

В
Б. И. ПИЙВ

ТЕРМАЛЬНЫЕ КЛЮЧИ КАМЧАТКИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
АКАДЕМИИ НАУК
С С С Р



553.732 (С198)
~~П-32~~

553.7.031.4
17 32

Б. И. ПИИП

ТЕРМАЛЬНЫЕ КЛЮЧИ
КАМЧАТКИ

611
~~192~~

~~БИБЛИОТЕКА
Геологического Ин-та
Академии Наук СССР~~

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА • 1937 • ЛЕНИНГРАД



НАПЕЧАТАНО ПО РАСПОРЯЖЕНИЮ АКАДЕМИИ НАУК СССР

Непрерывный секретарь академик Н. Горбунов

Ответственный редактор проф. А. Н. Заварицкий

Технический редактор А. Покровский

Ученый корректор А. Налетов

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. Катаакня (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. Халутгинские горячие источники	41
11. Саванские горячие источники	42
12. Асачинские горячие источники	43
13. Опашьские 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. Кеххуйские теплые источники	122
28. Налачевские горячие источники	123

	Стр.
29. Краеведческие горячие источники	139
30. Зенаурские горячие источники	142
31. Пуштинские 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. Кихпиничевские 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. Шапинские теплые источники	183
43. Верхне-Шапинские горячие источники	190
44. Тымрацкие горячие источники	190
45. Бекешские теплые источники	190

Срединный хребет

46. Кимитинские горячие источники	191
47. Креруклинские 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. Духъюрточные горячие источники	203
54. Еловские теплые источники	203
55. Переваловые 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 Облсполкома 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) горя-

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

чие 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°.

Автор пользуется случаем выразить свою признательность многим лицам: Д. К. Александрову, М. Ф. Двали, Г. Н. Профрансову и А. В. Щербакову за предоставление неопубликованного материала по ряду горячих источников; В. Д. Троицкому за помощь в полевой и камеральной работе, И. А. Городискому 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.

Оро-гидрографическая характеристика Камчатки

Полуостров Камчатка, по меткому выражению д-ра Н. В. Слюнина,¹ имеет форму кремневого наконечника каменного века, т. е. форму, приближающуюся к вытянутой ромбической лопатке. Площадь ее около 400 тыс. кв. км. Южная граница соответствует широте 51° , а северная, беря полуостров в географических границах, примерно — 61° . На западе (156° в. д.) полуостров омывается Охотским морем, а на востоке — Тихим океаном и Беринговым морем.

Камчатка в целом горная страна. Орографически поверхность ее можно разбить грубо на три зоны: 1) западное побережье, 2) центральные хребты и 3) восточное побережье. Зона западного побережья, от берега Охотского моря до предгорья Срединного хребта представляет низкую, большей частью мокрую безлесную тундру, весьма однообразную на всем протяжении от юга Камчатки до северной границы ее. Центральные хребты начинаются на юге от широты Петропавловск—Большерецк, откуда они вытягиваются на север в виде двух параллельных хребтов, образующих между собою на некотором протяжении центральную депрессию, занятую бассейном р. Камчатки и Еловки. Один из этих хребтов — Срединный — протягивается почти через весь полуостров, другой более короткий, известный в наиболее длинной своей части под именем Валагинского хребта, орографически выражен только вдоль долины р. Камчатки. Срединный хребет несет на себе ряд потухших вулканов, из которых наиболее высоким является Ичинская

¹ Н. В. Слюнин. Охотско-Камчатский край. СПб., 1901.

сопка (или Хоа-Шен по К. Богдановичу); достигающая, повидимому (точно не известно), высоты около 4 тыс. м над уровнем моря; средняя абсолютная высота самого хребта колеблется в пределах 1000—1300 м. В Валагинском хребте, в отличие от Срединного, нет вулканов; благодаря своим диким альпийским гребням он производит впечатление более молодого хребта, интенсивнее расчленяемого; высота его, повидимому, несколько больше: отдельные вершины его достигают 2 тыс. м над ур. м. (Ганальские Востряки и некоторые другие). Восточное побережье и юг Камчатки (к югу от широты Петропавловск — Большерецк и к востоку от западного берега) в преобладающих своих частях характеризуются слабо расчлененными лавовыми полями, известными здесь под именем „долов“. На поверхности их располагается большая часть вулканов Камчатки, в том числе все действующие. Поверхность таких долов имеет высоту от 500 до 1000 м. К северу от р. Камчатки непрерывность их теряется.

На север, к наиболее узкой части полуострова, Срединный хребет постепенно сходит на-нет и заменяется широкой безлесной тундрой (Парапольский дол).

Камчатка, в силу ее климатических особенностей и горного рельефа, обладает весьма богато развитой дренажной сетью. Наиболее крупной водной артерией полуострова является р. Камчатка, имеющая протяжение около 586 км и ширину русла в нижнем течении около 80—100 м. Остальные крупные реки более или менее одинаковы и во много меньше первой. Такими являются напр. рр. Авача, Жупанова, Озерная на восточном берегу, и Опала, Плотникова, Быстрая и многие другие — на западном. Некоторые такие же крупные реки являются притоками р. Камчатки. В среднем протяженность их от 100 до 150 км, а ширина русла в низовьях до 50 м.

Геологическое строение

Литературных данных о геологии этой страны, несмотря на большое количество экспедиций, изучавших ее, весьма мало. Единственно полным очерком, касающимся геологии всей Камчатки, притом основанным почти исключительно на собственных наблюдениях, является немецкая статья К. И. Богдановича.¹

¹ К. Bogdanowitsch. Geologische Skizze von Kamtschatka. Peterm. Mitt., 1904.

Однако, этот материал относительно старый и далеко не полный. За последние годы (с 1929 г.) много новых данных по геологии Камчатки дали нам нефтяные экспедиции. Ими маршрутно закартированы почти все площади развития третичных осадочных отложений вдоль обоих северных побережий полуострова. К сожалению, материалы исследований их пока не опубликованы. Кроме экспедиции Нефтяного института, с 1930 г. начало заниматься геологическими исследованиями ЦНИГРИ. Главным объектом работ экспедиции этого учреждения были вулканы и отчасти горячие источники. Проф. А. Н. Заварицким, инициатором этих исследований, был изучен действующий вулкан Авача,¹ затем автором настоящего очерка — кальдера-вулкан Узон и впоследствии им же некоторые горячие источники. Начатые ЦНИГРИ и теперь им, повидимому, прекращенные геолого-вулканологические работы стала продолжать Академия Наук СССР.

На основании указанных исследований, из которых большая часть не опубликована, но с которыми можно было ознакомиться в рукописных отчетах, геологическое строение Камчатки в самых общих чертах рисуется в следующем виде.

Наиболее древними образованиями Камчатки являются филлиты, кристаллические сланцы и гнейсы Срединного хребта, возраст которых всеми исследователями предполагается палеозойским. Исключительно только в связи с ними во многих местах Срединного хребта встречаются темные граувакковые песчаники, которые по периферии окаймляют массивы древних сланцев и согласно переходят в последние. Возраст этих немых песчаников некоторыми геологами считается предположительно мезозойским. Богданович, предположения которого более обоснованы в силу личных наблюдений им палеозойских отложений Охотского побережья, Чукотки и Аляски, выделял эти песчаники из своей группы № 4 палеозойских отложений.

Более широким распространением на Камчатке пользуется серия зеленых кремнистых сланцев, туфогенных песчаников, диабазов, порфиринов и их туфов. Порфириты, диабазы и частью их туфы слагают преимущественно отдельные горные кряжи

¹ А. Н. Заварицкий. Вулкан Авача и его состояние летом 1931 г. Труды ЦНИГРИ, вып. 35, 1935.

и хребты (Быстринский, Валагинский (?), Шипунский, Кроноцкий, Кумроч, Каннч, Медвежий и др.), а туфы, туфо-песчаники и кремнистые сланцы с редкими прослоями древних лав, как правило, слагают окрестности этих хребтов. Так, по крайней мере, они закрашены на карте К. И. Богдановича (группы 3 и 7) и в таком соотношении их неизменно констатировал автор настоящей статьи при своих исследованиях (районы Шипунского мыса, Быстринского хребта и долин р. Паратунки и Банной). Можно предполагать, что места, где встречается в преобладающем количестве лавовый материал, отвечают пунктам древней вулканической деятельности, а окрестности их, сложенные из туфов, туфо-песчаников и кремнистых сланцев — местам накопления рыхлого пирокластического материала этих извержений. Указанные рыхлые вулканогенные отложения и лавы теперь уплотнены и сильно дислоцированы.

Геологи нефтяных экспедиций (Л. А. Гречипкин, Н. И. Лазаренко, Б. Ф. Дьяков)¹ считают первые по возрасту верхнемезозойскими — нижнепалеогеновыми образованиями и вторые — предположительно миоценовыми. Для первых имеется некоторый фаунистический материал, а для вторых никакого. Если учитывать тесную связь тех и других и близость состава их, то, нам кажется, нет основания делать такое различие в возрасте; вероятнее всего, они различные фации вулканической деятельности одного и того же периода верхнемезозойского — нижнепалеогенового времени.

С серией этих пород в одних местах ассоциируют основные интрузивные породы: габбро, пироксениты, дуниты и серпентиниты (Камчатский мыс, Авачинская губа, остров Топорков), в других кислые — гранодиориты и, реже, диориты (окрестности селения Начики, долины рр. Паратунки и Банной, Шипунский мыс и др.). Последние, по наблюдениям автора, сопровождаются ясным контактовым метаморфизмом вмещающих пород. Размеры выходов этих кислых интрузий небольшие, что наводит на мысль о лакколитоподобных телах, но кажется одинаково вероятным, если иметь в виду замечательную в некоторых местах связь с этими телами экструзии липарита и эффузии базальта, отвечающих, быть может, аплитовой и лампрофировой фациям кислых интрузий, что эти тела могут пред-

¹ По рукописным материалам.

ставлять также апикальные части едва только начинающего вскрываться батолита или батолитов.

Учитывая возраст вмещающих пород, контактовый метаморфизм их и наличие в гранодиоритах свежего санидинового или анортоклазового полевого шпата, есть основание считать возраст этих пород третичным, вероятно, палеогеновым. Если так, то картина во многом похожа на ту, которая указывается для Алеутских островов.¹

По обоим бережьям Камчатки, но больше всего по западному берегу распространены мощные толщи третичных, почти исключительно неогеновых осадочных отложений. Литологически это песчаники, глинистые и песчано-глинистые образования с подчиненными количествами бурых, а в нижних частях толщи и каменных углей; местами они битуминозны, что дает основание искать в них нефть. Характерны постоянная примесь вулканического материала и отсутствие карбонатных пород, хотя в цементе карбонатное вещество нередко присутствует. Исключительно редко в них встречаются только мало-мощные пласты (до 1 м), конкреции, караван и линзы известняка, мергеля и доломита.

Южная часть полуострова, восточное побережье ее до Камчатского мыса и Срединный хребет с окрестностями, к северу от широты 55°, залиты верхнеплиоценовыми и постплиоценовыми лавами. На юге Камчатки и восточном побережье изливавшиеся лавы образовали высокие горные равнины-плато, или по местному „доли“, на поверхности которых возвышается большинство вулканических сопок Камчатки, причем здесь сосредоточены и все действующие вулканы страны. Конусы вулканов Срединного хребта располагаются, повидимому, на более расчлененном основании, образованном или из древних дислоцированных лав, или из невулканических пород.

П. Т. Новограбленов² недавно составил список вулканических гор Камчатки, которых он насчитал 127. Многие из вошедших в этот список гор сомнительны по своему вулканическому происхождению, однако, этот перечень дает общую картину распределения их по разным областям полуострова.

¹ S. K. Caps. Notes on the geology of the Alaska Peninsula and Aleutian Islands. U. S. Geol. Surv. Bull. 857-D., pp. 141—153, 1934.

² П. Т. Новограбленов. Каталог вулканов Камчатки. Изв. Русск. геогр. общ., т. 44, вып. 1, 1932.

Так, на долю юга и восточного побережья приходится 74 вулкана, на Срединный хребет — 37, и на западное побережье — 16. Нужно сказать, что в группу последних входят большей частью небольшие лакколитоподобные образования или сомнительные по происхождению, и рассматривать их как вулканы нельзя.

К. И. Богданович¹ в третичной и четвертичной вулканической истории Камчатки различает три основные фазы: 1) фазу плиоценовых извержений, доставивших основные авгитово-гиперстеновые андезиты, 2) фазу раннепостплиоценовых извержений, не всюду проявившуюся и местами совпавшую по времени с третьей фазой; продукты извержений — кислые лавы риолитового и дацитового составов; 3) фазу постплиоценовых извержений, продолжающуюся местами до сегодняшнего дня и характеризующуюся основными авгитовыми андезитами.

Лавы плиоценовой фазы слагают расчлененные горы преимущественно Срединного хребта в виде мощных перепластовывающихся масс потоков и их туфов; иногда они слабо дислоцированы. Кислые лавы второй фазы сосредоточены в отдельных центрах этих бывших извержений и имеют ничтожный объем. Продукты третьей фазы слагают отдельные вулканические конуса и слабо расчлененные лавовые поля; повидимому, преобладают на юге и восточном побережье полуострова.

Если отбросить петрографический признак такой схемы, не выражающий, как нам кажется, достаточно отчетливо особенностей каждой фазы, если считать, что кислые лавы в данном случае не образуют самостоятельной фазы вулканизма, так как представляют только продукты дифференциации отдельных вулканических очагов, магма которых только в целом является определяющим моментом фазы вулканизма, и, наконец, если принять во внимание древние лавы верхнемезозойского нижнепалеогенового возраста (будем называть их условно меловыми), то вулканическую деятельность Камчатки, можно представлять такой схемой:

I. Меловой вулканизм — 4 территориальные зоны (полосы):

1. Хребты Быстринский, Валагинский и Кумроц.
2. Хребты Шипунского, Кроноцкого и Камчатского мысов.
3. Часть восточного подножья Срединного хребта.
4. Хребты Канныч, Медвежий, мыс Омгон.

¹ Loc. cit., стр. 30—34.

II. Плиоценовый¹ вулканизм — Срединный хребет и примыкающие предгорья.

III. Постплиоценовый и современный вулканизм — южная Камчатка и восточное побережье.

Каждая из фаз вулканизма происходила в разное время и в различных местах; для каждой фазы характерны лавы в преобладающей массе основного состава, а в предположительно конечных стадиях — кислого состава. Так, извержения мелового вулканизма доставляли исключительно авгитовые порфириды и диабазы, и частично (предположительно в конце) кварцевые порфириды (Богданович и личные наблюдения автора в Быстринском хребте); во время плиоценового вулканизма изливались основные андезиты и базальты, а в подчиненном количестве (опять, вероятно, в конце) — риолиты и дациты; постплиоценовый и современный вулканизм характерен андезитами и реже базальтами, причем и тут в отдельных вулканах дифференциация зашла настолько далеко, что были экструдированы риолиты.

Необходимо заметить, что в отдельных местах, как напр., вдоль северо-западной полосы от вулкана Вилучик в долину р. Банной, наблюдаются самостоятельные экструзии риолитов, на первый взгляд, как будто подтверждающие самостоятельность фазы кислых извержений Богдановича. Наблюдения автора, однако, показали, что в указанной полосе эти риолиты лежат на телах гранодиорита (которые, повидимому, представляют палеогеновую плутоническую фазу деятельности очагов мелового вулканизма) и были, вероятно, экструдированы на поверхность благодаря разломам, рассекшим до незаствывших частей гранодиоритовые массы.

Важное значение для объяснения генезиса горячих источников имеет также тектоника тех геологических образований, среди которых источники встречаются. Данных о тектонике Камчатки, однако, пока мало. Кроме общей характеристики дислокации упомянутых геологических образований можно привести еще некоторые соображения о крупных тектонических нарушениях, разломах, которые выявляются в форме расположения групп вулканов, считая, что последние локали-

¹ Нет достаточных данных, указывающих, что вулканическая деятельность началась именно с плиоцена, весьма может быть, что она началась раньше — в миоцене.

зированы вдоль определенных тектонических зон, в характере изрезанности морского берега и в рельефе; на это же указывают некоторые скудные геологические данные.

Преобладающим простиранием всех геологических образований Камчатки является ССВ—СВ, но в отдельных местах наблюдается складчатость, близкая к широтному (п-ов Камчатского мыса и окрестности, к северу от него, мыс Омгон, юг Камчатки?). Наиболее сильно смятыми в складки образованиями являются кристаллические сланцы и продукты мелового вулканизма. Последние, вероятно, были смяты уже в одну из фаз альпийской складчатости. Остальные третичные отложения менее дислоцированы, из них наиболее сильно только миоценовые. Четвертичные образования считаются (К. Богданович) не подвергшимися складчатости.

Наиболее крупным вероятным разломом, который бросается сразу же в глаза, следует считать тот, который проходит через верховья р. Быстрой, по долинам рр. Камчатки и Еловки и продолжается далее на север, располагаясь между о. Карагинским и берегом полуострова. Такой разлом, возможно, обусловил отделение упомянутого острова от остальной суши. Этому направлению замечательно отвечает другое, вдоль которого сосредоточены все вулканы восточного побережья и юга Камчатки.

Более короткими являются направления возможных разломов, располагающиеся поперечно к первым. Существование их было замечено А. Н. Заварицким при изучении им вулканов группы Авачи, которые как-раз удивительно правильно лежат на одном из таких направлений.¹ Кроме Авачи он предполагает такие же направления возможных разломов в расположении групп других вулканов и в отвечающих линиям их очертаний морского берега, напр., в расположении вулканов хребта Зензур, Жупановской сопки и южного берега Шипунского мыса. Автор настоящего очерка склонен видеть такой северо-западный разлом в расположении отдельных риолитовых экструзий, сосредоточенных в полосе, идущей от верховьев р. Паратунки к истокам рр. Банной и Карымчины. Кроме риолитовых экструзий большой сброс такого же направления предполагается автором вдоль линии Ганальские Востряки — северный берег Авачинской губы.

¹ А. Н. Заварицкий. Северная группа вулканов Камчатки. Акад. Наук СССР. СОПС, Камчатская серия, вып. 1, 1935.

Местами указанной системой возможных линий разломов только и может быть объяснен рельеф местности. Нередко вдоль этих двух направлений наблюдаются обильные выходы горячих вод.

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. Крашенинниковым 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.

2 Термальные ключи Камчатки.

БИБЛИОТЕКА
Геологический институт
Академии наук СССР



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 Лессепа, 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. Rammsberg'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. Petersburg, 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 врачом 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 (Баннные 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 К. Dittmar. Die Vulkane und heissen Quellen Kamtschatkas. Peterm. Mitt., 1860.

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

⁴ К. 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: Шапинские, Узонские, Пуцинские, 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, по видимому, 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 Kamchatka. 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 отрядным 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. Профрансовым — 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 населенных 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 больные³ 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 считае-
мых высокоэффективными в лечебном отношении горячих источников служит по преимуществу 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 вулканов 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.

II. ОПИСАТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для удобства описания нами выделены три области, где встречаются горячие источники. Это — юг Камчатки, восточное побережье и Срединный хребет.

Под южной Камчаткой мы понимаем область, лежащую к югу от широты Шипунский мыс — устье р. Кихчик; под восточным побережьем — местность, лежащую к востоку от р. Камчатки и заключенную между Начикинским мысом на севере и Шипунским мысом на юге; под областью Срединного хребта — предгорья его, тянущиеся от верховьев рр. Быстрой и Камчатки на север до Парапольского дола.

Нижеследующий перечень в описании источников заимствован у П. Т. Новограбленова¹ и более или менее следует принятому им порядку. К списку П. Т. Новограбленова добавлены некоторые горячие источники, которые не приведены у него, но упоминаются К. Дитмаром и помечены на карте К. И. Богдановича.

Описание начинается с наиболее южных источников. Местонахождение их показано на прилагаемой в конце книги карте Камчатки.

ЮГ КАМЧАТКИ

1. Горячие источники по р. Нусхус

Источники эти находятся в вершине речки Нусхус, которая впадает в Охотское море южнее р. Озерной. К северо-востоку от источников тут же недалеко располагается массив вулкана Кошелева, построенный из андезитовых лав. Мест-

¹ Loc. cit.

ность необитаемая. Источники известны только со слов охотников.

Выходы горячих вод занимают, вероятно, ничтожную площадь и по дебиту слабые. Геологически источники могут быть связаны или с очагом вулкана Кошелева, или с предположительно более ранними риолитами, которые, по наблюдениям С. А. Конради,¹ обнажаются в утесах морского берега немного севернее устья р. Нухус и, повидимому, продолжаются вглубь полуострова, будучи там залиты более поздними андезитовыми и базальтовыми лавами соседних вулканов.

2. Горячие источники по р. Катаакия (Кта-Киек)

Эти источники располагаются тоже около вулкана Кошелева, но к западу от него. Е. Nulten, упоминая о них, говорит, что они лежат вблизи тропы, идущей от устья Озерной к устью р. Камбальной. По размерам и геологическим условиям выхода, они, вероятно, аналогичны только что упомянутым источникам.

П. Т. Новограбленов предполагает, что в окрестностях вулкана Кошелева могут быть найдены еще неизвестные до сих пор горячие источники.

3. Паужетские горячие источники

Паужетские горячие источники впервые были описаны С. Крашенинниковым, посетившим их в 1737—1740 гг.² В 1908—1910 гг. на них побывали многие из участников экспедиции Ф. П. Рябушинского (С. А. Конради, Н. Г. Келль, А. Н. Державин). Опубликованы только краткие наблюдения Державина³ и план Н. Келля.⁴ Относительно подробно эти ключи изучены в 1934 г. Д. К. Александровым, по заданию Камчатского Облпрофсовета.⁵

¹ Неопубликованные дневники. Фонды ЦНИГРИ.

² Loc. cit.

³ А. Н. Державин. Камчатская экспедиция Ф. П. Рябушинского. Зоологический отдел, т. 1, 1916, стр. 316.

⁴ Н. Г. Келль. Карта вулканов Камчатки. 1926.

⁵ Д. К. Александров. Рукопись. Фонды ЦНИГРИ.

Источники находятся в долине р. Паужетки крупного левого притока р. Озерной. Расстояние до них от берега моря, по долинам указанных рек около 27 км, от устья р. Паужетки — 7 км.

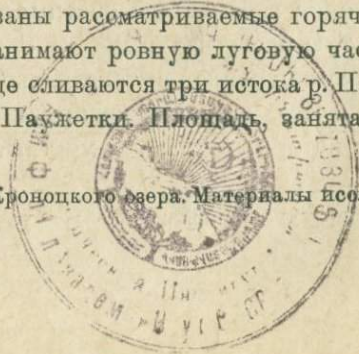
Долина р. Паужетки в месте выхода горячих источников представляет широкую лесистую котловину, хорошо защищенную от морских ветров окружающими горами. С запада ее окаймляет массив г. Шумной (900 м абс. высоты), тянущийся на соединение с вулканом Кошелева, а с востока — массив Дикого Гребня (тоже около 900 м абс. высоты).

Окрестные горы сложены исключительно из молодых вулканических пород. Самыми древними образованиями, по Д. К. Александрову, являются „туффитовые песчаники“, обкажающиеся вдоль склонов правого берега р. Паужетки. Судя по необработанной коллекции С. А. Конради, просмотренной автором, это — перемытые и слежавшиеся риолитовые пеплы и пемзы, которые, повидимому, можно параллелизировать с аналогичными же отложениями низов Семячинско-Березовской лавовой формации¹ и приписать им верхнеплиоценовый или ранний постплиоценовый возраст. На этих отложениях далее залегают мощная толща горизонтальных потоков андезитов, базальтов и их туфов. На поверхности последних встречаются обильные накопления андезитовой пемзы. Близость большого Курильского озера, берега которого сложены из вулканических пород, наводит на мысль о том, не представляют ли эти накопления пемзы материал, связанный с эксплозивным образованием депрессии Курильского озера?

Соседний с горячими источниками массив Дикого Гребня сложен из роговообманковых андезитов и риолитов. По мнению С. А. Конради, этот массив представляет вулканический купол (надо думать, что здесь не один купол, а несколько, так как лавы разного состава). Повидимому, лавы Дикого Гребня наиболее молодые в окрестностях источников. Весьма возможно, что с ними генетически и связаны рассматриваемые горячие воды.

Выходы горячих вод занимают ровную луговую часть тальвега долины в том месте, где сливаются три истока р. Паужетки: Правая, Средняя и Левая Паужетки. Площадь, занятая источ-

¹ Лавовое плато к югу от Кроноцкого озера. Материалы исследования автора настоящего очерка.



никами, примерно равна 140 тыс. кв. м. Высота местности над уровнем моря около 150 м.

Отчетливо обособленных выходов воды (грифонов) Д. К. Александров насчитывает здесь 15. Все они раскиданы по обоим берегам общего русла Правой и Средней Паужетки. Наиболее крупные выходы находятся на правом берегу реки.

К последним относятся: 1) самый верхний грифон площади, 2) парящий грифон, 3) пульсирующий грифон, 4) горячее озерко и 5) гейзер. Остальные, более мелкие, располагаются группами в общих нишеобразных котловинках и питают ряд горячих ручейков.

Верхний грифон находится у подошвы крутого склона долины, он представляет небольшое мелкое углубление, заполненное тонким слоем воды, на дне которого во многих местах разбрызгиваясь клоочет горячая вода. Отсюда вытекает слабенький ручеек горячей воды, сливающийся ниже с ручейком парящего и пульсирующего грифонов. Температура воды в одном из клоочущих мест была 87°C . Дебит воды примерно 0.7—0.8 л/сек. (60—70 тыс. л/сутки).

Пульсирующий грифон представляет воронку, диаметром около 3 м и глубиной около 5 м, заполненную до половины горячей водой и верхней половиной открытую в русло ручейка. Со дна воронки примерно через каждую секунду с клокотанием подбрасывается кверху большое количество горячей воды, которая поступает в ручеек. Температура воды 94.5°C ; дебит грифона около 5 л/сек. (430 тыс. л/сутки).

Парящий грифон находится рядом с пульсирующим и представляет котел диаметром около 1 м, дно которого заполнено валунами. Вода и пары с силой и большим шумом выбрасываются из-под валунов, заставляя большой столб пара все время держаться над выходом. Температура воды между валунами $100.2\text{—}100.6^{\circ}\text{C}$.¹ Дебит около 1.3 млн. л/сутки.

Около котла парящего грифона в изобилии встречаются тонкие корки гейзерита и цветные глины (каоилинизированные в глинистую пасту валуны).

В русле ручейка, вытекающего из упомянутых грифонов, в трех местах сделаны подпруды и устроены примитивные ванны, в которых купаются местные жители.

¹ Температура измерялась 300-градусным термометром.

Горячее озеро представляет две соединенные бессточные воронки — старые грифоны, заполненные горячей водой. Диаметр каждой 10—12 м, глубина 4 м, температура на поверхности 39°. Временами вода уходит на глубину, и из воронок тогда выделяются горячие пары с запахом сероводорода.

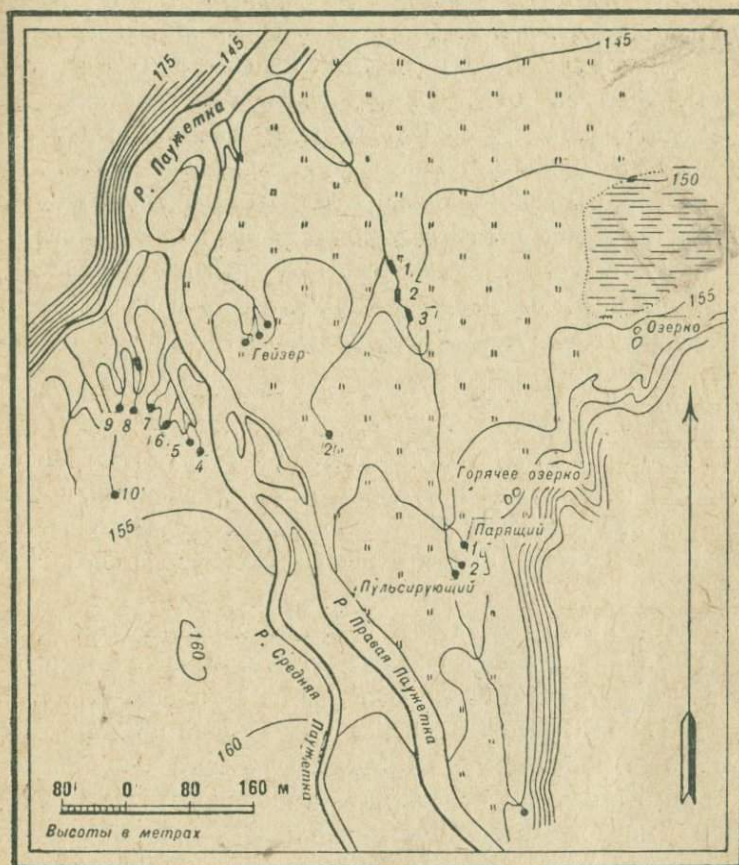


Рис. 1. План Паужетских горячих ключей (по Д. К. Александрову).

Наиболее интересное явление на площади рассматриваемых горячих ключей представляет источник типа небольшого гейзера. Находится он в небольшой котловине, диаметром около 1 м и глубиной около 0,5 м. Галечник, в котором котловина находится, сцементирован кремнистой накипью. Явление действия гейзера передадим словами Д. К. Александрова:

„В пустой котел гейзера поступает из-под гальки и валунов вода, которая медленно просачивается снизу; постепенно уровень ее повышается, причем на поверхность выскакивают мелкие пузырьки газа, затем некоторое время зеркало воды остается спокойным, после чего появляются более крупные пузыри газа, уровень воды продолжает повышаться, температура ее в это время 81—82°. Через 12½—13 мин. котел наполняется до высоты 35 см от дна; температура при этом достигает 96—97°; затем происходит моментальное выделение крупных пузырей перегретых паров и газов, которые в течение 1½—2 мин. поднимают столб воды и брызг на 80—90 см над поверхностью земли. Далее столб воды быстро опускается, и вся вода с шумом устремляется вниз, после чего в течение 2½—3 мин. котел остается без воды. Затем процесс повторяется снова. Данное явление происходит в течение 16—17 мин.“

Семь грифонов левого берега реки располагаются на свободной от растительности площадке и сосредоточены все в одном месте. Площадь их выхода вся нагрета и инкрустирована отложениями цветных глин. Температура воды в грифонах, представляющих небольшие ямки в разложенных галечниках, колеблется около 84—86°. Общий суточный сток отсюда около 1 млн. литров.

В 800 м на ЮВ и на 45 м выше от описанной термальной площади, у опушки березняка, на луговой площадке, находится другая голая ключевая площадь, но не активная. Она сильно нагрета (до 40°C) и очень богата отложениями цветных каолиновых глин. Повидимому, грунтовая вода здесь далека от поверхности и каолинизация производится горячими парами (температура в одном из отверстий была 78°).

Если сравнивать современную деятельность Паужетских терм с той, какая была 200 лет тому назад, как ее наблюдал С. Крашенинников, то можно видеть, что активность ключей с тех пор заметно ослабла. Для сравнения приведем отдельные места из описания Крашенинникова:

„Ключи бьют во многих местах как фонтаны, по большей части с великим шумом, в вышину на один и на полтора фута. Некоторые стоят как озера в великих ямах, а из них текут маленькие ручейки, которые, соединяясь



Рис. 2. Парящий грифон Паужетских горячих ключей.
Фот. Н. Г. Келля.



Рис. 3. Общий вид Паужетских ключей (по А. Н. Державину).

друг с другом, всю помянутую площадь как на острова разделяют и нарочитыми речками впадают в означенную Пауджу...

„Все места, где прежде ключи били, можно по тому узнать, что вокруг их мелкая глина различных цветов находится, которая с водою обыкновенно вымывается изнутри скважин. Находится же там и горячая сера, а особливо по краям тех скважин, из которых один пар идет“.

При температуре воздуха $+8^{\circ}3\text{ C}$ (136° по термометру де-Лиля) он наблюдал в источниках целый ряд значений температур, из которых наибольшее было $93^{\circ}2\text{ C}$ (10° по термометру де-Лиля).

Из описания можно видеть, что во времена Крашенинникова активность Паужетских терм была сильнее и проявление ее ярче напоминало картину деятельности фумарол, пробивающих себе путь через слои грунтовых вод. Последняя фраза из приведенной цитаты указывает, что тогда даже существовали еще и сами фумаролы. Теперь не только уменьшилось количество бьющих источников и исчезли фумаролы, но нет и отложений серы.

Картина деятельности Паужетских источников весьма напоминает деятельность некоторых других Камчатских горячих источников, таких как Большие Банные, Узонские, Верхне-Семячинские и должно быть Хадуткинские и Штюбелевские, т. е. напоминает как-раз ту группу источников, которая очевидно всего связана с деятельностью вулканов.

Обращаясь к химическим анализам воды рассматриваемых ключей, мы видим, что термальная вода является вообще относительно минерализованной (сух. ост. = 3.2 г/л). Мелленно текущие грифоны более разбавлены поверхностной водою, чем сильно действующие. По солевому составу вода является натрово-хлористой с небольшим содержанием брома, мышьяка и сероводорода.

Состав выделяющегося газа по анализу его, сделанному в газовой лаборатории ЦНИГРИ, следующий:

N_2	79.5%
CO_2	0.4
O_2	20.1
	<hr/>
	100%

ТАБЛИЦА 1

Анализ Паужетских горячих ключей
„Гейзер“. Т 97°. Аналитик Е. Муликовская, 1934 г.

	г/л	мг/экв.	мг/экв. ‰
NH ₄ '	есть	—	—
Na'	1.048	45.57	45.1
K'	0.059	1.54	1.4
Ca''	0.0656	3.28	3.2
Mg''	0.0085	0.29	0.3
Mo	следы	—	—
		50.65	50.0
Cl'	1.713	48.32	47.8
I'	не обн.	—	—
Br'	0.0025	0.03	—
SO ₄ ''	0.0804	1.67	1.6
HCO ₃ '	0.037	0.61	0.6
CO ₃ ''	нет	—	—
NO ₂ '	есть	—	—
NO ₃ '	есть	—	—
NaAsO ₄ '	0.0015	0.02	—
		50.65	50.0
H ₂ SiO ₃	0.156		
Fe ₂ O ₃	0.0006		
H ₂ S	не обн.		
pH _о	6.7		
H _н	10.0		
Сух. ост.	3.203		

На рассмотренных источниках Камчатский Облпрофсовет предполагает построить санаторно-курортное заведение для рабочих и служащих рыбоконсервных комбинатов западного берега. Строительство, по видимому, уже началось.

4. Озерновские горячие источники

Синонимы: Явинские, Запорожские

Как и Паужетские, Озерновские источники были впервые изучены С. Крашенинниковым.¹ В 1880 г. старостой сел. Явино отсюда была доставлена проба воды для д-ра Дыбовского, которую анализировал К. Шмидт². В 1909—1910 гг. источники были посещены участниками экспедиции Рябушинского: С. А. Конради, Н. Г. Келлем и А. Н. Державинным.³ В 1934 г. источники подробно исследовал Д. К. Александров.⁴

Горячие ключи находятся на левом берегу р. Озерной, в 16 км от берега моря. Абсолютная высота места — 75 м.

Долина р. Озерной здесь сильно сужена, превращена в тесное ущелье, которое носит название „ворота“. Заросшие в других местах кустарником склоны долины здесь круты и скалисты. Выше ключей долина снова расширяется. С южной стороны долина подходит близко к массиву г. Шумной, а с севера ее ограничивает широкая, покрытая пемзой и заросшая кустарниками платообразная возвышенность.

Геологическое строение местности около горячих ключей, по видимому, несложное. Окрестные возвышенности, судя по обнажениям выше и ниже ключей, сложены из перепластовывающихся между собою горизонтальных потоков и слоев андезитов, базальтов и их туфов и брекчий. Первые весьма близки между собою и могут быть отделены друг от друга только по структуре основной массы; те и другие темные, темносерые, порфиновые, с двумя пироксенами, плагиоклазом и с редким оливином во вкрапленниках. Очевидно, они представляют плиоценовую лавовую формацию. Против ключей, на поверхности платообразной возвышенности Д. К. Александровым было встречено более молодое вулканическое образование, представляющее конус амфиболового риолита, окаймленный туфами рио-

¹ Loc. cit.

² K. Schmidt. Die Thermal wasser Kamtschatka's. Mém. de l'Acad. Imp. d. Sciences, St. Pétersbourg, VII, t. 32, № 18, 1885.

Приведенный анализ показывает, однако, что проба была взята не отсюда, а из Паужетских ключей.

³ Loc. cit.

⁴ Рукопись.

лита же. По составу последний свежий, что вместе с формой залегания его, позволяет предполагать о молодом возрасте экструзии. Весьма возможно, что источники на глубине питаются именно магмой этой экструзии. Причина же появления источ-

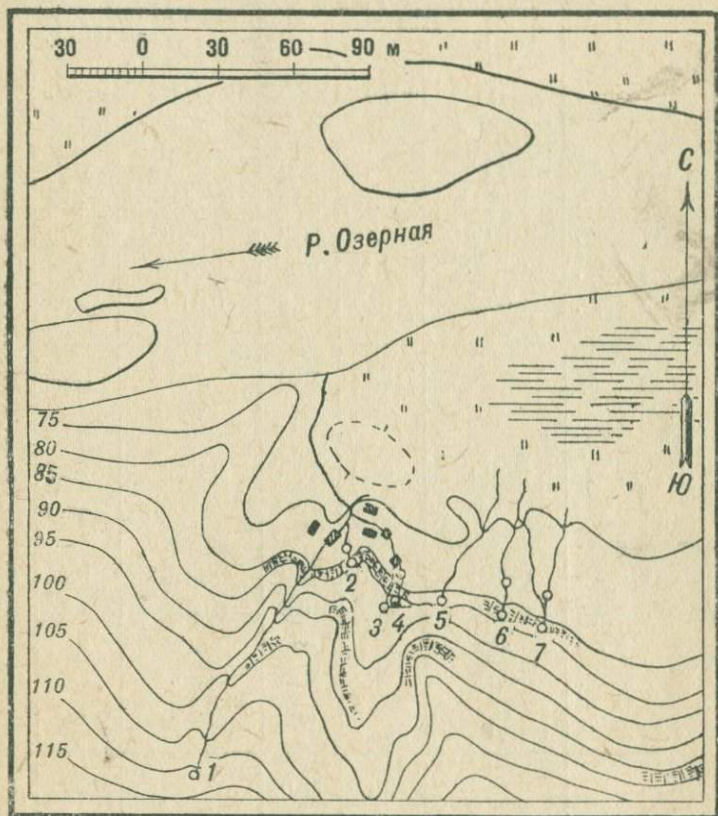


Рис. 4. План Озерновских горячих ключей (по Д. К. Александрову).

ников на поверхности, надо думать, кроется в тектонических явлениях.

Горячая вода выходит из трещин в андезитах и их туфах, обнажающихся скалами на крутом левом склоне долины. Самый верхний выход расположен на высоте около 40 м над тальвегом; остальные располагаются на 10 м и выше подножия склона. Вытекающая горячая вода сильно изменила коренные породы и превратила их в пестроокрашенные структурные глины. Места выходов воды часто инкрустированы серой, которая,

ТАБЛИЦА 2
Химические анализы Озерновских ключей

	Грифон № 3 Главные ключи, Т 84°. Аналитик А. Резников, 1934 г.			Старые ключи, правый берег Озерной, Т 40°. Аналитик Е. Муликов- ская 1934 г.		
	г/л	мг/экв.	мг/экв. ‰	г/л	мг/экв.	мг/экв. ‰
NH ₄ '	есть	—	—	есть	—	—
Na'	0.233	10.15	26.6	0.1662	7.23	29.4
K'	0.0046	0.12	0.3	0.0061	0.16	0.7
Ca''	0.1682	8.40	21.8	0.0972	4.85	19.7
Mg''	0.0061	0.50	1.3	0.0011	0.09	0.2
		19.17	50.0		12.33	50.0
Cl'	0.2131	6.00	15.8	0.1029	2.90	11.7
Br'	не обн.	—	—	не обн.	—	—
I'	не обн.	—	—	не обн.	—	—
SO ₄ ''	0.6251	13.02	33.9	0.4046	8.42	34.1
HCO ₃ '	0.009	0.15	0.3	0.061	1.00	4.0
CO ₃ ''	нет	—	—	нет	—	—
NO ₂ '	есть	—	—	есть	—	—
NO ₃ '	нет	—	—	есть	—	—
		19.17	50.0		12.33	50.0
H ₂ SiO ₃	0.117			0.143		
Fe ₂ O ₃	0.0001			не обн.		
pH	5.8			5.8		
H _н общ.	24.9			13.8		
Сух. ост.	1.340			0.916		

повидимому, образовалась в результате окисления сероводорода, довольно обильного здесь.

Вытекающая из скал вода собирается в ручейки, которые или впадают общим руслом в реку, или растекаются в болоти-

стых участках тальвега. Нижние четыре ключа образуют ручеек, который впадает в р. Озерную. В русле двух рукавов его устроены примитивные ванны, возле которых построены лачуги для раздевания. Три верхних грифона стекают самостоятельными ручейками, которые у основания склона теряются в наносах.

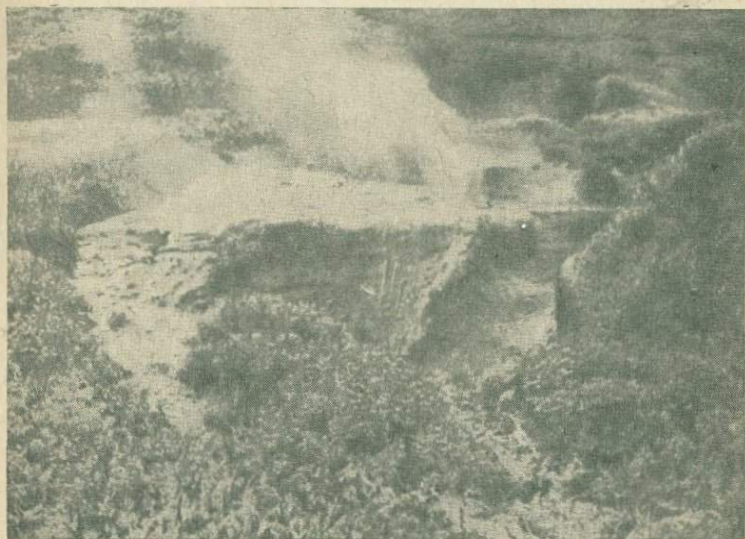


Рис. 5. Главный грифон Озерновских ключей (по А. Н. Державину).

В руслах ручейков, очевидно, по причине содержания в воде сероводорода, образуются белые, длинные, нитевидные волокна, похожие на барезин.

Температура воды в разных грифонах была от 76 до 84° С. Наиболее горячим оказался грифон № 3 (84°). А. Н. Державинным в 1909 г. здесь была определена максимальная температура 85°1, а С. А. Конради в 1908 г. нашел максимальную температуру 85°5 (правда, по гипсотермометру выходило только 84°6). С. Крашенинников приводит температуру только 57° С (при 0° воздуха).

Общий суточный дебит источников 430 тыс. л.

На правом берегу Озерной, против описанных ключей, в 700 м от них, есть еще небольшие выходы, но слабые и, повидимому, прекращающие свою деятельность. Выходы сильно заросли термофильными водорослями. Температура оказалась рав-

ной 40° С. Общий суточный дебит около 22 тыс. л. Вода, как и главных ключей, сильно пахнет сероводородом, прозрачна, чиста, но не вкусна.

Обращаясь к химическим анализам (табл. 2), мы видим, что вода источников имеет слабую минерализацию и существенно натрово-сульфатный состав с большим количеством ионов кальция и хлора. Все это, вместе с высокой температурой и содержанием сероводорода в воде позволяет определить их как акратотермы.

Обращает на себя внимание очень близкое сходство составов ключей левого и правого берега. Особенно хорошо заметна эта близость, если сопоставлять между собою миллиграмм-эквивалент-проценты ионов. Очевидно, те и другие ключи, несмотря на относительную удаленность друг от друга, принадлежат одному и тому же водовыводящему каналу или трещине.

Эти источники посещаются чаще чем Паужетские — причина, вероятно, в том, что они ближе к селениям и рыбокомбинату. На них предполагалось начать постройку лечебного заведения и дома отдыха, но Д. К. Александровым это место было забраковано, так как сюда, в долину Озерной, часто доходят морские туманы или дуют сильные ветры (как в трубе) то с Курильского озера, то с моря; кроме того, сама площадка у источников узка. Во всех отношениях лучшими представлялись соседние Паужетские ключи.

5. Курильские теплые источники

Курильские теплые источники находятся на северо-восточном берегу Курильского озера, у подножия Ильинской сопки. А. Н. Державин¹ описывает их следующим образом:

„В глубине красивого залива у мыса Кикинауэ, представляющего выветрившийся лавовый поток, я нашел горячий ключ, выходящий из каменной россыпи едва выше уровня озера. Несколько выходов имеют температуру +41,0, +41,2; вода приятного вкуса, на больших камнях вокруг ключа белеет возгон какой-то кисловатой соли. Теплая вода тонким слоем разбегается по поверх-

¹ Лос. cit., стр. 315.

ности бухты, не оказывая влияния на температуру ниже лежащих слоев. На противоположном берегу бухты (примерно в 300 м отсюда. *Б. П.*) вытекает еще ключ с температурой $+39^{\circ}0''$.

Кроме этих источников им был встречен еще один на северной стороне мыса, против острова Саманг. Температура маленьких струек воды здесь была $+23^{\circ}6$.

Берега Курильского озера, по данным С. А. Конради, во многих местах круты, обрывисты и сложены из лавовых пород, преимущественно из андезитов и базальтов и реже из риолитов. Из лавовых же пород сложены многие острова в озере. Возвышенности вокруг озера одеты толстым покровом пемзы, мощность которой постепенно убывает по мере удаления от озера. Отмечая этот факт, С. А. Конради склонен считать Курильское озеро центром былых мощных извержений, т. е. происшедшим в результате вулканической деятельности.

6. Верхне-Голыгинские горячие источники

Эти источники находятся, по *E. Hulten'u*,¹ в нижней части долины р. Кузетенек, впадающей в 4 км ниже в „Правую“ (т. е. западную) Голыгину. Последняя известна также под названием р. Унканачек. Выход горячих вод находится на правом склоне долины, довольно высоко над тальвегом. Высота над уровнем моря 200 м. Известны только со слов охотников.

Источники лежат в соседстве с Желтовским вулканом и с некоторыми другими более мелкими и безыменными вулканическими образованиями, возвышающимися на поверхности андезитового и базальтового лавового плато. Вода, повидимому, выходит из лав. По типу источники, возможно, близки к Озерновским.

7. Средне-Голыгинские горячие источники

Открыты *E. Hulten'om*.² Находятся в среднем течении р. Правой Голыгины (р. Унканачек), на правом ее берегу, в 4 км выше

¹ *Loc. cit.*

² *Loc. cit.*

водопада. Река в этом месте делает колено, огибая мыс, на котором в пяти местах выходит горячая вода. Три грифона стекают в южном направлении, а два — в северном. Против устья последних на противоположном берегу, вблизи выхода нагретых пород находится еще один горячий ключ с температурой 73° С.

Характер местности, геологические условия выхода и тип воды, повидимому, те же, что и у Верхне-Голыгинских источников.

8. Нижне-Голыгинские горячие источники

Находятся эти источники у соединения Правой илевой Голыгиной (р. Унканачек и р. Кеудач), примерно в 20 км от сел. Голыгино. Краткую запись о них дает в своих дневниках С. А. Конради.

„... достигли горячих ключей. Небольшая проталинка со стоячей водой градусов 25 и струйка в палец градусов 60—70. У последней взят натек на гальке. Выше их (т. е. ключей. *Б. II.*) вскоре река делится на две, обе небольшие“.

Образцы, взятые С. А. Конради, из соседних обнажений, показывают, что здесь распространены основные пироксеновые андезиты и плагиоклазовые базальты, находящиеся, очевидно, в таком же залегании, как и во всех ранее описанных случаях. На поверхности соседних платообразных возвышенностей опять много пемзовых отложений.

В 1880 г. по просьбе д-ра Б. Дыбовского староста сел. Голыгино привез отсюда Дыбовскому пробу воды. Анализ последней был сделан проф. К. Шмидтом.¹

Перечисленный нами в ионную форму этот анализ следующий (см. табл. 3).

По заметной минерализации и натрово-хлористому составу эти источники близки к Паужетским.

Образец белого натека на камне, взятый С. А. Конради, оказался состоящим из опала с небольшой примесью гипса.

¹ Loc. cit.

ТАБЛИЦА 3
Анализ воды Голыгинских горячих ключей
Т 70°. Аналитик К. Шмидт, 1888 г.

	г/л	мг/экв.	мг/экв. ‰
Rb'	0.0025	—	—
K'	0.0398	1.02	1.2
Na'	0.6976	30.35	34.6
Ca''	0.2078	10.37	11.7
Mg''	0.0299	2.47	2.5
Fe'''	0.0005	—	—
		44.21	50.0
Cl'	1.1946	33.69	40.0
Br'	0.0016	—	—
SO ₄ '	0.2122	4.42	5.2
HCO ₃ ''	0.3050	4.00	4.8
HPO ₄ ''	0.0010	—	—
		42.11	50.0
SiO ₂	0.0882		
Сух. ост.	2.7922		
Уд. вес	1.00219		

9. Штюбелевские горячие источники

Предполагают, что эти источники существуют как производные фумарол на дне кальдеры вулкана Штюбеля. Охотники подтверждают это, указывая, что в кратере имеется теплое озеро, а на восточном склоне — горячие ключи.

Вулкан Ксудач, или, как его называли участники экспедиции Ф. П. Рябушинского, вулкан Штюбеля,¹ представляет, по С. А. Конради, широкую, низкую вулканическую депрессию или

¹ Знаменитый немецкий вулканолог.

кальдеру, поперечник которой около 6,5—7,5 км. Кальдера имеет пологие внешние склоны и крутые внутренние. В центре ее находятся два параллельных утеса — куполообразных выпираний вязкой лавы; к северу от них располагается новый кратер — шлаковая воронка взрыва типа маары, из которого 28 марта 1907 г. было выброшено громадное количество пепла

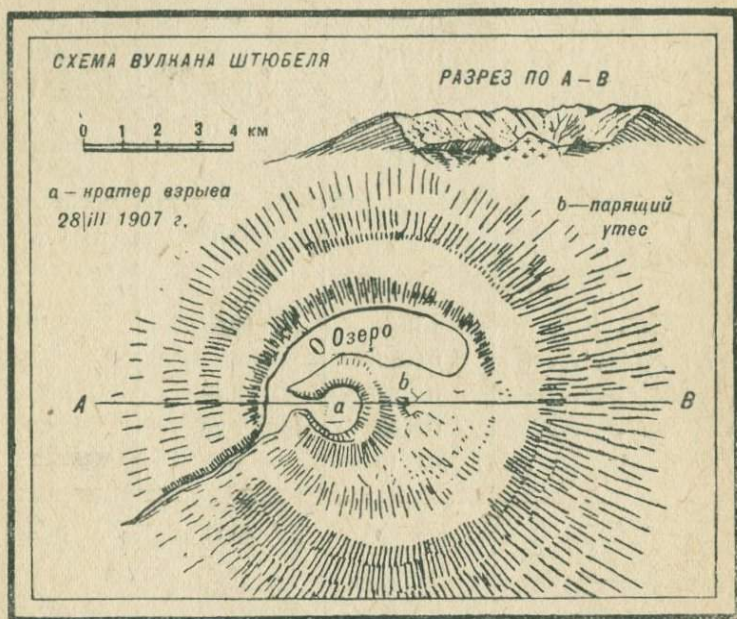


Рис. 6. Кальдера вулкана Штюбеля (по Н. Г. Келлю).

и пемзы.¹ Вдоль северной и восточной стенок кальдеры узкой полосой протянулось озеро.

Вулкан образован из андезитовых и базальтовых лав.

Фумаролы были видны на одном из центральных утесов кальдеры и по внутренним стенкам ее. С. А. Конради указывает, что запаха сероводорода и сернистого газа не чувствовалось; повидимому, выделяются главным образом пары воды и углекислота.

Кроме указываемых охотниками горячих источников на внешнем склоне кальдеры и теплого внутреннего озера, источники, возможно, существуют и на полу кальдеры как производ-

¹ Г. В. Тиррель. Вулканы. Пер. с англ., 1984, стр. 49.

ные грунтовых вод и прогревающих их фумарол. Этого можно ожидать по аналогии с кальдерой вулкана Узон (см. стр. 156 и далее).

10. Хадуткинские горячие источники

Хадуткинские горячие источники располагаются на равном левом берегу р. Хадутки недалеко от подножия второго низ-

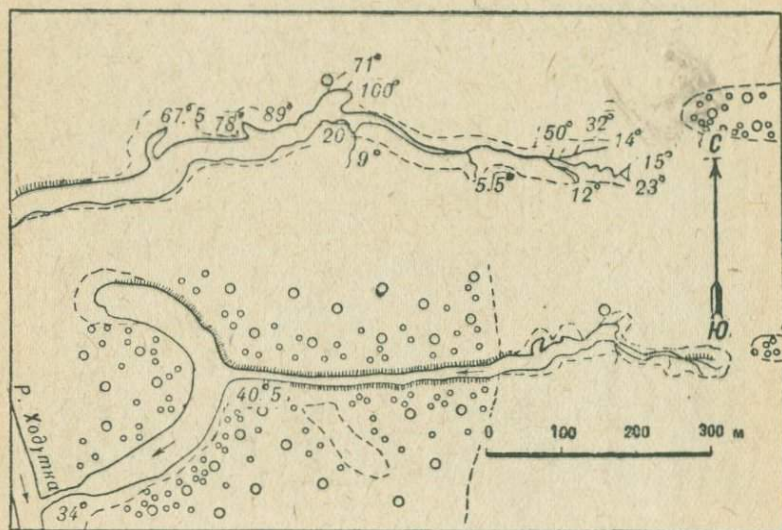


Рис. 7. Плав Хадуткинских горячих ключей (по Н. Г. Келлю).

кого конуса одноименной с рекою сопки. Этому северо-западному конусу вулкана Хадутка участники экспедиции Рябушинского дали название сопка Приемьш. Высота места источников, по Е. Hulten'у, 350 м.

Выходы горячих вод сосредоточены вдоль берегов и русел двух термальных речек, имеющих каждая длину около 1 км и впадающих обе в р. Хадутку. Форма и расположение их показаны на рис. 7.

На правом берегу верхней горячей речки, находится самый мощный грифон группы, изливающий по Е. Hulten'у 250 л в секунду, т. е. 21.5 млн. л в сутки. Температура воды в нем 100°, а на небольшой глубине от поверхности 101° (устное сообщение Н. Г. Келля). Принимая во внимание высоту местности,

вода здесь явно перегрета, поэтому неудивительно, что периодами она как в гейзере выбрасывается кверху (по Е. Hulten'у, на высоту до $1\frac{1}{2}$ м). Над этим грифоном стоит постоянно высокий столб пара.

Остальные грифоны более мелкие, и вода в них менее нагрета. Общий сток отсюда должен быть исключительно громадным. Можно вполне согласиться с Е. Hulten'ом, что эти источники — единственные на Камчатке по величине своего дебита.



Рис. 8. Главный грифон Хадуткиных горячих ключей.
Фот. Н. Г. Келля.

Район, где они находятся, — типично вулканический. Ближайшим вулканом, как было сказано, является сопка Хадутка. По другую сторону реки простирается лавовое плато с сидящими на нем малыми и большими безыменными вулканическими конусами; судя по образцам из коллекции С. А. Конради, все они образованы из основных лав (андезитов и базальтов). Существование горячих ключей и их необыкновенная сила несомненно имеют здесь ту же причину, которая заставляет действовать и вулканы.

11. Саванские горячие источники

Саванские горячие источники находятся на южном берегу р. Саван, в том месте, где соединяются ее два главных истока.

Высота места 110 м. Известны только со слов охотников и упоминаются посетившим их Е. Hulten'ом. Последний сообщает только, что два главных ключа, один из них с температурой 73°, вытекают из скалы.

Долина р. Саван врезана здесь в лавовое плато, на котором находится много мелких вулканических конусов (повидимому, главным образом шлаковых). Истоки этой реки как раз находятся в том месте, которое геологическим отрядом экспедиции Рябушинского было названо областью конусов.

Саванские горячие источники, как и Хадуткинские и нижеописываемые Опальские, находящиеся в одинаковых геологических условиях и территориально достаточно близкие друг к другу, повидимому, близки между собою и по составу воды. Возможно, что они того же типа, что и Голыгинские.

12. Асачинские горячие источники

Находятся в широкой болотистой долине р. Асачи, в среднем течении ее, на правом берегу. Известны только со слов охотников.

