gases in Rocks. Carnegie Institution, Washington, Publ. 106, 1908.

указывают еще подсчеты Clarke и Washington'a [1] (граниты содержат 0.78% H_2O, а перидотиты — 1.80%). К такому же выводу пришли Kemp [2] и недавно В. Н. Лодочников,[3] полагающие, что вода (в виде гидрокисла) серпентинитов магматическая. В дополнение к данным Chamberlin'a о богатстве основных пород углеродом, можно сослаться еще на известные из геологии факты связи алмазов с ультраосновными породами.

Что касается сероводорода, то необходимо заметить, что содержание его по Chamberlin'y в различных анализированных основных породах крайне неравномерное; во многих образцах он совершенно отсутствовал, в других его наблюдалось очень много. Весьма вероятно, что в последних, т. е. в основных породах, он вторичный.

Среди газов, полученных при нагревании горных пород, имеется и азот. Как и другие газы он, повидимому, тоже магматического происхождения. Но в какой группе изверженных пород он встречается в большем количестве, — этого отчетливо не видно из анализов Chamberlin'a; последние показывают, что абсолютное среднее содержание его в трех группах пород примерно одинаковое. Исходя из косвенных геологических данных, нам кажется, что относительное содержание его наиболее высокое в группе кислых пород (магм). В этом нас убеждает азотный состав газовых струй определенного типа термальных источников, весьма широко распространенных и повсеместно связанных с гранитами.[4]

В некоторой степени на это же указывает среднее содержание азота в кислых породах по данным Chamberlin'a, если выразить объемное содержание азота в процентах (5.0% в кислых породах и 3.5% в основных).

Исходя из указанных различий в составе основных и кислых магм, можно думать, что связанные с ними термальные воды будут иметь такое же различие, т. е. можно предполагать, что термальные источники из основных магм будут более богаты

[1] Clarke a. Washington. Prof. Paper, 127. U. S. Geol, Sur. 192, p. 32.

[2] Kemp J. E. After effects of igneous intrusion. Bull. Geol. Soc. Am., vol. 33, 1922, p. 235.

[3] Доклад в ЦНИГРИ о серпентинитах, а также статья в Проблемах советской геологии, № 5, 1933.

[4] В. И. Вернадский. Опыт описательной минералогии, т. II, вып. 1, 1918, стр. 71—72.

ювенильной водой, хлором, углекислотою и будут характеризоваться определенным списком рудных элементов, напр., таких, как мышьяк, сурьма, цинк и др. Источники же, происходящие из кислых магм, наоборот, будут более бедны ювенильной водой, хлором и углекислотою, но зато богаче азотом и будут содержать иную группу редких элементов. Относительное содержание ювенильной воды, возможно, определяет степень минерализации источников. Если так, то воды, связанные с основными магмами, будут более богаты растворенными веществами, чем воды из кислых магм.

Сделанные нами предположения в отношении состава термальных источников, связанных с основными магматическими породами, можно подкрепить еще двумя соображениями, вытекающими из изучения рудных месторождений. C. D. Hulin[1] на основании своих исследований о металлизации из основных магм пришел к заключению, что с последними связаны главные типы месторождений золота, серебра, цинка, свинца, меди, мышьяка и некоторых других металлов. Lindgren же указывает, что горячие источники, связанные с такими месторождениями, т. е., следовательно, по Hulin'у, с основными магмами, являются щелочными натрово-хлористыми и натрово-углекислыми бедными сульфатами источниками.[2]

Таким образом объединяя все сказанное, можно видеть, что имеются и некоторые общие положения, которые подтверждают вероятность существования по крайней мере двух выделяемых нами на Камчатке генетических групп термальных источников. И, повидимому, эти генетические типы являются характерными не только для Камчатки.

Одновременное существование на Камчатке активной вулканической деятельности и горячих источников делает здесь несомненным связь последих с магматическими эманациями. В связи с тем, что горячие источники аналогичных же типов встречаются и в других странах, где не только давно угасла вулканическая деятельность, но уже и сильно вскрыты плутонические очаги, встает вопрос о том, не зависит ли состав источников только от состава омываемых метеорными водами горных пород, а температура их — от геотермического градиента. Не

[1] Loc. cit.