Судя по неопубликованным материалам Г. А. Дягилева,¹ вдоль берега океана, около устья р. Асачи, обнажается серия дислоцированных туфогенных отложений, вероятно, третичного возраста, которые дальше вглубь страны покрываются более юными лавами, образующими доли, т. е. разрезанное реками плато.

13. Опальские горячие источники

В верхнем течении р. Опалы, на левом берегу левого истока ее, который берет начало на склоне вулкана Горелый хребет, выходят Опальские горячие источники. Рядом находится вулкан Асача. Высота места 280 м. Е. Hulten указывает, что до его поездки ключи не были известны жителям.

Кроме карточки с расположением источников (рис. 9) и упоминания, что они находятся на равнине среди березового леса, ничего нового не дает и Hulten. Правда, указывается еще температура, равная 74° С.

¹ Коллекции, хранящиеся в Центральном геологическом музее.

На карте (рис. 9) показан лавовый поток, заполнивший ложе долины. Судя по пояснениям к фотграфиям Н. Г. Келля,¹ такие потоки (очень свежие), часто встречающиеся в этой долине, были излиты из кальдеры Горелого хребта. Поток, дошедший до горячих источников, очевидно, оттуда же.

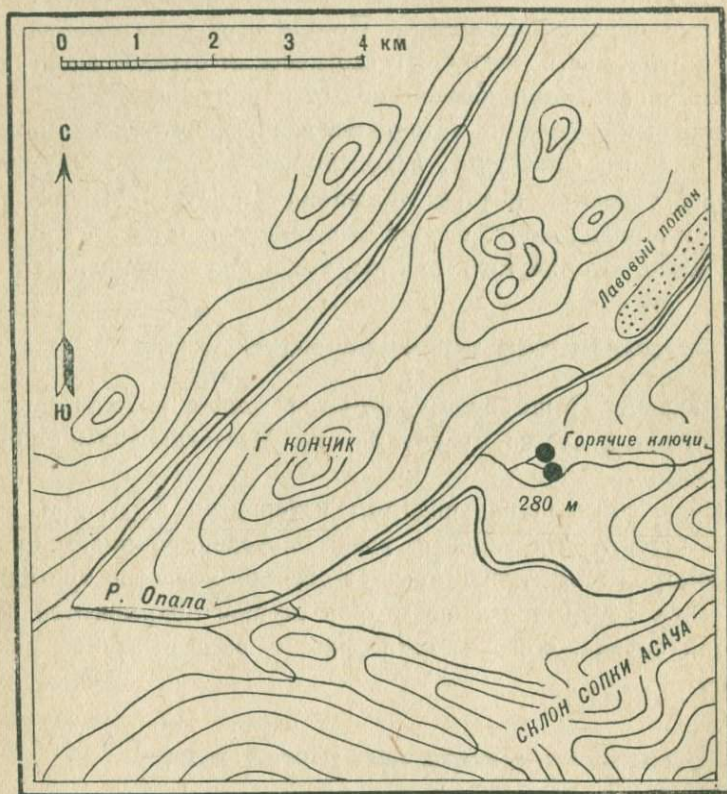


Рис. 9. Схематический план окрестностей Опальских горячих ключей (по Е. Hulten'y).

Топографически и геологически окрестности рассматриваемых источников, повидимому, такие же, как и в случае только-что перечисленных горячих источников.

14. Карымчинские горячие источники

Источники эти находятся в области истоков р. Карымчины, где вдоль соединившегося русла правого и среднего истоков

¹ Н. Г. Келль. Карта вулканов Камчатки. Л., 1926.

реки они протягиваются на расстояние около 4 км, располагаясь по ту и другую стороны реки. Абсолютная высота места около 400 м. Довольно подробно описываются д-ром Тюшовым¹ и вскользь, как обычно у этого автора, упоминаются Е. Hul-ten'ом.² Сжатое описание источников по Тюшову дается А. П. Герасимовым.³

Полоса вдоль берега реки, где разбросаны источники, характерна присутствием голых теплых площадок, которые зимою остаются свободными от снега. На этих площадках обычно и располагаются выходы термальной воды. Из грифонов вода собирается в ручейки, которые тут же или на некотором протяжении (до $1\frac{1}{2}$ км) впадают в реку. Местами встречаются теплые сточные бассейны (шагов до 30 в диаметре). Вдоль правого берега реки тянется невысокий, но крутосклонный увал, в отдельных местах которого встречаются горизонтальные отверстия (диаметром до 1 фута) с выделяющимся кое-где из них горячими парами; из некоторых выбегает тонкими струйками горячая вода, но большинство из них не деятельны.

Примерно в 1 км к северу от долины находится еще небольшая группка горячих ключей.

Несмотря на громадные размеры площади, дебит ее, по определению Hul-ten'a ничтожный. Максимальная температура воды здесь была, по Hul-ten'у 76°C , а почвы нагретых площадок — 47°C . Тюшов приводит максимальную температуру только 65°C .

По определению Тюшова, вода этих ключей сильно пахнет сероводородом; опущенная в один из ключей серебряная монета быстро почернела.

Геологических данных, касающихся этой местности, нет. Если же основываться на геологическом строении местности, лежащей отсюда в 10 км к северу — в верховьях р. Банной, где в 1934 г. автор очерка изучал Банные горячие ключи, то можно высказать некоторые предположения и о геологических условиях выхода Карымчинских источников. Мы полагаем, что они близки к таковым же Банных ключей.

¹ В. Н. Тюшов. По западному берегу Камчатки. Зап. Русск. геогр. общ., т. 37, № 2, 1906, стр. 105.

² Loc. cit.

³ А. П. Герасимов. Минеральные воды. Акад. Наук. КЕПС, т. IV, вып. 40, 1918, стр. 110.

В верховьях р. Банной местность сложена в основном из дислоцированных, предположительно, меловых, авгитовых порфиритов и частью их туфов, которые прорваны и в контактах метаморфизованы, предположительно, палеогеновым диоритом. На размытой поверхности этих пород, по вершинам окружающих долину гор, в виде вытянутых куполообразных тел встречается выжатая свежая риолитовая масса. Корни этих экструзий, в виде пересекающих древние породы жил риолита, можно встретить на склонах поперечных к линиям экструзии боковых долин. Остальные места древней поверхности одеты мощным покровом риолитовых туфов. Дикая скалистая форма риолитовых гребней (интенсивно разрушающихся) здесь весьма характерна; некоторые такие пильчатые вершины были видны на юге как-раз в районе Карымчинских горячих ключей.

Если здесь картина похожа на Банные ключи, то отличие только в том, что тут где-то рядом должна проходить граница того обширного платообразного покрова андезитов и базальтов, который распространен на большей части территории южной Камчатки.

Исходя из близости предполагаемых геологических условий Карымчинских источников к таковым же Банным, можно думать, что источники близки между собою и по минерализации, солевому составу и связи с риолитовыми экструзиями.

15. Жировые горячие источники

Жировые горячие источники находятся в долине р. Жировой, на расстоянии примерно 8 км от устья, вблизи Вилучинской сопки.

По сообщениям охотников источники представляют очень горячие бьющие ключи типа Больших Банных. Вытекают из андезитов, местами сильно каолинизированных и превращенных в цветные глины. Вода имеет чувствительный запах сероводорода.

Весьма вероятно, что ключи действительно аналогичны Банным и родственным им термам, так как вблизи имеются выходы риолитов (по материалам С. А. Конради), вода содержит сероводород и ключи очень активны.

16. Вилючинские теплые источники

Эти ключи располагаются в долине р. Вилючик, лежащей сразу же к северу от р. Жировой, еще ближе к Вилючинской сопке. Расстояние до них от устья реки примерно тоже около 6—8 км.

По сообщению местных жителей, источники слабые. Вытекают из заболоченных с поверхности аллювиальных отложений.

Повидимому, они близки к Жировым, а вместе с ними к типу ключей, связанных с риолитовыми экструзиями.

17. Верхне-Паратунские горячие ключи

Верхне-Паратунские горячие ключи находятся в верховьях р. Паратунки, в развилке ее и р. Карымщины, примерно в 20 км от селения Паратунка. От Петропавловска до этих источников около 50 км. Высота ложа долины здесь около 100 м над ур. м.

Описание источников мы находим у Карла Дитмара,¹ Б. Дыбовского,² К. Богдановича,³ В. Л. Комарова,⁴ С. А. Конради,⁵ E. Hulten.⁶ Наиболее подробно ключи были изучены в 1934 г. автором настоящего очерка.

Долина р. Паратунки около источников прокладывает свой путь среди остроконечных горных возвышенностей, поднимающихся над уровнем моря до 700—800 м. Эти возвышенности составляют восточное предгорье близко подошедшего сюда водораздельного хребта полуострова (Быстринский хребет). Вблизи источников наиболее высокими вершинами являются г. Бархатная, г. Отдельная (или иногда ее называют Горячая) и г. Бабий камень. У подножия г. Отдельной, располагающейся в развилке р. Карымщины и р. Паратунки, выходят горячие источники.

¹ Карл Дитмар. Поездки и пребывание в Камчатке в 1851—1855 гг. ч. I, 1901, стр. 596.

² K. Schmidt, loc. cit.

³ K. Bogdanowitsch. Geologische Skizze von Kamtschatka, 1904, S. 27—28.

⁴ В. Л. Комаров. Путешествие по Камчатке. Камчатская экспедиция Ф. П. Рябушинского. Ботанический отдел, т. I, 1, 1912.

⁵ С. А. Конради. Неопубликованные дневники.

⁶ Loc. cit.

Тальвег долины широкий, часто болотистый и почти весь зарос тальником. Склоны долины вогнутые, а подошва их обрывается в тальвег крутым 10—15-метровым обрывом. Наличие висячих долин, форма склонов и существование в тальвеге только одной террасы указывает, что в образовании долины, вероятно, принимали участие и ледники.

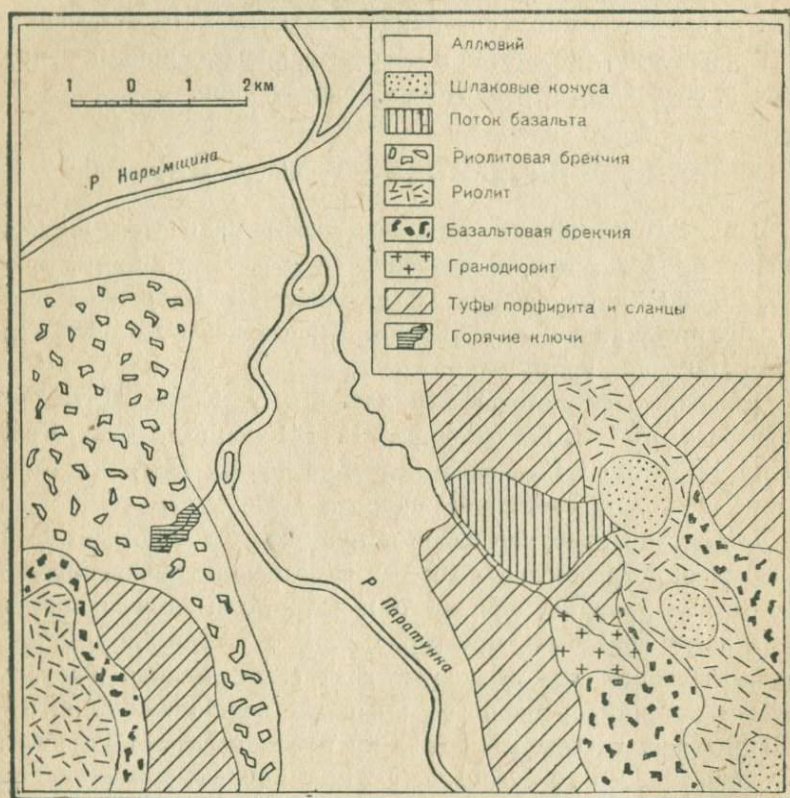


Рис. 10. Геологическая карточка Верхне-Паратунских горячих ключей.

Наиболее древними породами, предположительно, меловыми, являются разложившиеся авгитовые и лабрадоровые порфириды и их туфы. В сильно дислоцированную толщу их в массиве г. Бархатной внедрено тело амфиболово-биотитового гранодиорита, в контакте с которым вмещающие его туфы превращены в роговики. Прорывая гранодиорит, а в массиве г. Отдельной — древние порфириды, по вершинам этих двух гор выступают

риолиты. Имеется указание В. Л. Комарова, что ими же сложена вершина г. Бабий камень. Скалистые массы риолита во многих местах имеют вертикально ориентированную флюидальную струйчатость, что указывает на выпирание их в вязком состоянии из трещины или цилиндрического канала, т. е. на куполообразную форму залегания их. По Н. Williams'у,¹ их нужно рассматривать как эндогенные купола. На г. Отдельной и на склоне г. Бархатной между риолитом и поверхностью вмещающих их пород имеется слой черных базальтовых брекчий, очевидно, более древних чем риолит. Подножие г. Отдельной во многих местах одето как бы мантией розовых риолитовых брекчий, должных, повидимому, представлять так наз. brèches d'écroulement (А. Lacroix, Н. Williams), т. е. первичные брек-

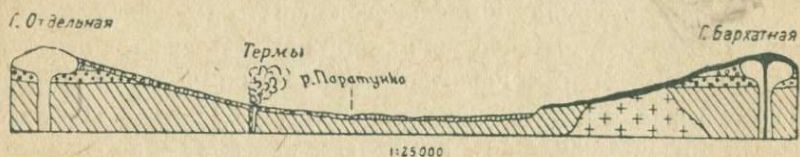


Рис. 11. Схематический разрез у Верхне-Паратунских горячих ключей. Косая штриховка — древние вулканогенные породы; крестики — гранодиорит; черные кружочки — базальтовая брекчия; белое — риолит; белые кружочки — риолитовая брекчия; черное — базальт.

чи, образующиеся вследствие разламывания выступающей на поверхность риолитовой массы. Из этих брекчий здесь бьют горячие ключи.

Самым молодым изверженным продуктом местности является базальт, образующий целый ряд шлаковых конусов, сидящих на риолитовых куполах массива г. Бархатной. Наиболее крупным шлаковым конусом является сама г. Бархатная, название которой отмечает ровность поверхности конуса и темнопурпурово-красный цвет образующих его базальтовых шлаков. Из этого конуса в долину р. Паратунки излился широкий поток серого оливинового базальта, который застыл, немного не дойдя до тальвега долины. Сейчас поток зарос ольховыми кустарниками.

Горячие источники здесь, очевидно, связаны с экструзией риолита г. Отдельной. В этом отношении, как и по всем другим

¹ Н. Williams. The History and Character of Volcanic Domes. Univ. Cal. Publ. Bull. Depart. Geol. Sci., vol. 21, № 5, 1932.

свойствам, они близки к Банным и Начикинским горячим ключам.

Выходы горячих вод находятся на склоне горы, среди ольховых сланцев, на высоте около 70 м над тальвегом. Горячая вода, выбивающаяся из розовых риолитовых брекчий, стекает вниз по склону, отдельными дымящимися ручейками, которые внизу на тальвеге или просачиваются в наносы, или сливаются в общий ручеек, впадающий в р. Паратунку. Руслу ручейков каменистые; берега их окаймлены бордюром темно-зеленых термофильных водорослей, а дальше травой. Один из средних горячих ручьев, на участке с горизонтальным руслом подпружен двумя бревнами, а в нем устроена охотниками из Паратунки примитивная ванна.

Отдельных групп выходов горячей воды здесь можно насчитать четыре. Наибольшим из них является группа № 2. Хорошо выраженных грифонов нет: вода обычно выбивается тонкими струйками из мелких трещин в брекчиях. В одних местах брекчии обнажены, а в других заросли темнозелеными слизистыми термофильными водорослями. Встречающиеся вокруг грифонов камни покрыты белыми выпцветами гипса, смешанного с опалом.

Общий суточный сток из первой группы, измеренный по расходу воды в ручейке тут же недалеко от грифонов, оказался равным 130 тыс. л. Наибольший грифон давал 14 тыс. л в сутки. Температуры воды, измеренные 27 октября 1934 г. при температуре воздуха $+7^{\circ}\text{C}$, были следующие: самый верхний грифон $46^{\circ}5$, а три нижележащих и рядом расположенных $69^{\circ}2$, $58^{\circ}6$ и $65^{\circ}5$. В общем стоке, тут же недалеко от выходов, температура была $52^{\circ}8$.

Вторая группа начинается так же, как и предыдущая небольшими выходами в вершинках двух крошечных логов. Температуры здесь 61.6 и $47^{\circ}5$. Немного ниже, у соединения этих логов, выходят наиболее мощные и высокотемпературные струи горячей воды. У южного грифона температура была $70^{\circ}4$ а у северного $69^{\circ}5$. Вода по выходе из брекчии, сливается в общий бурный ручей, по берегам которого располагается еще ряд выходов, но незначительных. Температуры здесь были (сверху вниз): 69.6 , 30.0 , 59.8 , 22.6 , 54.2 , 55.6 и $64^{\circ}3$ (при $+11^{\circ}0$ на воздухе). Температура воды в нижерасположенной „ванне“ была $40^{\circ}8$. Количество воды, вытекающей из ванны с этой

температурой, оказалось равным 1.3 млн. л в сутки. Несомненно, в русле ручейка имеются еще выходы воды.

Третья группа имела только 5 видимых грифонов с температурами 38.3, 24.6, 12.5, 54.3 и 45.7 (сверху вниз). Общий характер этого лога и ее грифонов тот же, что и у других. Коли-



Рис. 12. Общий вид Верхне-Паратунских горячих ключей.

чество вытекающей отсюда в сутки воды было равно 180 тыс. л со средней температурой 53°.

Четвертая группа выходов располагается южнее и ниже первых. В истоках водосборного ручейка группы, температуры грифонов были: 43.7, 46.4, 46.8 и 40.3; немного ниже, уже в самом ручейке 23.2 и 17.4. Дебит не подсчитывался.

Таким образом общий суточный дебит источников примерно можно считать равным 1.7—1.8 млн. л. Максимальная температура воды 70.4.

Вода изумительно чистая, бесцветная и не противная на вкус; чувствуется едва уловимый запах сероводорода. Реакция воды нейтральная: измеренная на месте рН оказалась равным 7.0. Радиоактивность, измеренная на следующий день после взятия пробы, имела величину 3.4 ед. Махе. Если радиоактив-

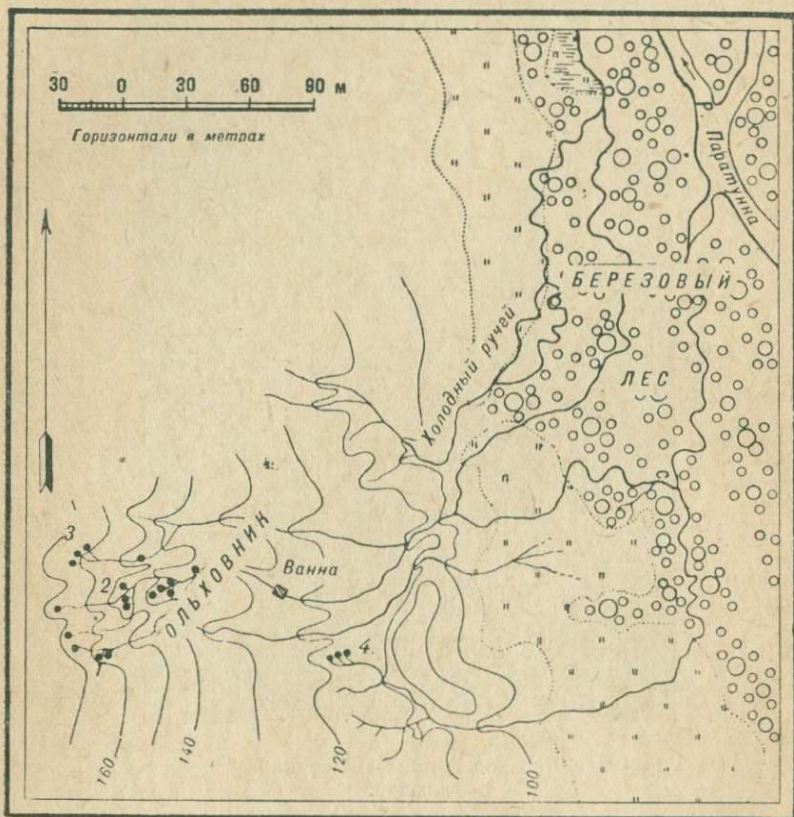


Рис. 13. План Верхне-Паратунских горячих ключей.

ность измерялась бы тут же на месте, то она, вероятно, была бы выше, так как мы полагаем, что она здесь эманационная как и в других термах, родственных рассматриваемым (М. и Б. Банные, Средне- и Нижне-Паратунские, Малкинские и Начикинские).

Газ здесь выделялся весьма слабо, и пробу его взять не удалось. Сравнивая опять с упомянутыми термами, мы полагаем, что и здесь газ должен быть чистым азотом.

ТАБЛИЦА 4

Анализ Верхне-Паратунских горячих ключей

Грифон № 2 (главный), группа 2. Т 69°С. Аналитик А. А. Резников, 1934 г.

	г/л	мг/экв.	мг/экв. ‰
NH ₄	есть	—	—
Na	0.2240	9.77	35.2
K	0.0051	0.13	0.5
Ca	0.0760	3.80	13.3
Mg	0.0080	2.25	1.0
Mo	ничт. следы ¹	—	—
Sb	0.0000 п ¹	—	—
Zn + Mn	0.0001 ¹	—	—
		13.95	50.0
Cl ^I	0.1132	3.20	11.4
Br ^I	не обн.	—	—
I ^I	"	—	—
SO ₄ ^{II}	0.4941	10.30	36.7
HCO ₃ ^I	0.0180	0.30	1.3
CO ₃ ^{II}	0.0040	0.15	0.6
NO ₂ ^I	нет	—	—
NO ₃ ^I	"	—	—
HAsO ₄ ^{II}	0.00022 ¹	—	—
		13.95	50.0
Fe ₂ O ₃	0.0001		
H ₂ SiO ₃	0.065		
pH	6.8		
H _н ^о общ.	11.3		
Сух. ост.	0.990		

¹ Определения В. Е. Кутейникова.

Обращаясь к анализу воды (табл. 4) мы видим, что в составе ее преобладают ионы натрия и сульфата и имеют существенное значение ионы кальция и хлора, минерализация незначительная, т. е. воду по возможному солевому составу можно определить как маломинерализованную солено-гипсово-глауберовую.

Довольно заметно эта вода отличается от территориально-близких терм не только Паратунки, но и Малкинско-Начикинского района своим относительно повышенным содержанием гидромышьякового иона. Повышенное содержание мышьяка здесь сближает эти термины с более или менее родственными водами Малых Банных ключей и Семьячинских. Оба последние пользуются у местного населения исключительной известностью из-за их лечебных свойств. Быть может, аналогичного же типа термы, но не распознанные жителями, мы имеем и здесь, полагая, что причина высокого лечебного эффекта лежит в мышьяке? Правда, здесь почти нет гидрокарбонатной, и, нужно думать, свободной, углекислоты, которой как-раз много в упомянутых горячих ключах. Неизвестно, из чего исходил д-р Б. Дыбовский, но он тоже полагал, что ключ Вимута, как он называл наши горячие источники,¹ более эффективен в терапевтическом отношении чем его ключ Серебряникова на Нижне-Паратунских горячих источниках.

Как на одни из близких и наиболее доступных из г. Петропавловска горячих источников, на них, повидимому, следует обратить внимание и, быть может, предпочесть в качестве лечебного места Нижне-Паратунским горячим ключам.

Из населенных мест сюда можно попасть только одним путем — вверх по долине р. Паратунки. Из селения Паратунка по левому берегу реки сюда ведет тропа, которая пролегает большей частью по сухому березняку, но местами и по мокрому болоту. Торная тропа доходит до верхних рыбалок паратунских жителей, находящихся в 12 км от селения, а дальше к ключам тропа едва заметна и во многих местах отсутствует. В одном месте, по броду, необходимо переехать р. Карымщину.

В заключение, с целью дать некоторое представление о постоянстве температурного режима ключей по данным прежних исследователей, приведем следующую таблицу максимальных температур:

¹ В честь д-ра Юлия Вимута, долго работавшего на Камчатке.

ТАБЛИЦА 5

Температуры Верхне-Паратунских терм по разным исследователям

Исследователь	Дата	Температура	
		грифона	воздуха
К. Дитмар	23 VIII 1854 г.	70	+14
Б. Дыбовский	—	50 ¹	—
К. Богданович	зима 1898 г.	80 ¹	—
В. Комаров	23 VI 1908 г.	70.8	—
С. Конради	—	70.2	—
Е. Hulten	зима 1920 г.	71	—
Б. Пийп	27 X 1934 г.	70.4	+7

18. Средне-Паратунские горячие ключи

Средне-Паратунские горячие ключи располагаются в 6 км вверх от селения Паратунка, на так наз. „острове“. Последний представляет часть болотистого тальвега Паратунки, заключенную между двумя длинными рукавами этой реки. „Остров“ начинается у устья р. Карымщины и оканчивается у самого селения. Размеры этого „острова“ таким образом 14 км в длину и $1\frac{1}{2}$ —2 км в ширину.

Источники впервые упоминаются К. Дитмаром.² Дыбовский³ как-будто бы говорит о них же („на правой стороне долины, недалеко от реки“) указывая, что они были найдены в 1880 г. Гавриилом Подпругиным. Упоминает их также Е. Hulten⁴ и приводит план их расположения. Довольно подробно, под именем „горячих ключей“ описывают их П. Т. Новограбленов и Ю. Н. Кель,⁵ сотрудники экспедиции проф. А. Н. Заварицкого. С. К. Косманом сделаны два предварительных химических анализа. В 1934 г. источники были осмотрены автором настоящего очерка.

¹ Сомнительные измерения. Дыбовский на этих ключах не был, а Богданович, повидимому, неверно измерил, или термометр „врал“.

² Loc. cit., стр. 592 и 596.

³ K. Schmidt, loc. cit.

⁴ Loc. cit.

⁵ Рукопись.

Горячая вода выходит здесь тонкими струйками на левом берегу болотистой речки, впадающей вскоре же в левый рукав Паратунки. Эта довольно глубокая с крутыми песчанистыми берегами речка вытекает из недалеко здесь находящегося осокового болота и около источников прорезает чащу тальников. Источники очень слабые.

Расположение источников и температуры их показаны на рис. 14. Грифонов ясно выраженных нет: вода тонкими струй-

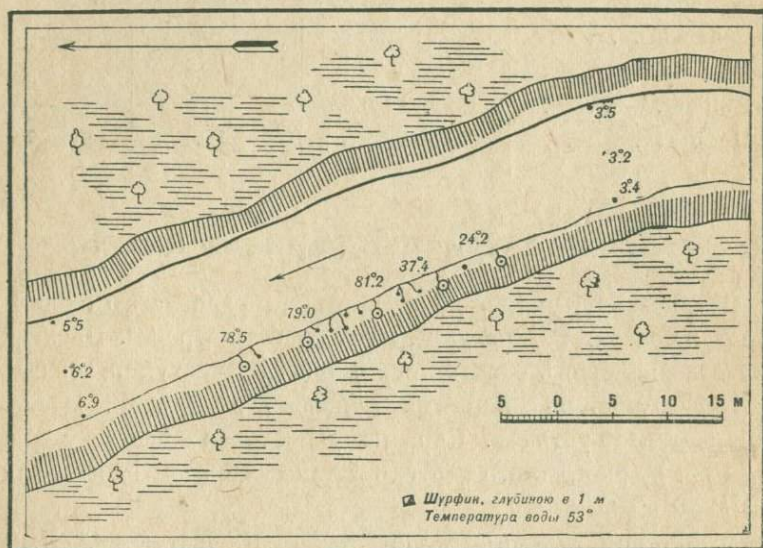


Рис. 14. Схематический план Средне-Паратунских горячих ключей.

ками, чаще едва сочась, выходит из слизистых пленок термофильных водорослей и тут же вливается в холодную речку. Примерно в 15 м от речки была выкопана небольшая яма, в которой вскоре же появилась вода с температурой 53° . Очевидно, выходы вдоль берега речки не единственные на этой площади. Видимый их дебит ничтожный, вряд ли более 50 000 л в сутки. Максимальная температура 28 октября 1934 г., при температуре воздуха $+6^{\circ}$ была 81.2° . П. Т. Новограбленов и Ю. Н. Келль указывают максимальную температуру 81.5° (при температуре воздуха $+14.2^{\circ}$ VII 1931).

Выделяющиеся пузырьки газа издают легкий запах сероводорода. Вода сама по себе исключительно прозрачная, бесцветная, имеет слегка горько-солончатый вкус и слабый запах

сероводорода. Реакция воды нейтральная; рН = 7.0. Радиоактивность равна 0.7 ед. Махе на литр, повидимому, эманационная.

ТАБЛИЦА 6

Анализ Средне-Паратунских ключей

Грифон с температурой 79° (рис. 14) Аналитик А. А. Резников, 1934 г.

	г/л	мг/экв.	мг/экв. ‰
NH ₄ '	есть	—	—
Na'	0.2260	9.85	33.4
K'	0.0089	0.10	0.8
Ca''	0.0920	4.60	15.6
Mg''	0.0024	0.20	0.7
		14.75	0.530
Cl'	0.0530	1.50	5.1
Br'	не обн.	—	—
I'	"	—	—
SO ₄ ''	0.6170	12.85	43.5
HCO ₃ '	0.0120	0.20	0.7
CO ₃ '	0.0060	0.20	0.7
NO ₃ '	нет	—	—
NO ₂ '	есть	—	—
		14.75	50.0
Fe ₂ O ₃	0.0005		
H ₂ SiO ₃	0.078		
рН	6.6		
H _н ^о общ.	13.4		
Сух. ост.	1.060		

По химическому составу (табл. 6) вода исключительно близка к воде Нижне-Паратунских горячих источников, а в целом относится к тому же типу акратотерм, что и Банные, Начкинские, Малкинские и все Паратунские, т. е. представляет

маломинерализованную, слабо сероводородную, натрово-сульфатную воду, но в данном случае как и в Нижне-Паратунских ключах дополненную еще и заметным количеством иона кальция.

В заключение необходимо отметить, что геологическая обстановка этих горячих ключей, ниже мощного аллювиального покрова тальвега, вероятно, та же, что и у близких отсюда Нижне-Паратунских ключей, т. е. под аллювием, предположительно, располагается толща горизонтально лежащих перемытых третичных туфов, которые залегают на размытой поверхности более древних порфиров и их туфов.

Практическое значение эти источники, в силу их ничтожных размеров и расположения в сырой, заросшей тальником пойменной части тальвега, вдали от сухого подножия склона долины, вряд ли будут иметь.

19. Нижне-Паратунские горячие ключи

Нижне-Паратунские горячие ключи располагаются у одноименного с ними селения, у подножия левобережной террасы. р. Паратунки. Высота места 30 м над ур. м.

Это одни из известнейших камчатских горячих ключей. Объясняется это близостью их к г. Петропавловску и сравнительно легкой доступностью. Впервые упоминаются Лангсдорфом¹ в 1808 г. Во времена Крашенинникова (1735—1738 гг.) и даже Сарычева (1790) они, очевидно, не были еще известны русским, так как названные исследователи не упоминают этих источников. Впервые, в 1822 г. их посетил и описал капитан Шабельский.² Впоследствии, в течение 1851—1854 гг. на них много раз бывал К. Дитмар.³ Подробно эти источники описывает д-р Б. Дыбовский, а К. Шмидт приводит три сделанных им полных химических анализа.⁴ Несколько слов о них сообщает нам д-р Слюнин,⁵ бывший здесь в 1898 г. Отметив, что

¹ G. H. Langsdorff. Bemerkungen auf einer Reise in den Jahren 1803 bis 1807. Frankfurt a/M. 1812.

² A. Schabelski. Voyage aux colonies russes de l'Amérique fait à bord du Sloop de guerre l'Appolon etc. St. Pétersbourg, 1886.

³ Loc. cit., стр. 397, 591, 592.

⁴ K. Schmidt, loc. cit.

⁵ Н. В. Слюнин. Охотско-Камчатский край. 1900.

долина Паратунки представляет термальную линию, упоминает эти ключи и проф. К. И. Богданович.¹ Относительно подробно источники описываются участниками экспедиции Ф. П. Рябушинского: В. Л. Комаровым,² П. Ю. Шмидтом,³ В. Н. Лебедевым⁴ и В. А. Власовым.⁵ В. Н. Лебедев приводит два химических анализа воды. Упоминает источники и Е. Hulten.⁶ Наиболее подробно до нас эти источники исследовали сотрудники экспедиции проф. А. Н. Заварицкого: П. Т. Новограбленов, Ю. Н. Келль, С. К. Косман, и Л. Н. Добрецов.⁷ Первые два описали источники, С. К. Косман произвел 10 предварительных химических анализов воды, а Л. Н. Добрецов впервые на Камчатке произвел измерение радиоактивности источников. В 1934 г. источники были относительно подробно изучены автором настоящего очерка.

Долина р. Паратунки около источников имеет широкую, до 4 км, мокрую болотистую пойму, которая у селения переходит в довольно высокую террасу, покрытую березовым лесом. Ширина тальвега в этом месте около 6—7 км. С левой стороны долину окаймляет невысокий хребет, а справа — низкие беспорядочно сгруппированные лесистые возвышенности, отделяющие этот участок долины от Авачинской губы. Книзу долина еще более расширяется и вскоре болотистой равниной впадает в Авачинскую губу.

В селение Паратунку из Петропавловска можно попасть несколькими путями: 1) по суше через сел. Елизово и Николаевку, расстояние 60 км; 2) тоже по суше, но зимою, через замерзшие болотистые дельты р. Авачи и р. Паратунки ездят обычно на собаках; расстояние здесь около 40 км; наконец наиболее удобный и скорый путь, но только не зимою — это на катере через Авачинскую губу (20 км — примерно около часа езды) до поселка Старая Тарья на северном берегу Тарьян-

¹ Лос. cit., стр. 27—28.

² Лос. cit., стр. 43—45.

³ П. Ю. Шмидт. Камчатская экспедиция Ф. П. Рябушинского. Зоологический отдел, т. I, 1916.

⁴ В. Н. Лебедев. Камчатская экспедиция Ф. П. Рябушинского. Зоологический отдел, т. II, ч. II, 1918 г.

⁵ В. А. Власов. Камчатская экспедиция Ф. П. Рябушинского. Метеорологический отдел, т. I, 1916.

⁶ Лос. cit.

⁷ Рукопись.

ской бухты, отсюда пешком или на лошади по тропе до селения (12 км); у самого селения через р. Паратунку построен мост.

Геологических данных о районе источников у нас мало. Те небольшие экскурсии, которые удалось сделать автору настоящего очерка, показали следующее: склоны левобережного хребта долины сложены из плотных, грязнозеленых литоидных туфов порфирита и самого порфирита, местами порядочно эпидотизированных, которые все в своей массе сильно дислоцированы. Они во многом напоминают породы Быстринского хребта в окрестностях сел. Начики и около Начикинского озера. Повидимому, это та же предположительно меловая вулканогенная толща, что и там. На возвышенностях правого берега долины, в частности по берегам Ближнего и Дальнего озер, вдоль которых проходит тропа к Тарьинской бухте, обнаруживаются почти горизонтально лежащие слоистые туфовые породы, которые, повидимому, имеют неогеновый возраст. Толща эта, судя по гипсометрическому положению ее, уходит под аллювиальное ложе долины Паратунки, где покрывает размытую поверхность палеотипных туфов. Терминальные части правобережных возвышенностей сложены из базальтов; последние залегают на туфах и представляют, вероятно, какой-то размытый мощный покров. Возвышенность, окаймляющая северный берег Тарьинской бухты, образована из мощного, почти 100-метрового покрова грубопорфирового плагиоклазового базальта (вкрапленники до 2—3 см), лежащего на туфо-брекчии того же состава (подстилающая аггломератовая лава). Последняя находится уже на уровне воды.

Повидимому, в прошлые геологические времена залив достигал левобережного хребта долины. Пирокластический материал происходящих вулканических извержений отлагался в отсортированном виде на дне этого залива, и в результате накопления этого материала образовались горизонтально лежащие перекрытые туфы. На обмелевшее дно залива впоследствии были излиты мощные покровы базальтов. Возможно, все это затем было поднято вверх и в дальнейшем частями размыто.

Паратунские ключи являются третьими из лежащих в долине горячих источников. Кроме них, жители указывают еще много мест, обнаруживающих признаки термальных явлений, напр., разного рода теплые пески, незамерзающие оверки и т. д. Все

они удивительно совпадают с одним общим направлением, отвечающим вытянутости долины и невольно наводят на мысль о какой-то общей им всем тектонической термальной линии. Предположение о последней высказал уже К. И. Богданович (loc. cit., стр. 27). Вероятность ее подкрепляется еще тем, что она отвечает тем общим северо-северо-восточным линиям, которые так характерны в расположении групп вулканов и в дисло-



Рис. 15. Сел. Паратунка несколько выше выхода горячих ключей.

кации всех геологических образований Камчатки. Возможно, выходы горячих вод приурочены к тем пунктам, где указанная северо-северо-восточная линия разлома пересекается более короткими поперечными северо-западными разломами. Для Верхне-Паратунских ключей такой северо-западный разлом может быть прослежен по риолитовым экструзиям, несомненно тянущимся полосой от Верхне-Паратунских ключей в истоки р. Банной.

Вода Нижне-Паратунских источников, как и состав газа близки к упомянутым Верхне-Паратунским, Банным и Начкинским горячим источникам, связанным с гранодиорито-рио-

литовыми изверженными массами. Не имеют ли такой связи с этими кислыми породами и Нижне-Паратунские источники?

Выходы горячих вод здесь располагаются в пойменном участке долины, почти у самого подножия террасы, на которой находится селение. Последнее и ключевая площадь разделяются пополам холодным ручьем Коркиным, который течет сюда со склона левобережного хребта. Ниже селения, приняв стоки горячих вод, речка эта носит уже название Хайковой.

Грифонов, ясно обозначенных, нет. Вода выходит мелкими, слабыми струйками из ямок в песчано-галечниковой почве, или реже, прямо из растительного перегнойного болота, делая последний участок термальным. Территориально здесь можно наметить четыре группы выходов термальных вод: одна группа находится на правом берегу речки Хайковая-Коркин, а три остальные — на левом берегу; из последних две значительно удалены в сторону.

Группа № I. Выходы воды располагаются по правому берегу р. Коркин, где они образуют между поймой и первой террасой самостоятельный горячий ручей. Последний был назван д-ром Дыбовским ключем Завойко. Большая часть выходов воды находится, по видимому, на дне его; видимых выходов немного, и все они располагаются по левому берегу ручья. Дно и стенки его обросли темнозелеными теплолюбивыми водорослями; со дна местами выделяются пузырьки газа. Другие грифоны представляют затоптанные ямки в галечнике, из которых выходят крошечные струйки горячей воды. Места их отмечаются темнозелеными водорослями и белыми выпцветами солей на ближайших камушках.

Значения температур здесь, как видно из таблицы, колеблются от 47.9 до 51.0. По видимому, тут на дне ручья имеется тот единственный выход с температурой 81°, который указывает д-р Дыбовский. Довольно высокую температуру, максимальную для ключей, здесь нашли также и П. Т. Новограбленов и Ю. Н. Келль (61.6). Суточный дебит всей группы со средней температурой 44.5 оказался равным 806 400 л.

У заворота горячего ручья, на поверхности первой террасы почва слегка нагрета, в силу чего здесь устроен колхозный парниковый огород.

Группа № II выходов располагается полосой вдоль левого берега рч. Хайковой. Самый верхний выход (№ II—4) нахо-

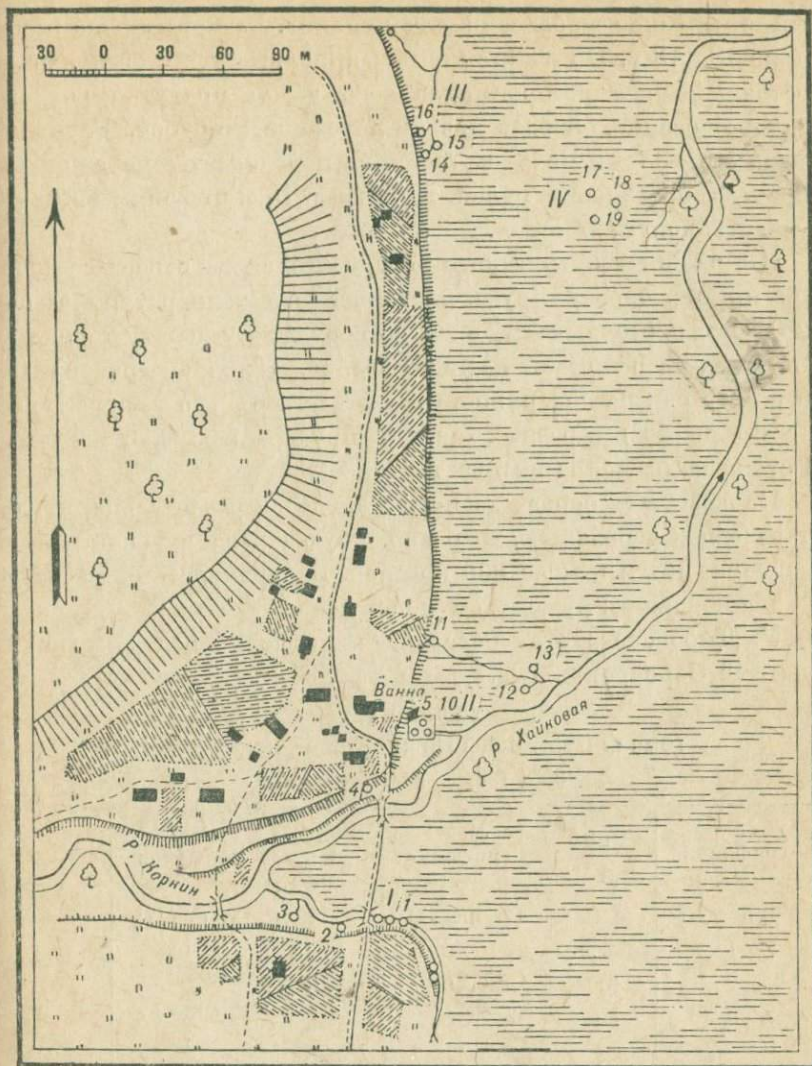


Рис. 16. План Нижне-Паратунских горячих ключей и сел. Паратунка. Отдельные выходы горячих вод показаны кружочками и занумерованы.

дится выше мостика, под крутым откосом террасы. Вода вытекает небольшими струйками из галечника; температура ее $41^{\circ}8$. Отсюда в сутки вытекает 17 300 л воды со средней температурой $34^{\circ}5$.

Немного ниже по речке, тоже под откосом террасы, большое количество мелких выходов образовали теплый пруд, кото-

рый превращен в бассейн для купания. Размеры пруда примерно 18×13 м. По очертаниям он приближается к овалу, юго-восточный угол которого, для того чтобы поднять уровень воды в бассейне, обнесен низким двустенным срубом. Глубина пруда 0.5—0.7 м. Вода из бассейна переливается через сруб, образуя коротенький ручей, который в 15 м от ванны впадает в рч. Хайковую.

Все видимые пять выходов сосредоточены в северо-восточном крутом берегу пруда. Максимальная температура здесь 52°0. Остальные выходы, судя по громадному дебиту термальной воды, расположены на дне бассейна. Выход пузырьков газа то там, то сям на поверхности воды, как и разные температуры (от 38 до 42°) в разных местах пруда, указывают на это. В сутки из бассейна вытекает 1 238 400 л воды.

На северном берегу „ванны“ находится раздевальня, представляющая небольшую, довольно новую деревянную постройку с окнами, полом и железной крышей. Внутренность ее разбита на две половины: мужскую и женскую.

У Дыбовского этот бассейн описывается под названием „ключа“ Серебренникова.

ТАБЛИЦА 7
Температура воды Нижне-Паратунских терм
30 X 1934 г., t° воздуха +5°

№№ грифонов	t°	№№ грифонов	t°	№№ грифонов	t°
Группа I		Группа II		Группа III	
1	47.9	8	49.6	16	17.8
2	51.0	9	50.2	Группа IV	
3	50.7	10	48.8		17
Группа II		11	49.3	18	37.2
	4	40.2	12	49.1	19
5	51.3	13	45.5		
6	49.0	Группа III			
7	48.5	14	38.0		
		15	28.5		

Тут же, метрах в 20 к северу от „ванны“, в пойме имеется другой ряд выходов (№№ 11, 12, 13). Это — ряд ямок с горячей

водой, из которых вытекает теплый ручеек с истоптанными болотистыми берегами. Температура воды здесь 30 X 1934 г. была от 45 до 49°3. В сутки отсюда вытекает 34600 л воды со средней температурой 39°.

В 300 м к северу от „ванны“, недалеко от школы, у подошвы террасы находится самая северная группа выходов воды (№№ 14, 15, 16). По условиям выхода она аналогична предыду-

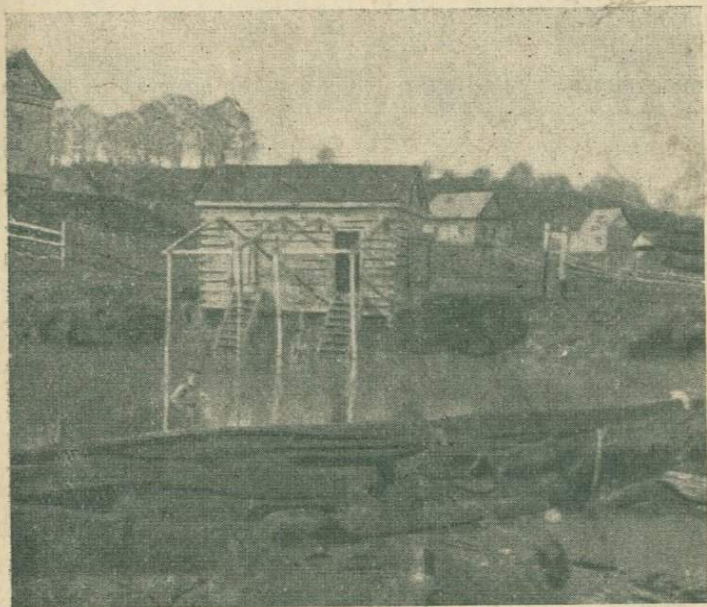


Рис. 17. „Ванна“ Нижне-Паратунских горячих ключей.

щим. Вытекающая из мелкого галечника террасы горячая вода образовала на пойме небольшой теплый пруд, размером примерно 5×7 м. На две его имеются также выходы воды, что отмечается многочисленными пузырьками газа, волнующими поверхность воды в прудике.

Д-р Дыбовский называет этот пруд „ключом“ Голенищева и указывает, что он некогда был специально предназначен для купания прокаженных; недалеко от него существовала больница для этих несчастных больных. Сейчас в этом пруду не купаются, и женщины пользуются им для стирки белья.

Из пруда вытекает теплый ручеек, который течет по пойме и впадает в рч. Хайковую. 30 X 1934 г. максимальная темпера-

тура здесь была 38°0. Суммарный суточный дебит группы оказался равным 179360 л при средней температуре 23°5.

Наконец, последняя группа (№№ 17, 18, 19) располагается на берегу рч. Хайковой, к востоку от предыдущей группы. Струйки воды с температурами от 37.2 до 42°5 вытекают здесь из черной болотистой топи. Дебита измерить не удалось.

Для характеристики состояния температурного режима ключей со времени Шабельского до посещения их нами приведена табл. 8.

ТАБЛИЦА 8

Температуры Нижне-Паратунских ключей по старым данным

Исследователь	Дата	„Ванны“	Грифоны „ванны“	Воздух
Шабельский	1822	42.5	50.0	—
Дитмар	19 IX 1851	42.5	51.2	+10.0
	15 XII 1851	41.2	48.1	-23.7
	30 I 1853	41.2	46.2—50.0	-27.5
	16 VII 1854	48.7	47.5	—
Дыбовский	5 X 1879	42.0	45.0	—
	12 II 1880	42.5	45.0	—
	15 II 1881	37.5	42.5	—
	15 X 1882	41.3	42.5	—
Комаров	20 VI 1908	41.5	47.5	—
	29 XI 1908	39.3	48.1	—
Власов	7 XII 1908	38.5	48.1	—
	10 III 1909	36.2	48.4	—
	2 IX 1909	42.1	50.2	—
Шмидт	15 III 1909	43.0	—	—
Hulten	зима 1921	—	49.0	—
	13 II 1921	38.5	49.5	-23.2
	27 VI 1923	42.5	48.7	+17.5
Новограбленов	27 VI 1924	39.4	48.8	+15.8
	1 VII 1931	43.8	50.0	+11.5
Пийп	30 X 1934	38.0—42.0	48.1—52.0	+ 6

Паратунская термальная вода бесцветна, прозрачна, запахом не обладает. На вкус она чуть горько-солоновата. Интересно, что запаха сероводорода, в отличие от других исследованных нами терм, здесь не чувствовалось. Однако присутствие его

указывается другими исследователями; в частности он приводится в анализах К. Шмидта и С. К. Космана; запах его отмечают П. Т. Новограбленов и В. Л. Комаров, которые полагают, что он здесь представляет продукт поверхностного гниения. Если сероводород здесь действительно присутствует (и мы его не заметили), то вряд ли он продукт гниения.

Реакция воды нейтральная; $pH = 6.9$. Радиоактивность воды и газа ничтожная (табл. 9).

ТАБЛИЦА 9

Радиоактивность воды и газа Нижне-Паратунских ключей

Место взятия проб	Дата измерения	Единиц Махе на литр
Грифон № 1 газ	30 X 1934	8.8
„ 2 вода	27 X 1934	0.9
„ 3 „	25 X 1934	1.4
„ 5 „	26 X 1934	0.7
„ 9 „	24 X 1934	0.9

Радиоактивность здесь, вероятно, эманационная, как и в аналогичных горячих источниках Малкинско-Начикинского района. Такие же цифры радиоактивности для Нижне-Паратунских ключей получил и Л. Н. Добрецов в сентябре 1931 г.

Состав выделяющегося газа был анализирован Панкратьевой и Маркон в газовой лаборатории ЦНИГРИ.

Азота + редких газов	99.40%
Кислорода	0.6
	100.00%
Тяжелых редких газов (Ar + Kr + Xe)	1.359%
Легких „ „ (He + Ne)	0.010

Состав газа, следовательно, тот же, что и в термах Банных, Малкинских и Начикинских.

Для Нижне-Паратунских горячих ключей в настоящий момент мы имеем 16 анализов: три анализа К. Шмидта,¹ десять анализов С. К. Космана,² два анализа акад. Н. С. Курнакова³ и один анализ А. А. Резникова. Последний сделан по пробе,

¹ К. Schmidt, loc. cit.

² Не опубликованные.

³ В. Н. Лебедев. Камчатская экспедиция Ф. П. Рябушинского. Зоологический отдел, вып. II, ч. II, 1918.

Анализ Нижне-Паратунских горячих ключей

Грифон № II—9, Т 50°6. Аналитик А. А. Резников, 1984 г.

	г/л	мг/экв.	мг/экв. ‰
NH ₄	есть	—	—
Na	0.3130	13.65	31.5
K	0.0078	0.20	0.4
Ca ⁺⁺	0.1502	7.50	17.3
Mg ⁺⁺	0.0042	0.35	0.8
Mo	следы ²	—	—
Zn ⁺⁺ + Mn ⁺⁺	0.00008 ²	—	—
Sb	следы ²	—	—
		21.70	50.0
Cl ^I	0.1771	5.00	11.5
Br ^I	не обн.	—	—
I ^I	„	—	—
SO ₄ ^{II}	0.7821	16.80	37.6
HCO ₃ ^I	0.0240	0.40	0.9
CO ₃ ^{II}	нет	—	—
NO ₂ ^I	есть ¹	—	—
NO ₃ ^I	есть ¹	—	—
НAsO ₄ ^{II}	0.00016	—	—
		21.70	50.0
H ₂ SiO ₃	0.0850		
Fe ₂ O ₃	0.0002		
pH	6.4		
H _н ^о общ.	21.9		
Сух. ост.	1.530		

¹ Качественное определение.² Определение В. Е. Кутейникова из 10-литрового концентрата.

доставленной нами (табл. 10). Все эти анализы весьма близки между собою. Здесь мы приведем только один анализ, самый новый (табл. 10), а остальные будут указаны в приложении к настоящему очерку.

Анализ указывает, что вода по составу является существенно натрово-сульфатной с заметным содержанием ионов хлора и кальция, или по возможному солевому составу — солено-гипсово-глауберовой. Степень минерализации несколько большая чем в близких по типу ключах Бавных, Малькинских Начикинских и Верхне-Паратунских. Возможно, это объясняется, что к глубинным маломинерализованным водам прибавляются жесткие минерализованные грунтовые воды, циркулирующие в неогеновых туфах и в песчанистом аллювии долины Паратунки.

Обращает на себя внимание присутствие в воде этих источников следов многих тяжелых металлов. Кроме обнаруженных в нашем анализе следов молибдена, сурьмы, цинка и мышьяка, присутствуют еще литий и титан, найденные спектрографически акад. Н. С. Курнаковым в пробах воды, доставленных В. Н. Лебедевым. Марганец, как показали эти спектрографические исследования, здесь отсутствует, поэтому сумму, указываемую в нашем анализе, следует считать относящейся только к цинку.

Судя по историческому прошлому, когда на этих горячих ключах во время генерал-губернатора П. Голенищева (1805 — 1830 гг.) существовала больница для сифилитиков и прокаженных, в которой успешно лечились также и от других болезней, эти источники, надо думать, являются достаточно ценными в лечебном отношении. Их значение как лечебного места весьма повышается вследствие близости их к такому населенному пункту как г. Петропавловск.

Неблагоприятными обстоятельствами для этих ключей являются их относительно плохая связь с городом и заливаемость их во время весеннего паводка. Однако, все это, думается, можно устранить и источники следует использовать, если не в первую очередь, так как есть более выгодные в этом отношении, то впоследствии.

20. Апачинские горячие источники

Выходы этих горячих вод находятся в долине р. Сику, примерно в 16 км на ВЮВ от селения Апача, с которым они соеди-

нены тропой. Р. Сикку является правым притоком р. Карымчиной, впадающей в р. Плотникову слева, ниже сел. Апача.

Впервые упоминает их и помещает на своей карте К. Дитмар.¹ Первым из исследователей их посетил в 80-х годах прошлого столетия д-р Дыбовский, который дает описание, а К. Шмидт приводит сделанный им химический анализ воды.² После этого они были посещены и кратко описаны В. Л. Комаровым в 1908 г.³ и Е. Hulten'ом в 1920—1921 гг.⁴

Река Сикку (по Дыбовскому—р. Сикулка) течет здесь в широкой едва выраженной лесной долине, отделенной от параллельной ей с севера долины р. Банной лишь плоским, незаметным, лесистым водоразделом. Ключи выходят на левой стороне долины, располагаясь вдоль теплого ручейка. Ключевая площадь, имеющая вид голого каменистого места, находится среди небольшого луга, окаймленного красивым березовым лесом.

Среди большого количества мелких ключей выделяются два главных ключа, расположенные в нескольких метрах друг от друга. Из них вытекает очень много горячей воды, и они дают начало теплому ручью, вдоль которого располагаются остальные более мелкие выходы. Температура воды в этих главных ключах по разным исследователям следующая (табл. 11):

ТАБЛИЦА 11
Температуры Апачинских горячих ключей

Исследователь	Дата	Грифон № 1	Грифон № 2	Воздух
Дыбовский	25 X 1880	72.5	72.0	+3.7
Комаров	26 VIII 1908	70	—	—
Hulten	1920—1922	70	—	—

Ниже главных грифонов в русле речки устроены бассейны для купания, закрепленные в деревянные рамы. Бассейнов этих пять; температура их (сверху вниз) по В. Л. Комарову: 49.6, 47.6, 45.6, 44.2 и 43°.

¹ Loc. cit., стр. 176 и 383.

² К. Schmidt

³ Loc. cit., стр. 154.

⁴ Loc. cit.

Анализ воды источников сделан К. Шмидтом по пробе, доставленной Б. Дыбовским. Перечисленный на ионный состав анализ приведен в табл. 12.

ТАБЛИЦА 12

Анализ Апачинских горячих ключей

Главный грифон, Т 72°5. Аналитик К. Шмидт, 1883 г.

	г/л	мг/эquiv.	мг/эquiv. ‰
Rb'	0.0007	—	—
K'	0.0107	0.27	1.8
Na'	0.1659	7.22	47.5
Ca''	0.0007	0.04	0.3
Mg''	0.0006	0.05	0.4
Fe'''	0.0001	—	—
		7.58	50.0
Cl'	0.1206	3.40	22.4
Br'	0.0002	—	—
SO ₄ ''	0.0764	1.59	10.4
HCO ₃ '	0.1583	2.60	17.2
HPO ₄ ''	0.0002	—	—
		7.59	50.0
SiO ₂	0.0862		
Сух. ост.	0.5959		
Уд. вес	1.00062		

Вода этих источников, как видим, содержит весьма мало растворенных солей. Кроме того, она исключительно бедна щелочно-земельными ионами. По типу ее следует отнести к маломинерализованным углекисло-солевым термам, и в этом отношении она отличается от всех окрестных терм.

О геологических условиях выхода описываемых горячих вод можно судить по тем скудным геологическим материалам,

которые имеются для некоторых ближайших участков района. Автору очерка известно, что в верховьях рр. Сику и Карымчины простирается лавовое плато (Сиковый дол), который сложен, повидимому, как и во всех других местах южной Камчатки из андезитовых и базальтовых лав. Со стороны сел. Начики сюда же, вероятно, должен прстягиваться тот мощный комплекс андезитовых лав, из которых сложена бóльшая часть хребта Халзан. Эти лавы, основываясь на рельефе окрестностей источников, сюда, повидимому, не доходят и остаются где-то в стороне, но близко. Тянущийся с севера Малкинский хребет здесь около Апачи внезапно теряется и, повидимому, погружается вниз. Слагающие его кристаллические сланцы, филлиты и граувакковые песчаники обнажаются кое-где по р. Плотниковой, около Апачи. Очевидно, они составляют здесь то основание, на котором покоятся вплоть подошедшие сюда лавы. С чем же связаны источники, — данных для этого у нас нет.

21. Малые Банные горячие источники

У окрестных жителей они известны под названием „Маленький Ключик“.

Находятся в верховьях р. Банной на правом берегу речки „Маленький Ключик“, впадающей тут же недалеко от источников в Банную слева. Истоки этой речки находятся недалеко от р. Карымчины и от расположенных на ней горячих ключей, к которым удобно отсюда попасть. Из селения Начики сюда ведет небольшая, местами заросшая, тропка, которая проходит по левому берегу р. Плотниковой, мимо Начикинского озера и далее через высокий перевал (700 м), по каменистой речке, в долину р. Банной. Другой путь через водораздел Банной, Паратунской Быстрой и Карымчины более удобен, но зато он длиннее. Сюда же можно попасть из селения Апача по долине р. Банной. Расстояние из с. Начики по краткому пути около 30 км.

Источники среди местного населения весьма популярны, так как считаются очень целебными, „помогающими“ от сифилиса, ревматизма и всякого рода ранений. Этими горячими ключами пользуются не только жители селений Начики и Апача, но сюда приезжают лечиться и из сс. Коряки, Елизово, Авача, Паратунки и даже из Петропавловска.

Впервые о существовании этих источников сообщает нам швед Е. Hulten,¹ который был здесь в 1920 г. Довольно подробно источники описываются П. Т. Новограбленовым,² совершившим сюда в 1924 г. специальную поездку. В 1934 г. ключи были кратко изучены автором настоящего очерка.

Долина речки „Маленький Ключик“, как и долина р. Банной, около горячих источников, прокладывает себе путь среди довольно высоких крутосклонных горных массивов. Ложе долин



Рис. 18. Русло горячего ручейка на Малых Банных термах.

имеет здесь высоту около 400 м над ур. м., а окрестные вершины подняты еще на 500—600 м. Тальвеги долин Банной и „Маленького Ключика“ около источников сильно заросли тальником, ольховником и шеламайником, что затрудняет доступ к источникам и скрывает местонахождение их.

Экспедиции около горячих ключей позволили нам составить следующую картину геологического строения местности:

Гора Сучаган, расположенная на левом берегу „Маленького Ключика“, в своей восточной части сложена из биотитово-

¹ Лос. cit.

² П. Т. Новограбленов. Банные горячие ключи. Изв. Русск. геогр. Общ., 1929.

амфиболового диорита, который прорывает древнюю, предположительно меловую, сильно дислоцированную толщу авгитовых порфиритов и их туфов, и в контактах метаморфизует их.¹ Порфириты и диорит рассекаются небольшой жилой белого риолита, северо-северо-западное простирание которой более или менее отвечает направлению расположения риолитовых куполов по вершинам соседних гор (гг. Ящик, Ягодная и Табуретка). Судя по обнажению более мощной жилы риолита в другой боковой долинке на правой стороне р. Банной, эта жила, как и та, возможно, представляют те лавовые каналы, по которым были подняты к поверхности и там выжаты куполообразные риолитовые массы (рис. 19 и 21).



Рис. 19. Схематический разрез через Малые Банные термы. Косая штриховка — порфириты и туфы; крестики — диорит; белое — риолит; «птички» — риолитовые туфы.

Гора Крснольчонок, у подножия которой выходят горячие ключи, сложена внизу из авгитовых порфиритов и их туфов, вначале темных и относительно мало измененных, но по мере подъема по склону вверх становящихся более светлыми и сильнее обогащенными эпидотом и пиритом. Возможно, это обусловлено не вышедшей еще на поверхность интрузивной массой.

Источники, мы полагаем, связаны с неостывшим еще здесь гранодиоритово-риолитовым магматическим очагом.

Ключи, как было сказано, располагаются у коренного правобережного склона долины. Видимые выходы горячих вод сосредоточены на небольшой площади (около 30 кв. м), откуда начинается длинный, вытянутый на СВ 45° теплый ручей. Возможно, в наиболее широкой его части (см. план), на дне имеются еще выходы воды. Дно и стенки этого ручья обильно заросли темно-зелеными термофильными водорослями. Рядом с теплым ручьем протекает холодный ручей, который отделен от первого в верх-

¹ Основная масса порфирита испещрена чешуйками биотита и гранулами пироксена. Часть большого количества магнетита, возможно, так же контактового происхождения.

ней широкой его части бревнами и дерном. Впуская холодную воду в эту часть теплого ручья, купающиеся имеют возможность регулировать по мере надобности его температуру. Эта широкая часть термального ручья представляет главную „ванну“.

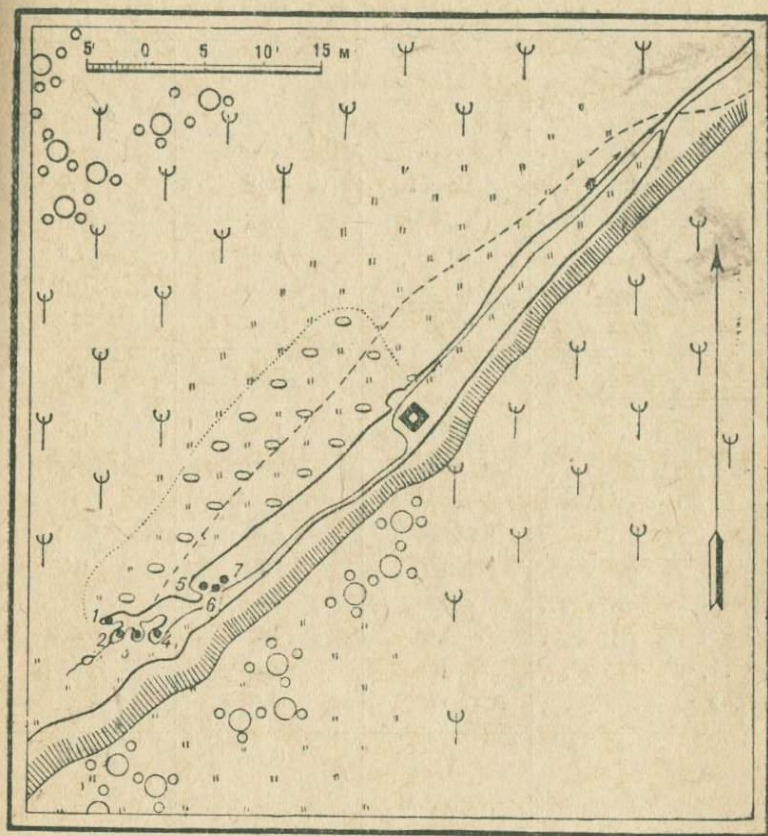


Рис. 20. План Малых Банных горячих ключей. Черные кружочки — выходы горячей воды; квадратик — ванна.

Кроме нее, имеется еще одна „ванна“ в виде квадратного шурфа, одетого деревянным срубом.

В головных грифонах вода вытекает из-под гальки, оставляя на окружающих камнях выцветы белых солей. Кругом выхода обычные термофильные водоросли.

Вдоль левого берега теплого ручья расположилась ровная галечниковая площадь, заросшая низкой специально ключевой

травой; она, повидимому, прогревается. Вокруг всего этого места растет шеламайник, а дальше — пойменный лес.

ТАБЛИЦА 13

Анализ Малых Банных горячих ключей

Грифон № 1. Т 78°. Аналитик А. А. Резников, 1934 г.

	г/л	мг/экв.	мг/экв. ‰
NH ₄ ¹	есть	—	—
K'	0.0051	0.13	0.7
Na'	0.1660	7.22	40.8
Ca''	0.0280	1.40	7.9
Mg''	0.0012	0.10	0.6
Sb ²	следы	—	—
		8.85	50.0
Cl'	0.0532	1.50	8.5
Br'	не обн.	—	—
I'	"	—	—
SO ₄ ^{''}	0.2713	5.65	32.0
HCO ₃ '	0.103	1.70	9.5
CO ₃ ^{''}	нет	—	—
NO ₂ ^{'1}	есть	—	—
NO ₃ ^{'1}	нет	—	—
HAsO ₄ ^{''2}	0.0003	—	—
		8.85	50.0
Fe ₂ O ₃	0.0004		
H ₂ SiO ₃	0.117		
pH	6.9		
H _н ^о общ.	4.2		
Сух. ост.	0.660		

В семи выходах горячей воды мы наблюдали такие температуры: № 1 — 78°, № 2 — 77°, № 3 — 76°, № 4 — 77°, № 5 — 77°.

¹ Качественное определение.

² Определения сделаны В. Е. Жутейниковым из 5-литрового концентрата.

№ 6 — 70°, № 7 — 60°. (при температуре воздуха +15°). Температура остальных нижерасположенных выходов колебалась в пределах 45—50°. Холодная вода соседнего ручейка имела температуру 5°.

Hulten указывает максимальную температуру 78°, а Новограбленов 79°.

Дебит не подсчитывался. По глазомерной оценке он вряд ли превышает 200—300 тыс. л. в сутки.

Горячая вода исключительно прозрачная, бесцветная, имеет едва ощутимый запах сероводорода; вкус в холодном состоянии приятный.

Реакция слабо щелочная (1.7 куб. см $\frac{1}{10}$ N раствора HCl; рН=7.2).

Измерение радиоактивности через несколько дней после взятия пробы показало отсутствие ее в воде. Возможно, она является эманационной и имеет ту же ничтожную величину, что и в Малкинских, Начикинских и Паратунских ключах. Поэтому вероятно, мы ее и не обнаружили.

По химическому составу вода является маломинерализованной натрово-сульфатной с небольшим содержанием сероводорода. Как по особенностям состава, так и по генезису она близка к воде только-что упомянутых горячих ключей.

Близость к последним весьма ярко подчеркивается и составом газа. Анализ его Панкратьевой и Маркон (ЦНИГРИ) дал следующее:

Азота + редких газов	99.5%
Углекислоты	0.5
	100.0%
Тяжелых редких газов (Ar + Kr + Xe)	1.847%
Легких " " (He + Ne)	0.019

т. е., как и в тех источниках, газ является почти чистым азотом.

Практическая ценность этих источников, если бы они оказались даже весьма ценными в лечебном отношении, как в этом уверены местные жители, рассматривая их как возможный объект санаторно-курортного строительства, ничтожна, так как они имеют небольшие размеры и лежат в дикой необитаемой местности.

22. Большие Банные горячие источники

Эта живописная и величественная группа горячих источников располагается выше, по долине р. Банной. От Малых Банных ключей расстояние до них около 5 км.

Известны примерно с 1737—1740 гг., когда их впервые посетил и описал С. Крашенинников.¹ После Крашенинникова на них побывали: д-р Дыбовский в 1881 г.,² д-р Слюнин в 1889 г.,³ Е. Nulten в 1921 г.⁴ и П. Т. Новограбленов в 1924 г.⁵ Первые трое кратко описывают источники, а последний — довольно подробно. Пробу воды, доставленную отсюда, анализировал проф. К. Шмидт.⁶ В 1934 г. более или менее подробно источники изучил автор настоящего очерка.

Довольно узкую здесь долину окаймляют высокие горы с отметками до 900—1000 м. Склоны их заросли ольховыми и кедровыми кустарниками, среди которых выступают отдельные группы берез. Вершины гор большей частью лишены растительности. На левой стороне долины, против терм, возвышается г. Ящик, названная жителями так из-за громадной ящикоподобной скалистой глыбы стекловатого риолита, венчающего макушку ее. На правой стороне реки — более расплывчатые и с мягкими контурами горы Ягодная и Табуретка.

Река типично горная: мелкая, порожистая, но довольно широкая еще здесь; образует острова, сильно извилиста и во многих местах имеет голые пойменные берега из песка и гальки. Тальвег весьма сильно зарос ольховыми кустарниками.

Место, где находятся источники, наоборот, чистое, луговое. Река здесь сильно подмывает правую довольно высокую коренную террасу, образуя обрывистый скалистый берег. Левый берег более низкий и имеет слегка бугристую поверхность. Источники раскиданы преимущественно по левому берегу реки; меньшая часть их и при том более слабые, выходят на правом берегу. Высота места выхода терм около 450 м над уровнем моря.

¹ Loc. cit.

² K. Schmidt, loc. cit.

³ Loc. cit.

⁴ Loc. cit.

⁵ Новограбленов, П. Т. Банные горячие ключи. Изв. Русск. геогр. общ., 1929.

⁶ K. Schmidt, loc. cit.

Большие Банные горячие ключи, в отличие от Малых Банных, находятся уже в области широкого распространения риолитовых масс, но выходят они также из авгитовых порфиров.

Последние и их туфы обнажаются тут же на площади ключей, слагают скалы на левом, сильно подмываемом водою высоком берегу реки. Во многих местах можно даже видеть как из неболь-

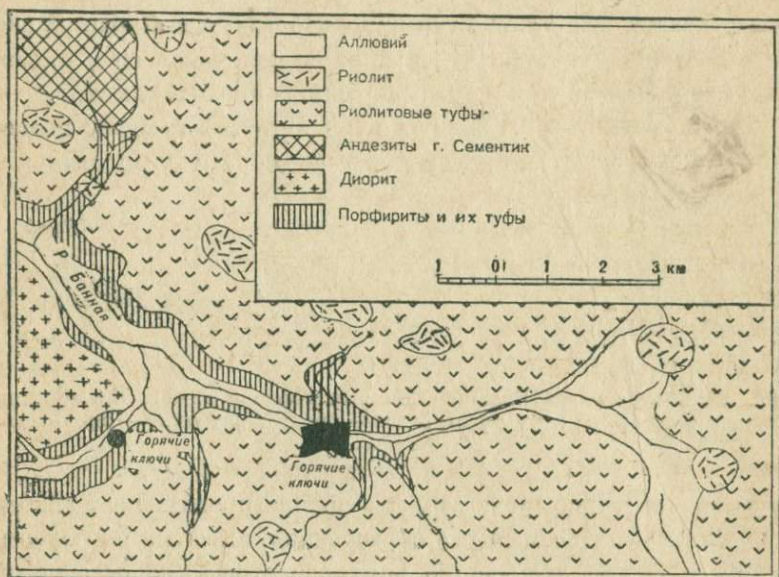


Рис. 21. Геологическая карточка района Малых и Больших Банных горячих ключей. Черный кружок — Малые Банные ключи, неправильная черная площадь — Большие Банные ключи.

ших отверстий или трещин в порфиритах крошечными струйками вытекает горячая вода. Часть эти породы еще свежие, но во многих местах они весьма разложены и превращены в белую, рыхлую или щебневую массу, сильно каолинизированную и обильно инкрустированную опалом и кварцем.

Первые же обнажения по склонам окружающих гор позволяют видеть, что порфириды и их туфы накрываются светло-серыми риолитовыми туфами. Залегание последних и сланцевообразная слоистость их подчиняются общему падению склонов долины — особенность, которая, повидимому, указывает, что эти туфы моложе долины.

По вершинам окружающих гор в большом количестве выходит свежий стекловатый риолит. Он образует или огромные скалы и зубчатые гребни (горы Ящик, Зубы), или — россыпи (горы Ягодная и Табуретка). Непосредственно этого мы наблюдать не могли, но по линейному распространению таких поверхностных риолитовых масс и по наличию отвечающих этому же направлению жил риолита, встреченных в боковых долинках р. Банной, мы полагаем, что поверхностный риолит представляет здесь линейные куполообразные выпирания, связанные с жилами, т. е. представляет вываливавшееся в отдельных местах на поверхность содержимое риолитовых жил.

Так как долину окаймляют с той и другой стороны полосы риолитовых экструзий, а склоны ее покрыты риолитовыми

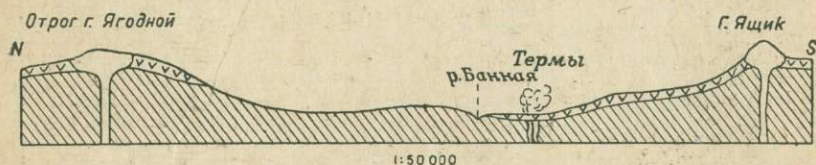


Рис. 22. Разрез через Большие Банные горячие ключи. Косая штриховка — порфириды и их туфы; белое — риолит; „птички“ — риолитовые туфы.

туфами, то можно полагать, что долина представляет грабен, а риолиты — более молодые образования, выжатые по боковым разломам. Очень схематично механизм этого процесса можно представить себе следующим образом: 1) разломы, которые образовали долину, прошли внизу через диоритовые и гранодиоритовые тела и достигли незастывших внутренних частей их, имевших после дифференциации состав риолита; 2) массы последнего поднялись по трещинам вверх, образовав внизу жилы, а наверху — куполообразные тела; 3) на дне грабена, очевидно по слабым зонам разлома, стали подниматься вулканические пары и газы, которые вместе с большим количеством грунтовой воды образовали видимые нами термальные источники; 4) весьма возможно, что интенсивность и размеры термальной деятельности в первые моменты были больше чем теперь, когда источники локализованы только в двух местах.

Термальная площадь описываемых горячих ключей почти вся располагается на левом берегу р. Банной. Вытянута она

примерно на 1 км. В отличие от выше и ниже лежащих участков долины место здесь чистое, луговое.

Пространство, занятое наиболее активными выходами горячих вод, прекрасно видно в холодный день или особенно в солнечное холодное осеннее утро, когда над площадью терм во многих местах поднимаются высокие белые столбы пара. По последним тогда легко сосчитать количество отдельных, раскиданных по площади групп горячих ключей. Этих групп, гра-



Рис. 23. Общий вид Больших Банных горячих ключей.

ницы между которыми являются во многих местах условными, мы насчитали 16. Расположение их показано на прилагаемом плане (рис. 24).

Ключевое поле представляет слегка покатую к реке луговую площадку, сильно изрытую, повсюду обильно заросшую травой. Места выходов раскиданы то там, то сям среди высокой травы, располагаясь тут или скученными группами, или на некотором расстоянии друг от друга. Многие группы располагаются в слегка врезанных широких котлообразных углублениях, сильно открытых в сторону стока, т. е. реки. Многие группы дренируются отдельными горячими или теплыми ручейками, но некоторые совершенно не имеют стока. Термальные

речки часто имеют голые каменистые берега, уваленные выпотами солей.

По форме выхода и характеру деятельности здесь можно выделить следующие типы ключей: 1) бьющие, 2) маленькие слабо сочащиеся 3) угасшие гейзеровые бассейны и 4) грязевые котлы.

Бьющие ключи представляют kloкочущую и бьющую кверху сантиметров до 25 непрерывную струю горячей воды; вместе с брызгами выбрасывается также мелкая галька и песок. Место выхода обычно находится в едва выраженных углублениях среди мелкой гальки и валунов. Последние кругом нагреты и покрыты корками белых солей — выцветов от испарившейся воды. От высоко бьющих ключей наблюдаются все переходы к более мелким ключам этого типа, вплоть до тех, которые, пробиваясь через тонкий слой воды, только булькают, шипят или „фырчат“.

Один из таких, должно быть, высоко бьющих ключей расположен в относительно глубоком кратерообразном углублении, заполненным доверху водою (группа выходов № IV). Из песчано-галечникового дна этого, залитого водою ключевого кратера в большом количестве выделяются пузырьки пара, которые до поверхности воды, однако, почти не доходят. Эти пузыри газа, быстро выделяющиеся со дна, производят очень красивое впечатление своим голубоватым как у огня поблескиванием, напоминая искры между разрядниками электрической машины.

Высоко бьющих ключей сейчас относительно немного. Мы их наблюдали только в семи местах: два в группе № II; три — в группе № V; два — в группе № VIII; три — в группе № IX; два — в группе № XI; два — в группе № XIV и один, только что описанный, в группе № IV. Каждый из таких крупных ключей окружен „фырчащими“ ключиками, действующими обычно на общей небольшой площадке.

Эти бьющие ключи можно считать в то же время и кипящими, так как температура их, принимая во внимание высоту местности и минерализацию воды, почти равна точке кипения. Для наиболее сильно бьющих ключей температура обычно колебалась от 94,5 до 97° (для разных ключей). Для более слабых температура понижалась до 82°. Несмотря на бурный характер деятельности, сток из этих ключей относительно небольшой; очевидно, это обусловлено тем, что снизу поступают

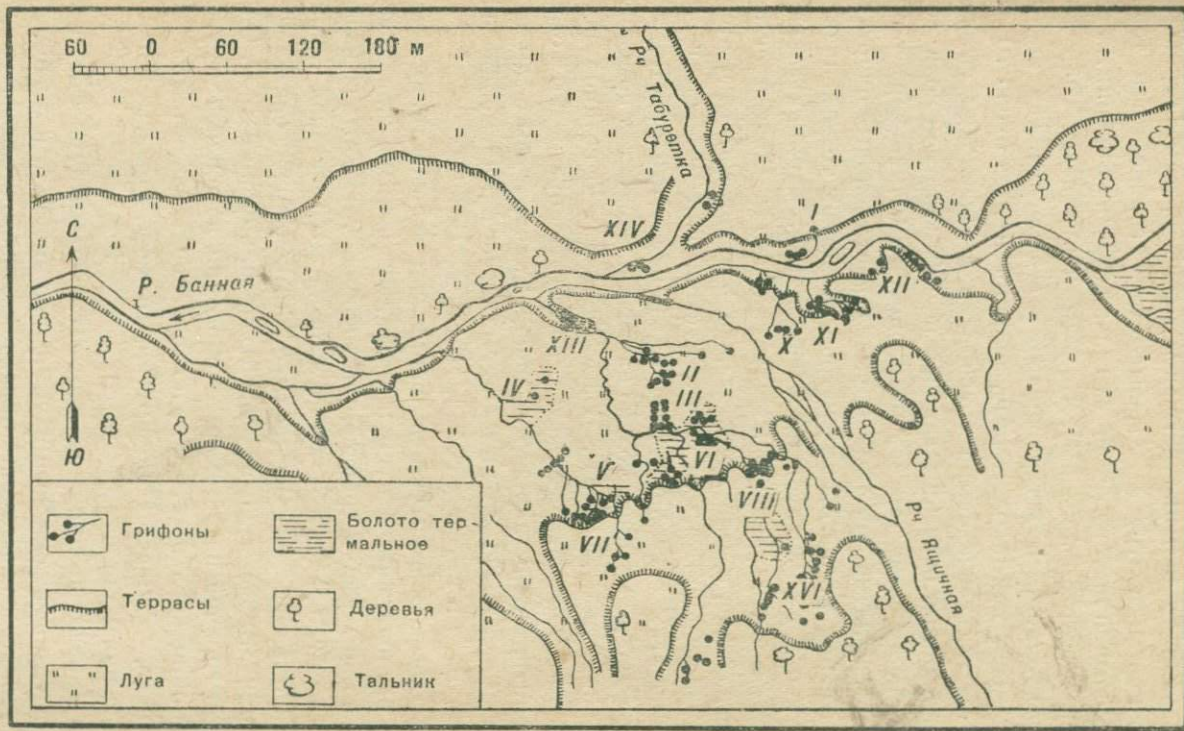


Рис. 24. Глазмерный план Больших Банных горячих ключей. Римскими цифрами обозначены номера групп.

главным образом пары и газы, которые образуют ключи из поверхностной воды.

Маленькие, слабо сочащиеся ключи расположены преимущественно по окраине ключевой площади, хотя встречаются нередко и в центре ее. Слабые струи горячей или теплой воды обычно выходят или из гальки, или из коренных пород (на правой стороне реки). Выходы почти всегда окружены слизью темнозеленых термофильных водорослей. Температуры воды здесь самые различные, высший предел около 70—75°.

Старыми гейзеровыми бассейнами мы называем глубокие неправильные бассейны горячей воды, в заметном количестве встречающиеся на термальной площади и весьма характерные для нее. В плане они обычно имеют неправильные очертания, по размерам до нескольких метров, стенки их тоже неправильные, канал очень глубокий и извилистый. Верхняя закраина бассейна часто нависшая. Палка длиною до 5 м иногда не достигала дна, а если достигала, то это могла быть и стенка. Последняя покрыта или серым песком, или цветной глиной. Сток из этих бассейнов ничтожный или часто просто отсутствует. Вода спокойна, только изредка поверхность ее волнуют небольшие пузырьки газа. Возле некоторых бассейнов встречаются плитки гейзерита; возможно, из него образованы и стенки бассейнов, теперь покрытые песком. Температуры воды здесь наблюдались от 71 до 93°. Описываемые ключевые бассейны встречаются в группах №№ I, II, III и VII.

Незабываемое впечатление оставляет один из таких бассейнов, расположенный в группе № I. Это один из живописнейших и наибольших грифонов на площади терм. Мы его назвали „голубым грифоном“. Находится он на краю высокой террасы, у самой бровки ее. Весьма глубокий канал грифона имеет на поверхности форму овала размерами примерно 6×4 м. Он заполнен горячей водой, которая спокойно, небольшой струйкой, непропорционально малой по сравнению с объемом воды в канале, изливается по крутому откосу террасы в находящуюся внизу реку.

Бугристые стенки канала покрыты светлым буровато-желтым глинистым осадком. Вода изумительно чистая, и в зависимости от глубины и сочетания с окраской стенок в канале грифона можно наблюдать нежную гамму спектрально-чистых лазуревосиних тонов, переходящих у краев грифона в буровато-желтые

тона, а на глубине в синеющую чернь. Особенно незабываемой остается картина этого грифона, когда солнечные лучи проникают внутрь канала сквозь чистую и спокойную лазуревую воду, освещая стенки и бросая тень на недостижимое черное дно его.

Температура воды в этом грифоне была $77^{\circ}5$ (Hulten и Новограбленов указывают 82°), при температуре воздуха $+15^{\circ}$. Дебит не измерялся; по глазомерной оценке он вряд ли превышает 20—30 тыс. л. в сутки.

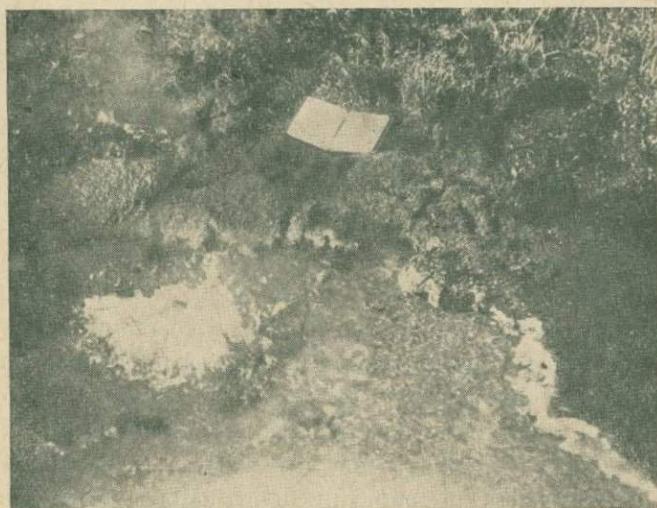


Рис. 25. Бьющий горячий ключ (Большие Банные термы).

Описываемые ключевые бассейны, нам кажется, могли произойти только в результате гейзеровой деятельности. За это весьма ярко говорит их форма, глубина, отсутствие или незначительная величина стока и, наконец, нахождение около них обломков гейзерита. Возможно, во времена гейзеров около них существовали конуса накипей, которые впоследствии были каким-то образом уничтожены, но возможно также, имея в виду небольшую минерализацию воды, что они были или очень небольшие, или в некоторых местах вовсе отсутствовали.

Грязевые „котлы“ встречаются во многих местах термальной площади. Обычно они тесно связаны с упомянутыми типами ключей, но нередко встречаются и отдельно. Это действительно круглые котлы, диаметром до 0.5 м, реже до 1 м,

которые заполнены глинистой массой, имеющей ту или иную степень жидкостности. Большой частью грязь в таких котлах спокойна, но в некоторых она булькает, производя впечатление кипящей каши. В разных котлах наблюдается различная окраска глин. Если собрать образцы этих глин, то можно расположить их по цветам в непрерывный ряд: от совершенно белых, через разные оттенки желтого и красного к киноварно-красному. Очевидно, это обусловлено различной примесью к глине окиси железа. В некоторых грязевых котлах грязь была совершенно черной, жирной и марала пальцы. Такая грязь, вероятно, образовалась в результате разложения органических веществ (травы). Стока из грязевых котлов нет. Температуры их обычно высокие: от 68 до 96°, чаще от 85° и выше. Много их в группах №№ II, III, V и VI.

Типичных ключевых отложений в виде травертина или гейзерита на площади терм сейчас не образуется. Гейзерит в прошлом, повидимому, осаждался. Сейчас образуются только тонкие корочки белых выцветов солей, остающиеся на камнях от испарившейся воды. Под микроскопом можно установить, что они состоят исключительно из опала и кальцита. Цветные глины под микроскопом состоят из тонких нераспознаваемых частиц, повидимому, каолиновых минералов.

Е. Hulten упоминает о встречающихся еще здесь „синих глинах“, о том же говорят и местные жители, однако, мы этих „синих глин“ найти не смогли. Видеть образец этой „синей глины“ нам удалось только в Петропавловске, в Краеведческом музее. Благодаря любезности заведывающего музеем П. И. Смирнова мы получили часть этого образца для исследования. Согласно этикетке, он происходит из Банных горячих ключей.

Химическое опробование и оптическое исследование показали, что вещество этой „синей глины“ представляет вивинанит ($N_g = 1.644$, $N_m = 1.605$, $N_p < 1.605$; плеохроизм от густосинего до бесцветного по схеме $N_g < N_m < N_p$; $2V$ около $+60^\circ$, сильная дисперсия $\rho < \nu$ и спайность параллельно плоскости $N_g N_p$). Если это вещество действительно происходит отсюда, то образование его здесь довольно загадочно, так как фосфорной кислоты в этих водах не обнаружено.

Единственно, что можно предполагать — это образование его за счет остатков погибших рыб. Дело в том, что ежегодно летом, вплоть до глубокой осени камчатские реки бывают

переполнены колоссальными количествами крупных лососевых рыб, поднимающихся почти в виде кашеподобной массы вверх к речным истокам для нереста. После нереста рыба вся погибает, и трупы ее сплошь устилают берега рек, заражая долго воздух нестерпимым запахом сероводорода. Накопление на берегу реки около термальной площади таких залежей погибшей рыбы единственно только и может быть источником фосфора. Следовательно, можно думать, что вивианит здесь представляет продукт взаимодействия горячих вод и богатых фосфором залежей погибшей рыбы. Закись железа, входящая в состав вивианита, возможно, получается в результате раскисления в восстановительной среде сероводорода окиси железа, содержащегося в горячих водах и в продуктах разрушения горных пород.

Для полноты описания следует дать краткую характеристику выделенных нами групп ключей.

Группа № I. Главный ключ — „голубой грифон“. Остальные — сочащиеся, расположены в пойме реки и частью в скалистых обрывах авгитового порфирита. Температуры от 30 до 55°.

Группа № II. Два глубоких овальных бассейна с температурами 71 и 87° и с суточным дебитом 20—30 тыс. л. несколько кипящих ключей с температурами 90, 91, 93 и 95° и много грязевых котлов с температурами от 68 до 95.°5. Дебит всей группы 71 300 л в сутки.

Группа № III. Восемь гейзеровых бассейнов, располагающихся в два параллельных ряда и восемнадцать мелких грифонов, большей частью грязевых котлов. Первые имели температуры от 70 до 93° (при температуре воздуха + 9°), вторые от 80 до 96°. Этой группе Новограбленов дал название „восьмерка“. Из грифона, имеющего очертания восьмерки, нами были взяты пробы воды и газа; анализ их приводится ниже.

Группа № IV. Большая лужа с центральным кратером, в котором под водой действует описанный выше ключ. Температуру в центре измерить не удалось, а по краям лужи она равна 60—62°. По бокам много крошечных грифонов с температурами 78, 85, 90° и др. Кругом лужи специальная ключевая трава и термофильные водоросли красного (ближе к горячей воде) и зеленого цвета. Суточный дебит около 50 тыс. л.

Группа № V. У подножия террасоподобной покатости тальвега. Много бьющих и „фырчащих“ ключей. Кое-где по периферии грязевые котлы; некоторые из них с черной грязью. Температуры первых от 82 до 96°; вторых от 73 до 94°. Здесь находится ключ „Кутха“¹ Новограбленова.

Группа № VI. Заболоченное топкое место, заросшее присами и волосообразной ключевой травой. Повидимому, замирающая площадь. Ключи слабые; температуры от 41 до 62°, только в одном 89°.

Группа № VII. Преобладают слабые выходы с температурами от 72 до 87°. Один крупный грифон с диаметром 3 м наверху и 1 м внизу; канал глубокий; температура 84°; в сутки из него вытекает только 7 тыс. л.

Группа № VIII. Аналогична группе V, но меньше ключей. Два маленьких бьющих ключа с температурой 94.°5 и пять „фырчащих“ с температурой 59 — 88°.

Группа № IX. Грифоны вытянуты по правому и левому берегам речки Ящичной. Ключи слабые, с температурами от 40 до 60°, редко 80°. Недалеко от устья имеется несколько бьющих ключей с температурами от 85 до 96°.

Группа № X. Заболоченная старая термальная площадка. Много слабых ключей с температурами от 20 до 50°. Один крупный с галечниковым дном; диаметр 3 м; температура 72°.

Группа № XI. Три головных грифона, из которых вытекает горячий ручеек, и несколько других лежащих ниже. Бьющие и „фырчащие“ ключики с температурами от 62 до 96.°5. По Новограбленову, это — „Тикина группа“.

Группа № XII. Три отдельных мелких бассейна с температурами 63, 88 и 94°. Остальные сочащиеся.

Группа № XIII. На бугристом, слегка приподнятом берегу теплого ручья несколько кипящих и „фырчащих“ ключиков. Температуры их: 86, 87, 88, 92, 95, 96 и 97.°5. Последняя является максимальной для всей площади Банных терм.

Группа № XIV. Находится в устье речки Табуретки. Между крупных галек, с шумным клокотанием, разбрызгиваясь, бьют сверху несколько ключей. Температуры их от 88 до 97°. Выше, по левому берегу речки Табуретки, имеется много слабых сочащихся ключиков с температурами от 32 до 47°.

¹ Главный бог древних камчадалов.

Группы №№ XV и XVI. Слабые сочащиеся выходы, обильно заросшие термофильными водорослями. Располагаются по берегам холодных ключиков, стекающих со склона долины.

Сравнивая данные наших наблюдений с описанием Крашенинникова, мы приходим к выводу, что активность ключей за эти 200 лет значительно уменьшилась. Крашенинников, напр., отмечает, что тогда в отдельных местах ключевой площади существовало „бесчисленное множество скважин различной



Рис. 26. Грифоны группы II на Больших Банных термах. На заднем плане гора Сучаган.

ширины в диаметре, из которых вода бьет вверх аршина на два с великим шумом“. Теперь уменьшилось не только количество таких ключей, но и сила напора их. Если верить сообщению старосты сел. Начики Ю. Мерлину (приведено у Дыбовского), то еще недавно, в 1882 г., высота нового бьющего ключа достигала 3 фут., а толщина столба воды была равна толщине человеческого тела. Но это, на ряду с тем провалом в 1889 г. и последовавшим за ним выбросом фонтана кипящей воды, о котором говорит д-р Слюнин, повидимому, были последними вспышками замирающей деятельности ключей гейзерового типа.

Ярче чем где-либо в другом месте видно, что здесь активность ключей главным образом, если не исключительно, обус-

ловлена выходом пара и газов. Повидимому, здесь мы имеем старую фумарольную площадь, которую победила грунтовая вода. Активных вулканических газов, повидимому, уже мало, и они все „отфильтрованы“ подземными потоками метеорных вод. Только в этом отношении рассматриваемые источники отличаются от фумарольных горячих ключей кальдеры вулкана Узона, с которыми они близки по характеру деятельности. Банные источники, повидимому, ближе всего из известных источников могут быть сопоставлены с Паужетскими.

Термальная вода Больших Банных ключей очень прозрачная, бесцветная, сравнительно приятная на вкус (отчасти напоминает начикинскую и верхне-паратунскую воду); чувствуется легкий запах сероводорода.

Реакция воды слабо щелочная (1.3 куб. см $\frac{1}{10}$ N раствора HCl, pH=7.4). Измерение радиоактивности через несколько дней дало отрицательный результат. Возможно, здесь, как и для Малых Банных ключей, радиоактивность эманационная и небольшая по величине, порядка 1—3 ед. Махе на литр.

В составе воды мы снова видим близость ее к группе территориально близких вод, таких как Малых Банных, Начикинских, Малкинских и Паратунских. Эти ключи, следовательно, мы можем классифицировать тоже как натрово-сульфатные слабосероводородные термы.

Близость к упомянутым термам мы опять видим и в составе газа. Анализ последнего Панкратьевой и Маркон (ЦНИГРИ) следующий:

Азота + редких газов	89.2%
Кислорода	10.8
	100.0%
Тяжелых редких газов (Ar + Kr + Xe)	1.287%
Легких " " (He + Ne)	0.016

Кислород здесь, несомненно, поверхностного происхождения и, повидимому, засосан в грифон из воздуха.

Заканчивая этим описание Больших Банных горячих ключей, отметим, что они не пользуются у местного населения столь большой популярностью как „Маленький ключик“. Как лечебные воды жители считают их похожими на Малкинские и Начикинские ключи.

ТАБЛИЦА 14

Анализ Больших Банных горячих ключей

Группа № III „Восьмерка“. Т 87°. Аналитик А. А. Резников, 1934 г.

	г/л	мг/экв.	мг/экв. ‰
NH ₄ ¹	есть	—	—
K ⁺	0.0234	0.60	1.8
Na ⁺	0.3370	14.68	45.5
Ca ⁺⁺	0.0161	0.80	2.5
Mg ⁺⁺	0.0012	0.10	0.2
		16.18	50.0
Cl ⁻	0.1240	3.50	10.8
Br ⁻	не обн.	—	—
I ⁻	„	—	—
SO ₄ ^{''}	0.5512	11.48	35.6
HCO ₃ [']	0.0360	0.60	1.8
CO ₃ ^{''}	0.0180	0.60	1.8
NO ₂ ^{'1}	нет	—	—
NO ₃ ^{'1}	„	—	—
		16.18	50.0
Fe ₂ O ₃	0.0001		
H ₂ SiO ₃	0.160		
pH	6.9		
H _н ^o общ.	2.5		
Сух. ост.	1.250		

23. Начикинские горячие источники

Начикинские горячие источники находятся на правом высоком берегу р. Плотниковой, в 104 км от г. Петропавловска и в 1 км ниже сел. Начики. Последнее соединено с городом хорошей грунтовой дорогой и телеграфной магистралью. Абсолютная высота местности, где расположены источники — 350 м.

¹ Качественное определение.

Начикинские источники, благодаря своему расположению около самого оживленного тракта полуострова, идущего из Петропавловска в Большерецк и в долину р. Камчатки, не имеют себе равных на Камчатке источников по числу побывавших на них и описавших их путешественников. Но несмотря на это, они до последнего времени оставались все же слабо изученными, а в геологическом отношении почти абсолютно неизвестными.

Впервые, под именем Большерецких ключей, их описывает С. Крашенинников.¹ После него на ключах побывали и описали их: капитан Клерк из экспедиции Кука в 1779 г.,² француз Лессепс из экспедиции Лаперуза в 1787 г.,³ Сарычев вместе с Берингом в 1789 г.,⁴ Гофман из экспедиции Коцебу в 1824 г.,⁵ Эрман в 1829 г.,⁶ К. Дитмар в 1852 г.,⁷ Б. Дыбовский в 1880—1881 гг.,⁸ Слюнин в 1898 г.,⁹ д-р Тюшов в 1896 г.¹⁰ и В. Л. Комаров в 1908 г.¹¹ Упоминают источники еще другие члены экспедиции Ф. П. Рябушинского: А. Н. Державин,¹² Власов¹³ и В. Н. Лебедев,¹⁴ а также позже проехавший здесь E. Hulten.¹⁵ Наиболее подробные описания оставили нам Лессепс и Эрман. Химический анализ воды сделан проф. К. Шмидтом по пробе воды, доставленной ему Б. Дыбовским. В 1934 г. источники были подробно исследованы автором настоящего очерка.

С поверхности высокой террасы, где находятся горячие ключи, открывается живописный вид на окружающую горную

¹ Loc. cit.

² J. Cook. A Voyage to the Pacific ocean etc., vol. 3, London, 1782.

³ Лессепс. Путешествие по Камчатке и южной окраине Сибири. т. I, 1801.

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

⁵ E. Hofmann. Geognostische Beobachtungen angestellt auf einer Reise um die Welt in Jahren 1823 bis 1826. Berlin, 1829.

⁶ A. Erman. Reise um die Erde, Bd. III. Berlin, 1848, S. 516—521.

⁷ Loc. cit., стр. 385.

⁸ K. Schmidt, loc. cit.

⁹ Loc. cit., стр. 183.

¹⁰ Loc. cit., стр. 38—39.

¹¹ Loc. cit., стр. 111.

¹² Loc. cit., стр. 249.

¹³ Loc. cit.

¹⁴ Loc. cit.

¹⁵ Loc. cit.

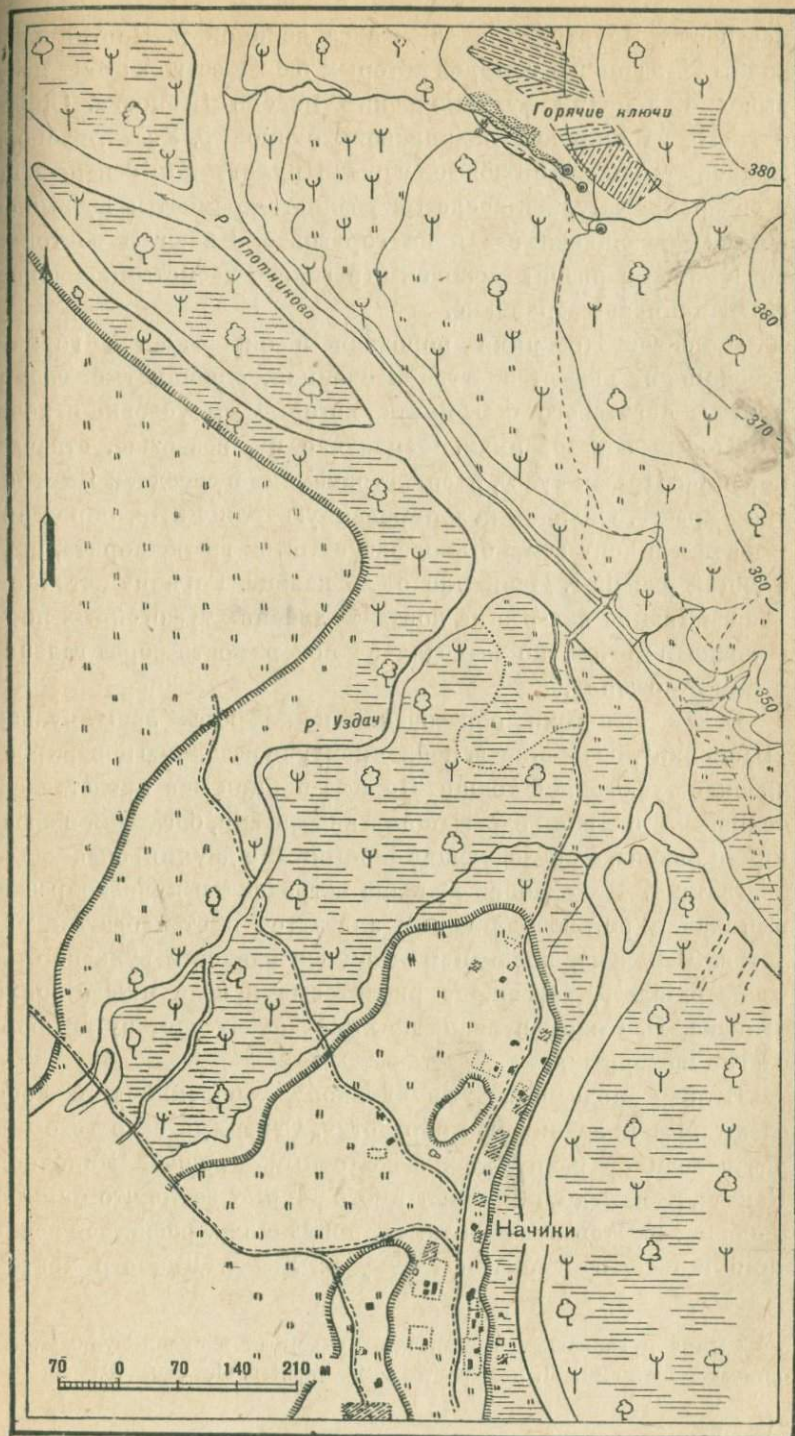


Рис. 27. План окрестностей Начикинских горячих источников и сел. Начики.

местность. На западе, сразу же за долиной р. Плотниковой, видны Халзанские горы, из которых ближе всего к этому месту высокий древний вулканический массив Шапочка. Справа от него, за широкой ледниковой долиной р. Уздач, расположены высокие столовые горы Ипукик. На северо-запад и север протянулись лесистые увалисто-холмистые возвышенности, теряющиеся вдаль на горизонте. На юг и восток от источников горизонт заслонен отрогами и лесистыми склонами г. Начикинское зеркальце.

Наиболее древними породами в окрестностях горячих источников являются туфо-песчаники, кремнистые сланцы и туфы авгитового порфирита, которые мы условно относим к меловым образованиям. Фациально им, возможно, отвечают порфириты и их туфы, распространенные в соседнем Быстринском хребте. Сильно дислоцированную толщу этих пород прорывает и в контакте метаморфизует шток гранодиорита, образующий массив г. Начикинское зеркальце. Горячие источники располагаются как-раз на контакте древних туфогенных пород с гранодиоритом, но выходят на поверхность через галечниковые отложения.

Более молодыми образованиями являются лавы вулкана „Шапочки“, излившиеся, повидимому, на размытую поверхность древней туфогенной толщи. Первые порции лав представлены основными оливин-содержащими андезитами, богатыми включениями кварца, а последующие — обычными двухпироксеновыми андезитами. На склонах вулкана встречаются куполообразные выпирания роговообманковых андезитов и стекловатых риолитов. Вероятно, последним актом деятельности вулкана были жилы базальта, рассекшие риолитовые купола и тело конуса вулкана. Все лавы вулкана по химическому составу являются слегка щелочными.

Вулкан подвергся уже сильному расчленению и носит следы былой ледниковой обработки. Северный склон его прорезан долиной реки Уздач, а восточный — речкой Шапочной.¹ Как та, так и другая имеют много данных за то, что они ледниковые. Кратер вулкана также, повидимому, расширен ледниками и сейчас открыт в долину р. Уздач. Диаметр кратера

¹ Цирк в верховьях этой речки, врезанный в склон вулкана, был ошибочно принят В. Л. Комаровым за кратер; *loc. cit.*, стр. 120.

около 2 км, а высота края его 1050 м над уровнем моря, или 720 м над тальвегом долины Плотниковой у сел. Начики. От ключей до центра кратера примерно 7 км.

Судя по сильной расчлененности и обработке ледниками, вулкан, повидимому, действовал в плиоцене.

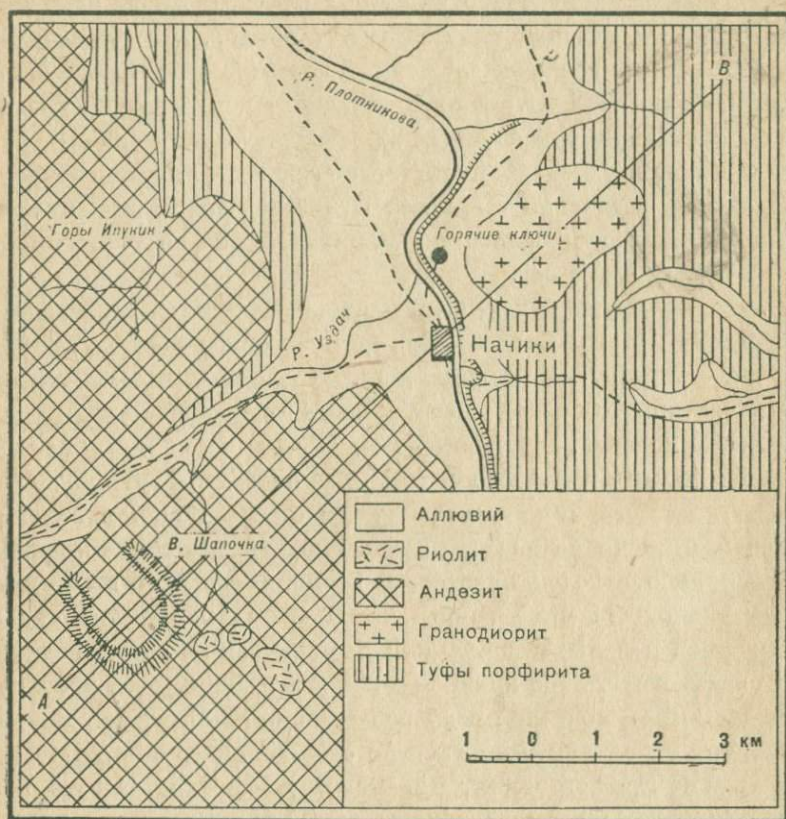


Рис. 28. Геологическая карта окрестностей Начикинских горячих ключей.

Несмотря на наличие близких к источникам молодых вулканических образований, они, более вероятно, связаны все же с гранодиоритом. За это говорит аналогичная картина связи других близких к нашим по типу терм с гранодиоритами, диоритами, или с прорвавшими их липаритами.

Источники, как было сказано, находятся на поверхности высокой террасы, у подножия горы Начикинское зеркальце. Ключевое поле расположено на луговой площадке у подножия

небольшого холмика — отрога г. Начикинское зеркальце и вытянуто полосой в северо-западном направлении. С северо-востока к ключевой площадке примыкает большой колхозный огород, а с других сторон — березовый лес и ольховые кустарники. Ключи соединены с селением хорошей торной тропой.

Самые верхние наиболее слабые и теплые ключи находятся в болоте¹ у опушки ольховых кустарников. В 50 м к северо-западу от них расположился самый горячий ключ Начикинских терм — грифон № 1. В 25 м дальше от него выступает более мощная группа грифонов (№ 2), дающая начало бурному горячему ручью. Последний достигает голой каменистой площади и частью разливается по ней. Эта голая площадь составляет треть и самое большое по размерам, но не по дебиту, место выходов горячих вод.

На краю голой ключевой площадки находятся ванна и раздевальня. Первая расположена на пути общего потока горячей воды, в русле небольшого лога. Представляет трехстенный сруб, открытый вверх по течению. Раздевальня — небольшой домик с крышей, окном и дверью.

Сверху, из холодного болота сюда подведен ручей холодной воды, который выше ванны может быть впущен в горячий ручей. Получение надлежащей температуры в ванне производится либо отводом некоторых горячих струй по голой ключевой площадке мимо ванны, что достигается простым накладыванием перемычек из дерна или поленьев на путь движения горячей струи, либо впуском в лог всего количества холодной воды. Зимой холодной воды совершенно не пускают, так как горячие струи успевают сами по себе достаточно остыть.

Кроме главной ванны, имеются еще и другие. Одна в виде квадратного шурфа, глубиною и шириною в 1 м, вырыта в галечнике голой ключевой площадки; сюда по мере надобности отводится специальная струя горячей воды. Другая — просто деревянная рама, положенная в грязь термального болота.

Грифон № 1 представляет вырытую ямку, диаметром около 0,5 м и глубиною примерно 30 см. Из ямки по вырытой канавке вытекает горячая вода, которая вскоре же теряется в болоте. Из песчанистого дна грифона слабым напором выступает горячая вода с температурой 81°. Здесь самая высокая

¹ Не попали на прилагаемый план рис. 29.

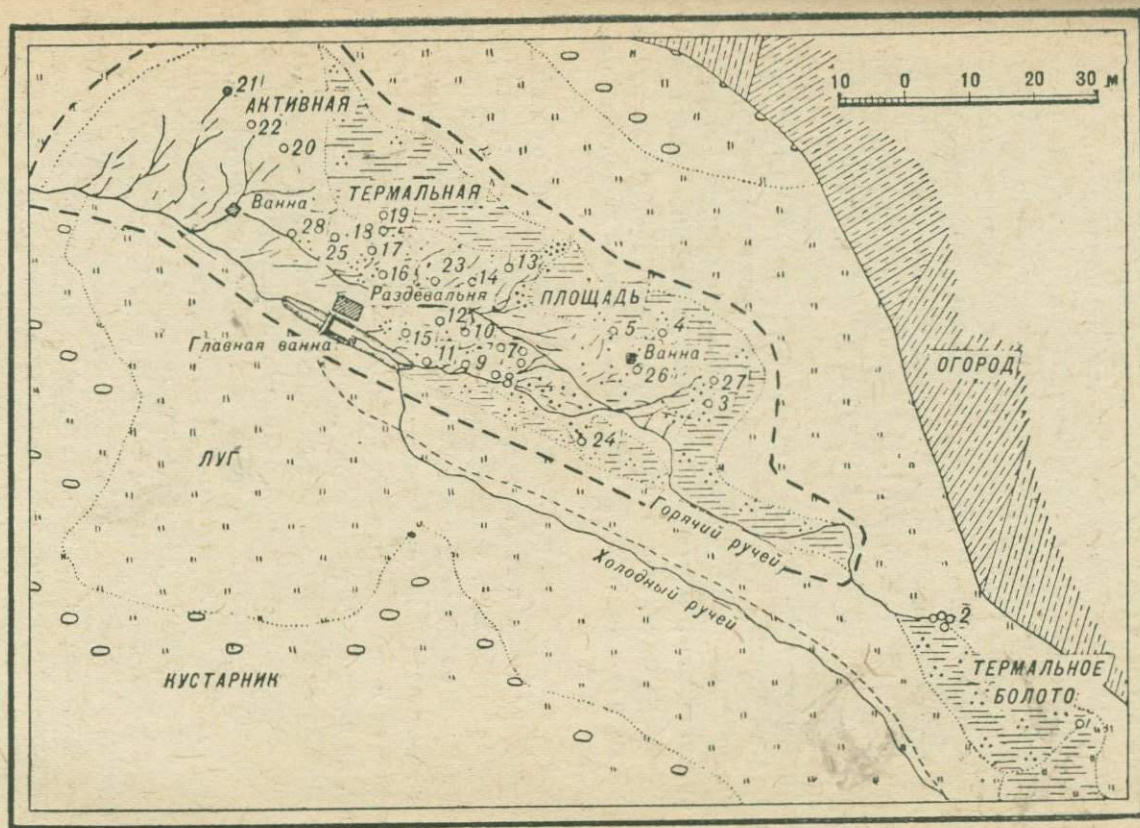


Рис. 29. План Начикинских горячих ключей.

температура Начикинских ключей. Суточный дебит здесь только 9 тыс. л.

Группа № 2. Эта группа мощных тесно друг с другом связанных грифонов находится тоже под изгородью огорода и выбивается также на краю термального болота. Грифоны представляют ямки, вырытые в глинистой почве; дно их мелкое, покрыто галькой и песком. Над грифонами нависают высокие стебли травы, покрывающие крутой склон приподнятого берега болота. Стенки грифонов облеплены слизью темнозеленых термофильных водорослей. Со дна небольшим напором бьет горячая вода и выделяются пузырьки газа. Температуры воды здесь были от 78.1 до 79.1. Суточный дебит из четырех грифонов, дающих начало горячему ручью, оказался равным 439 900 л.

Полученная цифра дебита не согласуется с величиною дебита в низовьях горячей речки, перед разливом ее по голой термальной площади. Дебит там оказался равным 1 339 200 л в сутки. Такое, почти трехкратное увеличение количества воды, нам кажется, можно объяснить только наличием в русле горячего ручейка других не менее крупных грифонов, чем в группе № 2.