[2] W. Lindgren. Hot Springs and Magmatic Emanations. Economic Geology, vol. 22, № 2, 1927.

имея возможности войти в детальное рассмотрение этого вопроса, отметим здесь только, что в странах, где встречаются термальные источники, помимо сильно развитых в них тектонических структур и разломов, обычно имеются и следы геологически недавнего оживления деятельности магматических масс (напр., в Восточной Сибири и Тянь-Шане на ряду с сильно обнаженными гранитными телами имеются юные излияния базальтов). Последнее дает основание полагать, припоминая сказанное относительно процесса формирования термальных источников (по Allen'у и Day), что и здесь причиной возникновения источников могут и, вероятно, являются магматические эманации из оживших глубин гранитных батолитов, но вещественный состав источников главным образом является функцией состава омываемых эманациями изверженных горных пород, или, если взять в целом, — функцией состава данного магматического очага. Таким образом несмотря на основной состав изливавшихся геологически недавно, напр., в Забайкалье базальтовых лав, состав источников, обусловленный реакциями горячих эманаций из базальтовой магмы с вышележащей мощной толщей гранитов, будет отвечать составу источников гранитного типа.

Горячие источники, как и все геологические явления, подвержены действию времени. Вообще говоря, с течением времени меняются состав, температура и жизнь самого источника.

Особенно ярко это должно проявляться для тех термальных источников, жизнь которых связана с жизнью вулканического очага. Непосредственных наблюдений, указывающих на это, повидимому, нет, но изучение тех рудных жил, образование и существование которых, предполагается, поддерживалось магматическими очагами, дает много примеров параллельного изменения состава и температуры отлагавших их термальных растворов. Наличие различных по составу термальных и холодных минеральных источников в различных по возрасту вулканических районах, возможно, представляет тоже пример такого изменения, но регионального масштаба.

В начальных стадиях существования горячих ключей термальную воду их можно назвать „свежей", так как на глубине в это время происходят еще процессы энергичной обработки коренных пород обильными и постоянными по составу магматическими эманациями, в силу чего к поверхности выносится горячая вода, богатая щелочами, ювенильными газами и вошед-

шими в анионный состав производными последних (галоиды, сульфаты). С течением времени состав эманаций изменяется, количество и температура их уменьшается, характер воздействия на породы становится качественно и количественно иным, и заметную роль в процессе формирования состава начинают играть, повидимому, метеорные воды. Температура подымающейся воды может быть еще большей в силу медленной отдачи тепла породами и высокого поэтому геотермического градиента. В составе газа начинает преобладать углекислота, а в воде — гидрокарбонатные ионы; щелочные ионы нередко заменяются щелочно-земельными (кальций). Горячие воды такого типа мы будем называть „метаморфизованными“.

Кислые вулканические воды могут быть как „свежими“, так и „метаморфизованными“. Примером первых будут воды, богатые хлористо-водородной кислотой. Они известны, напр., в Новой Зеландии — в области гейзеров Роторуа, на Яве — в окрестностях вулкана Идиен и в др. местах.[1] Образование их, вероятно, обязано или большой близости активной магмы к поверхности, или большим количеством кислых эманаций, значительно бóльшим, чем необходимо для нейтрализации оснований нижележащих силикатных пород. Кислые сульфатные воды являются в нашем смысле „метаморфическими“, так как серная кислота представляет поверхностное образование, возникшее за счет окисления сероводорода и сернистого газа.

На Камчатке имеются представители как „свежих“, так и „метаморфизованных“ горячих вод, но резко преобладают первые, т. е. богатые ионами щелочей, галоидов и сульфатов. Из кислых вулканических вод здесь известны только „метаморфизованные“ сульфатные воды.

Сравнение камчатской горячеключевой провинции с другими

На рис. 73. в барицентрических[2] диаграммах показаны составы термальных источников Камчатки, Аляски, Калифор-

---

[1] F. W. Clarke. Data of Geochemistry. Bull. 770. U. S. Geol. Surv., 1924, p. 200.

[2] Диаграммы построены обычным для такого типа способом. Точка анионного состава, располагающаяся внутри или на стороне треугольника, находится как равнодействующая весов, приложенных к вершинам