Голая ключевая площадь. Это сравнительно большая, совершенно лишенная растительности, голая, каменистая галечниковая площадь, окаймленная почти со всех сторон топким термальным болотцем. Величина ее около 3250 кв. м. Площадь почти вся активная; она представляет как бы каменное сито, проткнутое бесчисленным количеством исчезающе-малых отверстий, из которых сочится горячая вода.

Почти каждый выход воды отмечается на поверхности своеобразными различно-окрашенными в зависимости от температуры термофильными водорослями. Последние, если выходы воды скучены, образуют неправильные пятна, захватывающие область выходов и русла струек вытекающей воды. Цвета этих водорослей бледнокарминово-красные или бурые для тех мест, где температура воды находится в интервале 60—70° и темно-зеленые для выходов с температурами в 30—55°. По ним легко находить места выходов воды, как бы малы последние ни были.

Грифоны этой площади представляют тонкие неправильные трещинки в плотно сцементированной гальке. Стенки некоторых выходов инкрустированы пиритом. Вследствие того, что

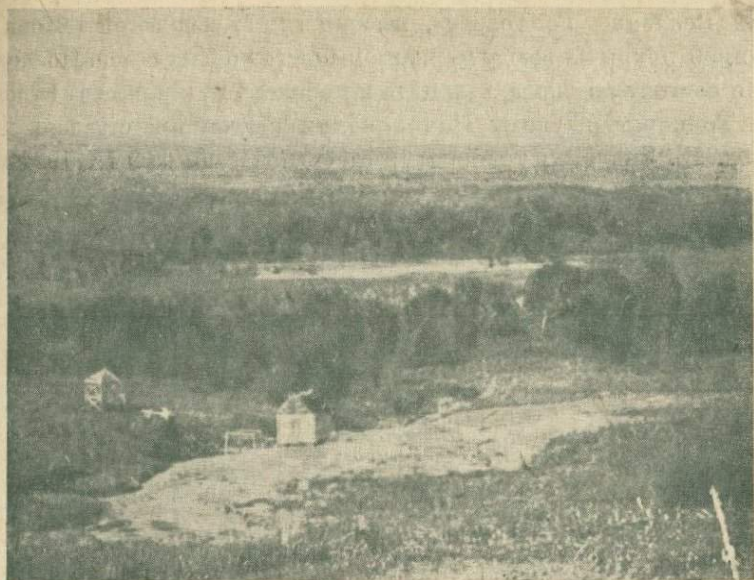


Рис. 30. Общий вид Начикинских горячих ключей со склона г. Начикинское зеркальце.

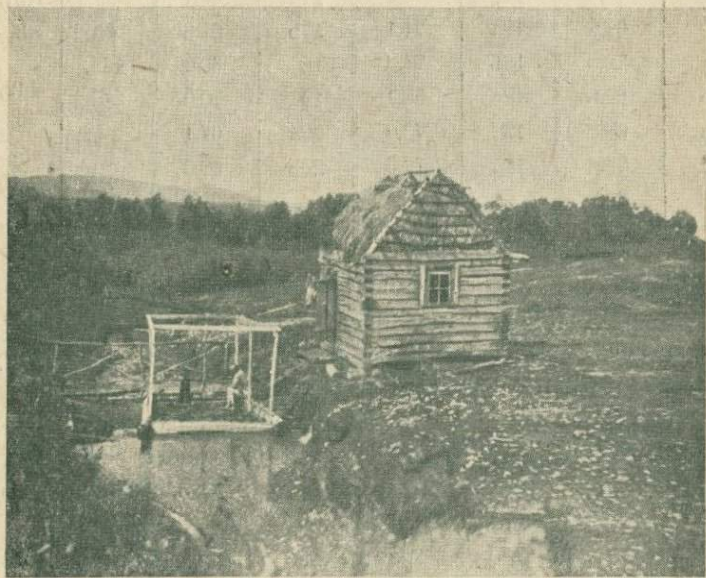


Рис. 31. Ванна и раздевальня на Начикинских горячих ключах.

вся голая ключевая площадь залита тонкой пленкой воды, которая медленно испаряется, выступающие над водой обломки камней покрыты всюду корками выцветов белых солей. Последние состоят из опала, кальцита и небольшого количества гипса.

Температуры воды Начикинских ключей представлены на табл. 15. Значения температур здесь показаны за 9 IX 1934 г.;

ТАБЛИЦА 15
Температуры Начикинских горячих ключей
(9 IX 1934 г.)

№ гриф.	t°	№ гриф.	t°	№ гриф.	t°	№ гриф.	t°
1	80.9	8a	62.1	13b	69.1	21	42.7
2a	79.3	8b	62.0	14	73.4	22	66.2
2b	79.1	8c	55.2	15a	72.6	23	70.9
2c	78.5	9	71.8	15b	74.5	24	66.0
2d	78.3	10a	65.3	15c	71.3	25	67.3
3a	67.5	10b	62.5	15d	67.0	26	70.0
3b	63.9	11a	64.2	16a	67.0	27	71.7
4a	68.5	11b	63.4	16b	69.2	28	65.4
4b	70.5	11c	78.0	17a	63.7	29	37.5
5	62.0	12a	71.1	17b	61.8	30	30.0
6a	72.0	12b	74.3	18	69.6	хол.	
6b	69.8	12c	68.1	19	70.0	руч.	12.6
6c	68.0	12d	70.0	20a	67.1		
6d	75.6	13a	72.3	20b	68.5		
7	72.0						

измерялись они при температуре воздуха $+15^{\circ}$. Для голой термальной площади в среднем распространены температуры, находящиеся в интервале $60-70^{\circ}$. Максимальная температура для этой площади была зарегистрирована в грифоне № 6; она равна $75^{\circ}6$. Наиболее низкие значения температур наблюдались в районе периферического термального болота. Самая высокая температура Начикинских горячих ключей, как видим, наблюдается в грифоне № 1 ($80.9-81^{\circ}0$).

Более или менее однообразный температурный режим голого ключевого поля, надо думать, свидетельствует об одной общей жиле горячей воды, питающей все находящиеся здесь грифоны.

Выходя из нижележащей коренной породы, она в галечнике, повидимому, разбивается по бесчисленным трещинкам на ряд весьма тонких подводящих воду каналов, срез которых поверхностью террасы и дает современную голую ключевую площадь.

В среднем дебит каждого крошечного грифона, судя по 40 измерениям, равен 2120 л в сутки. Непосредственно измеренный дебит для части грифонов дал цифру 145 540 л в сутки. Для неизмеренного дебита остальных 70 грифонов была принята цифра 140 тыс. л, считая средний суточный дебит каждого отдельного грифона в 2 тыс. л. Таким образом суммарный суточный дебит голого термального поля можно считать равным 285 540 л. Средняя температура воды здесь по средним 52 измерениям равна 67°5.

В целом суммарный суточный дебит всех Начикинских ключей можно считать равным 1 624 700 л со средней температурой 60° (при температуре воздуха около +15°).

С целью характеристики температурного режима Начикинских ключей за те 200 лет, в течение которых они известны, приведена табл. 16.

ТАБЛИЦА 16
Температуры Начикинских ключей с 1737 г.

Исследователь	Дата	t° ключа	t° воздуха
Крашенинников	1737	84.0	-16.0
Эрман	29 IX 1829	77.0	+ 7.5
Дитмар	2 IX 1852	77.5	+12.5
Дыбовский	1881	80.0	+ 1.5
Тюшов	24 IX 1896	80.8	—
Слюнин	1898	80.0	—
Комаров	2 VIII 1908	78.5	—
Державин	13 I 1909	78.5	-22.0
"	12 XI 1909	77.8	- 8.2
Hulten	1921	77.0	—
Пийп	6 IX 1934	81.0	+17

Некоторый разноречив в цифрах этой таблицы скорее всего объясняется местом измерения и точностью термометров, чем изменчивостью температуры воды.

Кроме рассмотренной термальной площади, имеется еще одна площадь, но старая, почти совершенно прекратившая свою деятельность и затянута теперь сплошь болотом. Место это находится среди березового леса, примерно в 0,5 км на ССЗ от активной площади.

Это древнее термальное поле дренируется несколькими слабенькими ручейками теплой воды, имеющей целый ряд значений температур — от температуры воздуха до 30° С. Вода, повидимому, такого же состава как и в главных термах, но сильно разбавленная поверхностными водами. Запаха сероводорода не чувствуется.

Термальная вода Начикинских ключей очень прозрачная, бесцветная, довольно приятная на вкус, но имеет слабый запах сероводорода. Реакция воды слабо щелочная, рН = 7.2. Радиоактивность небольшая и при том эманационная; величина ее для воды и газа приведена в табл. 17.

ТАБЛИЦА 17

Радиоактивность воды и газа Начикинских горячих ключей

Места взятия проб	Дата измерения	Единиц Махе на 1 л
В о д а		
Гриффон № 1	26 VIII 1934	1.0
„ № 2	конец августа 1934	2.91 ¹
„ № 7	23 VIII 1934	0.7
„ № 14	23 VIII 1934	0.6
„ № 29	6 IX 1934	1.8
Горячий ручей	30 VIII 1934	0.0
Г а з		
Гриффон № 2	24 VIII 1934	81.0

Определение сероводорода на месте показало содержание его от 0.31 до 0.49 мг на литр.

По химическому составу рассматриваемая горячая вода является натрово-сульфатной, слабо сернистой, с небольшой минерализацией. В этом отношении, как и по составу газа, она

¹ Среднее из семи измерений в разные дни.

параллелизуется с горячими водами Малкинских, Банных и Паратунских источников. В данном случае опять обращает на себя внимание связь определенного химического типа воды с очагом кислой изверженной породы.

Химический состав выделяющегося газа по анализу его Панкратьевой и Маркон (ЦНИГРИ) оказался следующим:

Азота + редких газов	100%
Тяжелых редких газов (Ar + Kr + Xe)	1.604
Легких " " (He + Ne)	0.055

Характер деятельности Начикинских ключей со времен Крапенинникова до наших дней, повидимому, не изменился. Однако имеются данные, позволяющие предполагать, что форма деятельности и состав воды этих источников в более отдаленные времена были иными. Фактом указывающим на это, является, по нашему мнению, пирит,¹ встречающийся кое-где по стенкам тонких вододоставляющих трещин.

Сейчас он не образуется, что видно по гладкой как бы отполированной поверхности корочек его. То, что сейчас встречается, представляет, вероятно, ничтожные остатки прежних образований.

Пирит и марказит как продукты отложения горячих источников известны только для кислых типов последних. Современное образование пирита наблюдали Allen и Day в кислых горячих источниках вулкана Лассен-пик в Калифорнии.² Марказит, как показали лабораторные исследования, осаждался лишь как некоторая примесь к пириту, причем количества его были тем больше, чем кислее был раствор (op. cit., стр. 138). Современное образование марказита из природных горячих вод известно в долине десяти тысяч. Дымов в Катмае на Аляске и около озера Роторуа в Новой Зеландии; в том и другом случае он осаждается из кислых фумарольных вод (op. cit.).

Принимая во внимание указанное, т. е. что дисульфид железа осаждается вообще из кислых вод, есть основание предполагать, что некогда Начикинские термы были источниками сольфатарного типа, возможно, такими же как современные горячие источники вулкана Лассен-пик, которые имеют все

¹ Определение условное.

² A. L. Day and E. T. Allen. The Volcanic Activity at Hot Springs of Lassen Peak. Carn. Inst. Publ., № 360, 1925.

Химический анализ Начикинских горячих ключей
Грифон № 2 а. Т 79°8. Аналитик Е. Муликовская, 1934 г.

	г/л	мг/экв.	мг/экв. ‰
NH_4^+ ¹	есть	—	—
K ⁺	0.0150	0.38	1.2
Na ⁺	0.2940	12.80	41.5
Ca ⁺⁺	0.0432	2.16	7.0
Mg ⁺⁺	0.0018	0.10	0.3
Mn ⁺⁺ + Zn ⁺⁺²	0.00007	—	—
Sb ²	следы	—	—
Mo ²	"	—	—
		15.44	50.0
Cl ^I	0.1844	5.20	16.8
Br ^I	не обн.	—	—
I ^I	"	—	—
SO ₄ ^{II}	0.4476	9.32	30.2
HCO ₃ ^{II}	0.0500	0.82	2.7
CO ₃ ^{II}	0.0030	0.10	0.3
HAsO ₄ ^{II2}	0.00018	—	—
		15.44	50.0
Fe ₂ O ₃	следы		
H ₂ SiO ₃	0.116		
pH	7.0		
H _N ^o общ.	6.3		
Сух. ост.	1.146		

переходы к фумаролам, гейзерам и грязевым котлам. Некоторым подтверждением этому в Начикинских источниках служит еще существенно сульфатный состав воды и присутствие небольших следов сероводорода. Здесь, как и в Лассеновских горячих источниках, на поверхности, несомненно, было много-

¹ Качественное определение.

² Определение В. Е. Кутейникова из 20-кратного концентрата воды.

рыхлых каолинизированных масс горных пород. Сейчас они, надо думать, смыты и заросли болотом. Действительно, в небольших количествах, в виде теплых окрашенных глин они были встречены при раскопках болота в вершине ключевой площади и около грифона № 2.

Начикинские ключи, благодаря близости их к главному тракту полуострова, посещаются чаще чем какие-либо другие горячие источники Камчатки. Во время нашего пребывания на ключах в августе и сентябре 1934 г. здесь ежедневно бывало до 20 чел. Посетители — главным образом проезжие, местные дорожные рабочие и жители селения.

Ключи используются исключительно как бани, которых между прочим, в селении совершенно нет. Лечащиеся очень редки и это — только проезжие. Те из больных, которые могут еще быть перевезены на верховой лошади, предпочитают лечиться на Малых Банных ключах („Маленький ключик“).

В связи с близостью к городу и удобством сообщения с ним, Начикинские ключи можно рассматривать как удобный объект для постройки здесь санаторно-курортного заведения местного значения или дома отдыха. Неблагоприятными обстоятельствами являются только расположение и высота местности, точнее, соседство ее с центральным водоразделом полуострова. В силу последнего здесь ряд невыгодных климатических особенностей: много осадков, частая облачность, сильные ветры, долгая зима и т. п.

24. Малкинские горячие источники

Эти знаменитые в свое время на Камчатке горячие ключи располагаются в долине р. Ключевки, в 5 км. на восток от сел. Малка и примерно в 130 км от г. Петропавловска. Абсолютная высота местности около горячих ключей — 240 м.

Во времена Крашенинникова ключи не были известны. Впервые о существовании „Малкинских теплых вод“ сообщает нам Лессепс, проехавший через сел. Малку в 1787 г.¹ В 1805 г. на ключах был натуралист Лангсдорф,² а в 1822 г. Кохрен.³

¹ Loc. cit.

² Loc. cit.

³ J. D. Cochrane. Narrative of a pedestrian journey through Russia... etc. London, 1824.

Оба кратко описывают ключи. Здесь не был, но упоминает о ключах и о построенном на них госпитале естествоиспытатель Гофман (1824 г.).¹ Очень подробно описывает источники и упоминает о существовании здесь больницы А. Эрман (1829 г.).² В описании его приведен химический анализ Малкинской горячей воды, сделанный в Берлине проф. Раммельсбергом. В 1852 г. источники были посещены и описаны К. Дитмаром.³ Д-р Дыбовский, которому мы обязаны первыми анализами некоторых камчатских горячих источников и кратким описанием их, побывал на Малкинских ключах в 1881 г. Анализ воды по пробе, доставленной Дыбовским, сделан К. Шмидтом.⁴ Наконец последний кто до нас здесь побывал и описал ключи, был В. Л. Комаров (1909 г.).⁵

Сел. Малка расположено на левом берегу р. Быстрой, немного выше устья р. Ключевки, как раз в том месте, где р. Быстрая круто поворачивает на запад — в узкую горную теснину, поперек пересекающую Малкинский хребет. Из города сюда идет трактовая дорога с телеграфной линией, которая продолжается и дальше в долину р. Камчатки.

Селение и ключи соединены проселочной дорогой, пролегающей по чистой и сухой равнинной луговой местности, вдоль тальвегов долин Быстрой и Ключевки.

Долина р. Ключевки (старинное ее название Дакхело-Пич) в районе ключей прокладывает свой путь среди мягких, расплывчатых лесистых холмов и увалов, заполняющих широкое пониженное пространство между параллельными здесь Малкинским и Ганальско-Быстринским хребтами. Склоны долины пологие, покрыты березовым лесом или в отдельных местах пятнами кедровых и ольховых кустарников. Тальвег широкий, покрыт то лугом, то тальником и шеламайником. Река образует многочисленные протоки и острова; русло ее широкое, мелкое, каменистое.

Около ключей, на левой стороне долины высится 200-метровая по высоте (относительной) Ключевая Горка, а на противоположной стороне — такой же примерно высоты две Казенные горки.

¹ Loc. cit.

² Loc. cit.

³ Loc. cit.

⁴ К. Schmidt, loc. cit.

⁵ Loc. cit.

Долина Ключевки на всем протяжении рассекает толщу сильно дислоцированных туфов авгитового порфирита, туфопесчаников и зеленых кремнистых сланцев. Ключевая горка около терм сложена из зеленых кремнистых сланцев. В соседнем Ганальско-Быстринском хребте (массив г. Чоночиц) получают преобладание авгитовые порфириты. Те и другие, мы предполагаем, являются меловыми образованиями. К западу отсюда в Малкинском хребте встречаются уже иные породы. Это — граувакковые песчаники, филлиты и кристаллические сланцы. Последние слагают ядро хребта. Немую и сильно дислоцированную серию этих пород по возрасту условно относят к палеозою. Изверженные породы, вероятно, палеогенового возраста, представлены гранодиоритом, образующим небольшие штокооб-



Рис. 32. Схематический разрез в окрестностях Малкинских горячих источников. Крестики — гранодиориты; штрихи — филлиты и кристаллические „сланцы“; точки — граувакковые песчаники; „птички“ — туфы и кремнистые сланцы; поперечные штрихи — порфириты и их туфы.

разные тела, как в Ганальско-Быстринском, так и в Малкинском хребте. Весьма возможно, что не вскрытые тела этой изверженной породы имеются и около самих горячих ключей.

Сумма наблюдений как геологических, так и геоморфологических наталкивает на мысль, что широкая межхребтовая впадина между упомянутыми выше хребтами, идущая сюда из долины р. Камчатки, представляет грабеновое опускание. По западному боковому разлому этого грабена, повидимому, контактируют палеозойские и меловые отложения. Сбросы, отвечающие направлениям грабеновых разломов, возможно, имеются в полости грабена и, возможно, с одним из них связан выход горячих вод. Другой возможный разлом можно предполагать в направлении долины р. Ключевки и долины р. Быстрой после внезапного поворота последней на запад.

Таким образом, основываясь исключительно на предположениях, можно думать, что рассматриваемые горячие воды обя-

заны своим существованием магме гранодиорита, а появлением на поверхности — упомянутым второстепенным сбросам.

Выходы Малкинских горячих ключей занимают левобережную пойменную часть р. Ключевки, образуя сравнительно широкую термальную площадь, окруженную зарослями тальника и шеламайника. Это термальное поле складывается из галечниковой поймы с активными выходами воды и из приподнятой над ней на 0.5 м галечниковой надпоймы, почти лишенной выходов воды, но несомненно, прогреваемой снизу текущими в ней горячими водами, что выявляется формой покрывающей ее своеобразной низкой ключевой травы. Самые последние, слабые и менее горячие выходы воды располагаются ниже по реке, на острове.

Наиболее горячие выходы воды являются самыми верхними по реке; остальные, расположенные ниже, представляют, быть может, просто аллювиальные дериваты выходящих струй первых. Эта наиболее высокотемпературная группа грифонов, которая начинается на переднем краю термальной надпоймы самым многоводным и горячим грифоном терм и оканчивается у самой реки или, быть может, даже в ней, образует отчетливо выраженную узкую полосу северо-северо-восточного направления — особенность, которая, возможно, указывает на трещинный или сбросовой характер выхода этих вод.

На краю надпоймы, как-раз рядом с главным грифоном терм, стоит небольшая полуразвалившаяся избушка-раздевальня. Передней устроена заграда для купания — „ванна“, теперь тоже развалившаяся; представляет она небольшой мелкий бассейн, отгороженный двумя бревнами в русле горячего ручейка. Последний питается главным образом водою, вытекающей из главного грифона терм. Для охлаждения ванны, к горячему ручью подведен холодный ручей, вытекающий из рядом находящихся родников.

На правой стороне реки, против терм, находится чистое довольно сухое луговое место, где отдельные бугры, поросшие высокой травой, отмечают, по словам малкинских стариков, местонахождение построек старинного госпиталя.

Проявление термальной деятельности на ключевой площади весьма однообразное. Ясно выраженных грифонов почти нет, и вода обычно выходит со слабым напором между отдельными несцементированными гальками и валунами.

Самый мощный и высокотемпературный грифон на площади терм находится на краю надпоймы, рядом с „ванной“. Представляет он круглую выкопанную в галечнике яму диаметром около 1 м и глубиной — примерно в 40 см. До половины он заполнен горячей водой, сильно пузырящейся от выходящего со дна газа.

Вода стекает по вырытой канавке на деревянный жолоб, откуда она мощным потоком изливается в горячий ручей, идущий

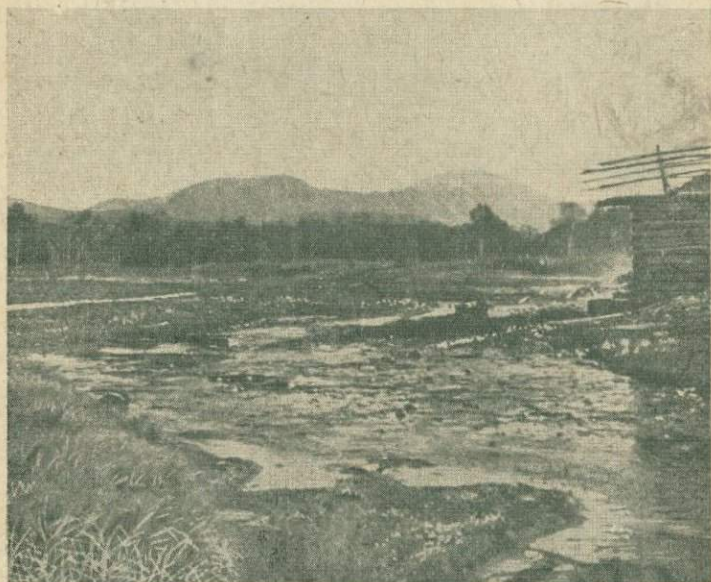


Рис. 33. Общий вид Малкинских горячих ключей. Справа разведальня. Вдали гора Чоночиц (Ганальско-Быстринский хребет).

к ванне. Вода в местах выхода газа имеет наивысшую для всей ключевой площади температуру, равную 83°C (табл. 19), которая оставалась неизменной за все время нашего пребывания на источниках. Количество изливающейся отсюда воды равно 288 тыс. л. в сутки.

Тут же в соседстве с грифоном № 1 вдоль подножья надпоймы имеется еще ряд грифонов, но более мелких. Представляют они затянутае термофильными водорослями крошечные отверстия в галечнике, из которых выходят слабые струйки горячей воды. Из всех этих грифонов, вместе с главным грифоном, вытекает в сутки 340 600 л.

У заворота надпоймы на границе с болотом располагается группа № II выходов. Здесь среди многочисленных крошечных грифонов четыре крупных и более или менее обособленных. Они представляют мелкие ямки в галечнике с обильными

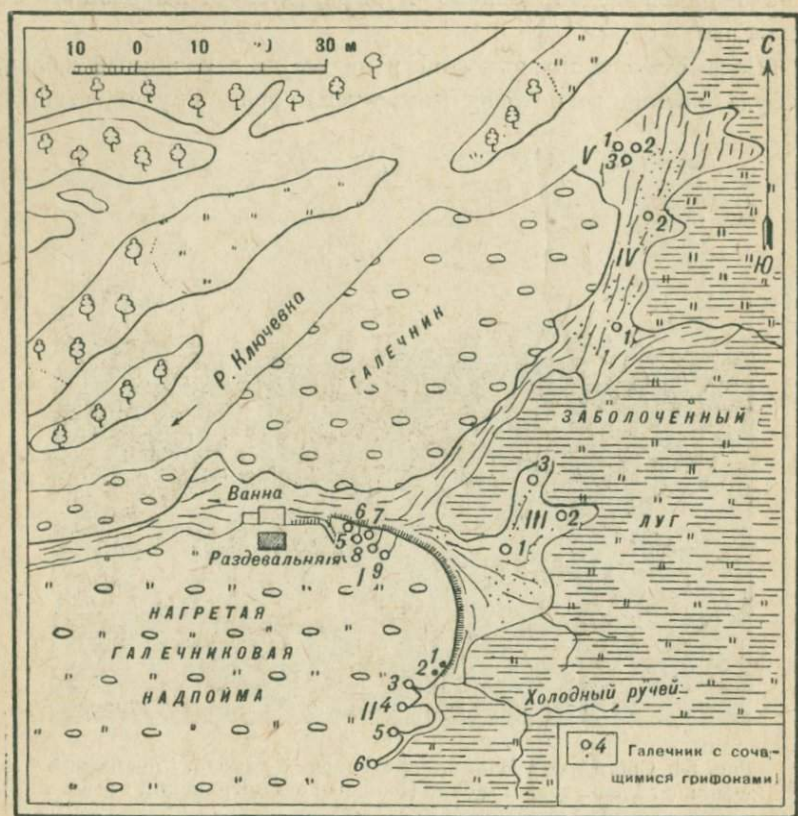


Рис. 34. План Малкинских горячих ключей.

зарослями термофильных водорослей. Температуры здесь были от 52,5 до 81,9, а суточный дебит группы — 123 280 л.

Группа № III вся расположена среди голого галечника поймы. Выходы воды промеж гальки многочисленны, но слабые. Каменистая поверхность этого участка поймы затянута слизью термофильных водорослей, и почти вся покрыта тонкой пленкой воды. Выступы галек покрыты белыми выцветами солей, в силу чего цвет площадки издалека кажется грязнобелым. Вышедшая вода разливается по каменистой площадке, образуя

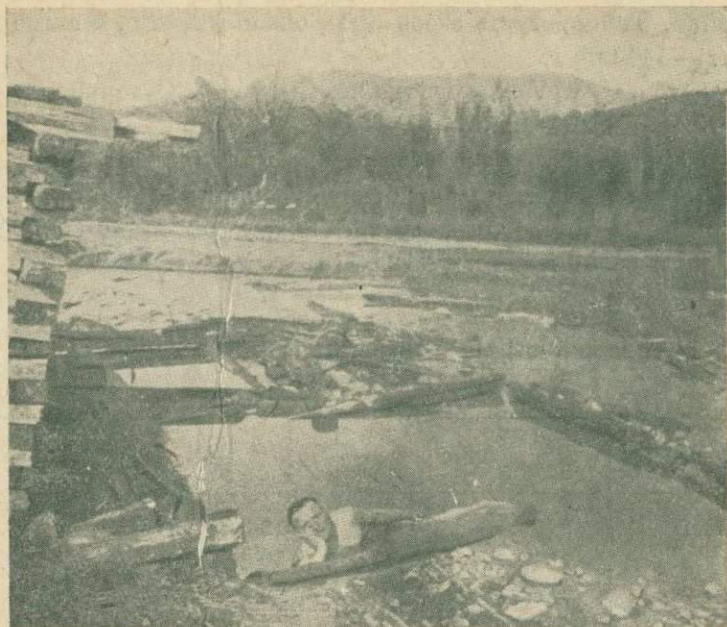


Рис. 35. Ванна на Малкинских горячих ключах.

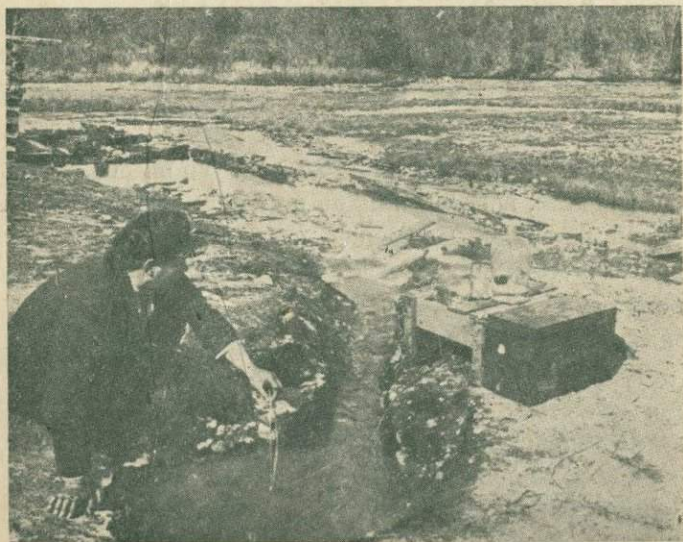


Рис. 36. Главный грифон (№ I—1) Малкинских горячих ключей.

неправильную сеть струек, стекающих в соседние холодные ручейки. Температуры здесь были около 70—80°, а суточный дебит — 144 000 л.

Группа № IV аналогична предыдущей. Суточный дебит здесь равен 172 800 л.

Группа № V отличается от предыдущих только тем, что здесь имеются яснее выраженные грифоны, и из них изливается больше воды. Кроме того, здесь температуры выше (табл. 19). Суточный дебит группы — 112 580 л.

ТАБЛИЦА 19
Температуры Малкинских ключей за 1 X 1934 г.
при t° воздуха $+12^{\circ}$

№№ грифонов	t°	№№ грифонов	t°	№№ грифонов	t°
I—1	82.9	I—10	78.5	II—5	78.5
2	71.4	11	72.2	6	58.0
3	77.6	12	76.3	III—1	79.3
4	79.6	13	73.0	2	71.5
5	74.9	14	72.1	3	78.8
6	79.3	II—1	60.2	IV—1	82.7
7	74.1	2	81.5	2	80.8
8	81.1	3	81.5	V—1	81.7
9	79.7	4	81.5	2	82.3
				3	82.0

Кроме этих выходов, имеется еще много более слабых и менее горячих, встречающихся по левому берегу реки книзу от главной площади. Последнее слабое проявление термальной деятельности находится на первом из нижележащих островов.

Как видно из табл. 20, максимальная температура терм почти не изменилась за те 100 с небольшим лет, в течение которых они известны.

Низкие значения температур, указываемые Дыбовским и Комаровым, повидимому, обусловлены случайным местом измерения температуры.

Горячая вода исключительно прозрачная, бесцветная, вкус неприятный; слабый запах сероводорода. Реакция слабо-щелоч-

ная ($pH=7.7$; $1.8 \text{ куб. см } \frac{1}{10}N$ раствора HCl). Количество сероводорода, установленное определением на месте, оказалось для пяти проб из разных мест постоянным и равным $5.88 \text{ мг на литр воды}$.

ТАБЛИЦА 20

Температуры Малкинских горячих ключей с 1829 г.

Исследователь	Дата	t° ключа	t° воздуха
Эрман	27 IX 1829	83.0	+ 6.0
Дитмар	14 IX 1852	82.5	+17.5
Дыбовский	23 IV 1881	81.2	+ 2.5
Слюнин	1898	82.2	—
Комаров	26 VI 1909	78	—
Пийп	1 X 1934	82.9	+12

Радиоактивность здесь, как и в близких по типу ключах, оказалась незначительной (табл. 21). Повидимому, она эманационная.

ТАБЛИЦА 21

Радиоактивность воды и газа Малкинских горячих ключей

Места взятия проб	ед. Махе на литр
Грифон № I—1, вода	2.6
" " II—2, "	1.0
" " V—1, "	1.5
" " I—1, газ	57.0

По химическому составу воды ключи можно отнести к мало-минерализованным натрово-сульфатным слабосероводородным термам. Анализ воды приведен в табл. 22.

Несколько отличным от ранее рассмотренных терм здесь является только повышенное содержание иона хлора и пониженное — щелочных земель. Но в отношении спонтанного газа аналогия с вышеописанными термами снова большая. Анализ

газа из грифона № I—1 (аналитики Панкратьева и Маркон)
следующий:

Азот + редкие газы 100%
Тяжелые редкие газы (Ar+Kr+Xe) 1.525
Легкие " " (He+Ne) 0.026

ТАБЛИЦА 22

Химический анализ Малкинских горячих ключей
Грифон № I. Т 82°9. Аналитик Е. Муликовская, 1934 г.

	г/л	мг/экв.	мг/экв. %
NH ₄ ¹	следы	—	—
K'	0.0061	0.16	1.1
Na'	0.1612	7.00	48.9
Ca''	следы	—	—
Mg''	"	—	—
Zn'' + Mn'' ²	0.00012	—	—
Sb''' ²	следы	—	—
Mo ²	"	—	—
		7.16	50.0
Cl''	0.0910	2.58	18.0
Br'	0.0001	—	—
I'	не обн.	—	—
SO ₄ ''	0.1423	2.96	20.7
HCO ₃ '	нет	—	—
CO ₃ ''	0.0490	1.62	11.3
HAsO ₄ ''	0.00012	—	—
		7.16	50.0
Fe ₂ O ₃	следы		
H ₂ SiO ₃	0.136		
pH	7.6		
H _N ^o общ.	—		
Сух. ост.	0.5505		

¹ Качественное определение.

² Определение В. Е. Кутейникова из 10-кратного концентрата воды.

Следует отметить, что в поле, пользуясь простыми приборами, имевшимися под рукою, химиком И. А. Городисским был установлен в составе газа еще сероводород, в количестве 0,3—0,5 объемных процента.

Малкинские термы сейчас посещаются редко. Единственными посетителями здесь бывают, повидимому, только малкинские жители. По сравнению с Начикинскими ключами эти термы кажутся бесплодными и совершенно заброшенными.

Было время когда Малкинские горячие ключи очень славились в лечебном отношении. На них была устроена даже больница с постоянным медицинским персоналом и аптекой. Но она просуществовала недолго. Согласно Слюнину,¹ больница была построена комендантом Камчатки Кошелевым примерно в 1802—1805 гг. и была предназначена главным образом для лечения сифилитиков, которых на Камчатке стало особенно много после того, как сюда прибыл из Петербурга полк солдат генерал-майора Сомова (1780 г.). Эрман застал больницу еще в полном ходу (1829 г.), но Дитмар спустя 23 года видел уже только брошенные постройки. Сейчас от нее остались только заросшие травой бугры.

Из горячих ключей, расположенных около селений и проезжих дорог и относительно близких к г. Петропавловску, Малкинские ключи, повидимому, самые лучшие для постройки на них санатория или курорта местного значения. Сравнивая с аналогичными по расположению ключами Паратунки и Начики, Малкинские отличаются от них большим содержанием сероводорода (до 6 мг на литр) и кремнезема и большей щелочностью. Лечебное значение сероводорода известно, а в отношении кремнезема можно привести мнение Л. В. Комлева² о том, что высокий терапевтический эффект некоторых терм, быть может, обусловлен происходящим на поверхности процессом замещения устойчивой на глубине ионогенной кремнекислоты поверхностной углекислотой. Если рассматривать термы как лечебное место, то, быть может, следует еще принять во внимание тот незначительный пока по дебиту углекислый источник, который расположен недалеко от терм на противоположном

¹ Н. В. Слюнин. Охотско-Камчатский край. СПб., 1900, стр. 78.

² Л. В. Комлев и Н. М. Прокопенко. Основные геохимические черты современных термальных процессов Среднего Тянь-Шаня. Акад. Наук СССР. СОПС. Тр. Киргизск. комплексн. эксп., т. I, стр. 155—183.

берегу р. Быстрой у сел. Малка (см. ниже). Сочетание щелочных слабосероводородных терм с холодным углекислым источником, быть может, даст возможность организовать здесь комплексное лечение.

Кроме физико-химических особенностей воды, Малкинские термы выгодно отличаются от только-что упомянутых ключей иным гипсометрическим положением местности и формой рельефа последней. В связи с этим здесь иные климатические условия. Здесь климат более континентальный и суше чем на морском берегу в районе Паратунских ключей и менее суров и влажен чем в районе Начикинских терм. Соседние меридианальные хребты защищают район от обильных влагою морских ветров, а более низкое гипсометрическое положение, чем в районе Начикинских терм, способствуют здесь более длительному вегетационному периоду. Последнее важно тем, что у санаторно-курортного заведения будут более широкие возможности в отношении создания собственного мясо-молочного и огородного хозяйства и использования богатого товарного выхода местного колхоза (рыба, овощи, молочные продукты и мясо диких зверей).

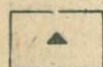
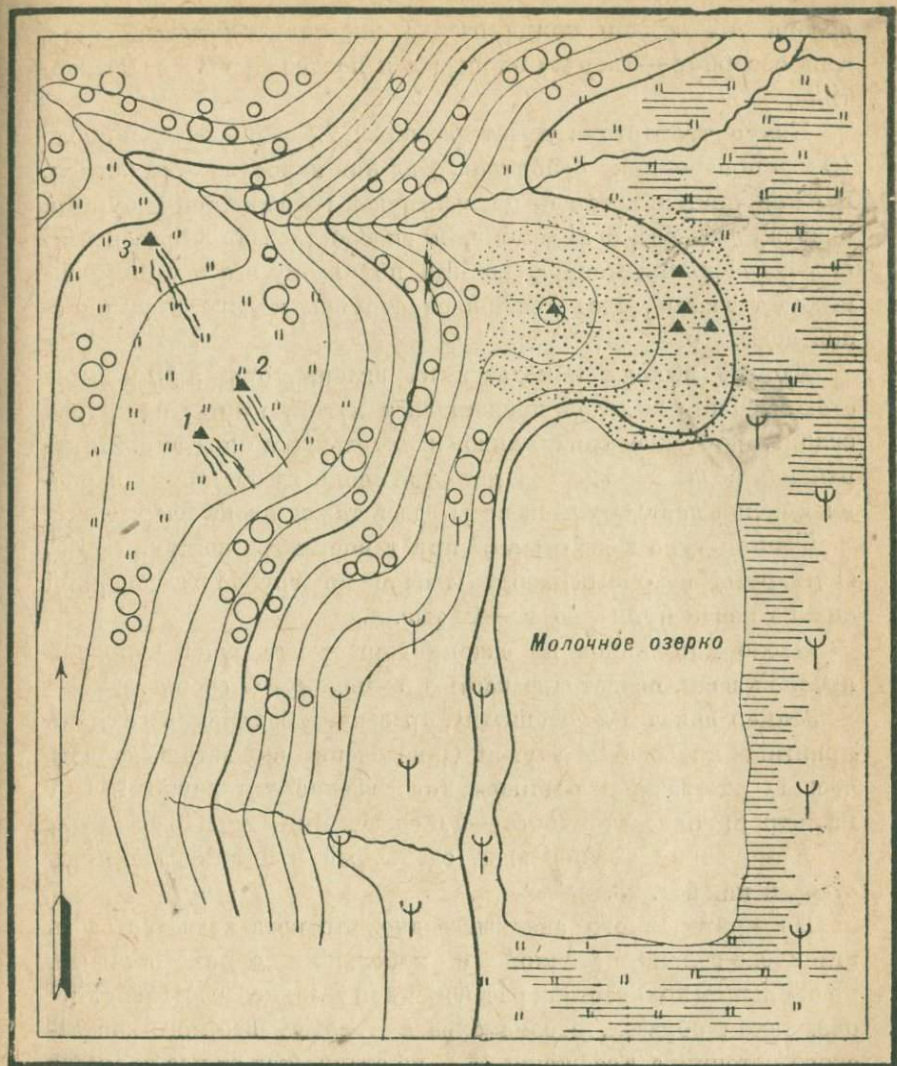
Неблагоприятными обстоятельствами для терм являются пока плохое состояние отдельных участков дороги от Начики до Малки, а также пойменное расположение терм и заливаемость их весенними водами. То и другое, однако, легко устранить.

Малкинский холодный углекислый источник

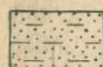
Источник был обнаружен нами осенью 1934 г. Находится он на правом берегу р. Быстрой у подножия крутого склона горы Малкинское зеркальце. От сел. Малка расстояние до него в северо-западном направлении около $1\frac{1}{2}$ км. Чтобы попасть к нему, необходимо переехать Быструю на бату¹ и затем пройти около 1 км по надпойме реки, пробираясь через чащу тальников и шеламайника.

Ключи выходят частью у подошвы склона и частью на самом склоне в 15 м кверху. Вытекающая из ключей вода образовала здесь небольшой пруд с белесоватой водой, который известен местным жителям под именем „Молочного озера“. Озеро кругом заросло шеламайником и вплоть поджалось к подошве

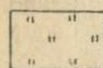
¹ Долбленная из тополя плоскодонная лодка местных жителей.



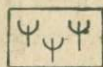
Выходы ключей



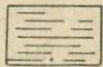
Травертин



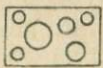
Луг



Шеламайник



Болото



Береза и ольховые кустарники

Рис. 37. Схематический план Малкинского холодного углекислого источника.

склона. На южном конце озера имеется болотистый сток, а на северном — твердая площадка и пологий конус из травертина.

Конус травертина имеет размеры: 2,5 м в высоту и около 10 м в поперечнике основания. Над ним нависли ветви березы, павшие листья которой, цементируясь травертином и бурыми окислами железа, повидимому, и способствовали образованию его. На вершине конуса, кое-где по склону его и у подошвы выходят слабые, едва сочащиеся струйки холодной углекислой воды.

Другие выходы находятся на склоне горы в 15 м выше отсюда. Место выходов представляет луговую нишу на крутом склоне, поросшем ольховником и отдельными березами. Минеральная вода выходит на дне этой ниши из отдельных заросших мохом мест. Струйки воды здесь также очень слабые.

Температура воды была 5° при температуре воздуха $+12^{\circ}$. Суммарный суточный дебит ключей по грубой глазомерной оценке равен примерно 10—12 тыс. л.

Около источников по склону горы текут ручьи холодной пресной воды, впадающие частью в упомянутое озеро.

Минеральная вода бесцветна, прозрачна, без запаха и с очень приятным кисловатым вкусом. Определения на месте выяснили, что: 1) содержание растворенной углекислоты равно 1.115 г на литр; 2) радиоактивность — 7.6 ед. Махе на литр и 3) рН = 5.4.

Химический анализ воды, сделанный в Ленинграде, представлен на табл. 23.

Из приведенного анализа видно, что вода является здесь углекисло-солено-щелочной с небольшим сухим остатком, но с большим количеством растворенной углекислоты. По составу она, таким образом, весьма близка к воде известного кавказского источника Ессентуки № 4, но отличается от нее во много раз меньшей минерализацией. Любопытно, что солевой состав воды близок еще к воде Пушчинских горячих источников, которые также отлагают травертин и имеют похожие геологические условия выхода. Эти источники лежат к северу отсюда — в верховьях р. Камчатки и принадлежат к той же предполагаемой большой зоне грабеновых разломов, которая проходит и здесь. Не может ли это служить указанием на то, что рассматриваемый холодный углекислый источник некогда был горячим и более минерализованным?

В данном случае источник приурочен как-раз к контакту предполагаемых палеозойских пород Малкинского хребта и считае- мых нами меловыми вулканогенных пород межхребтовой депрессии. Контакт этот, как мы указывали, предполагается тектоническим, отвечающим возможному боковому разлому грабена. Породы, из которых выходит источник, являются граувак- ковыми песчаниками, здесь весьма сильно смятыми, раздроблен- ными и рассеченными во многих местах видимыми небольшими



Рис. 38. Малкинский холодный углекислый источник. Конус травертина и участок „Молочного озера“.

обросами. Примерно в 300 м к югу от места выходов воды, граувакковые песчаники рассечены мощной жилой амфиболово- биотитового диорита.

Необходимо заметить, что на Камчатке холодные углекислые источники довольно редкое явление; за исключением Укинского источника в северной Камчатке, они до сих пор не были известны. Может быть это объясняется тем, что население не обращает на них внимания, но возможно также, что это закономерное явление, связанное с „молодостью“ Камчатской термоминеральной провинции.

В настоящем случае Малкинский углекислый источник, быть может, будет иметь, как мы указывали, и практическое значение,

если рассматривать его в связи с близлежащими Малкинскими термами, рекомендуемыми для использования в лечебном отношении.

ТАБЛИЦА 23

Химический анализ Малкинского холодного углекислого источника

Место взятия породы: на склоне над озерком. Т — 5°. Аналитик Е. Муликовская, 1934 г.

	г/л	мг/экв.	мг/экв. %
NH ₄ ' ¹	есть	—	—
K'	0.0086	0.22	0.8
Na'	0.1755	7.63	29.4
Ca''	0.0768	3.84	14.8
Mg''	0.0158	1.29	5.0
		12.98	50.0
Cl'	0.1960	5.52	21.3
Br'	0.0001	—	—
I'	не обн.	—	—
SO ₄ ''	0.0100	0.21	0.8
HCO ₃ '	0.4420	7.25	27.9
CO ₃ ''	нет	—	—
NO ₂ ' ¹	есть	—	—
NO ₃ '	»	—	—
		12.98	50.0
H ₂ S ²	нет		
H ₂ SiO ₃	0.030		
Fe ₂ O ₃	0.0001		
pH	7.1 (5.4) ²		
H _N [°] общ.	14.4		
CO ₂ своб. ²	1.115		
Сух. ост.	0.728		

¹ Качественное определение.

² Полевое определение.

ВОСТОЧНОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ

25. Лево-Авачинские теплые источники

Лево-Авачинские теплые источники упоминаются К. Дитмаром¹ и никем до сих пор не посещены. Находятся у подножия восточного склона Ганальских Востряков в поперечном ущелье, впадающем справа в Правый исток р. Авачи (по местному Левая Авача), примерно в 5—10 км от устья последней. Местность около источников, по Дитмару, сложена из „конгломерата трахитовых пород“, представляющих, повидимому, как это имеет место восточнее, туфо-брекчии основных андезитов и базальтов. Ганальские Востряки сложены из кристаллических сланцев и гранитов.

Источники теплые и имеют „умеренную“ температуру. Повидимому, они, как и Тимоновские и Кежкуйские, близки к Налачевским горячим источникам.

26. Тимоновские горячие источники

Находятся в долине речки Тимоновской, впадающей слева на небольшом расстоянии к югу от вулкана Бакенинг в р. Среднюю Авачу. От устья речки до источников 4 км.

Со слов охотников, источники упоминаются и кратко описываются д-ром Тюшовым² и П. Т. Новограбленовым.³

Район источников, судя по описаниям К. Дитмара⁴ и К. Богдановича,⁵ представляет сильно расчлененную горную возвышенность, сложенную из наслоенной толщи молодых андезитовых лав и их пирокластических дериватов. Из многих неизвестных и безыменных вулканов наиболее крупным является вулкан Бакенинг (около 2 тые. м абс. высоты), образованный по наблюдениям А. В. Щербакова,⁶ тоже из андезитовых лав. Постелью всей этой вулканической толщи являются, повидимому, кремнистые сланцы и туфогенные осадки мелового возраста.

¹ *Loc. cit.*, стр. 615.

² *Loc. cit.*, стр. 18.

³ П. Т. Новограбленов. Горячие ключи Камчатки. Изв. Русск. геогр. общ., т. 43, вып. 5—6, 1931.

⁴ *Loc. cit.*, стр. 621.

⁵ *Loc. cit.*, стр. 24—25.

⁶ Рукопись.

По сообщению Тюшова, „ключи находятся между двух яров, в узкой пади, по которой течет Тимоновская речка“. Ключей два: один бьет прямо из яра, другой — снизу. По количеству доставляемой ими воды они не очень обильны. Охотники указывают, что по берегам ключей находится ржавчина, вода пахнет и отзывает на вкус „селитрой“. По мнению Тюшова, жители под „селитрой“ подразумевают сероводород, в силу этого он предполагает, что Тимоновские ключи принадлежат к серным источникам.

П. Т. Новограбленов указывает, что имеется три главных грифона с температурой 46° , которые отлагают известковые и кремнистые (?Б. П.) туфы. Дебит, в противоположность указанию Тюшова, значительный.

Есть основания предполагать, что Тимоновские ключи близки к Налачевским.

27. Кехкуйские теплые источники

Кехкуйские теплые источники упоминаются и кратко описываются П. Т. Новограбленовым, посетившим их в 1926 г.¹

Расположены они в среднем течении реки Кехкуй, впадающей слева в р. Правую (восточную) Авачу. От устья р. Кехкуй до ближайшего населенного пункта — сел. Коряки, около 50 км.

Местность в районе источников, по наблюдениям автора настоящего очерка, представляет расчлененную водораздельную возвышенность между бассейном р. Авачи на западе и бассейном р. Налачевой на востоке. Хребет Ивулк, являющийся этим водоразделом, образован из остатков столообразных гор, сложенных, судя по западной и восточной окраинам хребта, повидимому, из мощной слабо дислоцированной толщи основных пироксеновых андезитов и плагиоклазовых базальтов (плиоцен??). Вдоль осевой линии хребта расположены древние сильно денудированные вулканические постройки, поднимающие заметно высоту хребта и создающие впечатление хаотического горного ландшафта.

Источники расположены по обеим сторонам реки, имеющей здесь характер шумного горного потока. Узкая долинка, по кото-

¹ Loc. cit. Извест. Центр. бюро Краевед., № 9, 1927, стр. 327 и Известия ГРГО, т. VIII, 1926, вып. 2 (Камчатская хроника).

рой течет речка, вытянута в северо-западном направлении. Общее протяжение ключевой площади около 160 м.

Выходы на правом берегу речки большей частью располагаются на поверхности старых известковых туфов. Грифоны нередко имеют форму широких бассейнов, размерами 5×1.5 м и глубиною до 0.4 м. Бассейны обильно заросли водорослями. Температуры воды здесь низкие: 18, 19 и 22°.

На левом берегу ключевых накипей мало. Вода вытекает из речных насосов. Температуры ключей здесь те же, что и на правом берегу, за исключением одного ключа, у которого температура была 33° (наивысшая для ключей).

Вода ключей прозрачная, бесцветная, на вкус неприятная. Новограбленов отмечает присутствие сероводорода, образующегося, по его мнению, от гниющих водорослей. По составу вода, вероятно, натрово-хлористая, близкая к Налачевской горячей воде. На это указывают признаки посещения ключей оленями, которые обычно приходят лизать выпоты только тех ключей, в составе которых имеются ионы натра и хлора, т. е. являются солеными по вкусу.

О сходстве рассматриваемых ключей с Налачевскими говорят еще их территориальная близость и одинаковые геологические условия выхода.

28. Налачевские горячие источники

Эти источники, одни из наиболее крупных и своеобразных на Камчатке, располагаются у восточного подножия хребта Ивулк, в истоках р. Налачевой, примерно в 22 км на ССВ 10° от вершины Коряцкой сопки. Если взять кекур на вершине последней за начало координат, то главный грифон источников будет иметь координаты:¹

$$x = +21.74 \text{ км} \quad y = +2.70 \text{ км}$$

Высота места выходов ключей около 400 м над ур. м.

Они упоминаются многими исследователями начиная с К. Дитмара, но впервые были посещены и описаны только

¹ Определены теодолитом обратными насечками на вершины сопки Коряка, Авача и Жупанова, координаты которых даны Н. Г. Келлем в работе „Карта вулканов Камчатки“, 1926.

в 1928 г. П. Т. Новограбленовым.¹ Два раза на них побывал автор очерка (в 1931 и 1933 гг.) Есть указание, что здесь был д-р Тюшов, но описания ключей он нам не оставил.²

Истоки р. Налачевой располагаются в прекрасной по ландшафту горной местности. С запада их ограничивает высокий хребет Ивулк с насаженными вдоль него древними размытыми вулканами, на юге от стройного и высокого конуса Коряцкой сопки простирается к океану другой хребет, составленный, кроме Коряки, из действующего вулкана Авача и потухшего конуса Козла. На севере виднеется третий хребет, составленный тоже из вулканов, среди которых наивысшим и активным еще является Жупановская сопка. На фоне широкой дуги этих потухших и действующих вулканов выступают более низкие горные массивы, которые рассекаются истоками р. Налачевой и составляют ближайшие окрестности источников.

Один из таких массивов, подымающийся своими вершинами до 1000 м абс. высоты, соединяет подножия сопки Коряки и Жупановой и образует вместе с хребтом Ивулком как бы коридор с СВ простиранием, в котором заключены все главные истоки р. Налачевой. Последняя, выходя к морю, разрезает его пополам. Форма такого „коридора“ наводит на мысль о тектоническом происхождении его.

Ближайшие к источникам возвышенности представляют или отдельные лесистые края, или отроги хребта Ивулка с более высокими и оголенными вершинами.

Местность образована главным образом из слабодислоцированных залежей андезитовых и базальтовых туфо-брекчий, переслаивающихся в отдельных местах, преимущественно в верхних частях, с потоками основных пироксеновых андезитов. Сразу же к западу от источников отрог хребта Ивулка сложен на вершине из массивного тела более светлых эвпорфировых пироксеновых андезитов, переполненных местами гомеогенными включениями. Повидимому, это купол, представляющий выжатую через туфо-брекчии вязкую андезитовую лаву.

Туфо-брекчии по возрасту мы условно считаем плиоценовыми. Среди четвертичных образований, кроме аллювиальных отложений, повидимому, имеются и ледниковые. Последних

¹ П. Т. Новограбленов. Налачевские и Краеведческие горячие ключи на Камчатке. Изв. Русск. геогр. общ., 1929.

² В. Л. Комаров, loc. cit., стр. 162.

видеть не удалось, но о былом существовании ледников здесь свидетельствуют формы долин и некоторые морено- и друмлино-подобные образования, встречающиеся в отдельных участках местности.

Соображения об участии радиальных дислокаций в формировании местности, помимо своеобразной формы упомянутого „коридора“, вытекают еще из рассмотрения других геологических и геоморфологических особенностей. Например, судя по крутому падению слоистой толщи брекчий и потоков, сброс и прорыв вдоль него речки Горячей может быть установлен в отроге кряжа, находящегося к СВ от горячих ключей (рис. 40). Такому же северо-восточному направлению возможных разломов подчиняются долины речек Горячей, Шумной



Рис. 39. Вид от хребта Ивулк на восток. В тальвеге долины видны Налачевские горячие ключи.

и левого истока Налачевой. Наконец в этом же направлении намечается термальная линия, к которой приурочены выходы удивительно похожих по составу горячих вод (Налачевские и Краеведческие ключи).

Описываемые горячие ключи располагаются в общем тальвеге долин речек Горячей и Желтой, у подножия упомянутого выше купола. Выходы горячих вод находятся на ровной, лишенной растительности ключевой площади, образованной из травертина и покрытой тонким слоем вулканического песка, выпавшего здесь, как полагает П. Т. Новограбленов, в результате извержения Авачинской сопки в 1926 г.

Форма ключевой площади приближается к вытянутому в меридианальном направлении прямоугольнику. Величина ее около 30 тыс. кв. м (грубо 145×210 м). Она слабо поката к западу, отчего воды, выходящие из грифонов, образуют здесь многочисленные ручейки, струи и лужи, которые стекают в холодный ручей, идущий сюда со склонов купола и омываю-

щий западный край ключевого поля. Этот ручей, приняв весь сток горячих вод и ставший теплым, выходит за ключевое поле, прорезает находящуюся за ним тундру и впадает в рч. Горячую.

Кругом находится березовый лес, который почти со всех сторон вплотную подходит к голой термальной площади. На

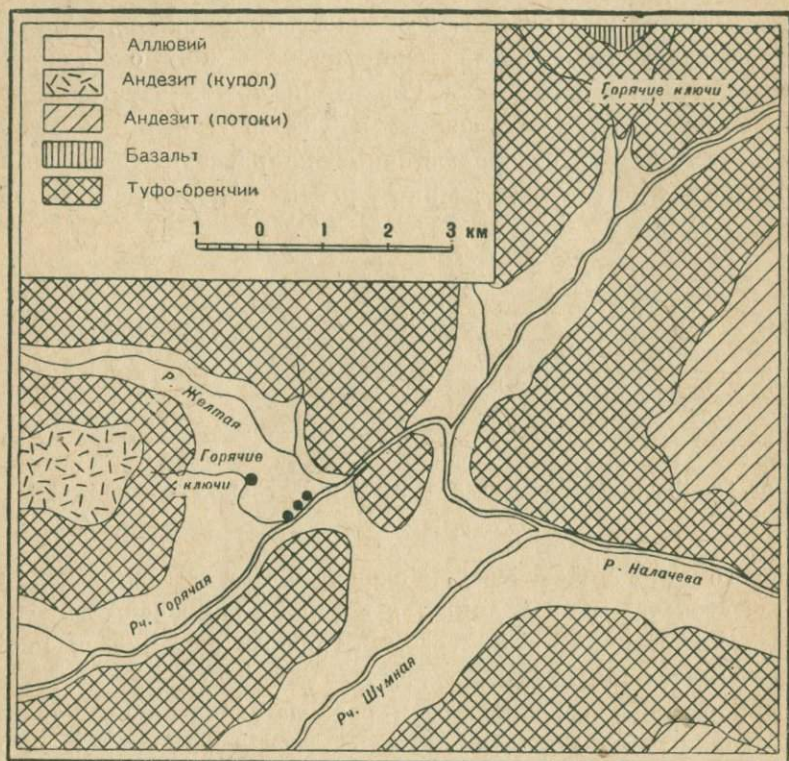


Рис. 40. Геологическая карточка окрестностей Налачевских и Краеведческих горячих источников. Первые расположены южнее, вторые севернее.

западе лес отделен от последней заросшим и заболоченным старым ключевым полем. К северо-востоку от ключей, тут же рядом, находится вытянутый друмлинноподобный низкий холм, покрытый лесом.

Выходы воды сосредоточены на отдельном участке ключевого поля. Этот участок бросается в глаза своим бурым цветом, обязанным свежесаженному травертину, который резко выде-

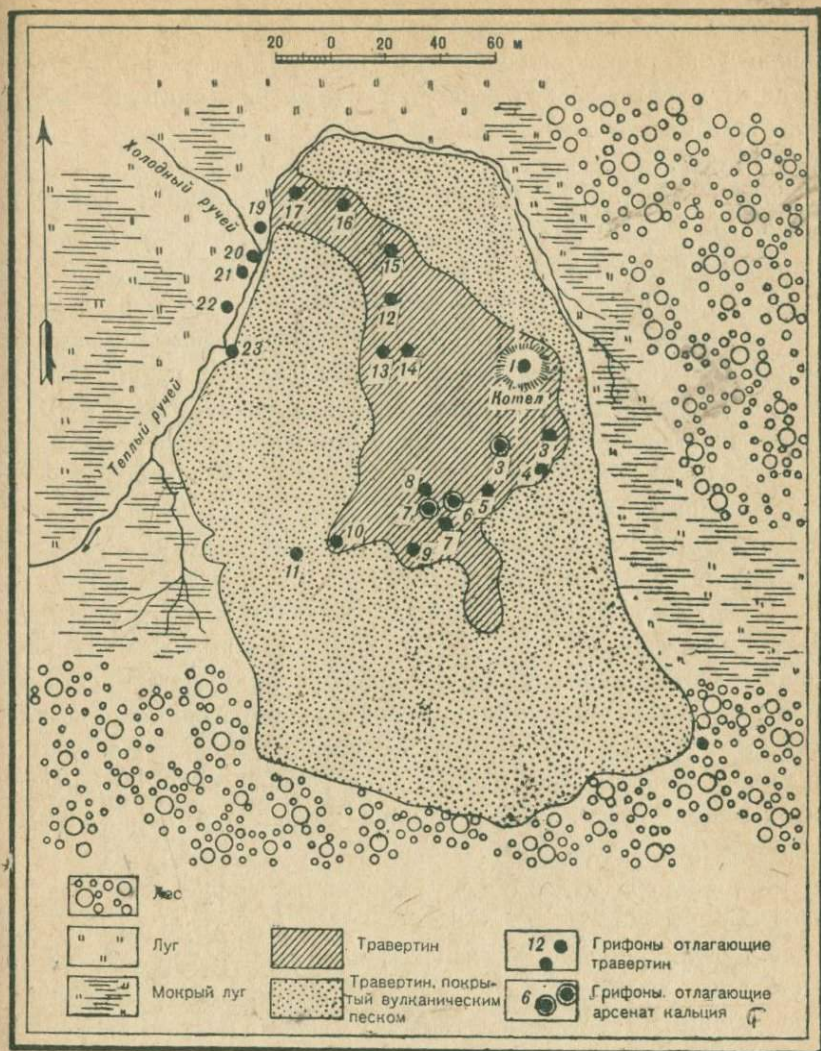


Рис. 41. План Налачевских горячих ключей.

ляется на черном фоне вулканического песка, покрывающего остальную часть голой площади.

На поверхности травертинового поля грифоны выступают в виде низких, очень пологих конических бугров, из вершины которых изливается горячая вода. Наибольший из грифонов, доминирующий над всей ключевой площадью, расположен на восточной окраине площади. Он имеет форму низкого и очень

широкого усеченного конуса, в центральной части верхнего основания которого располагается широкий и глубокий, заполненный доверху водою выводной канал. Охотники называют этот грифон „котлом“ и таким же именем отмечают всю группу источников.

Размеры этого главного грифона следующие: диаметр нижнего основания около 24 м, верхнего — 16 м, а высота над окружающей площадкой — 2 м.

Поперечник выводного канала — 4 м.

Выводной канал идет почти вертикально внутрь конуса и имеет суживающиеся книзу стенки. Тяжелый груз с веревкой, опущенный в него, уходил свободно до глубины 13—15 м; далее чувствовалось какое-то препятствие; возможно, это была боковая стенка отклоняющегося от вертикали выводного канала.

Выводные отверстия остальных грифонов более маленькие. На вершинах сплюснутых бугров часто располагается несколько выводных отверстий; один из них крупный, а остальные, окружающие его, мелкие. Поперечник первого от 0.5 до 1 м, а вторых — от 1 см до 10 см. Иногда выводные каналы оканчиваются небольшими воронкообразными расширениями или реже более широкими лужеподобными бассейнами, достигающими в поперечнике 2 м. В последних, преимущественно в тех, в которых вода не особенно горяча (ниже 50°), часто наблюдается густой колышущийся войлок бурых и зеленых термофильных водорослей.

Температура и дебит воды для разных грифонов показаны на табл. 24.

Из таблицы видно, что максимальная температура здесь 75° . Остальные, наиболее частые значения температур для наиболее крупных грифонов — 72 — 73° . Более низкие значения наблюдались там, где выводной канал оканчивается на поверхности значительным расширением, т. е. где больше площадь испарения, или там, где диаметр отверстия очень маленький. Последние, по всей видимости, представляют ответвления от главного канала, и значения температур здесь, естественно, могут быть самые различные.

По непосредственным измерениям, суммарный суточный дебит некоторых наиболее крупных грифонов оказался равным почти 800 тыс. л. Учитывая остальные грифоны, можно предположить, что общий дебит источников будет порядка 1 млн. л.

Температуры Налачевских горячих ключей

№№ грифонов	Краткое описание грифонов	1 VIII 1931 г. t° воздуха +18°5	
		t°	Дебит $\frac{\text{литров}}{\text{в сутки}}$
1	„Котел“	72.0	293 760
2	Маленький грифон у подошвы котла	73.0	—
3	Диаметр около 0.7 м; много газа	70.3	14 700
31	„ около 0.5 м; мышьяковистый осадок	52.0	—
4	„ около 0.2 м; переменная температура	67.0—73.5	—
5	„ около 0.4 м	75.0	17 800
6	„ около 0.3 м; мышьяковистый осадок	65.5	—
7	„ около 0.9 м; много мелких грифонов	74.0	150 300
71	Бассейн 1.5 × 2 м; мышьяковистый осадок	49.0	—
8	Два слившихся отверстия; Д. по 0.15 м	73.0	—
9	Бассейн 1.0 × 0.7 м	72.0	—
10	„ Д. 1.25 м	68.0	—
11	Теплая лужа 2.1 × 1.8 м	28.0	—
12	Два крошечных выхода; Д. 5 см	66 и 72	—
13	Круглый бассейн, заросший водорослями	32.0	—
14	3 грифона с Д. по 0.1 м	74.0	—
15	2 грифона с Д. ₁ —0.3 м; Д. ₂ —0.1 м	73.0	—
16	Бассейн, Д.—0.5 м; канал с Д.—0.1 м	73.0	—
17	Диаметр около 0.5 м	74.0	27 420
18—22	Крошечные выходы вдоль ручья	58—74	—
23	Поток из боковой расщелины	72.0	295 200
			799 180
	Теплый ручей ниже стока	31	2 332 800

Вода вследствие высокой минерализации имеет уже в сравнительно неглубоких слоях густой голубовато-зеленый цвет. Вкус ее неприятный, горько-соленый; запаха нет. Реакция слабощелочная.

Химический состав воды показан на табл. 25.

ТАБЛИЦА 25

Грифон № 1 („котел“). Т 73°. Аналитик В. Е. Кутейников, 1933 г.

	г/л	мг/экв.	мг/экв. ‰
NH ₄ '	следы	—	—
K'	0.1438	3.68	2.8
Na'	1.0555	45.89	35.6
Ca''	0.2490	12.43	9.6
Mg''	0.0324	2.66	2.0
Sr''	0.00006	—	—
Fe'''	следы	—	—
Zn'' + Mn''	0.00028	0.01	—
Sb'''	0.00055	0.01	—
Al'''	следы	—	—
		64.68	50.0
Cl'	1.5945	44.97	34.9
Br'	0.0060	0.08	—
I'	0.0010	0.01	—
SO ₄ ''	0.4452	9.27	7.2
HCO ₃ '	0.5185	8.50	6.6
CO ₃ ''	нет	—	—
HSiO ₃ '	0.1381	1.77	1.3
NO ₂ '	следы	—	—
NO ₃ '	„	—	—
HAsO ₄ ''	0.0109	0.16	—
		64.68	50.0
B(OH) ₃	0.3929		
H ₂ SiO ₃	0.0223		
Сух. ост.	4.124		
Li, Rb, Cs, SO ₃ и S	—нет		



Рис. 42. Вид на ключевую площадь и главный грифон („котел“) Налачевских горячих ключей.



Рис. 43. „Ванна“ на Налачевских горячих ключах (против грифона № 23, в русле теплого ручья).

Состав источников, как видно из приведенного химического анализа, существенно натрово-хлористый с довольно высокой минерализацией. В этом отношении источники с первого взгляда напоминают Паужетские. Различие, однако, в оригинальном содержании редких элементов, таких как бор, мышьяк, бром, иод, сурьма и т. д. Кроме того, здесь совершенно иной состав спонтанного газа. Анализ последнего следующий (аналитики Панкратьева и Маркон):

CO ₂	90.8%
CH ₄	0.6
O ₂	0.2
редкие + N ₂	8.4
	<hr/>
	100.0%

Тяжелые редкие газы (Ar + Kr + Xe)	0.165%
Легкие " " (He + Ne)	0.002%

Газ здесь, в отличие от азотных струй всех натрово-сульфатных терм, существенно представлен углекислотой.

Налачевские источники весьма своеобразны в отношении одновременного содержания относительно больших количеств бора и мышьяка. Источники, богатые одновременно мышьяком и бором, как-будто не известны. Известны источники с большим содержанием бора, начиная от таких, у которых содержание последнего близко к Налачевским (источники Luchatschowitzsch в Чехо-Словакии) и кончая знаменитыми Калифорнийскими источниками Sulphurbank и итальянскими Salsomaggiore с содержанием бора свыше 1.5 г на литр, но в них отсутствуют сколько-нибудь заметные концентрации мышьяка. С другой стороны, источники с повышенным содержанием мышьяка очень бедны бором или лишены его. По содержанию мышьяка (6 мг на литр) к Налачевским близки некоторые ключи знаменитых французских горячих источников La Bourboule (ключ Croizat).¹

Максимальное содержание мышьяка в 40 мг на литр воды известно в кислых купоросных источниках Ronsegno во Франции (op. cit.). В СССР источники с высоким содержанием мышьяка от 5 до 14 мг на литр до последнего времени были

¹ Dietrich und Kaminer. Handbuch der Balneologie, medizinischen Klimatologie und Balneographie, Bd. I. Leipzig, 1916.



Рис. 44. Западный край ключевого поля Налачевских горячих источников. Видны натеки травертина и теплая речка.

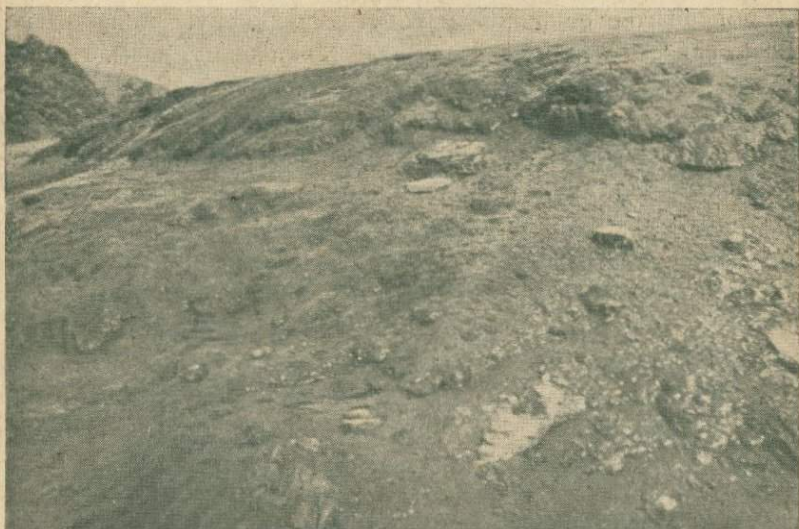


Рис. 45. Натеки травертина на склоне конуса главного грифона („котла“) Налачевских горячих ключей.

представлены только Джульфинскими холодными углекислыми источниками.¹ Теперь выясняется, что они в виде горячих источников, как в случае Налачевских, имеются и на Камчатке. Кроме Налачевских, как будет видно ниже, на Камчатке имеются и такие, в которых количество мышьяка достигает даже содержания его в источниках Ronsego (фумарольные ключи вулкана Узон).

Большие концентрации указанных элементов, в числе других более редких, известны не только в фумарольных водах вулкана Узон, но они известны и в составе газов фумарол вершинного кратера вулкана Авача.² Поэтому в данном случае ярко выраженная вулканическая обстановка выхода Налачевских горячих ключей и их состав в отношении содержания упомянутых редких элементов, отображающий картину концентрации последних в фумаролах Узона и Авачи, заставляют считать происхождение источников обязанным деятельности вулканического очага.

В отличие от вышеописанных натрово-сульфатных слабо сероводородных терм с их азотными струями, связанных с очагами гранодиорито-диабазитовой магмы, здесь мы имеем достаточно минерализованные натрово-хлористые источники, спонтанные углекислотой и связанные, как видим, с вулканическим очагом основной магмы. Повидимому, такие ключи можно считать типичными для очагов основной магмы.

Эти источники, помимо большого научного интереса, естественно имеют и крупное бальнеологическое значение. Будучи даже неспециалистом, можно предполагать, что далеко не безразличны в лечебном отношении такие элементы как мышьяк, бром, иод, сурьма, цинк, марганец, стронций и, возможно, даже бор. Было бы весьма желательно исследование источников врачом-бальнеологом, так как есть все основания думать, что, несмотря даже на неблагоприятное расположение источников в дикой необитаемой местности, в лечебном отношении они будут иметь далеко не местное камчатское значение. Жители сел. Елизово, Авачи, Халахтырки и Налачево в успехом используют сейчас ключи при ревматизме и ранениях.

¹ Я. В. Лангваген. Джульфинские мышьяковистые источники в Нахичеванском крае. Геол. ком. Мат. по общ. и прикл. геол., вып. 144, 1930.

² А. Н. Заварицкий. Вулкан Авача и его состояние летом 1931 г. Труды ЦНИГРИ, вып. 35, 1935.

Заканчивая этим описание источников, необходимо упомянуть еще об оригинальных ключевых отложениях, встречающихся здесь. Таковыми являются известковый туф (травертин) и любопытный мышьяковистый осадок.

Травертин осаждают почти все грифоны, но в наибольшей степени, по понятным причинам, он осаждается на конусе „котла“. Там можно наблюдать не только образование его, но и различные степени метаморфизма, под влиянием температуры и водной среды. В результате последнего образуются различные структурные типы травертинов. Не входя в рассмотрение этих типов, что завело бы нас далеко в сторону от цели настоящего очерка, приведем здесь только химический анализ травертина (табл. 26).

ТАБЛИЦА 26
Химический анализ травертина

Окислы	Весовые %	Возможные минералы	
SO ₃	1.12	Кальцита CaCO ₃	91.49%
As ₂ O ₅	1.80	Магнезита MgCO ₃	0.85
Sb ₂ O ₅	0.005	Гипса CaSO ₄ ·2H ₂ O	2.28
SiO ₂	0.35	Гайдингерита 2CaO·As ₂ O ₅ ·3H ₂ O	2.00
TiO ₂	нет	Скородита Fe ₂ O ₃ ·As ₂ O ₅ ·4H ₂ O	0.46
CO ₂	40.45	Пирролюзита MnO ₂	0.64
MnO ₂	0.51	Опала SiO ₂ · $\frac{1}{5}$ H ₂ O	0.88
Al ₂ O ₃	нет	Окислов железа Fe ₂ O ₃ ·1.6 H ₂ O	1.90
Fe ₂ O ₃	1.73		
CaO	52.25		100%
MgO	0.39		
H ₂ O ±	2.01	Аналитик В. Е. Кутейников	
	100.11		

Как видно из анализа, главная масса травертина состоит из углекислого кальция. Примесей довольно много, и они составляют около 8%. За исключением магнезита, входящего, вероятно, изоморфно в состав кальцита, все они представляют механическую примесь к травертину и были замечены под микроскопом. Мышьяковистые минералы, как будет видно ниже, образуют аморфную или скрытокристаллическую массу

пропитанную, вероятно, окислами железа и легко устанавливаемую под микроскопом.

Содержание мышьяка в травертине, по мнению проф. Н. Н. Славянова,¹ возможно, позволит рассматривать последний, после специального исследования, как ценное, быть может, даже экспортное, лекарственное средство. В Союзе таких травертинов, повидимому, не было встречено.

Касаясь способа происхождения травертина, необходимо отметить, что здесь он образовался, повидимому, главным образом, если не исключительно в результате общих физико-химических явлений, связанных с остыванием горячего минерального раствора. Исследуя микроскопически большое количество образцов травертина, мы не смогли обнаружить в массе его погибших остатков водорослей, которые, усваивая углекислую известь, по мнению F. Cohn'a и W. Weed'a,² являются в других горячих ключах главным фактором, способствующим осаждению травертина. Водоросли здесь наблюдаются тоже в большом количестве, но они, как правило, обильно развиты там, где не происходит заметного осаждения травертина и где температура воды уже ниже 50°.

Оригинальным ключевым отложением этих источников, как было сказано, является мышьяко-содержащее вещество, встречающееся около некоторых грифонов. Будучи влажным, этот осадок имеет вид красной пластичной глины, в сухом же состоянии он охристо-желтый и порошкообразный.³ Под микроскопом он представляется бурым аморфным веществом, имеющим при более тщательном исследовании субмикроскопическое строение. Показатель преломления его, определенный по способу иммерсии, равен 1.633 ± 0.002 .

Замечательной особенностью осадка является богатство его мышьяком; содержание ангидрида последнего, если откинуть гигроскопическую воду и пересчитать анализ на 100, достигает здесь 25%. Кроме мышьякового ангидрида в заметном количестве присутствуют еще окись железа, окись кальция и кремнезем.

¹ Устное сообщение, высказанное при докладе автора.

² W. Weed. The Formation of Springs Deposits. Congrès Géologique international. Comptes Rendus, 5 session. Washington, 1893, pp. 360—363.

³ П. Т. Новограбленов (op. cit) указывает, что местные жители употребляют это глинистоподобное вещество (охра, мумия) в качестве краски, закрашивая им баты, полы и т. д.

Пытаясь установить, какие возможные минеральные комбинации образуют осадок, был сделан расчет, результат которого приведен в табл. 27. После образования кальцита (и магнезита),

ТАБЛИЦА 27

Химический анализ Налачевского мышьяковистого осадка

Окислы	Весовые %	Весовые % без H ₂ O	Молекул. колич.	Возможные минералы
SO ₃	следы	—	—	1. Гайдингерит
As ₂ O ₅	21.41	25.04	109	2CaO · As ₂ O ₅ · 3H ₂ O. 35.79%
Sb ₂ O ₅	0.17	0.19	1	2. Скородит
SiO ₂	13.14	15.36	256	Fe ₂ O ₃ · As ₂ O ₅ · 4H ₂ O 8.80
TiO ₂	нет	—	—	3. Fe ₂ O ₃ · Sb ₂ O ₅ · 4H ₂ O 0.52
MnO ₂	0.71	0.83	9	4. Окислы железа
CO ₂	3.42	3.99	91	Fe ₂ O ₃ · 1.6 H ₂ O . . 27.33
Al ₂ O ₃	0.62	0.72	7	5. Пиролозит—MnO ₂ 0.78
Fe ₂ O ₃	23.80	27.83	174	6. Опал SiO ₂ · 1/5 H ₂ O . 14.37
B ₂ O ₃	0.15	0.17	2	7. Кальцит CaCO ₃ . . 8.93
CaO	13.02	15.22	271	8. Магнезит MgCO ₃ . 0.17
MgO	0.06	0.07	2	9. Андезин Ab ₇₀ · An ₃₀ 2.93
ZnO	следы	—	—	10. Бура Na ₂ O · 2B ₂ O ₃ × × 10H ₂ O 0.38
K ₂ O	} 0.35	0.41	5	100.00%
Na ₂ O				
H ₂ O +	8.70	10.17	565	Аналитик В. Е. Кутейников
H ₂ O -	14.46	—	—	
	100.01	100.00	—	

плаггиоклаза,¹ пиролозита и буры, из которых первые три в виде механической примеси наблюдались в шлифе, остается большое количество окиси кальция, связать который можно было только с мышьяковым ангидридом в форме гайдингерита. Из остальных окислов были рассчитаны скородит, водяной антимолиат железа, опал и окислы железа.

¹ Осколки плаггиоклазовых зерен могли попасть сюда из вулканического песка.

Обнаружение в Налачевских ключах мышьякового вещества как осадка горячих источников представляет, повидимому, второй известный в этой области случай. Первый пример мы имеем в виде скородита, обнаруженного в горячих источниках Йеллоустонского Национального парка в США А. Hague.¹

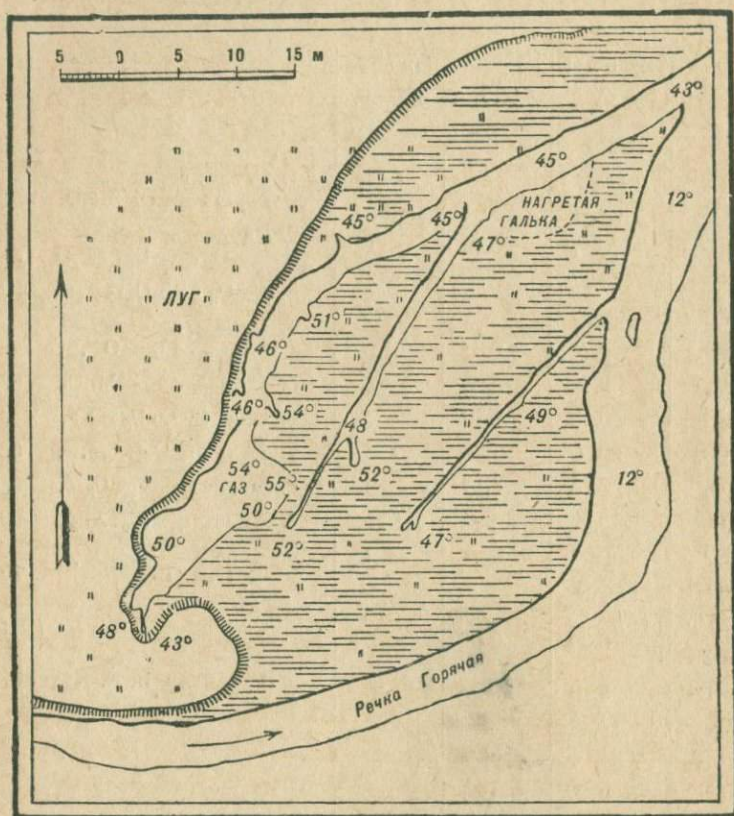


Рис. 46. Схематический план выходов горячих вод около русла рч. Горячей.

Второй пример, повидимому, более редкого мышьяковистого соединения, дают Налачевские источники.

Многие соображения и частью некоторые наблюдения приводят к одному и тому же выводу, что это богатое мышьяком

¹ А. Hague. Notes of the deposition of Scorodite from arsenical waters in the Yellowstone National Park. Am. Journ. Sci. Vol. 34, pp. 171—175, 1887.

вещество выпадает в малых количествах вместе с травертином и вместе с окисью железа остается механически рассеянным в нем, сообщая ему типичную охристо-бурую окраску. Те три грифона, около устьев которых встречаются небольшие скопления этого вещества, представляют, повидимому, каналы, по которым оно в силу каких-то условий вымывается из травертина.

В 1 км к востоку от термальной площади котла, в пойме р. Горячей, вдоль подножия левой береговой террасы, выбиваются еще три группы горячих ключей.

Они все похожи друг на друга и представляют короткие, теплые ручьи, впадающие тут же в холодную речку. Кругом их термальное болото. Русло ручейков обильно заросло зелеными термофильными водорослями. Выступающие над поверхностью воды части последних, как и галька по берегам ручейков, покрыты выцветами белых солей.

Температуры воды для самой верхней группы показаны на плане (рис. 44). Наивысшая температура здесь, как видим, была равна 55° (при температуре воздуха $+19^{\circ}$; 3 VIII 1931).

Повидимому, эти ключи представляют дериватные струи источников группы „котла“ и притекают оттуда по аллювиальным отложениям долины.

Вкус воды такой же неприятный и горько-соленый, как у источников группы „котла“; запаха нет, реакция слабо щелочная. К сожалению, пробы воды и газы, взятые здесь в 1931 г., не удалось довести до Ленинграда, поэтому анализом этих вод мы не располагаем. Несмотря на это все же есть основания предполагать, что состав их близок, если не тождествен, воде „котла“.

29. Краеведческие горячие источники

Краеведческие горячие источники находятся в 8 км к северо-востоку от Налачевских ключей, в узкой долинке небольшого ручья, впадающего слева в левый исток р. Налачевой. Высота места выходов ключей около 430 м над ур. м.

Под именем „кипяток“ или „соленые ключи по речке на Чаевую“ эти источники известны местным жителям уже давно. Название „Краеведческие“ дано П. Т. Новограбленовым,

который первый их посетил и описал.¹ В 1931 и 1933 гг. их бегло осмотрел автор этих строк.

Узкая долинка, в которой выходит горячая вода, располагается между мягкими лесистыми горами, составляющими предгорья сочленяющихся здесь недалеко хребтов Ивулка и Зензура. Последний протягивается на северо-запад от Жупановской сопки и служит водоразделом бассейна р. Жупановы. Сравнительно недалеко от источников за группой упомянутых лесистых гор возвышаются два старых расчлененных вулкана, примыкающих с запада к Жупановской сопке. К западу от ключей в хребте Ивулк виден третий конический вулкан с такою же вершинной денудационной кальдерой, как и у первых двух.

Местность около источников, судя по двум встреченным обнажениям, так же как и у Налачевских источников, сложена из туфо-брекчий андезитов и базальтов. На вершине первой горы к северу от источников в осыпи были встречены темные базальтоидные лавы, богатые бурым стеклом и содержащие оливин (см. рис. 40).

Источники, повидимому, приурочены к той же термальной линии, что и Налачевские и питаются, как это видно по химическому составу воды, вероятно, из того же вулканического очага основной магмы.

Выходы горячих вод располагаются в пойме и вдоль берегов холодной речки. Общее протяжение русла с выходами воды около 200 м.

Самые северные выходы располагаются в теплом болоте, лежащем на правой стороне речки. Болото это представляет топь, заросшую ключевой травой и термофильными водорослями. Здесь устроены две „ванны“ — квадратные ямы одеты деревянным срубом. В верхней „ванне“ температура была 45°, в нижней 57° (при температуре воздуха +20°). Очевидно, в них купаются зимою, когда температура здесь ниже. Выходы воды в болоте слабые; температура их от 34 до 57°. Дебит на этом участке ничтожный.

Второй, ниже по речке, болотистый участок более маленький. Здесь имеется самый крупный для этих источников грифон

¹ П. Т. Новограбленов. Налачевские и Краеведческие ключи на Камчатке. Изв. Русск. геогр. общ., 1929.

с диаметром около 20 см (№ 1). Расположен он на краю болота в твердом цементированном галечнике. Отсюда была взята проба воды, анализ которой приведен в табл. 28. Температура воды в грифоне была 58° , а в теплом болотце от 37 до 52° . Суточный дебит грифона был равен 13270 л. Из болота сток незначительный.

Третья термальная площадка находится на левом берегу реки. Представляет галечник, цементированный ключевыми отложениями, по краям которой вдоль реки располагается два небольших грифона с диаметрами в 5 и 10 см. В верхнем грифоне температура оказалась наивысшей для Краеведческих терм: 70° ; в другом грифоне 58° . Дебит первого грифона 1700 л в сутки. В сторону от реки, у границы с шеламайником имеется лужа теплой воды, заросшая термофильными водорослями.

Последние крошечные грифоны теплой воды располагаются ниже по правому берегу реки. Температура двух из них была 28 и 38° .

Вода здесь по сравнению с Налачевской имеет более неприятный жгучегорько-соленый вкус. Реакция щелочная.

Химический состав воды, не считая сухого остатка, которого здесь больше, можно считать подобным Налачевской. Любопытно,

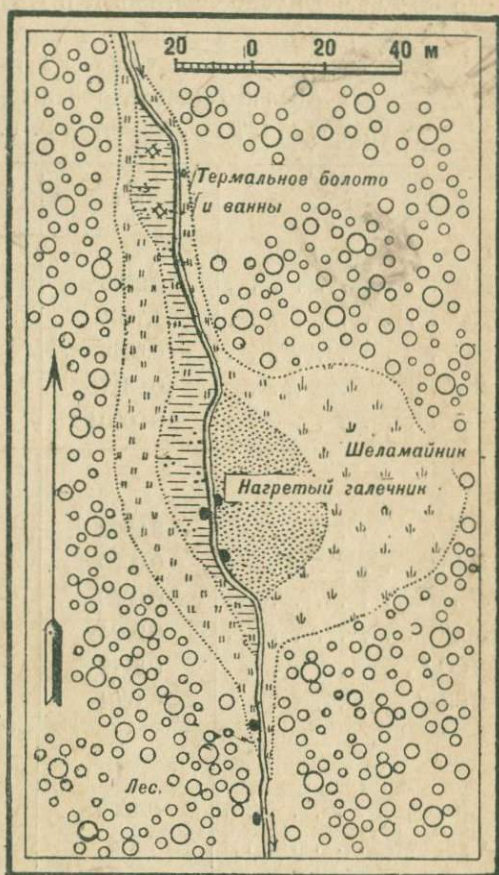


Рис. 47. План Краеведческих горячих ключей. Черными кружочками показаны отдельные выходы воды, а квадратиками ванны.

что несмотря на повышенную минерализацию, содержание борной кислоты остается здесь тем же, что и в воде Налачевских ключей. В виду малого количества воды в пробе, определения мышьяка здесь не удалось сделать, но, думается, что содержание его в этой воде такое же, как и в Налачевской.

ТАБЛИЦА 28

Анализ Краеведческих горячих ключей
Грифон № 1. Т 58°. Аналитик В. Е. Кутейников, 1933 г.

	г/л	мг/экв.	мг/экв. ‰
K'	0.2265	5.79	2.6
Na'	1.7864	77.67	34.0
Ca''	0.5843	29.16	12.3
Mg''	0.0317	2.61	1.1
Sr''	0.00004	—	—
		115.23	50.0
Cl'	3.0802	86.99	37.8
Br'	0.0080	0.10	—
J'	0.0020	—	—
SO ₄ ''	0.9024	18.79	8.2
HCO ₃ '	0.3172	5.20	2.1
HSiO ₃ '	0.1604	2.08	0.9
		113.16	49.0
B(OH) ₃	0.4032		
Сух. ост.	7.274		

30. Зензурские горячие источники

Выходы этих горячих вод расположены в вершине реки Зензур, которая впадает в р. Жупанову справа примерно в 50 км от берега моря. От ближайшего действующего вулкана, Жупановской сопки, расстояния до них около 20 км. Высота местности, повидимому, 400—500 м на ур. м.

Указания о существовании этих источников и некоторые нижеприведенные данные об них были получены автором

от местных жителей, охотившихся здесь, а характеристика местности сделана по личным наблюдениям.

Хребет Зензур, который протягивается на северо-запад от Жупановской сопки и на восточном склоне которого лежат источники, представляет едва поднятую над окружающими горами сильно расчлененную платообразную возвышенность (до 800—900 м над ур. м.), несущую на себе ряд разрушенных и недавно потухших вулканов.

Этот хребет и его предгорья, как показали наблюдения в долине р. Гаванки, следующей вверх по течению притока р. Жупановой, сложены из горизонтальных или слабо наклоненных потоков плагиоклазового базальта.

Источники в виде сильных ключей вытекают из коренных пород на левом берегу реки и на островке среди нее. Имеются две примитивные ванны, устроенные охотниками.

По составу, вероятно, близки к Налачевским и Краеведческим.

31. Пушинские теплые источники

Ключи расположены километрах в 16 к югу от сел. Пушино, у выхода рч. Кашхан из узкой долины на широкий и ровный тальвег р. Пушино. Высота местности над ур. м. около 400 м.

Впервые были исследованы в 1908—1909 гг. участниками экспедиции Ф. П. Рябушинского: В. Л. Комаровым¹ и В. Н. Лебедевым.² Последний дает подробное описание ключей, приводит план их и химические анализы воды и ключевых отложений. В 1934 г. ключи были посещены и описаны А. В. Щербатовым, доставившим отсюда пробу воды для анализа.

Район источников представляет западное сильно расчлененное предгорье высокого Валагинского хребта, именно тот участок его, где в истоках р. Ковычи и верхних притоков рр. Камчатки и Авачи сюда подходит хребет Зензур, идущий от Жупановской сопки. Большое количество кар, цирков и корытообразных долин указывает на бывшее здесь в прошлом сильное оледенение. Местность, лежащая к югу, характерна отдельными разрушенными вулканическими сооружениями, из

¹ Лос. cit., стр. 211.

² В. Н. Лебедев. Камчатская экспедиция Ф. П. Рябушинского. Зоолог. отдел, т. II, вып. 2. Текущие воды. Приложения, 1918 г., стр. 484—490.

которых наиболее высоким и сохранившимся является вулкан Бакенинг. До последнего от ключей по прямой линии около 25 км.

В окрестностях источников, судя по определениям С. А. Конради образцов, доставленных В. Н. Лебедевым и В. Л. Комаровым, преимущественным развитием пользуются андезиты и их туфы. Отсюда были определены: 1) разложенный андезит, 2) биотитовый андезит, 3) авгитовый андезит и 4) вулканический туф.

Выходы теплых вод располагаются по обеим сторонам горной рч. Кашхан, в том месте ее, где она прорывает последнюю группу тесно сдвинувшихся гор и вытекает на широкий тальвег р. Пуцино. Самые северные ключи (группа А) находятся уже в долине р. Пуцино, а остальные располагаются выше по рч. Кашхан, в узкой долинке ее (рис. 48).

В. Н. Лебедев насчитал здесь шесть групп ключей. Все они за исключением группы А, весьма похожи друг на друга и вытекают, слабо сочась, у подошвы склонов долинки из древних часто заболоченных с поверхности травертиновых отложений. Дадим краткую характеристику каждой из них.

Ключи группы А выбиваются между камнями у подошвы крутой заросшей березовым лесом горы. Собираясь вместе, они образуют многоводный ручей, который ниже течет в болотистых берегах. Вода отлагает чистый белый ключевой натек, отличающийся своей окраской от бурых ключевых натек других групп. Температура воды, по измерению В. Н. Лебедева, 29 IX 1908 г. была 22°9.¹

Ключи группы В вытекают из-под увала на левом берегу рч. Кашхан и растекаются по поверхности древних ключевых отложений, образуя маленькое теплое болотце. Один из ключей отлагает „черный осадок (сернистое железо?)“. Температура воды здесь 30°4.

Группа С ключей находится тоже на левом берегу речки но располагается она по склонам узкой „распадинки“. Едва сочащиеся струйки воды образовали несколько лужиц на болотистой почве. Лужицы покрыты маслянистым налетом и издают, как и все ключи Пуцинских источников, довольно сильный запах сероводорода. Температура воды здесь была 16°3.

¹ Эти и все нижеприведенные значения температур были получены В. Н. Лебедевым 29 IX 1908 г.

Немного выше от устья „распадинки“ располагается группа Д. Ключи выходят над самой рекой из обрывчива, сложенного отложениями ключей. Ключи очень слабые; характерны своими цветными осадками. Д₁ и Д₂ отлагают яркокрасный натек, а Д₃ — слизистый натек телесного цвета (вероятно, термофильные водоросли. В. П). Температура воды 28°С.

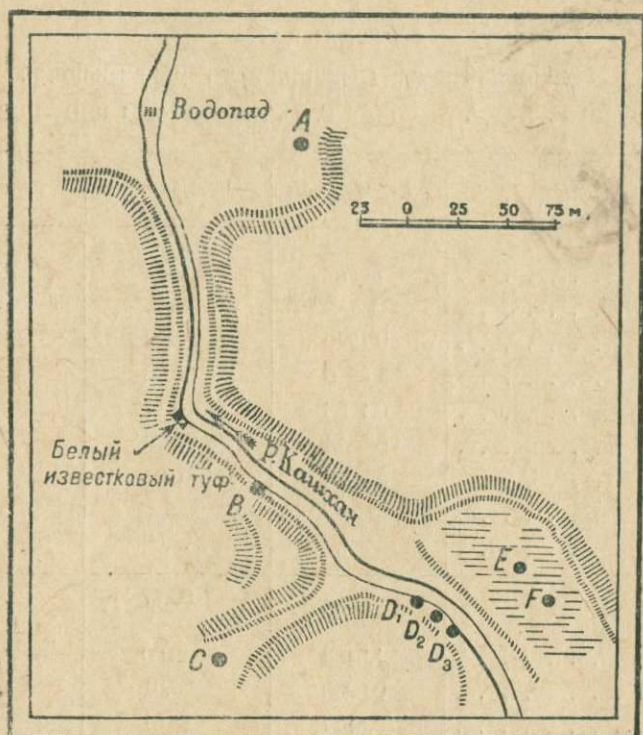


Рис. 48. План Пушинских теплых источников (по В. Н. Лебеву).

На противоположном берегу речки в расширившейся части ложа долины на терраске, образованной из травертина, располагаются две последние группы ключей. Ключи выбиваются крошечными струйками в болоте. Здесь более чем где-либо в другом месте чувствуется резкий запах сероводорода. Температура воды в группе Е была 26°С, а в группе F — 41°С. В. Л. Комаров 7 VII 1909 г. нашел здесь только 40°. Температура воды в группе F таким образом максимальная для Пушинских источников.

Суммарный дебит источников, как видно из описания, должен быть незначительным.

Вода источников сильно минерализирована, вкус ее неприятный, по определению В. Н. Лебедева, резкометаллический. Чувствуется сильный запах сероводорода. Химический состав ее показан в табл. 29.

ТАБЛИЦА 29

Химический анализ Пущинских горячих ключей

Группа F. T 41°7. Аналитик Г. Ю. Жуковский, 1 1910—1912 гг.

	г/л	мг/экв.	мг/экв. ‰
Li ²	есть	—	—
Rb ²	нет	—	—
K ¹	0.1940	4.96	2.9
Na ¹	1.6250	70.66	41.2
Ca ²	0.1036	5.17	3.0
Mg ²	0.0576	4.73	2.7
Fe ²	0.0070	0.25	0.2
Mn ²	нет	—	—
Ti ²	есть	—	—
		85.77	50.0
Cl ¹	1.5108	42.60	24.8
Br ¹	0.0252	0.31	0.2
SO ₄ ²	0.5177	10.81	6.3
CO ₃ ¹	0.1148	5.22	3.1
HCO ₃	1.1812	26.83	15.6
		85.77	50.0
H ₂ SiO ₃	0.065		
H ₂ S	—		
H _н ⁰ общ.	—		
Сух. ост.	5.1680		

¹ Анализ сделан под руководством акад. Н. С. Курнакова в Горном институте.

² Определены спектрографически акад. Н. С. Курнаковым.

По составу вода этих источников является углекислонатрово-хлористой, довольно богатой бромом. По богатству углекислотой она стоит в одном ряду с источниками Шапинскими (42) и Семячинскими (33), но отличается от них общим солевым составом и количеством сухого остатка. По количеству брома Пушчинские ключи не находят себе аналогов среди других камчатских термальных источников.

Интересно, что эти источники по типу минерализации в некоторой степени близки к знаменитым мацестинским сероводородным источникам; отличие только в количественном содержании сероводорода и сухого остатка и, повидимому, в происхождении.

Невысокая температура источников, слабый дебит их и наличие больших залежей древних ключевых отложений, указывают, что ключи находятся в стадии крайнего иссякания.

В. Н. Лебедев приводит два анализа современных ключевых отложений (табл. 30). Один образец натека был взят у теплого ручейка группы А, где натек равномерно распределен по руслу и берегу ручейка, другой — у ключей группы В. Первый

ТАБЛИЦА 30
Химический анализ Пушчинского травертина
Аналитик Н. Барабошкин

О к и с л ы	Натек источника „А“ в ‰	Натек источника „В“ в ‰
SiO ₂	13.11	6.09
Al ₂ O ₃	0.63	3.11
Fe ₂ O ₃	0.12	1.86
MnO	следы	—
MgO	1.04	1.19
CaO	45.60	46.95
CO ₂	36.48	37.58
SO ₃	0.60	0.51
P ₂ O ₅	0.18	0.07
H ₂ O и органич. вещества ¹	2.24	2.64
Сумма	100.00	100.00

¹ Определено по разности.

представляет рассыпчатую белую массу, а второй имеет вид твердой скорлуповатой корки, окрашенной окисью железа.

Расчет на минералогический состав показывает, что первый образец состоит из 80.4⁰/₀ углекислого кальция 2.1⁰/₀ магнетита и 1.5⁰/₀ гипса, остальные 16⁰/₀, очевидно, окислы железа, опала и чуждые примеси; второй образец: углекислого кальция 83.0⁰/₀, магнетита 2.4⁰/₀ и 1.0⁰/₀ гипса; остальные 13.6⁰/₀, вероятно, такие же примеси как и в первом образце.

Автору настоящего очерка удалось видеть и бегло исследовать один из образцов древнего ключевого отложения, доставленный А. В. Щербаковым. Он представляет плотную, белую массу, образованную из длинных параллельно расположенных прозрачных призматических кристаллов. Под микроскопом последние оказались арагонитом Ng около 1.680, Np — 1.530 и с маленьким отрицательным углом оптических осей.

В. Н. Лебедевым в одном из обрывов левого берега речки (см. план) была встречена белая мраморовидная порода, которая при микроскопическом анализе ее оказалась перекристаллизованным известковым туффом. Возможно, последний аналогичен только-что упомянутому образцу арагонитового туффа, но данных для такого допущения нет. К. И. Богдановичем, исследовавшим образец, было высказано предположение, что перекристаллизация туффа, быть может, произошла в результате воздействия лав. Если это действительно так, т. е., что лавы моложе травертинов, то здесь мы имеем один из редких, вероятно, примеров очень старых термальных источников, может быть, существующих даже с плиоценового возраста, к каковому времени по аналогии с другими районами хочется отнести расчлененную массу этих лав.

32. Березовские горячие источники

Березовские горячие источники находятся вблизи активного вулкана Березового (Карымского) и, повидимому, связаны с деятельностью его. Высота подножья вулкана примерно 600 — 700 м над ур. м.

Известны со слов охотников и упоминаются в списке П. Т. Новограбленова.

Местность, где находится вулкан, представляет высокое плато (по местному дол) с неровной мелкохолмистой поверхностью. Образована она, судя по более северным частям, из

андезитовых и базальтовых лав. Сама сопка представляет двойной вулкан типа Сомма-Везувий. Южный конус его (абс. высота 1320), повидимому, весь пепловый и находится в состоянии постоянного пеплового извержения, которое известно с 1852 г. (Дитмар).

Одни горячие источники лежат к югу от Березовой сопки, между нею и р. Жупановой. В виде горячих ключей и теплых прудов они сосредоточены в руслах многочисленных здесь оврагов. Другие выходят на северо-западной стороне вулкана, где образуют большое, в поперечнике до 1,5 км, горячее озеро с белесоватой водой. Во многих местах со дна озера бьют фонтаны на значительную высоту. Последние, повидимому, фумарольные источники типа Узонских, Верхне-Семячинских и Паужетских.

33. Нижне-Семячинские горячие источники

Источники эти лежат у подошвы южного склона вулкана Б. Семячик, к северу от устья одноименной реки и в 7 км в сторону от берега океана. Абсолютная высота местности около 35—50 м (рис. 49).

Впервые были осмотрены и описаны в 1737—1740 гг. С. Крашенинниковым.¹ В 1910 г. здесь побывал С. А. Конради из экспедиции Ф. П. Рябушинского; краткое описание имеется в его неопубликованном дневнике. В 1933 г. источники были бегло осмотрены автором очерка. Наконец, в 1934 г. их относительно подробно изучила экспедиция Камчатского Облздрава.

Характер окрестностей источников определяется склоном вулканического массива, полого спускающимся к ровному здесь берегу океана. Подошва вулкана представляет слабовсхолмленную местность, сильно рассеченную мелкими долинками и покрытую чистым березовым лесом.

Вулкан Б. Семячик (1720 м абс. высоты) представляет конус с размытым вершинным кратером, превращенным в денудационную кальдеру; дно последней занято ледником, спускающимся на севере к поверхности окружающего вулкан плато. С запада к вулкану примыкает запутанная группа разрушенных конических гор, тесно сочлененных друг с другом и имеющих,

¹ Лос. cit., стр. 183.

повидимому, то же вулканическое происхождение. Весь этот вулканический массив окаймляется с запада и юга в виде дуги р. Семячик.

Геологическое строение местности, судя по беглым наблюдениям автора, следующее. Основание всего вулканического комплекса района (плато и вулканов) образовано из дислоцированной толщи



Рис. 49. Схематический план расположения вулканов и горячих ключей в районе р. Семячик. 1 — Таушниц; 2 — Узон; 3 — Кихпинич; 4 — Б. Семячик; 5 — М. Семячик и 6 — Верховья р. Жулановой; *a* — Нижне-Семячинские ключи; *c* — найденные Дитмаром ключи; *d* — Верхне-Семячинские ключи.

представлены риолитовыми пемзами и пеплами, а выше различными туфами и туфовыми лавами андезитового и дацитового составов, и заканчивается все наверху афировыми базальтами.

Вулкан Б. Семячик образован, повидимому, из андезитов и базальтов, а в группе гор, лежащих к западу от конуса его, на ряду с основными лавами возможны и риолиты.

Описываемые горячие источники выходят из древних риолитовых пемз и покрывающих их андезитовых и дацитовых туфовых лав. В происхождении имеют, повидимому, общие причины с группой побочных вулканических гор Б. Семячика.

Горячие ключи располагаются в вершине одной из бесчисленных здесь долин. Выходы воды образуют тут же горячий ручеек, который быстро становится многоводным и бурным.



Рис. 50. Общий вид Нижне-Семячинских горячих ключей.
Вид вниз по долинке горячего ручья.



Рис. 51. Левый склон горячего лога Нижне-Семячинских ключей.
Грифон „Китайская ванна“.

Анализ Н.-Семячинских горячих ключей

Средний грифон по правой стороне. Т 49°.

Аналитик В. Е. Кутейников, 1933 г.

	г/л	мг/экв.	мг/экв. ‰
NH ₄ '	0.0010	—	—
K'	0.0388	0.99	2.2
Na'	0.1166	5.07	11.2
Ca''	0.2000	9.98	22.2
Mg''	0.0789	6.49	14.4
		22.53	50.0
Cl'	0.1582	4.46	9.9
Br'	нет	—	—
J'	"	—	—
SO ₄ ''	0.5086	10.59	23.5
HS''	следы	—	—
HCO ₃ '	0.4270	6.99	15.5
CO ₃ ''	нет	—	—
HPO ₄ ''	"	—	—
NO ₃ '	"	—	—
NO ₂ '	"	—	—
HAsO ₄ ''	0.0080	0.04	0.1
HSiO ₃ '	0.0347	0.45	1.0
		22.53	50.0
Al ₂ O ₃	0.0075		
Fe ₂ O ₃		следы, Cu, Zn, Sn, Sb, Bi	
H ₂ SiO	0.1578		
pH ¹	6.5		
Сух. ост.	1.610		

¹ Полевое определение С. Д. Шевелкина (Экспедиция камчатского Облздрави).

На пути к берегу океана он, во многих местах ниспадая по скалам, образует величественные теплые водопады.

Ключи выбиваются из коренных пород или из почвы по обеим сторонам узкого русла долинки. Общее протяжение русла с выходами воды около 150 м.

Почти около каждого наиболее крупного грифона построены землянки, которые вмещают в себе обычно и ванны. Во время нашего посещения в 1933 г. здесь было около шести таких



Рис. 52. Водопад на теплом ручье ниже главных грифонов.

довольно благоустроенных для Камчатки купальных и ваннных построек. Построены они лечущимися здесь время от времени рабочими близлежащего рыбоконсервного завода и промысла. Ключи популярны в лечебном отношении не только у рабочих этого предприятия, но они славятся и по всей Камчатке.

Максимальная температура воды, измеренная глубокой осенью 1934 г., была равна $49^{\circ}6$. Температуры остальных выходов воды колебались от 30° и выше до максимальной. Суммарный дебит источников очень велик и достигает для основной группы их 6—7 млн. л в сутки. В отдельных грифонах суточный дебит равен 500 тыс. л.

Вода прозрачная, бесцветная и в остуженном состоянии довольно приятная на вкус; запаха нет. Реакция слабо кислая

что объясняется, повидимому, присутствием в воде больших количеств растворенной углекислоты и бикарбоната.

Химический состав воды показан на табл. 31.

Семячинские источники, как видно из анализа, по составу довольно своеобразны среди других камчатских горячих ключей. Вода их существенно углекисло-щелочно-земельно-сульфатная с заметным содержанием мышьяка и относительно слабой минерализацией. Такой состав их, повидимому, представляется ценным в бальнео-терапевтическом отношении, и это выявляется в заслуженной популярности источников среди местного населения.

Высокое содержание гидрокарбоната в воде указывает, повидимому, что главной составной частью спонтанного газа является углекислота.

Кроме описанных источников, здесь же в районе имеется еще одна небольшая группа слабых выходов теплой воды. Они были открыты К. Дитмаром в 1854 г. на правом берегу р. Семячик, у начала болотистой дельты ее. Температура воды была 40° при температуре воздуха $+15^{\circ}$ С (рис. 49, с).

34. Верхне-Семячинские горячие источники

Верхне-Семячинские горячие источники располагаются на западном склоне вулканического массива Б. Семячик, недалеко от истока р. Семячик (рис. 49).

Были посещены и описаны только С. Крашенинниковым в 1737—1740 гг.¹ Никто из более поздних исследователей здесь не бывал.

Некоторые замечания и предположения о геологическом строении района были приведены при описании предыдущей группы источников.

Описание деятельности этих ключей Крашенинниковым, вероятно, носит уже исторический характер, ибо как и в случае Больших Банных и Паужетских источников, активность ключей могла с тех пор значительно измениться. Правда, судя по рассказам охотников, деятельность здесь еще весьма сильная, и она поражает даже их, видевших многие другие ключи, но, насколько это соответствует той картине, какую дает Кра-

¹ *Loc. cit.*, стр. 183.

шенинников, — трудно судить. Во всяком случае в нижеследующем описании, даваемом по Крашенинникову, нужно помнить, что все это было 200 лет тому назад.

Судя по описанию, эти источники тесно связаны с фумаролами.

Фумарольное поле представляет голую, покрытую на пол-аршина мягкой глинистой почвой площадь, находящуюся среди каменных масс вблизи вершины хребта. „На сей площади во многих местах горячей пар выходит с великим стремлением, и шум воды kloкочущей слышится“. Очевидно, газы фумарол здесь как и в Узоне (№ 35) проходят через слой грунтовой воды, и на поверхность выходят главным образом пары воды с небольшим содержанием других газов, вероятно, таких как углекислота и сероводород.

Глубокий овраг („буерак“), спускающийся отсюда к истоку р. Семячик, заполнен бесчисленным количеством выходов кипящих ключей, сток из которых образует бурную горячую речку. Длина последней около 1¹/₂ версты. Характер деятельности некоторых из этих ключей можно передать словами Крашенинникова:

„Особливо достойны примечания два великия жерла, из которых одно пяти, а другое трех сажень в диаметре, а глубиною первое на полторы, а другое на одну сажень: ибо в них кипит вода белым ключем как в превеликих котлах с таким шумом, что не токмо разговоров между собою, но почти и крику не можно слышать. Пар идет из них толь густой, что в семи саженьях человека не видно. Чего ради и кипение ключей оных токмо припадши к земле рассмотреть можно. Между сими пропастьми сажени с три расстояния, которое все как зыбучее болото колеблется, так что опасаться ходящим должно, чтобы не провалиться.

„Сии ключи в том от всех других отменны, что по поверхности их плавают черная китайским чернилам подобная материя, кеторая с великим трудом от рук отмывается. Впрочем находится там и свойственная всем горячим ключам разноцветная глина, також известь квасцы и горячая сера.

„Во всех вышеописанных ключах вода густа, и протухлыми яйцами пахнет“.

Как верхняя фумарольная группа, так и эти нижележащие горячие ключи представляют несомненно единое поле деятельности, приуроченное, вероятно, к какой-нибудь сбросовой трещине, как это имеет место, напр., в кальдере Узона. Вулканическая природа горы указывает, что причиной деятельности, очевидно, являются вулканические пары и газы, которые в нижней части склона горы встречают зону обильных грунтовых вод и поэтому реализуются на поверхности в виде горячих ключей, а вблизи вершины горы, где зона грунтовых вод удалена от поверхности, они, пройдя через фильтр последних, выходят наверх в виде струи пара, т. е. как бы „очищенных“ грунтовой водою фумарол.

В целом причина и форма совместной деятельности горячих ключей и фумарол здесь должны быть близки к таковым же в кальдере Узона.

35. Узонские горячие источники и фумаролы

Эти источники связаны с фумарольной деятельностью вулкана Узон и располагаются на дне кальдеры его. Вулкан принадлежит северо-западному ряду отдельных вулканических гор, лежащих к северу от группы Б. Семячика и к югу от Кроноцкого озера (рис. 49).

Известны с 1854 г., когда их впервые осмотрел и описал К. Дитмар,¹ После Дитмара в 1909 г. здесь был В. Л. Комаров,² описание которого тоже посвящено главным образом деятельности фумарол и горячих ключей. В 1933 г. вулкан и его фумаролы были кратко изучены автором настоящего очерка.

Вулкан Узон и все его соседи возвышаются на ровной поверхности высокого лавового плато-дола (до 1 тыс. м абс. высоты), который слагает местность к югу от Кроноцкого озера, в полосе между р. Жупановой и берегом океана. Ближайшим соседом Узона с запада является сложный вулканический массив Тауншиц, отделенный от него лишь широкой седловиной, а с востока, на большем удалении — трехвершинный вулкан Кихпинич.

Узон представляет колоссальную вулканическую депрессию, кальдеру, размерами примерно 9×12 км, врезанную в дол

¹ Loc. cit., стр. 638—648.

² Loc. cit., стр. 303—324.

почти вровень с его поверхностью. Наиболее высокие края кальдеры, которые позволяют видеть вулкан издалека, находятся в западной ее половине — это Бараний пик (1540 м над ур. м.) и Красный пик (1320 м). Внешние склоны этих частей гребня пологие и несут на себе все признаки склонов бывшего конуса вулкана. В других местах внешних склонов почти нет, — они сливаются с поверхностью дола. Внутренние склоны котловины большей частью крутые, каменистые, густо заросшие кустарниками и сильно изрезанные барранкосами. Подножие их окаймлено делювиальным шлейфом. Дно кальдеры (от 600 до 700 м абс. высоты), в западной части ровное, покрыто тундрой и небольшими реликтовыми озерами бывшего громадного каль-



Рис. 53. Кальдера вулкана Узон. Вид с юго-запада.

дерного озера, а в восточной части — холмистое и более возвышенное. Наиболее крупными реликтовыми озерами являются: Центральное и Фумарольное; третье — относительно крупное — Дальнее озеро заполняет круглую километровую воронку взрыва. В кальдере впадает много мелких речек, которые разрезают по всем направлениям дно ее, питают озера, болота и выводящую из них воду — реку Тихую. Последняя начинается из Центрального озера и течет отсюда в океан.

Основание лавового плато, на котором поκειται вулкан, представляет, повидимому, размытую поверхность дислоцированной толщи меловых — нижнетретичных туфогенных осадков, наблюдавшихся в основании плато по периферии его. Низы толщи плато сложены из риолитовых пемз и пеплов, которые сменяются андезитовыми и дацитовыми туфами и туфовыми лавами. Среди последних характерны эвтакситовые лавы типа пиперно. В верхних частях дола, перемежаясь с андезитовыми туфовыми производными, встречаются пстоки афировых базальтов.

Стенки западной половины котловины Узона сложены из перепластовывающихся потоков плагиоклазового базальта и слоев агглюмератов и туфов. В разрезе восточных стенок на них лежит мощный поток свежего стекловатого риолита, а вдоль южной кромки кальдеры — туфовая андезитовая лава. Почти весь гребень кальдеры занят довольно мощным покровом тонко-наслоенной пемзовой лапилли. Такая же пемза покрывает и все внешние склоны вулкана, но здесь к ней в большом количестве примешены лавовые эксплозионные обломки и глыбы. Из пемзы же, но более крупно-кусовой и образующей более мощные накопления, сложены холмы в восточной полости кальдеры. Здесь они, повидимому, покрывают риолитовую лаву, только кое-где (обн. 93 и 77) выступающую на поверхность. В северо-восточном углу кальдеры крутые берега и ближайшие окрестности Дальнего озера сложены из свежих базальтовых шлаков и бомб, которые покрывают пемзовые отложения. В западной половине кальдеры, на дне ее, у подножия Бараньего пика обнажаются еще полнокристаллические габброидные базальты, представляющие, повидимому, остаток инъекции в тело бывшего конуса вулкана. Здесь же на стенках кальдеры много жил базальта.

История вулкана рисуется в следующем виде. Повидимому, это был высокий конический страто-вулкан типа Этны, сложенный из перемежающихся потоков плагиоклазового базальта и небольшого количества слоев пирокластического материала. Высота конуса, повидимому, достигала 3 тыс. м над ур. м. или около 2 тыс. м над окружающим плато. Образование кальдеры, предполагается, произошло в результате двух громадных эксплозионных пароксизмов, которые образовали сперва восточную половину кальдеры, а затем, по истечении известного промежутка времени, — западную половину. В результате первой фазы эксплозионной деятельности, происшедшей, повидимому, после долгого периода покоя вулкана, когда магма внизу дифференцировалась и в кровле очага скопились необычайные количества горячих газов, на склоне вулкана был образован громадный кратер типа Валле дель Бове на Этне, из которого излился мощный поток стекловатого риолита. Оставшаяся в кратере лава осела и, вероятно, вспенилась с поверхности, образовав часть тех пемз, которые слагают сейчас эту часть кальдеры. Вторая фаза деятельности, в результате которой была

снесена остальная часть конуса, повидимому, была чисто эксплозивной. Последний акт эруптивной деятельности, происшедшей геологически недавно, выразился в образовании километровой по поперечнику базальтовой маары, занятой теперь

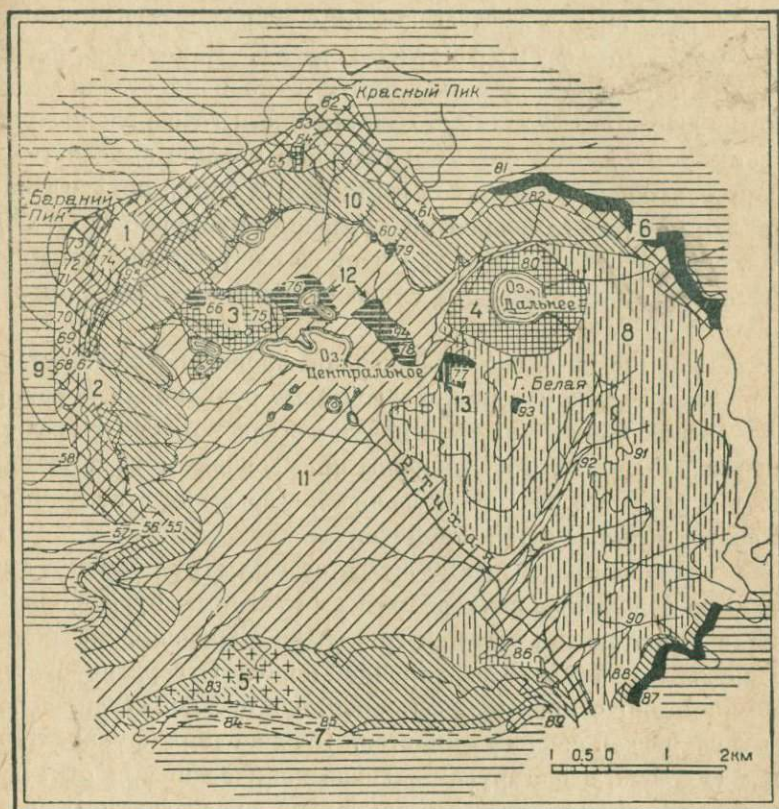


Рис. 54. Геологическая карточка кальдеры вулкана Узон. 1—толща потоков плагиоклазового базальта и его аггломератов; 2—туфобрекчии плагиоклазового базальта; 3—интрузивный плагиоклазовый базальт; 4—базальт воронки взрыва; 5—гиперстеновые и роговообманковые андезиты; 6—поток стекловатого риолита; 7—потоки андезитовых туфовых лав; 8—пемза; 9—пирокластические отложения; 10—делювий; 11—озерные отложения и тундра; 12—площади действующих фумарол; 13—площади потухших фумарол.

Дальним озером. Современная деятельность вулкана исключительно фумарольная.

Фумаролы и горячие ключи находятся в западной половине кальдеры и лежат на одной полосе, которая соединяет вершину

Бараньего пика с Дальним озером. Здесь территориально обособляются три главных фумарольных поля: 1) западное, 2) озерное, 3) восточное. Кроме них, имеются еще две небольшие группы горячих источников, расположенных у подножия стенок кальдеры, — к северу от восточного фумарольного поля. Рассмотрим кратко каждую из этих фумарольных площадей.

Западное фумарольное поле. Находится под Бараньим пиком на холмах, сложенных из полнокристаллического порфирового базальта. Место деятельности голое; своим бурым цветом и высокими столбами пара оно хорошо выделяется на фоне ольховых кустарников и отдельных берез, покрывающих окрестные холмы. Площадь имеет размеры примерно 320×220 м, т. е. около 70 тыс. кв. м. По сравнению с остальными фумарольными полями кальдеры она гипсометрически наиболее высокая (около 720 м абс. высоты).

На глинистой почве фумарольной площади раскиданы фумаролы, грязевые источники и грязевые вулканчики. В распределении их обнаруживается некоторая закономерность, которая выражается в том, что фумаролы приурочены к возвышенным местам, грязевые ключи — к склонам, а грязевые вулканчики — к самым низким местам площади.

Фумаролы представляют выход слабых струй паров и газов либо из небольших конусообразных глиняных бугров, являющихся, быть может, старыми грязевыми вулканчиками, либо из расщелин в разложенной коренной породе. Отверстия фумарол обычно инкрустированы или серой, или цветной мозаикой нежных гидроскопических выцветов. Около одних фумарол преобладает сера, около других — гигроскопические выцветы. Первые, напр., распространены на гребне продолговатого возвышения к западу от центрального грязевого озера, а вторые — на гребне возвышения, лежащего к югу от озера. Вероятнее всего, что такое распределение возгонов объясняется температурой и составом фумарол. Серные фумаролы имеют более высокую температуру и богаче сероводородом, чем другие, которые менее горячие и богаче парами и углекислотой. Температуры первых часто доходили до 97°C , а у вторых нередко наблюдались температуры $70-85^{\circ}$.

Ничем, кроме энергичного выхода пара, не отличались от вышеописанных сильные фумаролы, которые расположены в скале разложенного базальта, к западу от озера.

Грязевые ключи представляют мелкие лужи с прихотливо очерченными берегами, врезанные в глинистую почву. Находящаяся в них горячая вода с шумом и шипением выбрызгивается из отдельных мест дна лужи. В воде взболтана грязь и

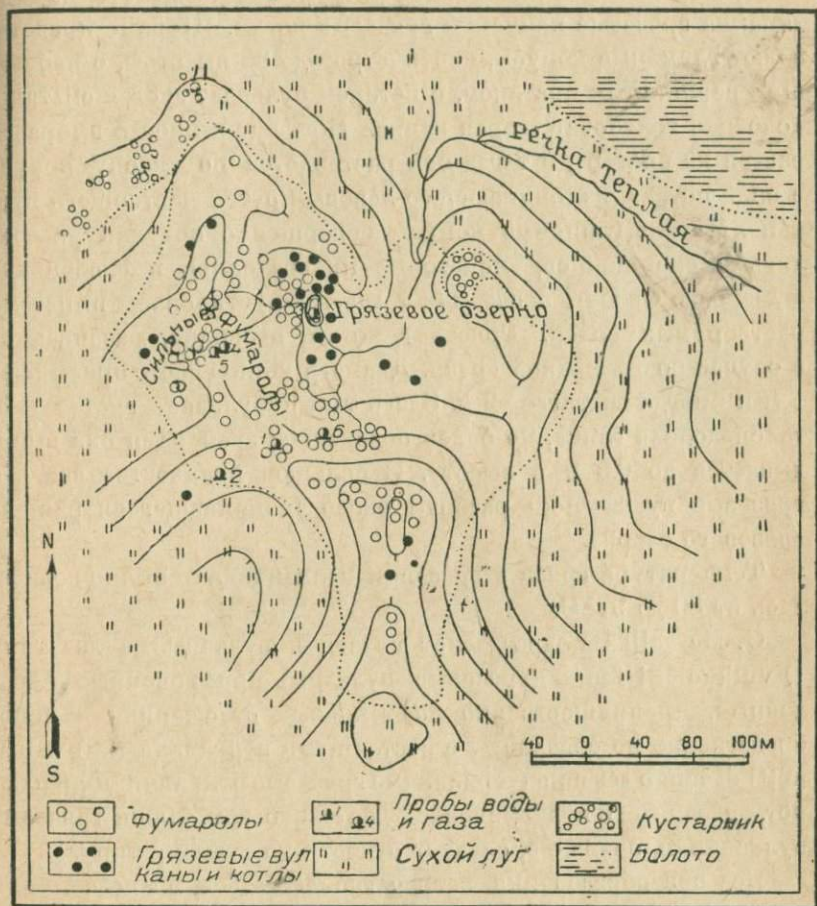


Рис. 55. План западного поля фумарол.

тонкораспыленная сера. Очевидно, это те же фумаролы, но пробивающие себе путь к поверхности через воду. Вода здесь обычно кислая, с неприятным вязущим вкусом, содержит свободную серную кислоту.

Температура воды в разных бассейнчиках была от 70 до 94°.

Небольшое озерко, находящееся в северной наиболее низкой части площади, представляет, вероятно, такой же ключ, но собирающий в себя, кроме того, воды из окрестных ключей. Температура воды в нем была 60°.

Грязевые вулканчики по форме можно разделить на два типа: на грязевые конусы и грязевые котлы. Первые представляют глиняные конусы, сантиметров до 30 высотой, с небольшим вершинным кратером, в котором булькает густая сметаноподобная голубовато-серая глина. Последняя иногда выбрасывается из кратера, и тогда она растекается по склону конуса в виде потока, напоминающего лавовый поток настоящего вулкана. Многие глиняные конусы совершенно потухли, рассохлись и сморщились, некоторые превратились в слабенькие фумаролы. Склоны последних тогда инкрустированы выпотами растворимых солей. Грязевые котлы, очевидно, развиваются в случае более жидкой грязи. Диаметр котлов часто превышает 1 м и иногда достигает 2 м. Здесь также булькает густая сметаноподобная глина, но более подвижная; временами она выкидывается до 0,5 м в высоту. В большом количестве все эти грязевые вулканчики развиты около упоминавшегося раньше грязевого озерка.

Температура грязи в грязевых вулканчиках обычно колебалась от 80 до 97° С.

G. Mercalli¹ подразделяет грязевые вулканы на два типа 1) *vulkani di fango* (грязевые вулканы), приуроченные к осадочным, преимущественно нефтеносным отложениям и непосредственно не связанные с настоящими вулканами и 2) *vulcanetti di fango termale* (термальные грязевые вулканчики), наоборот, связанные с вулканической деятельностью. Наши грязевые вулканчики, очевидно, следует отнести ко второму типу.

Все новообразования, встречающиеся здесь, в том числе и почва фумарольной площади представляют продукты взаимодействия вулканических газов с коренным базальтом. Глинистая почва представляет каолинизированный базальт, а выпоты растворимых солей—продукты взаимодействия газов с глиной.

По составу выпоты являются сложными водными сульфатами глинозема, железа и марганца. Повидимому, здесь так же как и в кратере Авачинской сопки распространены главным образом

¹ G. Mercalli. *I Vulcani attivi della Terra*. Milano. 1907, p. 271.



Рис. 56. Вид на южный вал Западной фумарольной площади.
На переднем плане грязевое озеро.

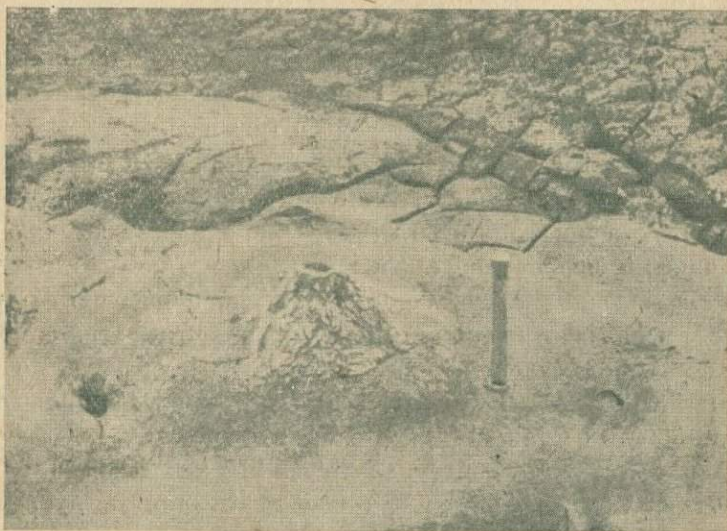


Рис. 57. Действующий грязевой конус. В качестве масштаба рядом поставлена пробирка. На склонах конуса видны потоки грязи и выпоты растворимых солей. Западное поле фумарол.

изоморфные смеси галотрихита и пикерингита.¹ Такими же продуктами воздействия газов на разложенный базальт являются, очевидно, алунит и гипс. Первый встречается в большом количестве в глинистой почве около серных фумарол, где он представляет теплую, рыхлую, оранжево-желтую массу, пронизанную прозрачными кристалликами гипса. Гипс, кроме того, встречается и в виде отдельных кусков, разбросанных по площади.

Серы, представляющей продукт окисления сероводорода, здесь не так много, как об этом писал Дитмар. Кроме небольших каемок около устья некоторых фумарол, никаких особых залежей серы встречено не было. К такому же выводу пришел в 1909 г. и В. Л. Комаров.²

Озерное фумарольное поле захватывает всю площадь Фумарольного озера, которое располагается несколько к северу от Центрального озера. Озеро имеет очертание восьмерки и размеры примерно 0.50×0.75 км. Берега его круто врезаны в окружающую равнинную местность, которая около озера покрыта кустарниками и отдельными березами. С озером соединено три маленьких круглых озерка и один лог, в которых наблюдается заметная деятельность фумарол и горячих источников.

Берега озера и озерков сложены из рыхлой, белой глинистой массы, местами обильно пропитанной серой; большей частью они заросли кустарниками и травой.

Проявление гидротермальной деятельности носит здесь несколько иной характер. Здесь меньше типичных фумарол, т. е. непосредственных выходов газа и пара, меньше грязевых вулканчиков и больше горячих и теплых ключей. Кое-где встречаются холодные сероводородные ключи, порядочно газифицирующие. Располагаются все они на ровных, почти вровень с водоем, соединительных перемычках озерков и на узенькой полоске суши между крутым берегом и водоем озера. Очень много их должно быть на дне озера и примыкающих озерков.

Фумаролы с температурами 58 и 95° наблюдалась только в IV озерке, где они были приурочены к глиняным буграм.

¹ Образцы этих выпотов, исследованных проф. А. Н. Заварицким, собрал на Аваче автор настоящего очерка; имеется таким образом основание сопоставить с ними Узонские выпоты.

² *Loc. cit.*, стр. 319.

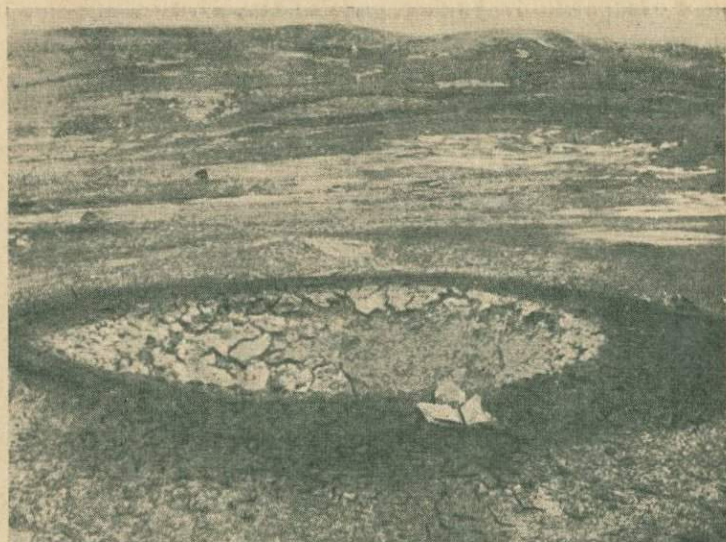


Рис. 58. Действующий грязевой „котел“. Западное поле фумарол.



Рис. 59. Грязевой источник. Западное поле фумарол.

Во многих местах, очевидно, выходят те же фумаролы, но они проходят через слой воды, образуя брызжащие из крошечных отверстий струйки горячей воды. Эти отверстия, или проколы, располагаются на глинистой почве около воды в озере, и часто видно, как уходят под уровень воды в последнем. Температура в них обычно достигала 90—96°.

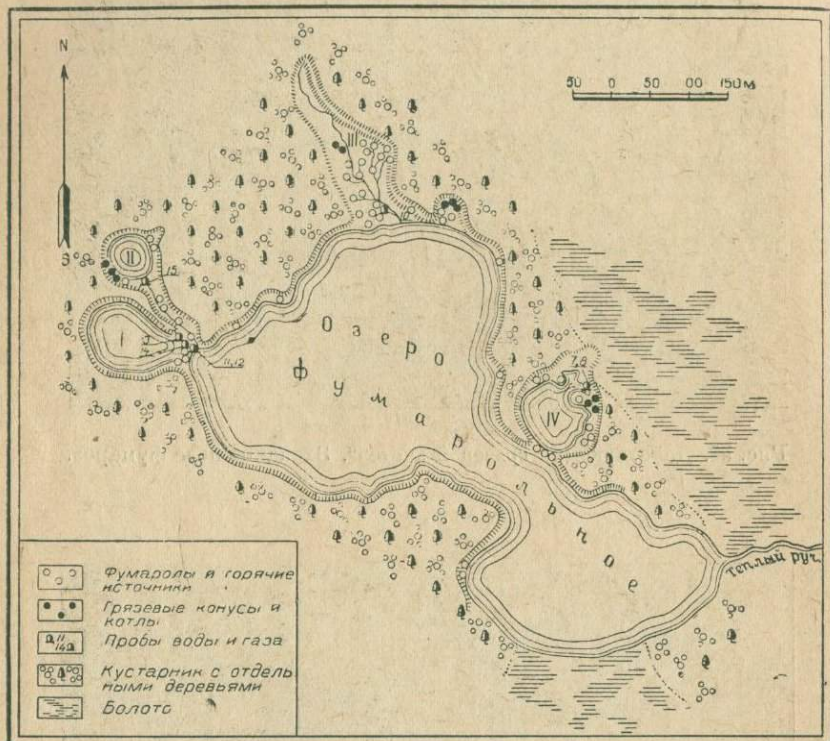


Рис. 60. План Озерного поля фумарол.

В III озерке, на ряду с большим количеством горячих источников, встречаются и холодные сероводородные ключи. В руслах их видны длинные, белые, похожие, на барежин, слизистые водоросли.

Грязевые вулканчики здесь представлены только „котлами“, и их немного. Они были встречены по берегам II и III озерков. Самый большой „грязевой котел“, диаметром около 3 м, был встречен в кустарнике на высоком берегу, несколько к востоку от IV озерка. Температура и характер деятельности здесь такие же, как и на западном фумарольном поле.

Вода Фумарольного озера, так же как и боковых озерков, теплая, а местами и горячая. При температуре воздуха $+14^{\circ}5$ вода озера, вдоль его берегов, имела различные в различных местах температуры: от 20 до 50° (в местах сильного выхода газа); чаще температура была около 20° .

На поверхности озера, вблизи берегов, плавают хлопья своеобразной черной пены, довольно плотной и жирной на



Рис. 61. Озерное поле фумарол. Вид на перемычку между II озером и Фумарольным озером.

ощушь. Повидимому, она представляет продукт реакции газов фумарол с гумусовыми отложениями и с растительным покровом берегов озера.

В отличие от западного поля фумарол, здесь не видно было свежих отложений серы, алуниита, гипса и тиосульфатов. Сера и, возможно, алуниит, а также гипс входят в состав каолинизированных масс, слагающих берега озер, но они представляют древние отложения. Отсутствие видимых свежих отложений, очевидно, вызвано наличием здесь большого количества воды, которая смывает и расплывает эти образования.

Своеобразная округлая форма очертаний Фумарольного озера и, особенно, боковых его озерков, и крутая врезанность

их в окружающую местность, несомненно, обязаны постоянству давно совершающейся здесь гидротермальной деятельности.

Восточное фумарольное поле. Это самое крупное фумарольное поле кальдеры, самое крупное не только по занимаемой площади, но и по интенсивности фумарольной деятельности. Располагается оно вдоль теплой речки, вытекающей из Озерного поля фумарол.

Весьма характерны для этого поля голые, активные по всей своей поверхности, площадки, расположенные вдоль берегов упомянутой теплой речки. Они как бы проколоты бесчисленным множеством крошечных отверстий, из которых через тонкий поверхностный слой воды с энергичным клокотанием и брызгами выделяется горячий пар. Такие площадки в холодные дни сплошь парят. Воды из них вытекает очень мало; те небольшие струйки, которые отсюда вытекают, сливаясь друг с другом, образуют на площади прихотливую сеть ручейков. Почва здесь глинистая и топкая. Температуры выходов газа были от 80 до 95°, а воды — от температуры воздуха и до 90°.

В периферических частях этих активных площадок, особенно у крайней восточной площадки, встречаются небольшие горячие грязевые озера с округлыми очертаниями и с белесоватой мутной водой. Последнее обусловлено присутствием взвешенных глинистых частиц серы. Во многом они подобны таким же источникам Западного поля фумарол, но здесь они крупнее и глубже. Диаметр их колеблется от 5 до 15 м. Сточный бассейн на второй с востока площади имеет поперечник около 150 м. Температура воды от 80 до 96°.

Кроме этих грязевых бассейнов, здесь встречаются еще бассейны с чистой горячей водой. Они тоже округлые, но более крупные; поперечник их около 20—25 м; а у одного, в форме восьмерки — 100 × 50 м. Раскиданы они изолированно на соседней с севера сухой тундре и лугах, заросших кустарниками. Некоторые как бы кипят от сильного выхода газа и на самом деле часто имеют температуру воды, близкую к точке кипения (97°). В некоторых бассейнах температура воды была только 50°.

Грязевые вулканчики встречаются здесь редко. Они явно не любят обильных водою мест и часто тут располагаются на сухих местах, прямо среди травы или в кустарниках. Исключительно развиты только „грязевые котлы“; конусов замечено не было. Температура грязи от 80 до 95°.

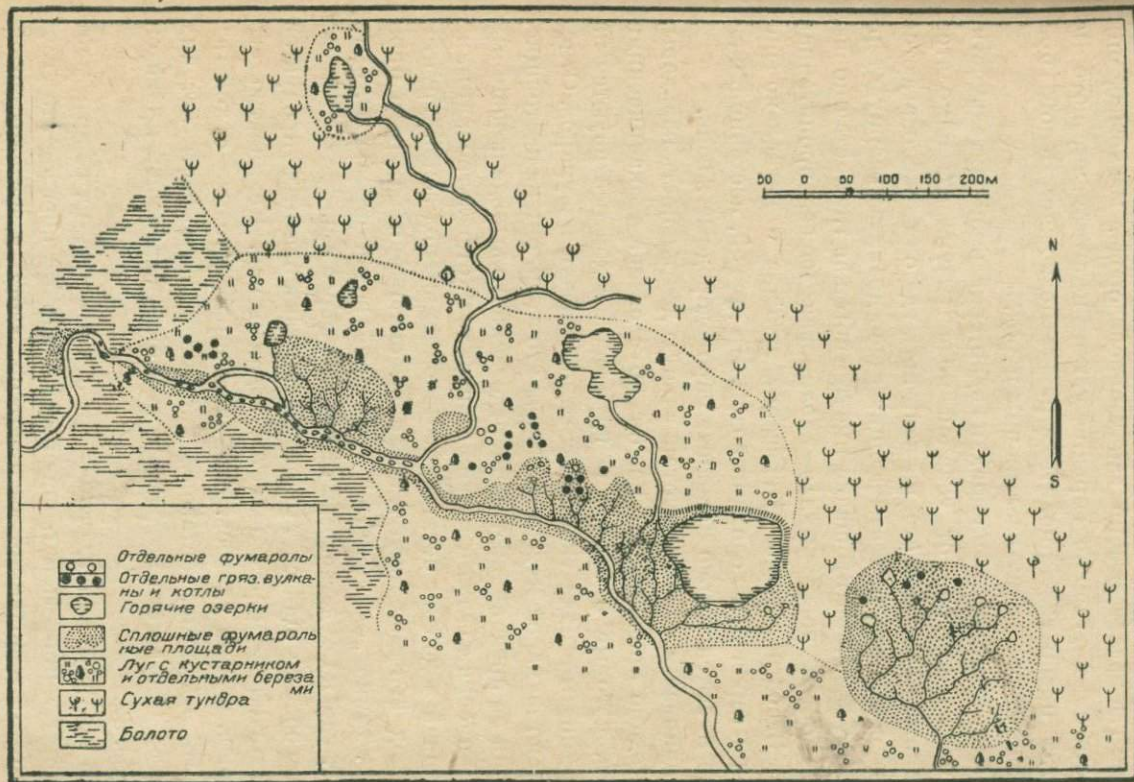


Рис. 62. План Восточного поля фумарол.

Обращают на себя внимание формой и размерами холодные сероводородные источники, встречающиеся у подножия Белой горы (под обн. № 77). Они изумительно круглые по очертаниям, глубокие и заполнены чистой, прозрачной водой; выходящий из них газ издает резкий запах сероводорода. Возможно, они представляют угасшие горячие ключи и фумаролы, которые некогда превратили риолиты и пемзы подножия Белой горы в белоснежную массу каолиновых пород.

Самые крайние две площадки гидротермальной деятельности, лежащие в стороне от главной полосы фумарол, находятся у подножия северной стенки кальдеры, где они располагаются в раздувах логов, прорезывающих здесь древнюю озерную террасу. На западной площадке имеется обычная глинистая почва, а по бортам лога — рыхлая каолиновая масса, пропитанная серой. Здесь имеется 3—4 грязевых вулкана и несколько грифонов с горячей и холодной водой. На другой, восточной, площадке имеются только холодные сероводородные ключи.

Оценивая в целом гидротермальную деятельность кальдеры, необходимо признать, что вся она обусловлена вулканическими газами, которые в борьбе с грунтовой водой реализуются на поверхности в виде указанных типов ключей и фумарол. Относительно фумарол нужно заметить, что здесь они не настоящие, т. е. они не представляют непосредственного выхода первичных вулканических газов и паров, а являются „отфильтрованными“ грунтовой водой их остатками. Несомненно, под зоной грунтовых вод эти газы имеют более высокую температуру и иной состав. Такие „очищенные“ грунтовой водой фумаролы, быть может, удобно будет называть гидрофумаролами.

Преобладающей составной частью газообразных продуктов наших гидрофумарол является водяной пар. Количество его измерить нам не удалось. Был анализирован только сухой газ, который, вероятно, составляет лишь небольшую часть летучих веществ. Состав его из разных фумарольных полей приведен на табл. 32.

Из таблицы видно, что состав сухого газа из разных мест кальдеры удивительно однообразен. Главным образом это углекислота с небольшим количеством азота и углеводородов. Сероводорода мало, и количество его далеко не соответствует тому сильному запаху, который чувствуется даже на расстоянии до 3 км от фумарольного поля.

ТАБЛИЦА 32

Химические анализы газов фумарол

Аналитики: Панкратьева и Маркон (ЦНИГРИ)

	Западное поле		О з е р н о е п о л е				Восточное поле
	„сильные“ фумаролы	серные фумаролы	I озерко	I озерко	II озерко	IV озерко	Западная часть
	Т е м п е р а т у р а						
	96°	97°	38°	94°	80°	57°	85°
H ₂ S	0.4	0.4	2.0	1.5	0.7	0.5	следы
CO ₂	85.8	87.8	86.1	85.6	88.7	87.1	91.5
O ₂	—	—	—	—	—	0.8	—
CO	—	—	—	—	—	—	—
CH ₄	7.6	6.2	4.9	5.9	5.1	1.3	0.9
H ₂	—	—	—	—	—	—	—
N ₂ + редкие	6.2	5.6	7.0	7.0	5.5	10.3	7.6
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Ar + Kr + Xe	0.024	не опред.	0.091	0.085	0.082	0.089	0.081
He + Ne	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001

ТАБЛИЦА 34

Химические анализы редких элементов в горячих водах вулкана Узон

Место взятия пробы	t°	В миллиграммах на литр воды								
		Mn	Cu	Zn	Ge	As	Mo	Sn	Sb	Bi
Западное поле.										
Грязевой источник № 4	96	0.05	—	62.84	—	0.80	—	< 0.1	0.12	—
" " № 6	90	есть	—	есть	—	есть	—	—	—	—
Оверное поле.										
IV озерко; проба № 7	57	—	1.50	0.10	—	40.01	—	0.10	0.23	0.20
III " " № 10	47	—	—	есть	—	есть	—	—	есть	—
I " " № 11	94	—	есть	—	есть?	"	—	есть	"	—
I " " № 13	38	—	нет	есть	—	"	2.0?	нет	"	—

Примечание. I. Молибден был обнаружен калориметрическим путем Л. А. Ивановым (лабор. физико-химич. анализа ЦНИГРИ); повторное определение, сделанное В. Е. Кутейниковым по тому же способу, дало отрицательный результат.

II. Германий предполагается, так как при пропускании сероводорода через солянокислый раствор пробы выпадал белый аморфный осадок, который не растворялся ни в сернистом аммонии, ни в сернистом натрии.

Аналитик В. Е. Кутейников,

Анализы термальных вод из трех фумарольных полей кальдеры и анализ холодной поверхностной воды, проба которой была взята из болота около озерного поля фумарол, приведены на табл. 33.

Из приведенной таблицы анализов видно, что термальные воды кальдеры имеют различный химический состав. На западном фумарольном поле вода кислая купоросная, на озерном —



Рис. 63. Восточное поле фумарол. Одна из „дымящихся“ площадок. Вид на юго-запад.

натрово-хлористая, а на восточном — углекислонатрово-хлористая с заметным количеством аммония. Количество сухого остатка в них колеблется также в широких пределах. Повидимому, наиболее типичной глубинной водой является вода из Озерного фумарольного поля. На западной и восточной площади вода, вероятно, грунтовая в — одном случае с небольшой примесью воды типа Озерного поля фумарол, а в другом, наоборот, с сильной примесью продуктов разложения базальта серною кислотой.

В отношении последней необходимо заметить, что она представляет продукт окисления сероводорода и образуется вблизи

и на поверхности земли. За это говорят как наши наблюдения, так и вывод, к которому пришли Allen и Day в отношении серной кислоты из фумарол и горячих ключей вулкана Лассен пик в Калифорнии.¹

Любопытной особенностью наших вод является богатство некоторых из них редкими элементами (табл. 34). Исключительными для минеральных вод являются такие концентрации, какие мы имеем в воде из Озерного и Западного полей фумарол. По содержанию мышьяка мы здесь имеем случай, близкий к знаменитым австрийским источникам Ronseigno, а по содержанию цинка — к источникам Linda и Libverda (Чехо-Словакия).²

Почти во всех наших водах присутствуют мышьяк, цинк и сурьма; довольно распространены также следы меди и олова.

ТАБЛИЦА 35
Содержание бора в горячих водах вулкана
Узон
Аналитик В. Е. Кутейников

Место взятия пробы	t°	Содержание B(OH) ₃ в мг на литр воды
Западное поле		
грязевой ключ . . .	70—91	от следов до 1.2
пар фумаролы . . .	96	11.33
грязевой котел . .	94	24.0
Озерное поле		
III озерко	47	8.3 до 19.0
IV "	57	141.2
грязев. котел у IV озерка	—	36.0
Восточное поле		
западный край . .	85	10.0
восточный край . .	87	19.5

¹ A. L. Day and E. T. Allen. The Volcanic Activity and Hot Springs of Lassen Peak. Carnegie Institution of Washington. Publ. № 360, 1925, p. 138.

² Dietrich u. Kammer. Handbuch der Balneologie. Bd. I, SS. 271 u. 257.

³ В 1 литре конденсированного пара.

Кроме указанных элементов, широким распространением в водах кальдеры пользуется еще бор. Содержание его в пробах из разных мест кальдеры показано на табл. 35.

Концентрация бора в поднимающихся эманациях, под уровнем грунтовых вод, повидимому, должна быть более высокой. Предположения о борсодержащих эксгаляциях этого вулкана подтвердились, но экономическая ценность такого вулканического бора, если бы даже бурением было обнаружено очень высокое содержание его в газах, принимая во внимание сложную и очень дорогостоящую технику его добычи¹ и дикий, удаленный от населенных мест горный район, вряд ли была бы большой.

Фумаролы и горячие ключи Узона, повидимому, весьма интересны только в научном отношении. Несмотря на чрезвычайно редкие и ценные типы воды использовать их с лечебными целями тоже вряд ли будет возможно, так как дебит воды незначительный (деятельность обусловлена газами, нагревающими грунтовую воду), и выходят они в тревожной для человека обстановке вулкана.

36. Тауншицкие горячие источники

На поверхности лавового плато между вулканами Тауншиц и Унана располагаются Тауншицкие горячие источники. Высота местности около 1000 м над ур. м.

Охотники сообщают, что здесь имеется круглое горячее озерко, из которого по направлению к Кроноцкому озеру вытекает горячая речка. Последнюю П. Т. Новограбленов называет рч. Шемчик.

37. Кихпиничевские горячие источники и фумаролы

Эти источники расположены в ущелье у западного подножия вулкана Кихпинич (рис. 49).

Место их выходов было посещено в 1909 г. одним из спутников В. Л. Комарова² В. П. Савичем.

¹ R. Nasini. I soffioni e i lagoni della Toscana e la industria boracifera. Roma, 1930.

² Loc. cit., стр. 327.

Вулкан Кихпинич представляет меридионально вытянутый массив, состоящий из трех заметно отличающихся друг от друга вершин. Возвышается он так же как и его сосед — Узон на поверхности ровного здесь лавового плато, постепенно понижающегося от массива Кихпинича к океану. Северная часть Кихпинича представляет пурпурово-красный конус с действующим терминальным кратером, к нему близко примыкает с юга неправильной формы скалистая вершина, к которой в свою очередь примыкает еще одна вершина, в отличие от двух других, белая по окраске. Последняя, вероятно, сложена из пемз или кислых лав, представляя, быть может, куполообразную экструзию.

Фумаролы и горячие ключи выходят на дне ущелья, разрезающего склон между северной и средней вершиной Кихпинича.

В. П. Савич видел здесь „могучую фумаролу и горячие ключи, около которых почва накалена, покрыта выпцетами серы и совершенно бесплодна, поодаль же — высокие заросли вейника“.

Повидимому, деятельность здесь похожа на таковую же Верхне-Семячинских и Узонских источников и связанас а активным северным конусом Кихпинича.

38. Кроноцкие теплые источники

П. Т. Новограбленов сообщает со слов охотников, что в окрестностях Кроноцкого озера, у подножия Кроноцкой сопки имеется еще одна группа теплых источников. Максимальная температура их около 35°.

Выходы теплой воды, надо думать, располагаются в андезитовых и базальтовых лавах, из которых сложены берега Кроноцкого озера.

39. Тюшовские горячие источники

Тюшовские горячие источники находятся на территории Кроноцкого полуострова, в долине р. Тюшовки, примерно в 15 км от берега океана. Высота места около 100 м над ур. м.

Краткое описание этих источников приводят в своих отчетах геологи Н. И. Лазаренко¹ и Л. А. Гречишкин,² работавшие в этом районе первый — в 1930 г., второй в 1931 г.

По данным упомянутых исследователей, местность в районе горячих ключей характеризуется широким развитием увалисто-холмистых возвышенностей, переходящих в северо-западном направлении в высокое лавовое плато (1000—1300 м абс.



Рис. 64. Тюшовские горячие ключи. Выходы горячих вод из пород Кроноцкой свиты. Фотогр. Л. А. Гречишкина.

высоты), а в северо-восточном направлении — в сильно расчлененный высокогорный массив Кроноцкого полуострова. Долина р. Тюшовки на большем своем протяжении врезана в эту местность узким скалистым ущельем, и она становится более широкой, начиная только примерно с 15 км от берега океана. Наиболее древними породами, обнажающимися в районе ключей, являются

¹ Н. И. Лазаренко. Кроноцкий район на восточном берегу п-ва Камчатка (предварительный отчет). Рукопись. Фонды Нефть, геол.-разв. инст., Ленинград.

² Л. А. Гречишкин. Геологический очерк восточного побережья Камчатки. Рукопись, принятая к печати в Тр. ИГРИ. Фонды ИГРИ. Ленинград. Более подробное описание ключей имеется в полевых дневниках.

миоценовые базальты и их пирокластические продукты (Кроноцкая или базальто-туфовая свита). Свита этих пород, распространённая, как показывает её название, преимущественно в массиве Кроноцкого полуострова, сложена в пологие и плавные складки северо-восточного — юго-западного и северо-западного — юго-восточного направления с углами падения крыльев от 5 до 12° и довольно сильно разбита сбросами ССЗ — ЗСЗ простирания. К этим сбросам и приурочены выходы горячих вод. Более молодые (плиоценовые) отложения представлены переслаивающимися диатомовыми песчано-глинистыми сланцами и зеленовато-серыми среднезернистыми песчаниками, содержащими примесь туфового материала (Тюшовская или диатомовая свита). Толща этих пород собрана в пологие складки северо-восточного и меридианального направления с углами падения крыльев 5—15°; сбросы наблюдаются здесь реже. На базальто-туфовой свите серия этих пород залегает несогласно. Самыми молодыми породами района являются постплиоценовые андезиты, базальты и их туфы, потоки и покровы которых образуют высокое лавовое нагорье к СЗ от долины Тюшовки.

Выходы горячих вод находятся на левом берегу реки, против устья правого притока р. Тюшовки — р. Волчьей. Вода выбивается в четырех местах, расположенных относительно недалеко друг от друга. Наиболее обильный выход находится у самого начала ущелья, прорезываемого р. Тюшовкой в массиве Кроноцкого полуострова. Вода здесь ниспадает многочисленными струями с утеса, сложенного породами базальто-туфовой свиты. Ключи, расположенные выше по течению, менее обильны и вытекают из трещины в породах Тюшовской свиты.

Один из этих выходов находится в обрыве, высотой около 8 м. Вода выбивается примерно на одном уровне, в 4 м от подножия обрыва. В центре обрыва имеется наиболее сильный выход (ведер 10 в минуту), падающий водопадом. Породы обрыва сильно разрушены водой и покрыты вертикальными полосами желто-зеленого и бурого цветов, представляющими скопления слизистой массы (термофильные водоросли? *В. П.*). Такого же характера и остальные выходы, но расположены они на более низких уровнях.

Довольно часто по краям потоков наблюдаются красные охристые осадки, напоминающие гидраты окиси железа, и белые

выцветы солей на выступающих из-под воды гальке и обломках пород. Кое-где чувствуется слабый запах сероводорода.

Максимальные температуры воды в упомянутых четырех выходах были следующие, последовательно снизу вверх по реке: 50, 70, 65 и 60°.

Судя по геологической обстановке выходов, эти горячие воды близки или к Налачевским натрово-хлористым источникам, или к Нижне-Семячинским углекислосульфатным.

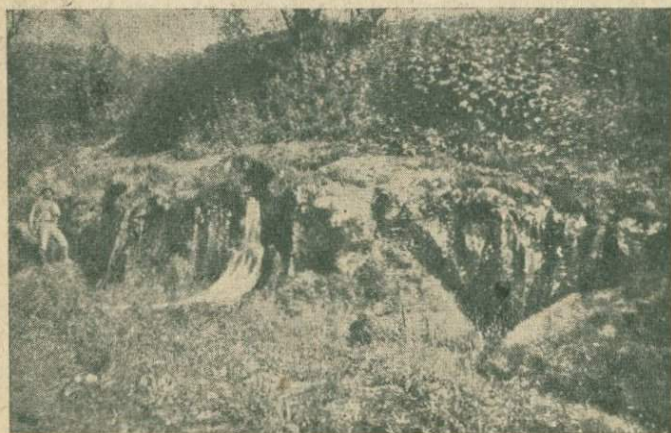


Рис. 65. Тюшовские горячие ключи. Выходы горячих вод из пород Тюшовской свиты. Температура 70° С. Фотогр. Л. А. Гречишкина.

40. Верхне-Чажминские горячие ключи

В среднем течении р. Большой Чажмы, начиная примерно с 22 км от берега океана, располагаются Верхне-Чажминские горячие ключи. Высота места выходов ключей около 100 м над ур. м.

Очень краткую характеристику этих источников приводит в своем отчете Н. И. Лазаренко,¹ исследовавший в 1930 г. геологическое строение района р. Б. Чажмы.

Согласно этому исследователю, район источников представляет увалисто-холмистую местность с небольшими относительно высотами, которую прорезает широкая аллювиальная

¹ Loc. cit.

долина р. Б. Чажмы. Местность сложена из осадочных пород Тюшовской свиты (плиоцен). Термальная вода выбивается из аллювиальных отложений в трех удаленных друг от друга пунктах. Одна группа выходов с максимальной температурой в 64° располагается на правой стороне реки в 22 км от устья, другая — в виде мощного горячего потока воды с максимальной температурой в 60° находится тоже на правом борту долины, но в 3 км выше и, наконец, третья группа ключей с максимальной температурой 70° , выбивается на левой стороне реки как раз против второй правобережной группы выходов.

Повидимому, характер деятельности этих ключей и тип их аналогичны Тюшовским термальным источникам; различие, вероятно, только в форме выходов.

41. Нижне-Чажминские горячие ключи

Эти ключи находятся в устье р. Б. Чажмы, на правой стороне реки. До берега океана отсюда около 300 м.

Краткую характеристику этих ключей дает Н. И. Лазаренко¹ и П. Т. Новограбленов.² Некоторые устные сведения были получены автором от геолога Б. А. Алферова.

Согласно последнему, тальвег долины реки Б. Чажмы около устья весьма широк, и река прорезает его несколькими рукавами. На правой стороне одного из рукавов реки располагается плоская ключевая площадка, на которой из аллювиальных отложений серией отдельных струй выбивается горячая вода. Температуры отдельных струй имели значения от 43 до 56° С. П. Т. Новограбленов, основываясь на показаниях охотников, посещающих иногда эту местность, сообщает, что имеются еще выходы горячей воды, расположенные в самой полосе океанского прибоя. Охотники будто бы видели, что остающаяся на берегу во время отлива рыба сваривалась в одном из горячих ключевых бассейнов.

Нет данных считать, что эти ключи отличаются чем-нибудь от Верхне-Чажминских и Тюшовских.

¹ Лос. cit.

² П. Т. Новограбленов. Горячие ключи Камчатки. Известия Русск. геогр. общ., т. LXIII, вып. 5—6, 1931.

42. Шапинские теплые источники

В долине р. Шапиной (приток р. Камчатки), в 40 км от одноименного селения, находятся Шапинские теплые источники. Примерно в 8—10 км на восток от них располагается потухший вулкан Кизимен или Шапинская сопка, красиво выделяющаяся своим конусом и окружающими его паразитными телами на фоне распространенного здесь лиственничного и пихтового леса. Высота местности примерно около 100 м над ур. м.



Рис. 66. Вид от Шапинских ключей в сторону вулкана Кизимен (по В. Л. Комарову).

Впервые были осмотрены и описаны участниками экспедиции Ф. П. Рябушинского: В. Н. Лебедевым¹ и В. Л. Комаровым.² Особенно подробно ключи описываются В. Н. Лебедевым, который приводит в своем описании план ключей и два полных химических анализа воды.

В районе источников распространены мягкие холмистые, заросшие хвойными и лиственным лесом, возвышенности, которые постепенно повышаются к подошвам массивов Кунчеклы и Кизимена и к поверхности соседнего Толбачинского дола.

¹ В. Н. Лебедев. Камчатская экспедиция Ф. П. Рябушинского. Зоологический отдел, том II, вып. 2. Текущие воды. 1918. Приложения, стр. 490—500.

² В. Л. Комаров. Камчатская экспедиция Ф. П. Рябушинского. Ботанический отдел, том I. „Путешествие по Камчатке“, 1912, стр. 260—263.

Местность, где находятся источники, носит название „Кипелое“.

Сведений о геологическом строении окрестностей источников не имеется. Отсюда из обрыва правобережной террасы, как-раз против ключей, В. Л. Комаровым был взят образец коренной породы, который по определению С. А. Конради оказался авгитово-роговообманковым андезитом. Это, а также близость вулканов дает основание предполагать, что местность сложена вся из лав и притом, вероятно, из основных.

Выходы теплых вод располагаются по обеим сторонам реки, образуя там и здесь большие бассейны из старых ключевых натеков. Выходы на правом берегу реки приурочены к подножию террасы из ключевых отложений. В центре небольшого ключевого поля расположены два слившихся между собою плоских купола из ключевых натеков, а к западу от них — довольно большое теплое озерко. Из последнего вытекает теплая речка, принимающая слева еще небольшой теплый ручеек и впадающая тут же в Щапину.

В центре каждого из куполов, имеющих поперечники по 15 саж. (32 м), находятся котлообразные бассейны со дна которых бьют теплые ключи. Размеры этих бассейнов $5 \times 2,5$ саж. ($10,7 \times 6,4$ м), по верху и 1,5—2 м в глубину у Центрального ключа и в два раза меньше у северного. Вместе с водою из этих бассейнов выделяется много углекислоты. Температуры воды здесь были 18,7 у Центрального ключа и 32,7 у северного.¹ В. Л. Комаров в 1909 г. при температуре воздуха $+8^{\circ}6$ нашел в этих бассейнах температуру (соответственно) 32 и 36° .

На дне теплового озерка во многих местах также выходят ключи, кое-где с очень сильным выделением углекислоты. В. Н. Лебедев указывает, что „во многих местах вода была точно в непрерывном кипении“. Температура воды на дне озерка была $27^{\circ}5$.

Размеры этого озерка: в длину около 40 саж. (85 м), а в ширину от 8 до 20 саж. (от 17 до 43 м). Глубина его наибольшая в юго-западной части, где находятся наиболее мощные выходы ключей, глубина здесь равна 3,5 м.

¹ Эти и все нижеследующие значения температур были получены В. Н. Лебедевым во второй половине ноября, когда уже были сильные морозы и кругом лежал мощный покров снега.

Теплые ключи бьют и в русле ручейка, выходящего из теплового пруда. Максимальная температура воды этого ручейка на дне была 23°0.

Грифон на левом берегу упомянутого ручейка представляет небольшой бассейн глубиной около 0,5 м., из которого выте-

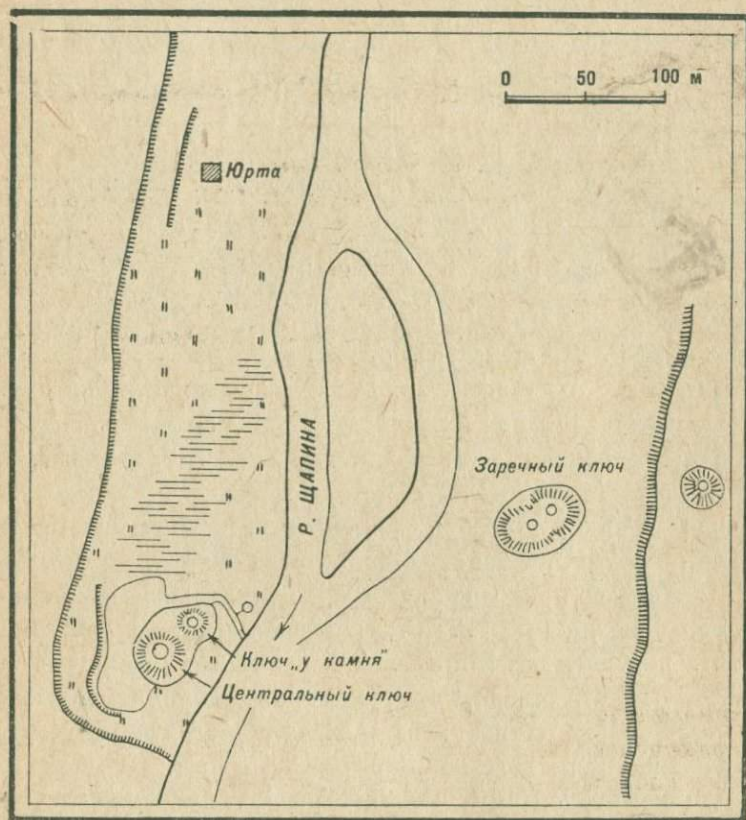


Рис. 67. План Шапинских теплых ключей (по В. Н. Лебедеву).

кает слабый ручеек, впадающий в только-что упомянутый. Температура воды на дне грифона была 29°0, а по В. Л. Комарову — 31,7—32,6 (при температуре воздуха + 12°8).

К северу от этой площади располагается термальное, зимою не замерзающее болотце.

Выходы теплых ключей на левом берегу р. Щапины располагаются в двух обособленных друг от друга местах. Первая группа в количестве двух ключей располагается на вершине

натечного травертинового купола, где они бьют из отдельных отверстий, глубиною до 1 м. Температура воды здесь была 32°4, а по В. Л. Комарову 36—37°.

Метрах в 45 к востоку отсюда течет теплый ручеек, не замерзающий метров на 420 от истока. Температура 17°9.

Последняя группа выходов располагается опять на вершине натечного купола и выбивается из грифона глубиною около 0,5 м и в поперечнике около 4,2—6,4 м. Температура воды здесь 22°4.

Сравнивая результаты собственных наблюдений зимою с наблюдениями В. Л. Комарова летом, В. Н. Лебедев приходит к выводу, что имеется разница в температурах термальной воды летом и зимою, но она достигает только 3—4°, несмотря на громадную (30—40°) разницу в температуре воздуха.

Вода ключей имеет охристый оттенок, зависящий, по предположению В. Н. Лебедева, от взвешенных в ней хлопьев окиси железа, что действительно и подтвердилось химическими определениями: в одном литре воды в миллиграммах оказалось взвешенных хлопьев „железа“ 5,67% из теплого озерка и 4,80% из заречного ключа.

Вкус воды здесь более неприятный, чем из Пущинских ключей, несмотря на меньшее количество сухого остатка.

В. Н. Лебедев приводит два химических анализа Щапинских ключей, исполненных Г. Ю. Жуковским под руководством акад. Н. С. Курнакова. В пределах точности химического исследования оба эти анализа тождественны. Поэтому мы здесь указываем только один анализ воды из теплого озерка (другой анализ относится к воде из „Заречного ключа“).

Щапинская вода представляет редкий для Камчатки тип термальной воды. Здесь обращает на себя внимание высокое содержание углекислоты и магнезии. Первая достаточно редкая в Камчатских источниках, а вторая вообще редкая в горячих источниках. Как преобладающий ион магний встречается только в тех источниках, которые поднимаются через богатые магнием породы, т. е. через серпентиниты, доломиты и магнийсодержащие соленосные отложения. В случае последних сухой остаток термальной воды должен быть большим, поэтому привлечь соленосные отложения для объяснения высокого содержания магния в щапинской воде не представляется возможным; кроме того, такие отложения неизвестны на Камчатке. То же

имеет место и в отношении доломитов, которые, как и вообще карбонатные породы, за исключением ничтожных линз и редких метровых пропластков их в третичных песчано-глинистых осадках, на Камчатке неизвестны. Наиболее часто магнезиальные источники типа Шапинских встречаются в связи с серпентинами. Много таких ключей, напр., имеется в Калифорнии.¹ Серпентины известны и на Камчатке и в частности сравнительно недалеко от Шапинских источников — в горах Камчат-

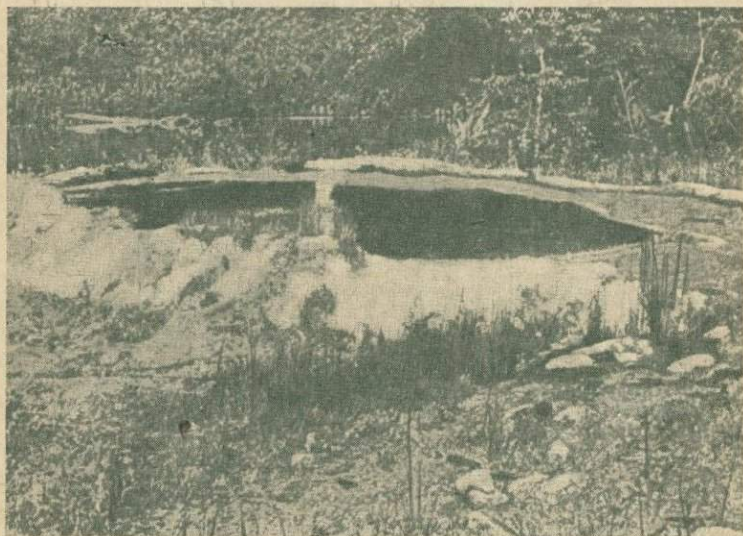


Рис. 68. Натечный бассейн („центральный ключ“) на Шапинских теплых источниках (по В. Л. Комарову).

ского мыса. Исходя из указанного, можно предполагать, что Шапинские теплые источники получают магний из нижележащих серпентинов.

Что касается углекислоты, то возможно, что она частью происходит из серпентинитов, но большая часть ее, вероятно, вулканическая.

¹ G. A. Waring. Springs of California. U. S. Geol. Surv. Water. Supply Paper, № 338, 1915.

К Шапинским источникам, напр., очень близки такие же теплые источники Howard и Seigler из Lake County (p. 95—96), которые вытекают из серпентинитов; на этих источниках уже давно существуют курорты.

ТАБЛИЦА 36

Химический анализ Щапинских теплых ключей
Грифон „Теплое озерко“. Т 27°5. Аналитик Г. Ю. Жуковский,
1910—1912 гг.

	г/л	мг/экв.	мг/экв. %
Li'	нет	—	—
Rb'	нет ¹	—	—
K'	0.0682	1.74	2.1
Na'	0.3563	15.49	19.1
Ca''	0.0465	2.32	2.8
Mg''	0.2529	20.80	25.6
Mn''	есть ¹	—	—
Ti'''	есть ¹	—	—
Al'''	нет	—	—
Fe''	0.0103	0.37	0.4
		40.72	50.0
Cl'	0.2538	7.16	8.8
Br'	нет	—	—
SO ₄ ''	0.0148	0.31	0.4
HCO ₃ '	—	—	—
CO ₃ ''	0.9973	33.24	40.8
		40.71	50.0
SiO ₂	0.080		
CO ₂ связ.	0.7314		
CO ₂ своб.	0.5906		
Сух. ост.	2.0160		

Интересно, что высокое содержание магния не отражается в составе осаждающихся из этой воды травертинов. Анализ последних приведен в табл. 37.

¹ Спектрографические определения, сделанные в Горном институте акад. Н. С. Курнаковым.

ТАБЛИЦА 37

Химические анализы Щапинского
травертина

Аналитик Н. Барабоскин

О к и с л ы	Натек центрального ключа	Натек зачечного ключа
	в весовых процентах	
SiO ₂	32.00	9.20
Al ₂ O ₃	2.74	3.06
Fe ₂ O ₃	0.19	4.90
MnO	следи	—
CaO	32.14	44.29
MgO	0.82	1.61
CO ₂	25.98	35.08
SO ₃	0.13	0.06
P ₂ O ₅	0.21	0.22
H ₂ O и органич. ве- щества по разно- сти	5.79	1.58
	100.00	100.00

Преобладающей массой травертина является углекислый кальций 57—79⁰/₀, остальные — окислы железа, вероятно, опал, гипс и, повидимому, механическая примесь вулканического песка. Углекислого магния только 0.3—1⁰/₀. По описанию В. Н. Лебедева, „натеки горячих ключей имеют вид корок, большей частью темнее окрашенных, чем натеки Пушинских ключей; степень сцепления частиц гораздо сильнее и структура обыкновенно гораздо хуже заметна“.

Характеризуя в целом Щапинские теплые ключи, необходимо признать, вполне соглашаясь с В. Н. Лебедевым, что эти теплые источники не имеют себе аналогов среди других известных камчатских источников. Рассматривая же их с генетической точки зрения и в отношении степени минерализации и состава газа, нам кажется, что они могут быть отнесены ко второй выделяемой нами группе термальных источников Камчатки, т. е. к той, которая связана с химически основными изверженными массами полуострова.

Данных для характеристики лечебных свойств этих источников нет. Жители сел Толбачик и Щапино, кажется, пользуются ключами, но прямых сведений, указывающих на это, не имеется. Как бы то ни было, оригинальный состав воды в отношении богатства ее углекислотой и магнием, а также температура и заметная степень минерализации не должны быть маловажными в бальнео-терапевтическом отношении. Естественно, для оценки источников как лечебного места должно быть проведено специальное исследование, и, если проводить эти исследования, то в первую очередь, на ряду с Налачевскими, Пущинскими и Семячинскими такого исследования требуют и Щапинские источники.

43. Верхне-Щапинские горячие источники

В 20 км выше по реке от только-что описанных теплых источников расположены Верхне-Щапинские горячие источники. Повидимому, они выходят уже в районе развития лавового плато.

Упоминаются со слов жителей В. Н. Лебедевым¹ и В. Л. Комаровым.² Известно только, что они более горячие, чем Нижне-Щапинские и текут в виде горячей речки.

44. Тымракские горячие источники

Эти источники находятся в истоках той же правой ветви р. Щапины, у подножия горной группы Тымрак. Высота местности, должно быть, значительная.

Упоминаются В. Н. Лебедевым со слов щапинских жителей.

45. Бекешские теплые источники

Бекешские теплые источники выходят около русла рч. Бекеш, которая узким скалистым каньоном прорезает хребет Кумроч и впадает справа, примерно в 40 км от р. Камчатки в р. Хапичу.

¹ Лос. cit., стр. 500.

² Лос. cit., стр. 265.

Упомянуты и кратко описываются А. Н. Державиным,¹ посетившим их в 1909 г.

Хребет Кумроч образует восточную меридиональную границу обширного Ключевского лавового плато. К северу от описываемых ключей р. Камчатка разрезает хребет в так наз. „щехах“. Он почти весь сложен из плотных зеленоватых кремнистых и туфогенных сланцев и песчаников. Хребет представляет, по видимому, молодое горстовое поднятие.

Источники располагаются у выхода рч. Бекеш из скалистого ущелья в долину р. Хапичи. Последняя течет вдоль западного подножья хребта Кумроч, и меридиональное направление ее, вероятно, соответствует зоне разлома, обусловившей подъем Кумроча над лавовым плато. Можно предполагать, что выходы термальной воды приурочены к этой зоне разлома.

Теплая вода с температурой 23° выходит по обеим сторонам речки, под утесами „метаморфизованных сланцев“. Большинство выходов затопляются высоким разливом речки Бекеша. Чувствуется сильный запах сероводорода, и опущенная в воду серебряная вещь быстро темнеет. Натекнов нет, только в одной струйке осаждается желто-бурое вещество, похожее на окислы железа. Температура воды в речке в момент измерения температуры ключей равнялась +6°5.

Источники, возможно, относятся к типу Пуцинских ключей, т. е. близки к тем Камчатским источникам, которые содержат сероводород и связаны с основными лавами.

СРЕДИННЫЙ ХРЕБЕТ

46. Кимитинские горячие источники

В долине р. Камитины — левом притоке р. Камчатки, примерно в 60 км от сел. Машура находятся Кимитинские горячие источники. Они упоминаются в списке П. Т. Новограбленова, но никем не описаны.

47. Креруклинские горячие источники

Так же как и Кимитинские совершенно неизвестны Креруклинские горячие источники. Они находятся в верховьях

¹ А. Н. Державин. Камчатская экспедиция Ф. П. Рябушинского. Зоологический отдел, т. I, 1916, стр. 285.

р. Креруки, впадающей слева, немного выше сел. Козыревск, в р. Камчатку и берущей начало в Козыревском хребте, отделяющем долину р. Анаун от долины р. Камчатки. По ту сторону хребта не вдалеке отсюда располагаются Оксинские и Верхне-Анаунские горячие ключи.

По наблюдениям П. Т. Новограбленова¹ Козыревский хребет в этом месте имеет вид высокого (до 1300 м над ур. м.) расчлененного столового нагорья, местами в виде гигантских террас, спускающегося к долине р. Камчатки.

По данным К. И. Богдановича,² здесь распространены пироксеновые андезиты.

Дыбовский и Шмидт³ приводят анализ воды Киреунских горячих ключей, но, судя по описанию и показанному на карте расположению источников, проба для анализа была взята в долине р. Креруки. Река „Киреун“ на карте Дыбовского показана впадающей в р. Камчатку примерно в 30 верстах (32 км) ниже сел. Козыревское и в 40 верстах (42,5 км) выше сел. Ушки. В описании указывается, что проба воды была доставлена старостой сел. Козыревское. То, что соответствует действительным Киреунским ключам, упоминается и сравнительно верно отмечается на карте под именем Крестовских ключей. Кроме того, сопоставляя имеющийся у нас анализ настоящих Киреунских источников с анализом „Киреунских“ источников по Дыбовскому, мы обнаруживаем заметные расхождения в определениях, вообще очень малые в других точных анализах Шмидта при сопоставлении их с новейшими.

Поэтому мы позволим себе привести здесь анализ „Киреунских“, по Дыбовскому источникам, считая его относящимся к Креруклинским.

Если этот анализ действительно относится к Креруклинским ключам, то вода последних довольно близка в воде Паужетских, оставаясь в то же время близкой и к воде настоящих Киреунских источников. Как и Паужетские источники эти ключи,

¹ П. Т. Новограбленов. Путешествие к вулкану Анаун в Среднем Камчатском хребте в 1929 г. Труды Тихоокеанск. комит. Акад. Наук СССР, вып. 3, 1932, стр. 26.

² К. Bogdanowitsch. Geologische Skizze von Kamtschatka. Peterm. Mitt 1904, SS. 14—15 и карта.

³ К. Schmidt. Die Thermalwasser Kamtschatka's. Mem. d. l'Acad. des Sciences. Pétersbourg, T. 32, № 18, 1885.

Химический анализ Креруклинских термальных ключей

Аналитик К. Шмидт, 1883 г.

	г/л	мг/экв.	мг/экв. ‰
Rb'	0.00261	0.03	—
K'	0.0410	1.05	3.8
Na'	0.2367	10.80	37.5
Ca''	0.0920	2.10	7.6
Mg''	0.0035	0.29	1.1
Fe'''	0.0004	—	—
		13.77	50.0
Cl'	0.3511	9.90	30.9
Br'	0.0006	—	—
SO ₄ ''	0.2410	5.02	15.7
HPO ₄ '	0.0004	—	—
HCO ₃ '	0.0662	1.08	3.4
		16.00	50.0
SiO ₂	0.0417		
Сух. ост.	1.080		
Уд. вес	1.00092		

возможно, связаны с основными лавами, но здесь, быть может, в составе их отразилось еще влияние магмы тех риолитовых экструзий, которые, судя по наблюдениям В. С. Кулакова,² имеют большое развитие в соседней с источниками долине р. Анаун.

¹ Указываемое во всех анализах К. Шмидта высокое содержание иона рубидия, повидимому, является ошибкой, вызванной неправильным методом определения этого элемента. К такому выводу пришел А. А. Резников (хим. лаб. ЦНИГРИ) и за это же говорит отрицательный результат спектрографических определений рубидия, сделанных акад. Н. С. Курнаковым для воды Нижне-Паратунских ключей, в которых К. Шмидт, как и во всех анализированных им термальных водах, указывает рубидий.

² Личное сообщение.

48. Тигеюейнские горячие источники

Эти источники выходят на восточном склоне Срединного хребта, в долине реки Тигеюейн,¹ впадающей слева в р. Ессо, недалеко от соединения последней с р. Анаун. От устья р. Тигеюейн, где располагается ламутский национальный пункт Ессо, до источников около 2 км. Высота места выходов ключей примерно 500 м над ур. м.

Краткие заметки об орографии и геологии района источников, а также о самих источниках, приводит К. И. Богданович,² посетивший эти места в 1897 г.

Горы, которые окаймляют долину р. Ессо, имеют вид острых зубчатых гребней. На западе долину окаймляет Средний хребет, а на востоке — Козыревский. Оба хребта обрываются в долину весьма крутыми склонами. Последнее обстоятельство и факт существования вдоль долин Ессо и Анауна термальной линии, приводит, как это замечает К. И. Богданович, к предположению о наличии здесь глубокой зоны разлома. Весьма вероятно, как это устанавливается и в других районах развития горячих ключей, что долины Ессо и Анауна располагаются в грабене, и выходы здешних термальных вод (Тигеюейнские, Оксичанские, Оксинские и Верхне-Анаунаские источники) приурочены к грабеновым сборам.

В окрестностях рассматриваемых ключей на правой стороне реки Тигеюейн выходят плагиоклазовые базальты, а на левой — кислые андезиты. Те и другие образуют слоистые, почти горизонтально напластованные массы, которые, судя по породам, обнажающимся у слияния рр. Ессо и Анаун, лежат на поверхности сильно дислоцированной толщи авгитовых и диабазовых порфиритов.

Ключи находятся на правой стороне реки, где они в виде слабых струек выбиваются у подошвы невысокой речной террасы. Жителями поселка Ессо здесь устроен небольшой крытый деревянный сруб с бассейном для купанья.³ В последний воды поступает очень мало, и его приходится наполнять ведром.

¹ Согласно устному сообщению А. Л. Биркенгофа, участнику Камчатской экспедиции Акад. Наук 1935 г., река эта теперь называется Оксичан (по-ламутски — тепленькая).

² Лос. cit., стр. 14.

³ Сообщение А. Л. Биркенгофа.

К. И. Богданович указывает, что ключи имеют температуру около 52—53°; и вода их на вкус солоновата и по испытанию дает осадок сульфата натрия. Последнее, по мнению Богдановича, приближает эти ключи к термам Киреуны (по данным Дыбовского и Шмидта).

Близость этих ключей к термам Киреуны вероятна, но связаны они, повидимому, не с базальтами и андезитами, которые, как показано на карте Богдановича, исключительно только и развиты в окрестностях источников, а с кислыми изверженными породами. Риолиты в большом количестве были установлены самим Богдановичем в верховьях р. Ессо, и совсем недавно значительные массы этих же кислых лав, а также гранодиоритов обнаружил В. С. Кулаков¹ в долине р. Анаун. Поэтому весьма вероятно, что здесь мы имеем те же слабосероводородные натрово-сульфатные термы, как, напр., Банные, Начикинские, Паратунские и др., которые повсеместно обнаруживают тесную связь с телами риолитов и гранодиоритов.

49. Оксичанские горячие источники

У места слияния двух истоков р. Козыревской Быстрой — рр. Ессо и Анаун находятся Оксичанские горячие источники. Высота этого пункта 378 м над ур. м.

Упоминаются К. И. Богдановичем² и П. Т. Новограбленовым.³ Первый из них посетил ключи в 1897 г., второй упоминает о них со слов местных жителей.

Источники находятся в широкой общей долине рр. Ессо, Анаун и образовавшейся из них р. Козыревской Быстрой. Хребет Козыревский, который прорывается в этом месте р. Козыревской Быстрой, представляет цепь расчлененных столовых гор, поднимающихся до 1000—1100 м над ур. м. Сложен он, судя по карте К. И. Богдановича, из плагиоклазовых базальтов. К северо-западу от источников, уже в Срединном хребте, выходит дислоцированная толща авгитовых и диабазовых порфиров.

Согласно устному сообщению А. Л. Биркенгофа ключи находятся на левой стороне р. Козыревской Быстрой, где они

¹ Личное сообщение.

² Лос. cit., стр. 14.

³ П. Т. Новограбленов. Список ключей.

выходят в пойме реки у подошвы первой 4—5-метровой по высоте речной террасы. Противоположный берег реки — крутой, обрывистый. Вода выбивается слабыми струйками на протяжении около 100 м вдоль подножия террасы. Богданович указывает, что Оксичанские¹ ключи, как и Тигеюейнские имеют температуру около 52—53° С и по испытании дают осадок сульфатов кальция и натрия; вкус воды солоноватый.

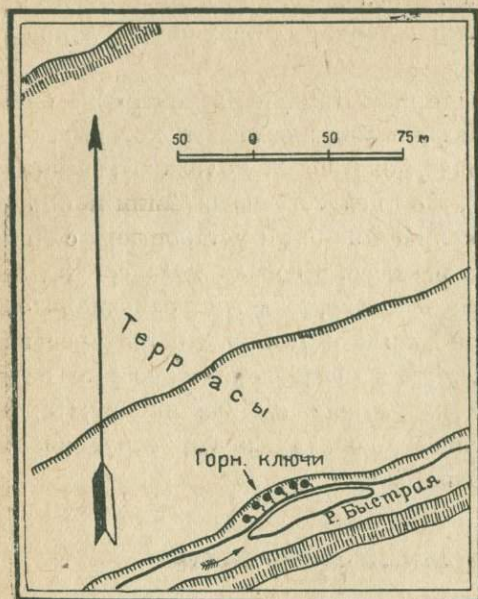


Рис. 69. Схематический план расположения Оксичанских горячих ключей (по А. Л. Виркенгофу).

Весьма вероятно, что эти ключи по своим химическим особенностям и генезису ничем не отличаются от остальных Ессо-Анаунских источников.

Весьма вероятно, что эти ключи по своим химическим особенностям и генезису ничем не отличаются от остальных Ессо-Анаунских источников.

50. Оксинские горячие источники

В долине р. Анаун, на левой ее стороне, примерно в 20 км от устья реки и в 22 км на восток от вулкана Анаун располагаются Оксинские горячие источники. Высота места, по Новограбленову, около 1 тыс. м над ур. м.

Ключи описываются посетившим их в 1929 г. П. Т. Новограбленовым.²

Характер местности здесь остается, повидимому, тем же, что и в окрестностях Оксичанских ключей. По Богдановичу, Козыревский хребет в этом месте сложен из гиперстеновых андезитов.

¹ По-ламутски „оксичан“ означает тепленький; указываемая Богдановичем температура не соответствует этому понятию.

² П. Т. Новограбленов. Путешествие к вулкану Анаун в Среднем Камчатском хребте в 1929 г. Труды Тихоокеанск. комит. Акад. Наук СССР, вып. III, 1932, стр. 31—33.

тов, но, судя по данным В. С. Кулакова, что в верховьях долины обильно развиты риолиты и гранодиориты, есть основание думать, что они встречаются и в окрестностях рассматриваемых источников.

Выходы горячих вод находятся примерно в 1—1½ км в сторону от реки, у подножия хребта. Имеется несколько голых и частью зарастающих ключевых площадок.

Самый верхний из них характерен большим теперь уже зарастающим травой „конусовидным котлом“, бывшим некогда ключевым бассейном. С северного бока его выходит вода с тем-



Рис. 70. Оксинские горячие ключи. На переднем плане голая ключевая площадка с „ваннами“ (по Новограбленову).

пературою 58°8 (при температуре воздуха +13°). Струя воды слабая; кругом бурые и красные термофильные водоросли. Площадка расположена среди лиственниц и зарослей шеламайника и кедровника.

Немного ниже по склону из откоса травертиновой террасы входят слабые струйки воды с температурой в 49°.

Еще ниже по склону, в 160 м отсюда, находится самая активная часть площадки ключей. Из главного грифона (в поперечнике 1×2.3 м) этой площадки вытекает сильная струя горячей воды, имеющая температуру в 56°. Ручеек горячей воды стекает на нижележащую ключевую площадку, а оттуда в холодный ручей. Ключевая площадка выложена серо-коричневыми известковыми туфами; последние часто имеют красные и серые тона. Кое-где на камнях белые налеты солей.

На площадке имеется ряд выкопанных ванн. Одна из них заключена в землянку, в которой устроено и жилое помещение с двумя нарами, печкой и столом.

Кроме этих площадок имеется еще заболоченная старая площадь и много слабых рассеянных в разных местах грифонов.

Вода всех этих ключей прозрачная, чистая, на вкус несколько солоноватая и пахнущая сероводородом. По испытанию на лакмусовую бумажку она имеет несколько кислую реакцию.

Эти источники, как Тигеюейнские, Оксичанские и Верхне-Анаунские, повидимому, одинаковы между собою и все близки к типу слабосероводородных натрово-сульфатных терм, связанных с риолитами. Отличие в данном случае, если наше предположение верно, только в осаждающемся травертине.

Новограбленов указывает, что ключи часто посещаются ревматиками, сифилитиками и прочими больными. Некоторые из больных приезжали издалека, как напр., с побережья Охотского моря, из Хайрюзово.

51. Верхне-Анаунские горячие источники

В 10 км выше предыдущих, на правом склоне долины р. Анаун, примерно в 30 км от одноименного с рекою вулкана лежат Верхне-Анаунские горячие источники. Ключи находятся на высоте около 1200 м над ур. м.

Описываются П. Т. Новограбленовым,¹ посетившим их в 1929 г. Источникам он дал название „Апатель“ — идол по-коряцки, отмечая этим характерную на площади источников скалу, напоминающую человеческое тело.

Местность около источников представляет склоны Срединного хребта, отвечающие, по Богдановичу,² соммообразным частям вулкана Анаун. Конус вулкана (1870 м абсол. высоты)³ располагается, по Богдановичу, в тундровом понижении, окаймленном на некотором расстоянии упомянутыми соммообразными высотами. К одной из последних, обрывающихся в долину р. Анаун, приурочены источники.

¹ *Loc. cit.*, стр. 33—37.

² *Loc. cit.*, стр. 15.

³ По Новограбленову, *loc. cit.*, стр. 41.

Вулкан и его соммообразные предгорья образованы, по Богдановичу, из пироксеновых андезитов. Кроме них, В. С. Кулаковым здесь были обнаружены еще большие массы риолитов. Последние, повидимому, наиболее молодые вулканические образования в этой местности, и с ними, очевидно, связаны выходы горячих вод.

Верхне-Анаунские ключи располагаются вдоль русла и по склонам узкой долинки холодного ручейка, длиной около 1 км, разрезающего в меридиональном направлении склон долины Анауна.

Ключи начинаются в расширенной части истока ручейка. Вытекают они по обеим сторонам ручейка из мощных травертиновых накипей и цветных глин — продуктов разложения коренных пород. Большинство выходов крошечные с незначительным дебитом. Отлагают „красную землю“, „мумию“, „красную глину“ и „белые соли“. Кроме спокойных выходов воды имеется несколько бьющих ключей, самый большой из них:

„... расположен на правой стороне долины, на склоне. Гейзер, имеющий 50 и 70 см в длину и ширину, выбрасывает кипящую воду почти на 2 дм, причем вода клокочет, а по бокам грифона шипит горячий пар. Пар запаха не имеет. Минерализация воды ничтожна. Почти на метр вокруг грифона почва сильно нагрета... температура 90°“.

В большинстве выходов чувствуется запах сероводорода. Часто наблюдались температуры порядка 80—96°. Максимальная температура, найденная в одном из крошечных грифонов, оказалась равной 97° (при температуре воздуха +21.5°).

П. Т. Новограбленов без достаточных оснований относит эти ключи к типу „железисто-известковых щелочных источников“. Общая картина их деятельности, слабый запах сероводорода, небольшая минерализация, незначительный сток и вероятная связь их с риолитами, заставляют нас отнести их к типу Банных терм. Здесь, правда, имеются травертины, но они, насколько это можно было понять из описания Новограбленова, сейчас не образуются и представляют, вероятно, древние ключевые отложения.

Ванн на ключах не имеется, и население источниками, очевидно, не пользуется.

52. Киреунские горячие источники

Эти источники расположены на восточном склоне Срединного хребта, в 60—65 км на северо-запад от сел. Кресты, в верховьях р. Киреун. Ближайшими населенными пунктами являются: сел. Кресты, расположенное в долине р. Камчатки и сел. Харчино, лежащее в долине р. Еловки, в которую впадает р. Киреун. По имени сел. Кресты источники часто называют еще Крестовскими.

Крестовские горячие ключи впервые упоминает д-р Дыбовский.¹ В честь фельдшера Григорьева из сел. Кресты, он предложил называть их Григорьевскими источниками. Ключи были детально изучены в 1934 г. экспедицией Камчатского Облздрава, состоявшей из гидрогеолога, химика и врача-курортолога. Отчета экспедиции нам видеть не удалось. Нижеследующее описание основано на данных, любезно сообщенных нам гидрогеологом экспедиции Г. Н. Профферансовым.

В районе верховьев р. Киреун предгорья Срединного хребта представляют высокое столовое нагорье, сильно расчлененное истоками многих рек. На поверхности нагорья часто встречаются разрушенные вулканические массивы, вершины которых достигают 2 тыс. м над ур. м. Долины рек глубоко врезаются в эту платообразную возвышенность; часто они имеют форму каньонов с обрывистыми скалистыми склонами высотой до 300—500 м. Такой вид имеет и долина р. Средней Киреуны, вдоль русла правого притока которой располагаются выходы горячих вод.

Вся эта платообразная возвышенность сложена из перемежающихся потоков базальтовых лав² и их туфов. Более молодыми являются вулканические массивы из андезитовых лав, возвышающиеся на поверхности плато. От этих массивов в долины рек местами спускаются свежие потоки лав, которые загромождают и без того узкое пространство тальвегов. Один из таких лавовых потоков располагается вблизи Киреунских терм.

¹ К. Schmidt., loc. cit.

² В коллекции горных пород, собранных д-ром В. Н. Тюшовым как раз из окрестностей Киреунских горячих ключей (геологический музей ЦНИГРИ), автор настоящего очерка нашел в большом количестве оливинсодержащие долериты и толеиты.

Выходы горячих ключей вытянуты по долине на расстояние до 1 км. Насчитывается до 200 отдельных грифонов, из которых свыше 40 обладают значительным дебитом. По форме выхода их можно расположить в следующие три группы:

1. Сочащиеся выходы с ничтожным дебитом; часто они имеют вид мелких бассейничков (луж), в которых идет грязеобразование.

2. Грифоны с большим дебитом и высокой температурой; поперечник их 0.2—1 м и глубина 0.1—0.2 м. Замечается выделение газа.

3. Грифоны с несколько меньшим дебитом и с меньшей температурой; но более крупные по размерам. Они обычно имеют вид воронкообразных углублений с диаметром до 5—8 м. и глубиной до 6 м. Насчитывается пять таких грифонов.

Вода часто выходит из своих же кремнистых накипных отложений. С выходами горячих вод нередко перемежаются выходы холодных ключей. Около воронкообразных грифонов выходы холодных ключей располагаются параллельно линии выходов горячих ключей, но метров на 12 выше по склону. Дебит некоторых из таких холодных ключей был свыше 50—60 л/сек.

Суммарный дебит Киреунских горячих ключей 35—40 л/сек. (3—3.5 млн. л в сутки); максимальная температура их 98°С.

Вода бесцветная, прозрачная; имеет слабый запах сероводорода. Реакция щелочная. Химический состав ее по полевому анализу химика С. Д. Шевелкина показан на табл. 39.

По составу Киреунские горячие ключи близки к Паужетским (№ 3); отличаются они от них только меньшим количеством сухого остатка.

По данным К Богдановича,¹ в соседнем отсюда Белом хребте развиты кислые амфиболовые и биотитовые андезиты, а возможно, по мнению автора очерка, и риолиты. Если такой же состав имеют и лавы, которые слагают вышеупомянутые вулканические постройки на поверхности плато, то и в геологическом отношении Киреунские ключи очень близки к Паужетским.

¹ Лос. cit., стр. 16.

ТАБЛИЦА 39

Химические анализы Киреунских горячих ключей

Аналитик С. Д. Шевелкин, 1934 г.

	Место взятия пробы					
	Грифон № 1. Т. 98°. Дебит 4.4 л/сек.			Грифон № 19. Т. 85° Дебит 0.85 л/сек.		
	г/л	мг/экв.	мг/экв. ‰	г/л	мг/экв.	мг/экв. ‰
NH ₄ '	нет	—	—	нет	—	—
Na'	}0.471	20.0	45.5	0.603	25.9	46.6
K'						
Ca''	}0.032	2.0	4.5	0.030	1.9	3.4
Mg'' ²						
Fe''	нет	—	—	нет	—	—
		22.0	50.0		27.8	50.0
Cl'	0.618	17.4	39.6	0.786	22.2	39.9
SO ₄ ''	0.165	3.4	7.7	0.219	4.6	8.3
HCO ₃ '	0.073	1.2	2.7	0.061	1.0	1.8
NO ₂ '	нет	—	—	нет	—	—
NO ₂ '	"	—	—	"	—	—
		22.0	50.0		27.8	50.0
SiO ₂	0.112			0.140		
CO ₂	0.020			0.018		
S общая	0.00035			0.00026		
Жесткость	4°5			4°2		
pH	7.5			7.3		
Сух. ост.	1.471			1.839		

П. Т. Новограбленов указывает, что этими ключами пользуются многочисленные больные из окрестных селений. В связи с недавно построенным Ключевским лесным комбинатом в сел. Ключи и увеличившимся населением в этой части долины

¹ Определены по разности.

² Определены по жесткости.

р. Камчатки, Киреунские источники приобретают весьма важное значение в отношении возможности освоения их как лечебного места для организованного курортного лечения и создания на них дома отдыха. С указанной целью летом 1934 г. их и исследовала экспедиция Камчатского Облздрава.

53. Двухъюрточные горячие источники

В верховьях правого истока р. Двухъюрточной, впадающей в р. Еловку общим устьем с р. Киреун, находятся Двухъюрточные горячие источники. Тут же рядом находится Белый хребет, составляющий юго-восточный отрог Срединного хребта.

Со слов жителей сел. Еловка и Харчино о ключах упоминает П. Т. Новограбленов.

Белый хребет, по данным К. Богдановича,¹ представляет сильно расчлененную горную группу, достигающую высоты более 2 тыс. м над ур. м. Среди острых гребней его расположены довольно значительные снежные поля, от которых спускаются в долины маленькие ледники. Последние доходят до высоты 1400 м над ур. м. и питают истоки многих рек, в том числе и Двухъюрточной. Главная масса хребта образована из кислых биотитовых андезитов, приближающихся к дацитам (SiO_2 —65.5%, щелочей 5.5%).

Судя по геологическим условиям выхода, рассматриваемые горячие ключи близки к Киреунским, а вместе с ними к Паужетским.

Вероятно, вследствие удаленности ключей население пользуется ими очень редко.

54. Еловские теплые источники

Еловские теплые источники выходят в 45 км на северо-запад от сел. Еловка, в долине реки „Левой“ Еловки.² Располагаются к югу от зимнего „тракта“ из Еловки в Тигиль. Высота места 260 м над ур. м.

¹ Лос. cit.

² Судя по описанию, эта река должна соответствовать р. Рассошиной, являющейся самым правым (по местному, левым) истоком р. Еловки.

Кратко описываются П. Т. Новограбленовым, побывавшим на них в 1929 г.¹

Район Еловских теплых ключей представляет так наз. Столбовую тундру — высокое лавовое нагорье, прислоненное с востока к низкому здесь Срединному хребту и разрезанное истоками и притоками р. Еловки на ряд широких столовых массивов. Все это нагорье сложено из однообразных по составу плагиоклазовых и авгитовых базальтов (авгитовых андезитов и полевошпатовых базальтов по Богдановичу) и их туфов. На поверхности нагорья встречаются отдельные вулканические постройки из андезитовых лав или из базальтовых шлаков.

Ключи выходят у края речной террасы на правой стороне долины. Место выходов окружено лесом из тополя, белой березы (*Betula alba*), ольхи, ветлы и сахалинской березы (тальник). Ключевая площадь имеет слабый растительный покров обычного лугового типа субальпийского пояса.

Главный выход с температурой 40°3 (при температуре воздуха +12°5) находится у самого края террасы. Он имеет вид мелкого бассейна размерами 3.2 × 1.8 м. и глубиной около 0.1 м. На дне его темносерый ил и пленки водорослей.

„В расстоянии 12 м в теплом ручье был замечен слабый сток с температурой 36°. Далее находится теплый пруд, имеющий 24 м в длину и 2 м в ширину; температура его 28°. В своем нижнем конце этот пруд соединяется с холодным ручьем“.

Длина выходов Еловских ключей всего 40 м.

Ключи местными жителями, очевидно, не посещаются. „Ванны“ отсутствуют.

Цвет воды прозрачный; вкус неприятный, но запаха сероводорода не чувствуется. Серебряный рубль, опущенный в воду Новограбленовым, пролежав там полчаса, почти не потемнел. Реакция воды нейтральная.

П. Т. Новограбленов относит источники к сернистым с весьма слабой минерализацией. Данных мало, чтобы отнести эти ключи к одной из выделяемых нами групп камчатских горячих источников.

¹ П. Т. Новограбленов. Путешествие к вулкану Анаун в Срединном камчатском хребте. Тр. Тихоок. комит. Акад. Наук СССР, вып. III, 1932, стр. 64.

55. Переваловые теплые источники

У подножия западного склона Коряцкого хребта (участок Срединного хребта), в верховьях р. Переваловой, примерно в 50 км на ЮЮВ от сел. Седанка располагаются Переваловые теплые источники. Высота выходов источников 420 м над ур. м.

Открыты и описаны П. Т. Новограбленовым в 1929 г.¹

Коряцкий хребет, у подножия которого расположены источники, представляет, по Новограбленову, цепь пологих гор с мягкими вершинами; зубчатые гребни очень редки; кое-где на склонах видны пятна снега. В долине Переваловой много мокрых, топких тундр. Склоны долины одеты густыми зарослями кедра и ольхи.

Судя по геологической карте Богдановича, Коряцкий хребет образован из полевошпатовых, бедных оливином базальтов. Сюда к нему подходят массивы, сложенные из авгитовых и диабазовых порфиритов. Очевидно, последние являются тем фундаментом, на котором покоятся базальты Коряцкого хребта.

Источники находятся в боковой долинке р. Переваловой. Представляют пять крупных бассейнов с чистой голубоватой водой, расположенных цепочкой по долинке. Из них выливается многоводный ручеек с быстрым течением, вскоре впадающий в тундру тальвега р. Переваловой. Самый верхний бассейн незначительный; весь зарос водорослями. Следующий бассейн более крупный, размерами 8×10 м, и менее заросший водорослями. Третий бассейн округлый, в поперечнике 7 м; со дна его через лазуревую воду выходили газы. Через все эти бассейны проходит общий ручеек. Температура их всех была 15° (при температуре воздуха +19°).

Четвертый бассейн расположен в стороне от главного ручья; диаметр его 15 м; по форме представляет очень глубокую воронку. Вода резко голубая по цвету; температура ее 16°. К поверхности воды вытянулись мягкие, нежные водоросли. Из бассейна вытекает в третий пруд довольно большой ручей, а в него самого втекает небольшой ручеек из пятого, незначительного по размерам и неправильного по очертаниям пруда.

¹ П. Т. Новограбленов. Путешествие к вулкану Анаун, стр. 48—49.

Ручей, выводящий воду из указанных бассейнов, вблизи устья, имел ширину около 80 см и температуру 15°С.

Вода в некоторых бассейнах прозрачная, но с заметным голубым оттенком. В общем ручейке цвет ее слегка молочный. Чувствуется резкий запах сероводорода; присутствие последнего было отмечено и сильным почернением новенького серебряного рубля, опущенного в воду. Реакция воды кислая.

П. Т. Новограбленов относит источники к типу теплых сероводородных. Нам кажется, что они, будучи связаны с основными лавами, могут быть отнесены к типу Пущинских теплых ключей (№ 31), т. е. к сероводородным углекислонатрово-хлористым. По классификации Шнейдера,¹ мы должны считать Перваловые ключи холодными термами.

56. Калгаучские термальные источники

Калгаучские термальные источники расположены в долине притока р. Тигиль — р. Калгауч, примерно в 30 км на ЮЮВ от сел. Седанка. Высота выходов над ур. м. около 200 м.

Ключи никем не описаны; отмечены только на карте К. Богдановича.

Р. Тигиль и все его притоки в районе источников текут среди низких холмистых возвышенностей, сложенных, по Богдановичу, из полевошпатовых, бедных оливином базальтов. Покровы этих лав, предположительно ранне-постплиоценовые, залегают на верхнетретичных осадочных отложениях.

57. Миньчвентенские горячие источники

У северо-западного подножия вулкана Миньчвентен (по Новограбленову, Седанкинский вулкан), недалеко от Седанкинского озера находятся Миньчвентенские горячие источники. Ключи располагаются на высоте около 800—900 м над ур. м.

Источники помечены только на карте К. Богдановича и никем не описаны. П. Т. Новограбленов предполагает, что Богданович, возможно, под ними частью понимал незамерзающее Седанкинское озеро.

¹ Karl Schneider. Beiträge. Zur Theorie der heisser Quellen. Geologische Rundschau. Ztschr. f. allgemeine Geologie. Bd. IV, 1913, S. 72.

Вулкан Миньчвентен, по Новограбленову,¹ представляет разрушенный конус, поднимающийся до 700 м над окружающим плоскогорьем. На северную сторону из него недавно излилась большая масса лавы, которая в виде громадного глыбового покрова расположилась между подножием вулкана и Седанкинским озером. С востока к вулкану примыкает низкий (около 50 м) паразитный конус из красных шлаков. Плато, на котором возвышается вулкан, сложено из полевошпатовых базальтов, а сам вулкан — из авгитово-гиперстеновых андезитов (К. Богданович).

58. Аманинские горячие источники

Эти источники выходят вблизи водораздела между рр. Амаиной и Пирожниковой. Указываются на карте К. Богдановича, который, повидимому, их посетил во время своего маршрута к горной группе Айнелькана, но никем не описываются.

Орографически и геологически район выходов Аманинских термальных ключей похож на район, где выходят Калгаучские ключи (№ 56).

59. Русаковские горячие источники

В верховьях р. Русакова, которая вытекает из горной группы Тылеле (Срединный хребет) и впадает в Берингово море южнее острова Карагинского, расположены Русаковские горячие источники.

Источники были известны уже К. Дитмару,² однако до сих пор описания их нет. В 1910 г. их осмотрел Е. В. Круг (геологический отряд экспедиции Ф. П. Рябушинского), но каких-либо материалов, за исключением нижеприводимой фотографии, от этого осмотра источников не сохранилось. П. Т. Новограбленов, упоминая эти ключи в своем списке, указывает, что они „очень горячие, с многочисленными выходами“.

Можно думать, основываясь на сходстве этих ключей и еще трех остальных групп ключей с территориально близкими Паланскими, что они все близки между собою и представляют,

¹ П. Т. Новограбленов. Путешествие к вулкану Анаун..., стр. 59.

² Лос. cit., стр. 501.

как и Паланские, маломинерализованные слабосероводородные акратотермы, связанные с гранитными породами.

60. Панкарские теплые источники

Панкарские теплые источники располагаются в верховьях р. Панкара, которая лежит к северу от р. Русаковой и впадает так же как и последняя в Берингово море. По имени сел. Ивашка, расположенного в устье р. Панкара, источники называются еще Ивашкинскими.



Рис. 71. Русаковские горячие ключи. Фотогр. Е. В. Круга.

Впервые упоминает их в своем списке П. Т. Новограбленов, причем отмечает, что, по отзыву кочевников-коряков, они „теплые“, „тепленькие“ и сернистые. Зимой в 1932 г. ключи были посещены геологом Нефтяного института М. Ф. Двали. Последним любезно были сообщены нам нижеследующие сведения об источниках.

Около ключей крутые склоны долины к низу делаются положе и образуют 10—15-метровый по высоте уступ, переходящий в тальвег. Ключи выходят из коренных пород (кварцевые диорит-порфириды) у подошвы уступа. Выше по склону уступа обнажается делювий, покрытый растительной землей. Мощный покров снега скрывал от глаз остальные детали геологического строения этого участка долины, но, судя по встреченным выше ключей обнажениям гранит-пегматитов, здесь распространены

гранитные или гранодиоритовые интрузии, с которыми, вероятно, и связаны горячие ключи.

Термальная вода выходит из трещин отдельности коренных пород, но больше всего ее вытекает из вышележащего делювия. Струи термальной воды зимою имели температуру около 20° С. Это дает основание М. Ф. Двали справедливо предполагать, принимая во внимание строение местности около выходов ключей, что упомянутые струи являются охлажденными дериватами более горячей жилы воды, которая при выходе из коренных пород попадает не сразу на поверхность, а течет некоторое время по делювию и по трещинам отдельности нижележащих коренных пород, подчиняясь рельефу склона.

По отзыву М. Ф. Двали, термальная вода мягкая, без запаха и цвета. Налетов на камнях не образуется.

Сразу же по ту сторону водораздела Срединного хребта выходят известные Паланские ключи, к которым рассматриваемые источники, повидимому, весьма близки.

61. Паланские горячие источники

Паланские горячие источники находятся на западном склоне Срединного хребта, в области истоков р. Верхней Паланы, километрах в 30 на восток от Паланского озера.

Источники были хорошо известны уже К. Дитмару, который в 1853 г. был в районе ключей, но, по условиям путешествия, не смог осмотреть их.¹ В 1930 г. ключи посетил П. Т. Новограбленов. Его наблюдения, повидимому, опубликованы, но где, нам найти не удалось.² Летом 1932 г. в районе озера Паланского работал геолог М. Ф. Двали, который также был на источниках, осмотрел их и взял отсюда пробы воды для анализов. Последние им приведены в его предварительном отчете.³

Срединный хребет в районе горячих ключей, по Дитмару, представляет цепь умеренно высоких столовых гор, которые, разрезаясь долинами рек, заметно понижаются в западном направлении и переходят в мелкие, заросшие лесом холмы.

¹ Loc. cit., стр. 506.

² Список ключей, loc. cit.

³ М. В. Двали. Маршрутные геологические исследования в Паланском районе на западном берегу Камчатки, произведенные летом 1932 г. (Рукопись. Фонды НГРИ).

ТАБЛИЦА 40

Химические анализы Паланских горячих ключей

Аналитик А. А. Резников, 1933 г.

	Верхняя группа Т. 92°С			Нижняя группа Т. 60°С		
	г/л	мг/экв.	мг/экв. %	г/л	мг/экв.	мг/экв. %
K ⁺	} 0.1683	7.19	35.5	0.1223	5.34	32.4
Na ⁺						
Ca ⁺⁺						
Mg ⁺⁺						
		10.13	50.0		8.24	50.0
Cl [']	0.0110	0.31	1.5	0.0110	0.31	1.9
SO ₄ ^{''}	0.4485	9.25	45.7	0.3596	7.50	45.5
HCO ₃ [']	0.0350	0.57	2.8	0.0260	0.43	2.6
NO ₃ [']	нет	—	—	следы	—	—
		10.13	50.0		8.24	50.0
SiO ₂	0.0830			0.0600		
Fe ₂ O ₃	0.0005			0.0010		
H _н [°]	8°3			8°1		
Сух. ост.	0.7840			0.6300		

Предгорья Срединного хребта, по Двали, сложены третичными осадочными образованиями, которые к востоку — ближе к Срединному хребту покрывают свиту плотных, темных песчаников, предполагаемых мезозойскими (Лесновская свита М. Ф. Двали). Последние весьма напоминают граувакковые песчаники, распространенные по периферии Срединного хребта в районе истоков рр. Ича, Облуковина, Код, Кихчик и в долине рр. Быстрой и Плотниковой. В районе р. Верхней Паланы среди этих песчаников встречаются гранитные породы, которые, возможно, как и на юге Камчатки, прорывают их. Дитмар указывает еще, что по вершинам окружающих гор встречаются базальты, которые наблюдаются также и в виде жил.

Паланские горячие ключи состоят из двух групп: верхней и нижней. Максимальная температура верхней группы, по изме-

рениям П. Т. Новограбленова, 92,4, а нижней 60°. Там и здесь вода имеет запах сероводорода. В верхней группе ключей устроены „ванны“. Состав воды из обеих групп по пробам, доставленным М. Ф. Двали (анализы химической лаборатории ЦНИГРИ), показан в табл. 40.

Анализы показывают, что Паланские горячие ключи по натрово-сульфатному составу, малому сухому остатку, высокой температуре и небольшому содержанию сероводорода весьма близки к группе терм из окрестностей г. Петропавловска (Паратунские, Банные, Начикинские и Малкинские). Эта близость проявляется и в геологических условиях выхода их. Там ключи были связаны с риолитами и гранодиоритами; то же самое в отношении гранитных пород можно видеть и здесь.

М. Ф. Двали указывает, что Паланские ключи издавна пользуются славою целебных источников и по этой причине часто посещаются местными жителями.

62. Коркаваятские горячие источники

Эти источники выходят тоже в бассейне р. Верхней Паланы, в долине р. Коркаваят, впадающей в первую справа.

Впервые были осмотрены в 1930 г. П. Т. Новограбленовым, который дал им название Когенских горячих ключей. Результаты его наблюдений опубликованы, но найти эту заметку нам не удалось.

Территориальная близость этих источников к Паланским ключам, надо думать, указывает на близость их к последним и в химическом отношении. П. Т. Новограбленов отмечает, что они содержат сероводород и имеют температуру 52°.

63. Дранкинские горячие источники

В районе Паланских ключей находятся и Дранкинские горячие источники, но они выходят на восточном склоне Срединного хребта, в верховьях р. Дранки, недалеко от перевала через хребет. От деревни Дранка до них около 55 км.

Упомянуты в списке П. Т. Новограбленова. В 1909 г. ключи были посещены геологом Е. В. Кругом, но материалов его наблюдений не сохранилось. Новограбленов сообщает, что ключи осаждают кремнистую накипь, содержат сероводород

и имеют высокую температуру. Так же как и Паланские ключи, часто посещаются больными.

Можно предполагать, что эти источники генетически и химически также близки к Паланским.

64. Тымлятские горячие источники

Эти источники являются самыми северными на полуострове. Расположены они в верховьях р. Тымлят (Туумлят, Тымлат), примерно в 40 км от одноименного селения.

Ключи были известны уже К. Дитмару со слов кочевников-коряков и моряков, но до сих пор никем не исследованы. Упоминаются в списке П. Т. Новограбленова.

По сведениям, которые собрал Дитмар, горячие ключи выходят по берегам и на дне соленого озера, расположенного в истоках р. Тымлят.¹ По этой же реке известны большие залежи чистой самородной серы. П. Т. Новограбленов сообщает, что источники посещаются больными.

Укинский минеральный источник

Холодными минеральными источниками Камчатка, повидимому, очень бедна. Известно только два таких источника: нижеописываемый Укинский и открытый нами в 1934 г. на р. Быстрой — углекислый Малкинский. Краткое описание последнего приведено выше (стр. 116).

Об Укинских минеральных источниках сообщает несколько слов д-р Дыбовский, благодаря которому мы имеем два анализа этих вод, сделанных проф. К. Шмидтом (1883 г.). Д-р Дыбовский на источниках не был, но по его просьбе пробу воды отсюда доставил в Петропавловск староста сел. Ука Ключков.² С кратким описанием упоминает эти источники в своем списке и П. Т. Новограбленов.

Источники находятся на самом берегу моря, примерно в 18 км от сел. Ука. Побережье полуострова в этом месте представляет низменную тундру, далеко заходящую внутрь страны. Выходы источников вытянуты полосой на протяжении

¹ *Loc. cit.*, стр. 680.

² К. Schmidt., *loc. cit.*

около 50 м; выбиваются из-под морского песка и обнажаются только во время отлива. В некоторых местах ключи бьют в виде небольших фонтанчиков.

Источники посещаются жителями окрестных селений и кочующими коряками.

По словам П. Т. Новограбленова, „это углекислые воды, очень приятные на вкус“.



Рис. 72. Дранкивские горячие ключи. Бассейн для купания.
Фотогр. Е. В. Круга.

Из двух анализов К. Шмидта, весьма близких между собою, мы приводим на табл. 41 только один анализ. Этот анализ показывает, что вода источников является натрово-кальциево-хлористой с незначительным содержанием бикарбоната. Если основываться на указании Новограбленова и показаниях некоторых других лиц, видевших источники (по расспросам автора настоящего очерка), что вода источников углекислая, причем содержание последнего такое, что газ „ударяет“ даже в нос, то несоответствие анализа упомянутым ощущениям можно объяснить только тем, что проба воды, взятая неопытным лицом, оказалась смешанной с морской водой.

ТАБЛИЦА 41

Анализ Укинских минеральных ключей

	г/л	мг/экв.	мг/экв. %
Rb'	0.0020	0.02	—
K'	0.0805	0.78	0.8
Na'	0.4271	18.58	23.0
Ca''	0.3821	19.07	23.6
Mg''	0.0267	2.19	2.6
Fe''	0.0005	—	—
		40.64	50.0
Cl'	1.0046	28.33	35.0
Br'	0.0022	0.03	—
SO ₄ ''	0.5088	10.58	13.1
HCO ₃	0.0833	1.45	1.9
HPO ₄	0.0010	0.03	—
		40.42	50.0
SiO ₂	0.0336		
Сух. ост.	2.5084		
Уд. вес	1.00212		

III. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Расположение источников

Большинство описанных источников располагается вдали от населенных пунктов, большей частью в диких горных районах полуострова.

Считая близкими к населенным пунктам те источники, которые удалены от них не свыше 20 км, последних будет всего только 11 групп, т. е. примерно 17%.

Почти все источники, за исключением фумарольных, выходят в низменных частях рельефа — в долинах рек. Они обычно захватывают участок тальвега долины, располагаясь на поверхностях террас, у подножия их, а иногда и прямо в русле реки. Некоторые группы источников вытекают из коренных пород в нижних частях склонов долин. Фумарольные источники, связанные с деятельностью вулканического канала (жерла), наоборот, располагаются часто на более высоких уровнях рельефа. Из немногих известных таковы, напр., Верхне-Семячинские, Штюбелевские и не упомянутые в нашем описании источники и фумаролы вулкана Кошелева, Мутновской сопки и, повидимому, мн. др. Абсолютная высота выходов источников, не считая тех, которые лежат на склонах вулканов, имеет широкий интервал значений: почти от нуля (Нижне-Чажминские, Паратунские) до 1000 м (Анаунские ключи).

Больше всего выходов горячих вод на юге Камчатки, где как раз имеется и много действующих или недавно потухших вулканов. Несколько меньше ключей на восточном побережье и в Срединном хребте. Если воспользоваться величиною отношения количества источников к площади района, в котором они встречаются, то такая „плотность“ рас-

пространения источников для трех районов Камчатки будет следующая:¹

Юг Камчатки	σ — 85.10 ⁻⁴
Восточное побережье	σ — 28.10 ⁻⁴
Остальная территория	σ — 12.10 ⁻⁴

Дебит и температура источников

Камчатские термальные источники в общем имеют очень большой дебит. В тех девяти группах ключей, в которых дебит измерялся, он обычно был выше 12 л в секунду (см. табл. 42). Но это,

ТАБЛИЦА 42

№ по описанию	Источники	Суммарный дебит в литрах в секунду	Максимальная температура
4	Озерновские	5	84
28	Налачевские	ок. 12	75
24	Малкинские	14	83
3	Паужетские	19	100.6
23	Начикинские	19	81
17	Верхне-Паратунские	20	70
19	Нижне-Паратунские	26	51
52	Киреунские	ок. 40	98
33	Нижне-Семячинские	ок. 70	50

повидимому, имеет место только для тех источников, которые располагаются в долинах рек, т. е. в местах, особенно богатых подземными водами. Источники, связанные с фумаролами и расположенные на возвышенных местах рельефа, более бедны водой. Дебит их хотя и не подсчитывался, но незначительный сток из них сразу же бросался в глаза после виденных нами

¹ В отличие от подразделения, принятого нами в описательной части, здесь зона восточного побережья протянута далее на север до Начикинского мыса (западная граница — долина р. Еловки), а под „остальной территорией“ понимается именно вся остальная площадь полуострова, включая сюда и Срединный хребет.

долинных источников, богатых водою. Кажется естественным предположить, что незначительный дебит их обусловлен далеким расположением грунтовых вод от поверхности.

Связь подымающихся термальных вод и горячих газовых эманаций с грунтовыми водами, надо думать, и в этом нас убеждают прямые наблюдения, сделанные, напр., в Йеллоустонском национальном парке США над аналогичными же источниками,¹ неизбежна. Поэтому есть основание предполагать, что дебит некоторых из наших термальных источников, особенно тех, которые располагаются в долинах рек, подвержен сезонным колебаниям. К сожалению, систематических наблюдений в этой области для горячих ключей Камчатки не имеется.

Источники, которые образуют накипи или которые имеют в своем растворе вещества, способствующие осаждению, возможно, обладают постоянным дебитом. Для них можно предполагать некоторое уплотнение подземных вододоставляющих каналов за счет выпадения из раствора минеральных веществ и цементации ими стенок трещин в породах, что изолирует поднимающиеся глубинные воды от циркулирующих в соседстве грунтовых вод.²

Такими, напр., могут являться Налачевские, Анаунские и некоторые другие источники, содержащие в растворе кальций, углекислоту или кремнезем. Измерения температуры и дебита Налачевских горячих ключей, сделанные летом и осенью 1929, 1931 и 1933 гг., не обнаружили заметных изменений. То же самое показывают два анализа этих термальных вод, сделанных один в 1931 г. С. К. Косманом и другой в 1933 г. В. Е. Кутейниковым.

Среди термальных источников Камчатки по количеству исключительно преобладают горячие. Источников с измеренной температурой известно 37. Остальные известны просто как „горячие“, „теплые“ и „тепленькие“. Если включить последние в разбивку ключей по температурам на горячие (температура выше 50°) и теплые (температура ниже 50°), то соотношение известных на сегодняшний день горячих и теплых источников будет 52:12.

На табл. 43, в порядке убывающей температуры показаны источники, температура которых известна.

¹ E. T. Allen. Geyser basins and igneous emanations, *Economic Geology*, vol. 30, № 1, 1935, pp. 1—13.

² Проф. К. Кейльгак. Подземные воды. Пер. 1935, стр. 302—303.

ТАБЛИЦА 43
Температуры камчатских термальных ключей

№ по порядку	№ по описанию	Источники	Максимальная температура
Горячие			
1	3	Паужетские	100.6
2	10	Хадуткинские	100
3	34	Верхне-Семячинские	ок. 100
4	37	Кихпиничевские	ок. 100
5	52	Киреунские	98
6	22	Большие Банные	97.5
7	51	Верхне-Анаунские	97
8	35	Узонские	97
9	61	Паланские	92
10	59	Русаковские	—
11	64	Тымлятские	—
12	4	Озерновские	84
13	24	Малкинские	83
14	23	Начикинские	81
15	18	Средне-Паратунские	81
16	21	Малые Банные	78
17	14	Карымчинские	76
18	28	Налачевские	75
19	13	Опальские	74
20	7	Средне-Голыгинские	73
21	11	Саванские	73
22	8	Нижне-Голыгинские	70
23	17	Верхне-Паратунские	70
24	20	Апачинские	70
25	39	Тюшовские	70
26	40	Верхне-Чаемиинские	70
27	50	Оксиинские	59
28	48	Тигеюейнские	53
29	49	Оксичанские	53
30	62	Коркаваянские	52
31	19	Нижне-Паратунские	51
32	33	Нижне-Семячинские	50

№ по порядку	№ по описанию	Источники	Максимальная температура
		Теплые	
33	26	Тимоновские	46
34	31	Пушчинские	42
35	5	Курильские	41
36	54	Еловские	40
37	42	Нижне-Шапкинские	36
38	38	Кроноцкие	35
39	27	Бехдуйские	33
40	45	Бекешские	28
41	55	Переваловые	16

Характер выхода источников

Выходы термальных вод чаще всего располагаются на голых ключевых площадках, представляющих поверхность галечника или коренных пород. Большей частью эти площадки лишены растительности в силу их нагретости. В более редких случаях они покрыты ключевыми туфами. Ключи теплые или очень слабые по дебиту располагаются обычно в термальных болотцах.

Почти на всех ключевых площадках наблюдается богатая специальная органическая жизнь. Преимущественным развитием пользуются термофильные водоросли и травы; повидимому, реже встречаются простейшие организмы (инфузории¹), черви, моллюски.² Последние вместе с водорослями обычно встречаются около выходов термальных вод или в мелких бессточных бассейнах. Водоросли, в зависимости от температуры воды, имеют или зеленый цвет (температура до 50°) или красный (температура до 80°); по красным водорослям иногда легко находить горячие грифоны, как бы малы они ни были. Наиболее распространены зеленые водоросли. В сероводородных ключах (холод-

¹ А. Erman. Reise um die Erde. . . Band III, S. 513, 1848.

² П. Т. Новограбленов. Налачевские и краеведческие ключи. Изв. РГО, 1929.

ных и горячих) встречаются еще белые нитиевидные водоросли, похожие на барежин. Из специальных ключевых трав, по П. Т. Новограбленову, около площадей горячих источников встречаются: *Lycopus parviflorus*, *Fimbristylis ochotensis*, *Triglochin palustris*, *Killingia* и др.¹ Бордюры из этих своеобразных низких тонкостебельчатых шелковистых трав окружают голые ключевые поля и русла горячих ручейков и покрывают заболоченные пространства слабых и угасающих ключей. Органическая жизнь отсутствует на фумарольных площадях, где встречаются кислые ключи и там, где температура воды выше примерно 80°.

Формы выходов воды встречаются двоякого рода. С одной стороны, это трещинки в коренных породах и в плотно сцементированной гальке; плоскости отдельности в первых, а также промежутки между свободной галькой и валунами, и с другой стороны — отдельные бассейны. В случае, если ключи отлагают накипи (напр. Налачевские ключи), грифоны располагаются в центре очень пологих конических бугров. Бассейны иногда имеют вид глубоких воронкообразных каналов диаметром до 6 м и глубиною до 15 м. Чаще бассейны неглубокие, лужепоподобные, представляют блюдцеобразное окончание узкого выводного канала. Крошечные умеренно горячие грифоны, если напор воды слабый, густо облеплены слизистым войлоком термофильных водорослей. На заболоченных термальных площадках ясно выраженных грифонов обычно не наблюдается.

По характеру излияния воды из грифонов среди источников Камчатки, даже внутри одной и той же группы, можно выделить следующие типы:

- 1) спокойно изливающиеся ключи;
- 2) бьющие ключи:
 - а) непрерывно действующие,
 - б) перемежающиеся (гейзеры);
- 3) термальные грязевые вулканчики.

Наиболее распространен первый тип ключей. Сравнительно немного ключей типа 2а и очень редки ключи типа 2б и 3. Гейзеры известны на Паужетских ключах и, повидимому, существуют еще и до сих пор в Верхне-Семячинской группе ключей и в окре-

¹ П. Т. Новограбленов. Банные горячие ключи. Изв. Русск. геогр. общ., 1929.

стностях Березовой сопки. Термальные грязевые вулканчики¹ в наиболее типичной форме имеются только в кальдере вулкана Узон, но в виде термальных грязевых котлов встречаются и среди некоторых других источников (Паужетские, Большие Банные, Верхне-Анаунские, Киреунские ключи).

Различная деятельность первого и второго типов ключей обусловлена исключительно только глубиной места конденсации поднимающегося пара. В первом случае пар, очевидно, конденсируется ниже уровня вод, и к поверхности поднимается уже термальная вода, а во втором случае конденсация происходит на поверхности. В этом случае выходящая из тонких трещин и промежутков между галькой струя пара заставляет непрерывно клокотать и подбрасываться вверх небольшой слой ранее сконденсировавшейся воды. В виде букета брызг вода в отдельных местах подбрасывается вверх до 20 см. Это будут непрерывно бьющие ключи. Если же существуют такие условия, что сильный ток пара нагревает глубокий бассейн, то происходит явление гейзера, т. е. периодического выброса горячей воды, совершающегося по мере перегрева нижних слоев воды в бассейне. Наконец, если выход пара встречает мощный слой глины, как, напр., в Узонских источниках, то пар, конденсируясь, прогревает и размягчает глину и в результате напора заставляет ее подниматься к поверхности. В случае достаточной вязкости глинистой массы изливаниями потоков жидкой грязи образуется конус с действующим вершинным кратером; если же грязь более жидкоствна, то возникает грязевой котел. Последние образуются часто также в устье старых ключевых каналов, где породы, вмещающие эти каналы, уже сильно каолинизированы.

Геологическая обстановка выхода ключей

Термальная вода чаще всего выходит на поверхность из аллювиальных отложений (преимущественно из галечников),

¹ G. Mercalli (I vulcani attivi della Terra. Milano, 1907, p. 271) подразделяет грязевые вулканы на два типа: 1) vulcani di fango (грязевые вулканы), приуроченные к осадочным отложениям и непосредственно не связанные с настоящими вулканами, и 2) vulcanetti di fango termale (термальные грязевые вулканчики), наоборот, связанные с вулканической деятельностью. Наши грязевые образования принадлежат к последнему типу.

реже из коренных пород. Последними являются как изверженные породы, так и разнообразные осадочные и туфогенные. Выходов из метаморфических сланцев, т. е. из наиболее древнейших пород полуострова, неизвестно.

Почти все термальные источники Камчатки располагаются в соседстве с изверженными геологическими телами ими выходят из них. Большею частью это эффузивные и экструзивные¹ образования и реже интрузивные. Первые два представлены вулканическими конусами как действующими, так и потухшими (свежими или заметно размытыми) и вулканическими куполами. Вулканические конусы сложены исключительно из лав основного состава (андезиты и базальты), а купола могут быть как из основных лав, так и из кислых. В последнем случае, если они связаны с деятельностью вулканического конуса, лавы их представляют обычные более кислые дифференциаты основной магмы вулканического очага. Интрузивные массы, с которыми связаны термальные источники, представлены главным образом штокообразными телами кислой магмы (гранодиориты). На Камчатке известны и интрузии основной магмы, но в соседстве с ними не наблюдается выходов горячих вод. В одном только случае подразумевается присутствие не вскрытого истока этих пород (Щапинские теплые ключи). В связи с интрузивными штоками кислых пород тоже как и с вулканами нередко встречаются лапаритовые экструзии. Расположение и форма их заставляют предполагать, что они были выжаты вдоль разломов, достигших незаствивших частей гранодиоритовой магмы. К куполам этого типа, отличающимся от вышеупомянутых куполов только тем, что те произошли из вулканического очага, а эти из плутонического, приурочены также выходы термальных вод.

В некоторых случаях источники, повидимому, связаны со „смешанными“ очагами. Такими, мы предполагаем, являются вулканические очаги, локализованные в местах кислых интрузий. В результате деятельности этих очагов возникли тесно друг с другом связанные лавовые образования (часто купола) из кислых андезитов, дацитов и риолитов. Примеры

¹ Автор противопоставляет эффузивные образования экструзивным. Те и другие вулканические, т. е. поверхностные: первые представляют результат жидкого излияния лавы (потоки, покровы), вторые — вязкого выпирания (колоколообразные массы, крутосклонные купола).

вулканических сооружений, образованных из этих очагов, возможно, имеются в Диком гребне — в районе Паужетских терм, в Белом хребте — в районе Кареунских терм и, быть может, в некоторых других местах.

Все указанные изверженные массы — относительно молодые по возрасту, и очаги их, по видимому, еще „живые“. Интрузивные тела предположительно имеют верхнемеловой — нижнепалеогеновый возраст, а вулканы неогеновый и четвертичный возраст. Наиболее молодыми являются действующие вулканы и некоторые вулканические купола.

В описательной части мы указывали, что на Камчатке намечаются два тектонических направления: северо-северо-восточное и северо-западное, к которым приурочены все юные вулканические явления этой страны. Естественно, и источники находят свой выход к поверхности вдоль этих направлений, но какой-либо общей для всего полуострова термальной линии они не подчиняются. Зато в отдельных районах Камчатки хорошо выражены местные термальные линии, с которыми обычно совпадает и вытянутость долин. Из таких местных термальных линий можно отметить: Паратунскую с тремя группами источников, Ессо-Анаунскую с четырьмя группами, Голыгинскую с тремя группами и Налачевскую с двумя группами ключей. Кроме приуроченности к общему направлению, источники, по крайней мере двух из этих термальных линий, имеют в каждом случае почти тождественный состав.

В зависимости от близости выхода источников к тем или иным по составу изверженным породам, источники можно разбить на две группы. Одна группа ключей связана с плутоническими очагами кислой магмы (гранодиоритовые интрузии и риолитовые экструзии), другая — с вулканическими очагами основной магмы (андезиты, базальты и ничтожные по объему риолитовые дифференциаты); сюда же могут быть отнесены ключи, связанные с плутоническими очагами основной магмы. Источники той и другой групп резко различаются между собою по составу воды и выделяющегося газа.

Химический состав воды и газа

Источники, связанные с массами кислых пород, представляют слабо минерализованные (сухой остаток менее 1.5 г.

на литр) натрово-сульфатные термы с азотом в газовых выделениях. К азоту примешаны постоянно небольшие количества сероводорода, благородных газов и эманации радия (радона); в отдельных случаях в ничтожном количестве присутствует еще и углекислый газ. Температура воды обычно высокая. Ключевых накипей источники сейчас не образуют, но в прошлом накипи, судя по находимым остаткам их, повидимому, отлагались. Состав накипей кремнистый, что, повидимому, характерно для такого типа источников.

Пример состава этих источников, сравнительно с другими, приведен на табл. 44.¹

Совершенно иной состав имеют источники, связанные с основными изверженными породами. Это более минерализованные (сухой остаток до 7 г на литр) натрово-хлористые воды с углекислотой среди свободно выделяющихся газов. В отличие от источников первой группы, здесь, кроме резко преобладающей углекислоты, присутствует еще метан и не всегда встречается сероводород. В водах этих источников нередко наблюдаются значительные концентрации редких элементов (бор, мышьяк, цинк и др.). К сожалению, радиоактивность этих вод неизвестна. В качестве ключевого образования для рассматриваемых источников характерен травертин.

Как на пример источников этой группы можно указать Налачевские.

Приведенные две группы являются преобладающими среди горячих источников Камчатки. Кроме них, встречаются более редкие типы источников, которые, несмотря на то, что связаны тоже с теми или иными изверженными породами, имеют несколько иной химический состав воды. В одних источниках при наличии большого количества сульфатного иона довольно много еще гидрокарбонатного (Апачинские ключи). В других к этому присоединяются еще большие количества ионов щелочноземельных металлов (Семячинские ключи). В третьих — в натрово-хлористых водах тоже много гидрокарбонатного иона и сероводорода (Пушчинские ключи). Особняком стоят магнезиально-углекислые Щапинские источники, которые, мы предполагаем, связаны с не вскрытыми еще штоками

¹ Подробная сводка всех известных автору химических анализов термальных вод Камчатки приведена в приложении к настоящей работе.

ТАБЛИЦА 44

Состав воды горячих ключей в зависимости от состава
близлежащих изверженных пород

	Кислые породы (Начикинские источники)	Основные породы (Налачевские источники)
	Ионы в мг/экв. ‰	
K'	1.2	2.8
Na'	41.5	35.6
Ca''	7.0	9.6
Mg''	0.8	2.0
	50.0	50.0
Cl'	16.8	34.9
SO ₄ ''	30.2	7.2
HCO ₃ '	3.0	7.9
	50.0	50.0
	Граммов в литре	
Сух. ост.	1.146	4.124
SiO ₂	0.089	0.123
Раств. газы { H ₂ S	0.0007	нет
{ CO ₂	нет	—
Радиоактивные воды (ед. Махе на литр)	2.9	—
	Свободные газы в объемных ‰	
CO ₂	нет	90.8
CH ₄	—	0.6
O ₂	—	0.2
N ₂	100.0	8.4
He + Ne	0.055	0.002
Ar + Kr + Xe	1.604	0.165
Радиоактивн. газа (ед. Махе на литр)	81	—

ультраосновных пород или серпентинитов. Наконец, резко отличаются от всех вышеприведенных типов кислые купоросные ключи, связанные с деятельностью фумарол (вулкан Узон).

Если рассматривать два основных типа источников как представителей „свежих“ неизменных термальных вод, связанных с теми или иными изверженными породами то только что указанные отклоняющиеся типы можно рассматривать как метаморфизованные воды. Подробнее об этом мы скажем ниже.

Анализируемые термальные источники Камчатки, согласно вышеуказанным признакам, могут быть распределены следующим образом (табл. 45):

ТАБЛИЦА 45

Распределение термальных ключей в зависимости от состава связанных с ними изверженных пород

№ на карте	Породы основной магмы	№ на карте	Породы кислой магмы
------------	-----------------------	------------	---------------------

„Свежие“ воды

3	Паужетские ключи	17	В.-Паратунские ключи
8	Н. Гольгинские „	18	С.-Паратунские „
28	Налачевские „	19	Н.-Паратунские „
29	Краеведческие „	21	М. Банные „
35	Узонские „	22	В. Банные „
47	Креруклинские „	23	Начикинские „
52	Киреунские „	24	Малкинские „
		61	Паланские „

„Метаморфизованные“

31	Пуцунские ключи	4	Озерновские ключи
35	Узонские кислые ключи	33	Н.-Семяченские ключи (?)
42	Щапинские ключи		

В камчатских термальных водах содержатся различные редкие элементы. К сожалению, определения их сделаны не во всех анализированных источниках, а в тех, где они определены, не был соблюден один и тот же список их.

Содержание редких элементов в термальных водах Камчатки

Название источников	Содержание в миллиграммах на литр воды								
	Li	B	Ti	Mn	Cu	Zn	Ge	As	Br
Паужетские . . .	—	—	—	—	—	—	—	0.80	2.5
В.-Паратунские .	—	—	—	—	—	0.10	—	0.23	нет
Н.-Паратунские .	есть	—	есть	нет	—	0.08	—	0.09	"
М. Банные . . .	—	—	—	—	—	—	—	0.16	"
Б. Банные . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	"
Начикинские . .	—	—	—	—	—	0.07	—	0.07	"
Малкинские . . .	—	—	—	—	—	0.12	—	0.06	0.1
Налачевские . .	нет	68.8	—	есть	—	есть	—	5.85	6.0
Краеведческие .	—	70.7	—	—	—	—	—	—	8.0
Семячинские . .	—	—	—	—	следы	следы	—	1.61	нет
Узонские	—	24.7	—	0.05	1.50	62.84	есть(?)	40.01	6.0
Пуштинские . . .	есть	—	есть	нет	—	—	—	—	25.2
Щапинские . . .	нет	—	"	есть	—	—	—	—	нет

Название источников	Содержание в миллиграммах на литр воды							
	Rb	Sr	Mo	Sn	Sb	I	Cs	Bi
Паужетские . . .	—	—	—	—	—	нет	—	—
В.-Паратунские .	—	—	следы	—	следы	"	—	—
Н.-Паратунские .	нет	—	"	—	"	"	—	—
М. Банные . . .	—	—	—	—	"	"	—	—
Б. Банные . . .	—	—	—	—	—	"	—	—
Начикинские . .	—	—	следы	—	следы	"	—	—
Малкинские . . .	—	—	"	—	"	"	—	—
Налачевские . .	нет	0.06	—	—	0.55	1.0	нет	—
Краеведческие .	—	0.04	—	—	—	2.0	—	—
Семячинские . .	—	—	—	следы	следы	нет	—	следы
Узонские	—	—	2.02	0.10	0.23	"	—	0.20
Пуштинские . . .	нет	—	—	—	—	—	—	—
Щапинские . . .	"	—	—	—	—	—	—	—

Несмотря на это, уже из тех данных, которыми мы располагаем, видно, что некоторые редкие элементы являются универсальными для камчатских источников. Такими, придающими камчатским термальным водам провинциальную особенность, являются, повидимому, мышьяк, цинк, сурьма и, быть может, бор. Особенно характерно содержание мышьяка. Почти во всех источниках наблюдается повышенное содержание этого элемента, а в таких как Узонские, близко связанных с фумаролами, концентрация его достигает рекордной цифры в 40 мг на литр, известной только для знаменитых австрийских источников Ронченъ.¹ Факт обнаружения мышьяка в фумарольных газах кратера действующего вулкана Авачи² и в фумарольных водах Узона заставляет предполагать, что и в термальных ключах он является также ювенильным элементом. Ювенильными элементами, повидимому, являются все редкие элементы, в том числе и бор. Относительно последнего нет данных, присутствует ли он только в водах, связанных с вулканическими очагами основной магмы, или он, так же как и мышьяк, является провинциальным элементом.

Концентрация бора в Налачевских, Краеведческих и Узонских водах достигает тоже заметной величины (борной кислоты от 0.141 до 0.403 г на литр).

Содержание редких элементов в термальных источниках Камчатки показано на табл. 46.

Минеральные новообразования

Минеральные новообразования, связанные с деятельностью горячих ключей, могут быть двоякого рода. Одни из них осаждаются из воды или возникают в результате окисления и взаимодействия газов между собою, образуя или накипи и различные рыхлые отложения, встречающиеся на площадях современной и угасшей гидротермальной деятельности, или жильные заполнения трещин, по которым поднимались воды теперь уже исчезнувших источников. Другие минеральные новообразования представляют продукты реакции горячих вод и газов с вмещающими породами.

¹ Dietrich und Kammer. Handbuch der Balneologie... Band I, 1916, S. 271.

² А. Н. Заварицкий. Вулкан Авача на Камчатке и его состояние летом 1931 г. Труды ЦНИГРИ, вып. 35, 1935, стр. 23—33.

Кремнистые накипи. Современного образования заметных количеств кремнистых накипей неизвестно. В небольших количествах вместе с выпотами солей они образуются, повидимому, только в Паужетских, Киреунских и, быть может, Верхне-Анаунских горячих ключах. Неизвестно и больших масс старых отложений, что быть может объясняется способностью их легко распадаться на песок и гравий.¹ В небольших количествах отдельные старые обломки этих накипей были встречены на площади Б. Банных и Паужетских терм. Возможно, в прошлом они существовали в виде мощных натеков, которые теперь нацело распались.

Травертины. Среди накипных образований в наибольших количествах и чаще всего встречаются травертины. Их осаждают Налачевские, Пуцинские, Щапинские и, вероятно, Кехкуйские и Тимоновские термальные источники. Имеющиеся пять химических анализов камчатских травертинов из трех разных групп источников показывают, что травертины состоят существенно из углекислого кальция, к которому в пуцинских и щапинских травертинах примешаны небольшие количества гипса, опала и окислов железа, а в наладчевском, кроме того, еще и мышьяковистые соединения (1.30% мышьяковистого ангидрита в составе травертина). По оптическим свойствам наладчевский травертин является кальцитом, а пуцинский, по крайней мере, частично — арагонитом.

Непосредственные наблюдения и микроскопические исследования наладчевского травертина показали, что его образование обязано обычным физико-химическим явлениям, связанным с выделением углекислоты из раствора. Никаких признаков, указывающих на осаждение травертина присутствующими здесь термофильными водорослями, замечено не было.²

¹ Указывается Е. Т. Allen'ом для накипей гейзерита в Йеллоустонском национальном парке. Е. Т. Allen. Geyser Basins and igneous emanations. *Econom. Geology*, vol. 30, № 1, 1935, p. 2.

² Недавно к аналогичному же выводу, путем детальных наблюдений, пришел Е. Т. Allen в отношении травертина Мамонтовых горячих ключей (Йеллоустонский национальный парк США), образование которого, по утверждению W. Weed'a, будто бы могло быть обязано только деятельности организмов. Е. Т. Allen. The Agency of Algae in the Deposition of Travertine and Silica from Thermal Waters. *Am. Jour. Sci.*, vol. 28, № 167, 1934. W. Weed. The Formation of Spring Deposits. *Congress Geologique International. Comp. Rendu*, 5 session. Washington, 1893, p. 360.

Мышьяковистый осадок. Мышьяковистое вещество, входящее в рассеянном состоянии в Налачевский травертин, встречается на площади этих источников и в самостоятельных отложениях в виде глинистых масс. Последние, предполагается, возникли в результате вымывания из травертина. Химический анализ показывает, что этот аморфный осадок содержит 25% As_2O_5 . Пересчет на возможный минералогический состав позволяет видеть в нем около 36% водного арсената кальция (гайдингерита²), 9% водного арсената железа (скородита), к которым примешаны окислы железа, растворимый кремнезем, кальцит и некоторые другие механические примеси, частью устанавливаемые под микроскопом.

Самородная сера. Встречается в Озерновских и, повидому, в Тымлятских источниках, а также в источниках, связанных с фумаролами. Происхождение ее объясняется окислением сероводорода, а в фумарольных источниках, кроме того, и реакциями сероводорода с сернистым газом. Наибольшие количества серы, естественно, встречаются на площадях фумарольных источников таких, напр., как Узонские.

Дисульфид железа. В виде блестящих отполированных корок с типичной для пирита латунно-желтой окраской, был встречен на стенках крошечных грифонов Начикинских горячих ключей. Представляет, повидому, продукт взаимодействия горячих сероводородных вод с железом из вмещающих горячих пород. В настоящее время не образуется.

Вивианит. Был обнаружен нами в образце „синей глины“, хранящемся в Камчатском краеведческом музее и происходящем, согласно этикетке, из В. Банных горячих ключей. Образование его здесь, предполагается, имело или имеет место за счет взаимодействия горячих вод с окислами железа из вмещающих пород и с богатыми фосфором и сероводородом остатками рыб, ежегодно поднимающихся из моря в истоки Камчатских рек для нереста и там погибающих.

Выпоты солей. На ключевых площадках многих горячих источников встречаются белыми пятнами тонкие корочки солей, которые представляют сухой остаток испарившейся воды. В зависимости от состава последней выпоты могут состоять из кальцита, опала, гипса и галита.

В некоторых случаях к ним примешаны еще остатки инфузорий и термофильных водорослей.

На глинистой почве в соседстве с кислыми Узонскими горячими ключами встречаются гигроскопические возгоны, состоящие из сульфатов железа, глинозема, щелочей и щелочных земель. Имеются основания предполагать, что они, подобно сульфатам из кратера Авачинской сопки, состоят из изоморфных смесей галотрихита $\text{FeSO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$ и пикерингита— $\text{MgSO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$, к которым часто присоединяется алуноген $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ и небольшие количества солей полиотиновых кислот.¹ По мнению А. Н. Заварицкого, исследовавшего образцы этих солей из Авачинской сопки, образование их происходит за счет оснований, вынесенных из разрушенных газами лав. Allen и Day считают такие же сульфаты из окрестностей вулкана Лассен-пик в Калифорнии продуктом взаимодействия пород с сероводородом и сернистым газом.²

Каолиновые породы. Из продуктов разложения вмещающих пород наиболее часто около горячих источников встречаются цветные глины. Представляют они очень тонкую смесь каолиновых минералов и иногда опала, пропитанную в разной степени окислами железа, вследствие чего имеют однородную окраску красного, бурого, желтого и голубоватого цветов.

На площадях фумарольных источников, где развиты кислые ключи, окислы железа в каолинизированных породах обычно отсутствуют, и последние имеют голубовато-серую и белую окраску. В кальдере Узона около активной площади фумарол и кислых ключей базальты были превращены в голубовато-серые каолиновые массы с ничтожным количеством опала, а риолиты, в районе, где фумарол и ключей уже не существует—в плотную белоснежную массу, состоящую тоже из каолиновых минералов, но с большим содержанием опала и с частой примесью алунита. Алунит один или вместе с гипсом встречается также в глинистой массе, происшедшей из разложенного базальта. Весьма возможно, как это объясняют Allen и Day, что каолиновая масса с небольшим содержанием опала образовалась вследствие обработки коренной породы слабыми растворами серной кислоты, а каолиновые массы с преобладанием опала и с алунитом—в результате действия более концен-

¹ А. Н. Заварицкий, *loc. cit.*, стр. 33.

² A. L. Day and E. T. Allen. The Volcanic Activity and Hot Springs of Lassen Peak. Carnegie Institution of Washington. Publ. 360, 1925, p. 145.

трированного раствора серной кислоты, разложившей каолиновые минералы на опал и алунит.¹

Жильные минералы. Повидимому, вследствие двух причин неизвестно на Камчатке жильных образований, связанных с деятельностью существующих горячих источников. Одна причина в том, что сами источники и их окрестности еще весьма мало изучены, а другая, возможно, заключается в „молодости“ источников и в отсутствии в силу этого вскрытых подземных каналов, заполненных минеральным веществом.

Возможность современного образования жил и обнаружения их около старых ключевых площадей наиболее вероятно для тех источников, которые связаны с очагами основной магмы. Вероятность эта базируется, как мы видели, на высокой минерализации таких источников. Действительно, на Пущинских источниках, принадлежащих к наиболее старым термальным ключам Камчатки, подобного рода жилы были встречены. К сожалению, однако, за исключением арагонита, найденного в одной из этих жил, состав их нам неизвестен.

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 особенно-

¹ Loc. cit., стр. 144 .

сти 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 поднимающимися ювенильными струями, в силу чего на поверхность всегда будут выходить смешанные вадозово-ювенильные источники. Степень смешения, очевидно, может быть различной в зависимости от количества поднимающихся 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 A. L. Day and 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 А. Вгун'а, 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 (Йеллоустонский национальный парк, источники вулкана Лассен-пик в Калифорнии и вулкана Катмай на Аляске) и опытов д-ра Мореу, 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 труднолетучих 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 отсюда 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'у и Day, процессы, здесь происходящие, обуславливаются выделяющимися из магмы вместе с парами воды галоидами и кислородными соединениями серы и углерода. Последние получают в результате гидролиза сложных галоидных, сульфидных и карбидных молекул в магме. В конечных стадиях процесса кислотные радикалы, содержащиеся в поднимающейся 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 С. D. Hulin в своей интересной работе о металлизации из основных магм,¹ следующий:

Г р у п п а I. Стремятся к связи с кислыми дифференциатами.

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

Г р у п п а II. Стремятся к связи с основными дифференциатами.

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

В. 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 ₂ S	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
Сиеениты, 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 С. 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% H₂O, а перидотиты — 1.80%). К такому же выводу пришли Кемп 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'у 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, углекислотой 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 углекислотой, 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. С. D. Hulin¹ 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 последних 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 выносятся горячая вода, богатая щелочами, ювенильными газами и вошед-

шими в анионный состав производными последних (галониды, 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 поднимающейся 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, связано или большой близости активной магмы к поверхности, или большим количеством кислых эманаций, значительно большим, 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, галонидов и сульфатов. Из кислых вулканических вод здесь известны только „метаморфизованные“ сульфатные воды.

Сравнение камчатской горячеключевой провинции с другими

На рис. 73. в барицентрических² 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

нии, Восточной Сибири, Кавказа и Тянь-Шаня.¹ Выгодные по своей наглядности эти диаграммы позволяют ясно сопоставить особенности каждой из приведенных горячеключевых провинций. Из рассмотрения диаграмм можно сделать следующие выводы:

1. Камчатка как горячеключевая провинция отличается от сходных вулканических стран Кавказа и Аляски своей большей „свежестью“. Последнее выражается в том, что здесь мало богатых углекислотой и обогащенных щелочно-земельными ионами источников. Отчетливо обособляются две главные группы: натрово-сульфатные, связанные с кислыми породами, и натрово-хлористые, связанные с основными и промежуточными по составу породами. Каждая из этих групп сопровождается небольшим числом „метаморфизованных“ типов.

2. Термальные источники Аляски отличаются от Камчатских преобладанием вод „метаморфического“ типа, относительно богатых углекислотой и натрием и имеющих незначительную степень минерализации.

3. Своеобразной является Восточносибирская горячеключевая провинция, характеризующаяся наличием источников только „гранитного“ типа. Отчетливо обособляются „свежие“ и „метаморфизованные“ воды. Все слабо минерализованы.

4. Термальные источники Калифорнии большей частью „метаморфического“ типа. Обращает на себя внимание присутствие относительно большого количества магнезиально-углекислых вод, связанных с серпентинами („метаморфические“ воды) и вод с заметной степенью минерализации (особенно сильная в группе хлористо-натровых вод; из них некоторые, такие, как источники Sulphur-Bank, связаны с соленосными отложениями). Видно присутствие заметного количества „свежих гранитных“ вод.

треугольника (миллиграмм-эквив. $\%$ = весу). Сумма мг/экв. $\%$ перечислена на 100 $\%$. Катионный состав изображен в виде маленьких треугольников, прямой угол которых является точкой анионного состава. Миллиграмм-эквив. $\%$ щелочей отложены по горизонтальному катету, а щелочно-земельных ионов — по вертикальному катету.

Инициатива и рекомендация способа построения этих диаграмм принадлежит проф. А. Н. Заварицкому.

¹ Список источников, составы которых изображены на диаграммах, дается в приложении к настоящей работе.

5. Кавказ, как потухший вулканический район, богат „метаморфическими“ водами. Большой частью источники заметно минерализованы и, повидимому, связаны по происхождению с основными или среднеосновными магмами. Характерно отсутствие „свежих“ гранитных вод.

6. По общему облику Тянь-Шаньская горячеключевая провинция напоминает Калифорнийскую. Определяющими ее провинциальный облик являются различные „метаморфизованные“ разности „гранитных“ вод. Имеется небольшое количество хлористых вод, характеризующихся повышенным содержанием щелочно-земельных ионов, но минерализация их обязана соленосным отложениям.

* * *

Термальные источники Камчатки, как было видно из описания и из приведенных химических анализов, заслуживают самого пристального внимания не только в научном, но и в практическом отношении.

Хотя источники изучены еще весьма слабо, но и то немногое, что мы знаем, обрисовывает их и по составу и по генетическим особенностям как своеобразнейшие и, повидимому, единственные у нас в Союзе. Дальнейшие исследования, которые настоятельно необходимы, откроют здесь, безусловно, еще много нового и неожиданного.

На сегодняшний день мы знаем, что Камчатская горячеключевая провинция в целом имеет тенденцию проявиться: 1) как своеобразная область мышьяковистых горячих вод различных типов — особенность, которая в некоторой степени приближает ее к потухшей вулканической области в Оверни (Франция), и 2) как провинция „свежих“ вулканических вод, определяющаяся неугасшей еще здесь вулканической деятельностью.

К сожалению, бальнео-терапевтического исследования горячих вод Камчатки не имеется, не считая краткой оценки специалистом курортологом проф. Вейнгером термальных источников, исследованных по поручению Камчатского Облпрофсовета.¹ А между тем эта сторона наших познаний об источниках как мест лечебного значения является наиболее необходимой

¹ Оценка составлена по рукописным материалам и не опубликована.

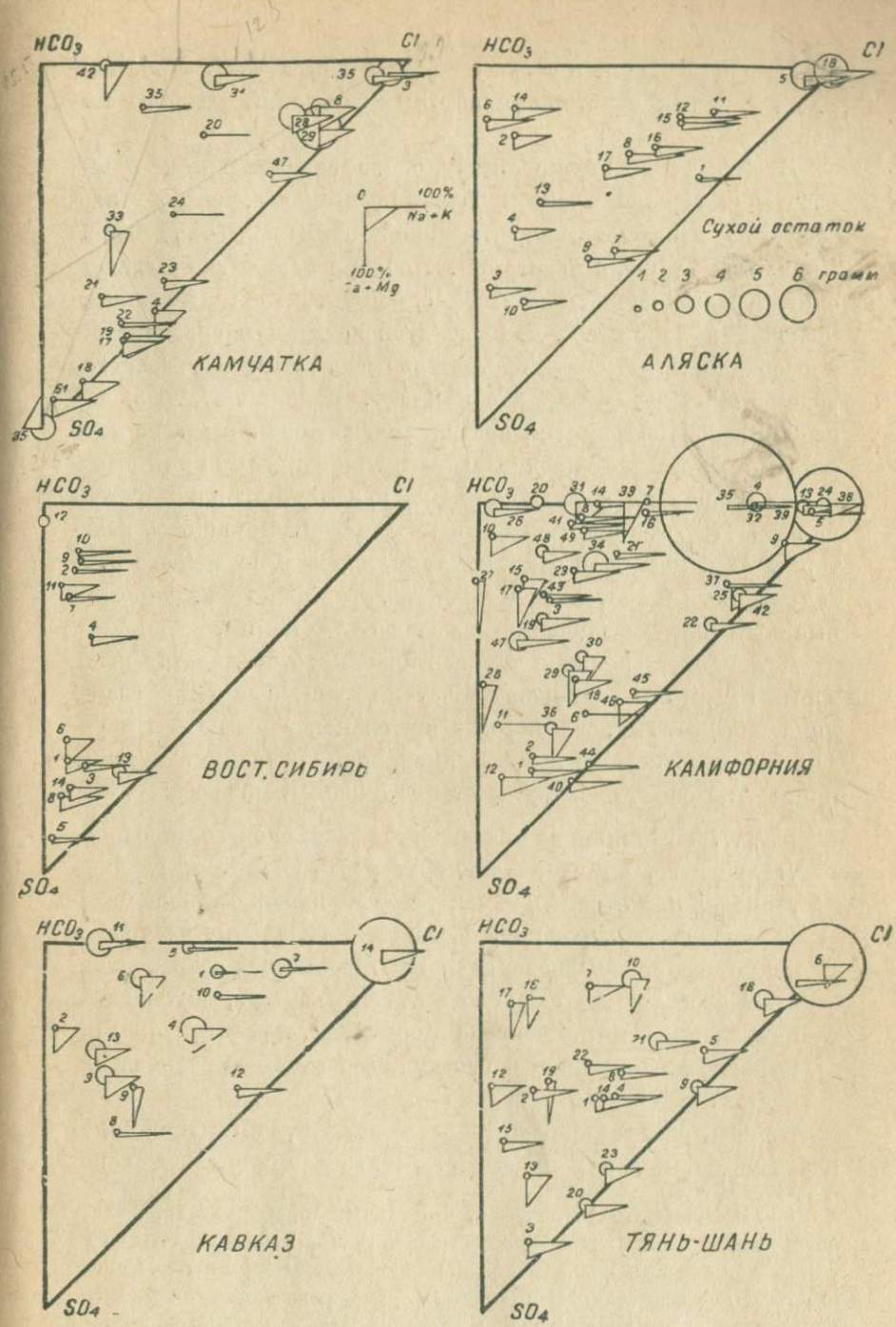


Рис. 73. Диаграммы составов термальных источников Камчатки и других стран. Номера на диаграмме источников Камчатки соответствуют номерам в тексте и на карте (см. приложение).

в настоящий момент в связи с намечающимся здесь строительством крупных санаторно-курортных заведений местного значения.

Будучи даже неспециалистом, основываясь только на общеизвестном терапевтическом значении мышьяка, можно утверждать об исключительной лечебной ценности горячих вод Камчатки вообще, а некоторых, особенно таких как Налачевские, Краеведческие и Узонские, богатых к тому же ионами щелочей и хлора, т. е. наиболее усвояемыми, инградиентами, в особенности. Вторым обстоятельством, возможно, является „свежесть“ этих вулканических вод, повидимому, большей своей массой впервые появляющихся на поверхность из недр земли, что позволяет предполагать идущие в них бурные процессы замещения неустойчивых на поверхности ионов устойчивыми. Имеются предположения, что лечебная сущность некоторых слабоминерализованных терм только в последнего рода деятельности и состоит.¹ А если так, то Камчатские термальные воды в этом отношении исключительно ценны.

Для представления о терапевтических особенностях некоторых горячих источников Камчатки (преимущественно слабоминерализованных, связанных с кислыми изверженными породами) и о возможности их применения, считаем не лишним привести здесь выдержку из отзыва проф. Вейнгера:

„... источники, за исключением Малкинского холодного углекислого, по своей температуре относятся к горячим термам (акратотермы), а как таковые, имеют большое бальнеологическое значение, состоящее в том, что, не требуя искусственного нагрева, сохраняют *in toto* все свои „нативные“ свойства и присущую им электричность, обусловленную наличием в них диссоциированных, или ионизированных свободных ионов и своею, правда, слабою радиоактивностью.

В виду незначительного твердого остатка, или слабой минерализации они должны быть отнесены к группе вод гипо-

¹ Л. В. Комлев, напр., полагает, что таким процессом является замещение неустойчивой на поверхности ионогенной кремнекислоты более устойчивой здесь углекислотой. Л. В. Комлев и Н. М. Прокопенко. Основные геохимические черты современных термальных процессов Среднего Тянь-Шаня. Ак. Наук СССР. СОПС, Тр. Киргизск. комплекси, экспед., т. I, стр. 155—183.

тоничных и обладающих слабым осмотическим напряжением; до некоторой степени они могут быть сопоставлены с источниками Ragatz-Pfäfers (Швейцария), Plombières (Франция), Teplitz-Schönau (Чехо-Словакия), Neuhaus (Штирия), Абас-Туман (Грузия) и с некоторыми другими. Они, правда, им значительно уступают по своей радиоактивности.

Эти воды могут быть использованы в виде душей и главным образом в виде ванн (терапевтическое действие может быть усилено прибавлением к ним хлористого натрия, кальция, угольной кислоты, эманации радия или других аналогично действующих веществ).

Показания для их применения: невралгия и невриты различного происхождения, хронические полиартриты и миозиты, подагра, разнообразные гинекологические заболевания, двигательные и другие расстройства травматического происхождения, некоторые заболевания кожи и другие.

Холодный Малкинский углекислый источник, содержащий 1.115 г CO_2 (нарзан содержит 1.900), ионы кальция, натрия, хлора и 7.6 радиоактивных единиц Махе, может быть использован с хорошим результатом при общей слабости, неврастении, малокровии, ослаблении деятельности сердца (миопатии), расстройстве обмена веществ (сахарный диабет) и при некоторых заболеваниях желудочно-кишечного тракта, и в особенности при его вялости нервного или функционального происхождения, для промывания желудка, толстых кишок и мочевого пузыря, при катаральных состояниях (наличие ионов HCO_3) равно как и при двигательной вялости их.

В виде ингаляций вода этого источника может найти применение и при хронических ринитах, ларингитах, фарингитах, бронхитах как сама по себе, так и вместе с содой, поваренной солью, или другими веществами, действующими на слизистые оболочки дыхательных путей.

Благодаря своей небольшой минерализации (0.728 на литр) они могут найти применение в виде „столовых“ вод, как, напр., Appolinarisbrunnen, Sauerbrunnen (Чехо-Словакия), нарзаны и другие.

Нижне-Паратунские источники, Озерновские, Большие Банные, Начикинские и Верхне-Паратунские могут быть показаны при заболеваниях суставов, мышц, нарушении

обмена веществ, постсифилитических поражениях, невралгии, невритах, и отчасти при ослаблении деятельности сердца и нерезком уплотнении сосудов. Ценность последних тем увеличивается еще наличием выделения эманации до 87 единиц Махе.

Паужетские горячие источники должны быть отнесены к типу соленых, содержащих между прочими ионами ионы брома и мышьяка.

Основой терапевтического воздействия следует считать хлористый натрий; остальные же ингредиенты придают основной физиологической динамике этих вод соответствующие им дополнительные характерные черты.

Что касается вопроса о возможности применения этих вод в виде питьевых, то следует сказать, что, не имея точных бактериологических анализов, ответить на него пока не представляется возможным.

Химический анализ, с своей стороны это вполне допускает, причем одни из них могут быть причислены к щелочно-углекислым, другие к щелочно-солевым, третьи к щелочно-глауберовым известковым или железисто-мышьяковым.

Правда, входящие в них ингредиенты находятся в очень малых количествах, но тем не менее они имеют свою определенную фармакодинамику, с которой при их назначении считаться безусловно следует.

Исходя из этого, считаю, что эти воды вполне заслуживают врачебного внимания, серьезного изучения и признания за ними значительного местного значения“.

B. I. PIIP

THE THERMAL SPRINGS OF KAMCHATKA

Summary

This work is devoted to a geological description of the thermal springs of Kamchatka and is divided into several parts. The first part contains a general characteristic of the orography, hydrography and geology of Kamchatka and also the history of the study of its thermal springs. The second part is devoted to a description of the springs, and the third to their general characteristics, classification and genesis.

The materials for this work consisted of the observations of 12 groups of springs made by the author himself and of the data—mostly unpublished—of other investigators.

At present we know of 64 groups of springs in Kamchatka. Only 20—25 of this number have been investigated to a greater or lesser extent. The rest are known only after casual descriptions of investigators who had visited them or simply after the tales of natives.

The thermal springs of Kamchatka are chiefly located in valleys, and more rarely on the slopes of volcanic mountains (fumaroles and fumarolic springs). The majority of the springs are in the south of Kamchatka, where there are many active or but recently extinct volcanoes.

The greatest water discharge (from 5 to 70 litres a second) is shown by the springs situated in the river valleys; fumarolic springs give a small yield. This suggests that meteoric water plays an important part in the composition of thermal waters.

Hot springs are of great occurrence among the thermal springs of Kamchatka (50° C. is assumed after Schneider¹ as the boundary between warm and hot springs). Table 43 gives the maximum values of temperature for a number of springs.

¹ K. Schneider. Beiträge zur Theorie der heissen Quellen. Geol. Rund Z f. Allg. Geol., B. IV, 1913, S. 72.

The points of outflow of the thermal waters are usually located on barren areas of river pebbles or bed-rock. Owing to their heat the majority of these areas are devoid of vegetation. Sometimes they are covered with spring tuffs. Warm springs or springs of a very small output are usually located in small thermal swamps. The barren spring-ground is mostly surrounded by a fringe of low thin-stemmed grasses, which are typical of hot spring areas only. The areas of thermal springs are almost always distinguished by a vigorous development of thermophilic algae of different colours, depending on the temperature of the water.

As regards the character of the outflow of water we can distinguish among the springs of Kamchatka the following types:

1. Quiet flowing springs.
2. Spouting springs.
 - a) of constant action,
 - b) of intermittent action (geysers).
3. Thermal mud-volcanoes.

The first type of springs is the most widespread. The number of springs of the 2a type is relatively small, and those of the 2b and 3 types are very rare. Geysers occur only among the Paudzetka thermal waters and, evidently, in one or two more groups. The thermal mud volcanoes (temperature of the mud from 80° to 97° C) are known in their typical form (cones and pots) only in the caldera of the volcano Uson, but in the form of mud-pots only they occur also in certain other thermal springs.

Of mineral deposits, connected with the activities of the thermal springs of Kamchatka, the following have been encountered: geyserite, travertine (usually in the form of calcite; aragonite in one case), amorphous arsenic substance of the composition of aqueous calcium arsenate (Table 27), sulphur, ferrous disulphide, vivianite, gypsum, alunite, kaoline rocks, and complex sulphates of pickeringite and halotrichite composition.

Almost all the thermal springs of Kamchatka are located in the vicinity of igneous rock-bodies, or issue out of them. These bodies are mostly effusive, more rarely intrusive. The first are represented by volcanic cones, either active or extinct, and volcanic domes; the second by small stock-shaped bodies. The effusive formations are pre-eminently built up of basic lavas (andesites and basalts), more rarely of acid lavas (rhyolites in volcanic domes). Intrusive bodies are mostly of acid composition (granodiorites). All the above named igneous masses are relatively young and their centres are evidently still active.

The points of exit of the thermal springs are supposed to be associated with two series of tectonic directions which can be distinguished in Kamchatka; a north-western direction and a north-north-eastern one. Some groups of springs form distinct local thermal lines (the groups of springs №№ 7, 6, 8; №№ 17, 18 and 19; №№ 28 and 29; and №№ 46, 49 50, and 51.¹

Depending on the proximity of their point of issue to igneous rocks of one or other composition the springs can be divided into two groups. One group of springs is associated with plutonic bodies of acid magma, and the other with volcanic centres of basic magma.

The springs associated with acid rock-masses are feebly mineralized (dry residue under 1.5 gr. per litre of water) sodium sulphate thermal springs giving off pure nitrogen in their gaseous emanations. Those springs, on the contrary, which are associated with basic igneous rocks, are more mineralized and with chloride of sodium in their composition; their gas effervescence consisting mainly of carbon dioxide. The approximate composition of these types of waters is given in Table 44.

Besides the above enumerated main types of springs, other more rare types occur, which, although also associated with some or other igneous rocks, are of a somewhat different chemical composition. Such are the springs containing high quantities of ions of bicarbonate, alkaline earths (calcium or magnesia) and sulphate (in chlorine waters). We consider this type of waters as „metamorphosed“, their original composition having changed to modifications in the composition and quantity of emanations, still continuing to emanate from the dying magmatic centre and already producing other effects in the enclosing rocks. The above two main types of springs may be considered representative of „fresh“, as yet unaltered thermal waters.

Table 46 gives the contents of the rare elements in the various thermal springs of Kamchatka. We see from this table that the relatively still high contents of these waters in arsenic, zinc, and, possibly, boron, also constitute their characteristic features.

On the basis of his studies of the thermal springs of Kamchatka and of his analysis of certain postulates taken from the literature, the author comes to the conclusion, that the thermal springs which are due to emanations from basic magmas are richer in juvenile waters, chlorine, carbonic acid, and are characterized by definite ore elements, as, e. g., arsenic, antimony, zink, etc. The springs originating from acid magmas are, on the contrary, poorer in juvenile waters, chlorine and

¹ The numbers of the springs on the map and in the descriptions are identical.

carbonic acid, but richer in nitrogen, and contain a different group of the rare elements. If the relative content of juvenile waters be considered an indicator of the degree of mineralization of springs, then waters associated with basic magmas must be richer in dissolved substances than waters from acid magmas.

For the purpose of comparing the thermal spring of Kamchatka with analogous springs of other countries the author prepared barycentric diagrams of the composition of the springs of Kamchatka and other countries (Fig. 73). An examination of these diagrams leads to the following conclusions.

1. Kamchatka as a hot springs province is distinguished from similar volcanic territories of the Caucasus and Alaska by its greater „freshness“, as expressed in its small number of springs having high values of carbonic acid and containing alkaline earth ions. Two main groups are distinctly distinguishable: the sodium sulphate springs associated with acid rocks and the chloride sodium springs associated with basic and intermediate rocks. Each of these groups is accompanied by a small number of „metamorphosed“ types.

2. The thermal springs of Alaska differ from those of Kamchatka by the prevalence of waters of the „metamorphosed“ type, relatively rich in carbonic acid and sodium and insignificantly mineralized.

3. The East Siberian hot spring province is specific as its springs are exclusively of the „granite“ type. „Fresh“ and „metamorphosed“ waters are clearly distinguishable. All of them are slightly mineralized.

4. The thermal springs of California are mostly of the „metamorphosed“ type. The presence is noteworthy of a relatively large number of magnesium carbonate waters considerably mineralized (especially so in the group of chloride of sodium waters; some of which, as the Sulphur Bank, are characterized by salt deposition). The presence of „fresh“ granite waters is quite noticeable.

5. The Caucasus, as an extinct volcanic region, is rich in „metamorphosed“ waters. The majority of springs are noticeably mineralized and are, evidently, associated as regards their origin with basic or medium basic magmas. The absence of „fresh granite“ waters is characteristic.

6. The Tian-Shan hot spring province resembles, in its general features, California. The main characteristics of this province consist in the different „metamorphosed varieties“ of „granite“ waters. There is a small number of chlorine waters characterized by high values of alkaline earth ions, but whose mineralization is due to saliferous deposits.

Characterizing the Kamchatka hot spring province as a whole we can say that it tends to manifest itself:

1. As a peculiar territory of arsenic thermal waters of various types—a peculiarity which relates it to a certain extent with the extinct volcanic district in Auvergne.

2. As a province of „fresh“ volcanic waters, depending on the still active volcanicity of these areas.

These two factors characterize Kamchatka as a province of valuable therapeutic waters.

СПИСОК ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ, ПОМЕЩЕННЫХ
НА ДИАГРАММЕ (рис. 73)

Камчатка

Номера на диаграмме соответствуют номерам в тексте и на карте.

Аляска

Gerald A. Waring. Mineral Springs of Alaska. Un. St. Geol. Surv. Water-Supply Paper 418, 1917.

	t° C		t° C
1. Bell Island Hot Springs	72	8. Hooniah Warm Springs	44
2. Bailey Bay Hot Springs	85	9. Tenakee Hot Springs	41
3. Shakes Hot Springs	52	10. Tenakee Inlet	82
4. Baranof Hot Springs	50	11. Akutan Island	?
5. Sitka Hot Springs	65	12. Circle	57
6. Fish Bay Hot Springs	47	13. Chena	65
7. North Arm of Peril Strait	38	14. Hutlinana	45
		15. Baker	52
		16. Melozitna	55
		17. Horner	47
		18. Kruzgamepa	69

Калифорния

Gerald A. Waring. Springs of California. Un. St. Geol. Survey Water-Supply Paper 338, 1915.

	t° C		t° C
1. Arrowhead Hot Springs	94	2. Waterman Hot Springs	93

3. Ritchey Hot Springs.	61	26. Skaggs Hot Springs	54
4. Palm Hot Springs.	38	27. Гейзеры Sonoma County	58
5. Murrieta Hot Springs	58	28. Anderson Hot Springs	63
6. Warner Hot Springs	59	29. Gordon Hot Springs	38
7. San Juan Capistrano	51	30. Harbin Hot Springs	50
8. California Hot Springs		31. Howard Hot Springs	43
9. Blaney Meadows Hot Springs	48	32. Howard Hot Springs	24
10. Red Meadows Hot Springs	49	33. Seigler Hot Springs	37
11. Tassajara Hot Springs	59	34. Sulphur Bank Hot Springs	80
12. Paraiso Hot Springs	46	35. Wilbur Hot Springs	60
13. Vickers Hot Springs	?	36. Elgin Mine Hot Springs	60
14. Matilija Hot Springs	47	37. Calistoga Hot Springs	50
15. Matilija Hot Springs	47	38. Byron Hot Springs	50
16. Wheelers Hot Springs	39	39. Agua Galiente Springs	46
17. Newsoms Arroyo Grande	38	40. Basett Hot Springs	78
18. San Luis Hot Springs	39	41. Warm Spring Valley	27
19. Radium Sulphur Warm Springs	34	42. Klamath Hot Springs	69
20. Bimini Hot Springs	40	43. Bidwell Creek Springs	38
21. Paso Robles Hot Springs	43	44. Shaffer Hot Springs	100
22. Paso Robles Mud Bath	50	45. Amedee Hot Springs	96
23. Santa Isabel Warm Springs	36	46. Campbell Hot Springs	40
24. Mercey Hot Springs	?	47. Bridgeport Hot Springs	64
25. Gilroy Hot Springs	43	48. Mono Basin Warm Springs	32
		49. Little Lake Springs	?

Средний и Восточный Тянь-Шань

Н. М. Прокопенко. Термальные источники Среднего и Восточного Тянь-Шаня. Мат. Ком. Экспед. Исслед. Акад. Наук СССР, вып. 30, 1930.

	t° C		t° C
1. Копало-Арасанские	37	12. Арасан-Цоганский	?
2. Хоргосский . . .	52	13. Боро-Хоринский .	?
3. Алматинские . . .	32	14. Арасан-Кунгесский	?
4. Иссык-Атинские .	48	15. Боргатинский . . .	?
5. Кизил-Су	41	16. Улахольские	16
6. Джеты-Огуз	43	17. Тур-су	23
7. Алтын-Арасан . . .	48	18. Кереге-Таш	47
8. Ак-су	43	19. Тургенский	23
9. Алабуга-Нарын- ские	33	20. Джаманты	?
10. Безбельчир-Арасан	17	21. Аяк-Калканские .	29
11. Каш-Арасан	33	22. Копальские	23
		23. Барлыкские	44

Восточно-Сибирский край

А. Г. Франк-Камеицкий. К гидрохимии горячих источников Вост.-сиб. края. Труды Вост.-Сиб. госуд. универс. № 2, 1934.

	t° C		t° C
1. Алгинские	21	9. Котельниковский	62—71
2. Аллинские	20—75	10. Верхне-Ингодин- ский	27
3. Каргинский	75	11. Вершиночкой- ский	36
4. Кулиных болот . . .	59	12. Ямкун	21
5. Туркинский	45—75	13. Ильинский	57
6. Туркинский 2-й . . .	44	14. Нилова пустынь	43
7. Уринские	45—72		
8. Фролихинский . . .	44		

Кавказ

А. П. Герасимов. Минеральные воды. КЕПС, т. IV, вып. 40, 1918.

	t° C		t° C
1—2. Псекупские ¹ . . .	53	5. Кумогорские	31
3. Железноводские . .	45	6. Джилы-Су	22
4. Пятигорские	46	7. Серноводские	67

¹ Н. К. Игнатович, П. Н. Палей и Н. Н. Славянов. Гидрогеологическое описание района Псекупских минеральных источников. Труды ГГРУ, вып. 102, 1932.

8. Горячеводские . . .	78	12. Абастуман	49
9. Цхалтубские . . .	34	13. Исти-Су ¹	39
10. Тифлиские . . .	42	14. Мацеста	24
11. Боржомские . . .	29		

¹ В. Н. Котляр. Горячие минеральные источники у селения Исти-Су и Кузи-Беляк Даралагезского уезда ССР Армении. Известия ГГРУ, т. 49, № 3, 1980 г.

**СВОДНАЯ ТАБЛИЦА АНАЛИЗОВ
ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ КАМЧАТКИ**

Название источника	3. Паужетские					4. Озерновские	
	Гейзар № 1	Источн. № 8 Грифон № 1	Источн. № 8 Грифон № 8	Источн. № 4	Холодная вода р. Паужетки	А	В
Грифоны							
Аналитик и год анализа	Е. Муликовская, 1934 г.			А. А. Резников, 1934 г.		К. Шмидт, 1888 г.	
Температура	97°						
Ионы	в граммах на литр						
H'	—	—	—	—	—	—	—
NH ₄ '	есть	есть	есть	есть	есть	—	—
K'	0.059	0.0586	} 0.0310	0.0390	следы	0.0706	0.0677
Na'	1.048	1.0410		0.404	0.012	1.1700	1.0258
Ca''	0.0656	0.0650	0.0082	0.0540	0.0120	0.0067	0.0040
Mg''	0.0035	0.0040	0.0025	0.0048	0.002	0.0078	0.0070
Al'''	—	—	—	—	—	—	—
Fe''	—	—	—	—	—	—	—
Fe'''	—	—	—	—	—	0.0003	0.0003
Cl'	1.713	1.7020	0.008	0.7100	0.010	1.7845	1.5799
Br'	0.0025	0.0020	не обн.	0.001	не обн.	0.0005	0.0003
I'	не обн.	не обн.	"	не обн.	"	—	—
SO ₄ ''	0.0804	0.0792	0.0793	0.0450	0.010	0.1139	0.0865
H ₂ S	не обн.	нет	нет	—	—	—	—
NO ₃ '	есть	есть	есть	есть	нет	—	—
NO ₂ '	"	"	"	нет	"	—	—
HCO ₃ '	0.037	0.018	0.006	0.043	0.049	0.0046	0.0423
CO ₃ ''	нет	0.009	нет	нет	нет	—	—
HSiO ₃ '	—	—	—	—	—	—	—
HPO ₄ ''	—	—	—	—	—	0.0004	0.0004
HAsO ₄ ''	0.0015	0.0013	0.0001	—	—	—	—
Fe ₂ O ₃	0.0006	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	—	—
H ₂ SiO ₃	0.156	0.153	0.052	0.156	0.040	0.2670	0.2408
Сух. ост.	3.203	3.201	0.177	1.400	0.110	3.4121	2.9970
H _N ^o	10.0	10.0	1.7	8.7	2.2	—	—
Уд. вес	—	—	—	—	—	1.00266	1.00233

Название источника	4. Озерновские		3. Нижне-Голыгинские	17. Верхне-Паратунские	18. Средне-Паратунские		
Место взятия пробы	Главные ключи Грифон № 3	Старые ключи, правый берег	„	Групп. № 2 Грифон № 2 (главный)	?	?	?
Аналитик и год анализа	А. А. Резников, 1934 г.	Е. Мулик-ковская, 1934 г.	Шмидт, 1888 г.	А. А. Резников, 1934 г.	С. К. Косман, 1931 г.		А. А. Резников, 1934 г.
Температура	84°	40°	70°	69°5	81°0	81°5	79°
Ионы	в граммах на литр						
H	—	—	—	—	—	—	—
NH ₄	есть	есть	—	есть	—	—	есть
K	0.0046	0.0061	0.0398	0.0051	} 0.162	} 0.217	} 0.0039
Na	0.233	0.1662	0.6976	0.2240			
Ca	0.1682	0.0972	0.2078	0.0760	0.002	0.002	0.0024
Mg	0.0061	0.0011	0.0299	0.0030	—	—	—
Al	—	—	—	—	—	—	—
Fe	—	—	—	—	следы	следы	—
Fe	—	—	0.0005	—	—	—	—
Cl	0.2131	0.1029	1.1946	0.1132	0.042	0.055	0.0530
Br	не обн.	не обн.	0.0016	не обн.	следы	следы	не обн.
I	„	„	—	„	—	—	„
SO ₄	0.6251	0.4046	0.2122	0.4941	0.431	0.587	0.6170
H ₂ S	—	нет	—	есть	—	—	—
NO ₃	нет	есть	—	нет	—	—	нет
NO ₂	есть	„	—	„	—	—	есть
HCO ₃	0.009	0.061	0.3050	0.0180	0.0322	0.0322	0.0120
CO ₃	нет	нет	—	0.0040	—	—	0.0060
HSiO ₃	—	—	—	—	—	—	—
HPO ₄	—	—	0.0010	—	—	—	—
HAsO ₄	—	0.0003	—	0.00022	—	—	—
Fe ₂ O ₃	0.0001	не обн.	—	0.0001	—	—	0.0005
H ₂ SiO ₃	0.117	0.148	—	0.065	0.0728	0.0819	0.078
Сух. ост.	1.340	0.916	2.7322	0.990	0.774	1.032	1.060
H _N ^o	24.9	13.8	—	11.3	—	—	13.4
Уд. вес	—	—	1.00219	—	—	—	—

Название источника	19. Нижне-Паратунские						
	Место взятия пробы	Серебрян-никова	Завойко	Голен-цева	Близ купальни	Под увалом	III—14
Аналитик и год анализа	К. Шмидт, 1888 г.			Г. Ю. Жуковский, 1910—1912 гг.		С. К. Косман, 1931 г.	
Температура	45°	81°	25°	?	?	42°5	43°4
Ионы	в граммах на литр						
H'	—	—	—	—	—	—	—
NH ₄ '	—	—	—	—	—	—	—
K'	0.0127	0.0123	0.0132	0.0806	0.0264	} 0.229	0.299
Na'	0.2975	0.2668	0.2004	0.3280	0.2533		
Ca''	0.1364	0.1219	0.0919	0.1172	0.1015	0.104	0.111
Mg''	0.0155	0.0078	0.0123	0.0021	0.0019	0.002	0.002
Al'''	—	—	—	—	—	—	—
Fe''	—	—	—	нет	нет	следы	следы
Fe'''	0.0004	0.0004	0.0003	—	—	—	—
Cl'	0.1942	0.1669	0.0920	0.1682	0.1044	0.121	0.128
Br'	0.0004	0.0004	0.0004	нет	нет	следы	следы
I'	—	—	—	—	—	—	—
SO ₄ ''	0.6964	0.6403	0.5122	0.7062	0.6298	0.542	0.694
H ₂ S	0.0129	—	0.0061	—	—	0.001	следы
NO ₃ '	—	—	—	—	—	—	—
NO ₂ '	—	—	—	—	—	—	—
HCO ₃ '	0.0388	0.0382	0.0654	следы	нет	0.0365	0.0396
CO ₃ ''	—	—	—	—	—	—	—
HSiO ₃ '	0.0633	—	—	—	—	—	—
HPO ₄ ''	—	—	—	—	—	—	—
HAsO ₄ ''	—	—	—	—	—	—	—
Fe ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	—
H ₂ SiO ₃	—	0.0442	0.0324	0.1027	0.1391	0.0910	0.0949
Сух. ост.	1.4497	1.2843	1.0094	1.540	1.296	1.114	1.354
H ₊ ⁰	—	—	—	—	—	—	—
Уд. вес	1.00163	1.00149	1.00112	—	—	—	—

Название источника	19. Нижне-Паратунские						
Место взятия пробы	П—11	П—12	П—8	П—5	П—4	Г—2	Г—1
Аналитик и год анализа	С. К. Косман, 1931 г.						
Температура	51°6	50°1	49°8	50°1	47°0	55°0	61°6
Ионы	в граммах на литр						
H'	—	—	—	—	—	—	—
NH ₄ '	—	—	—	—	—	—	—
K'	}0.269	0.286	0.278	0.274	0.265	0.345	0.358
Na'							
Ca''	0.154	0.106	0.129	0.162	0.113	0.159	0.154
Mg''	0.004	0.004	0.008	0.010	0.001	0.001	0.002
Al'''	—	—	—	—	—	—	—
Fe''	следы	следы	следы	следы	—	следы	следы
Fe'''	—	—	—	—	—	—	—
Cl'	0.148	0.114	0.144	0.201	0.143	0.226	0.189
Br'	следы	следы	следы	следы	следы	следы	следы
I'	—	—	—	—	—	—	—
SO ₄ ''	0.720	0.680	0.700	0.694	0.601	0.767	0.746
H ₂ S	<0.001	следы	следы	следы	—	следы	—
NO ₃ '	—	—	—	—	—	—	—
NO ₂ '	—	—	—	—	—	—	—
HCO ₃ '	0.0845	0.0417	0.0879	0.0497	0.0464	0.0298	0.0874
CO ₃ ''	—	—	—	—	—	—	—
HSiO ₃ '	—	—	—	—	—	—	—
HPO ₄ ''	—	—	—	—	—	—	—
HAsO ₄ ''	—	—	—	—	—	—	—
Fe ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	—
H ₂ SiO ₃	0.0975	0.0962	0.0845	0.0741	0.0806	0.0897	0.1066
Сух. ост.	1.410	1.310	1.407	1.475	1.254	1.608	1.553
H _N ^o	—	—	—	—	—	—	—
Уд. вес	—	—	—	—	—	—	—

Название источника	19. Нижне-Паратунские		20. Апа-чинские	21. Мал. Банные	22. Больш. Банные	
Место взятия пробы	1—3	П—9	Главн. грифон	№ 1	?	Группа № III
Аналитик и год анализа	С. К. Косман, 1931 г.	А. А. Резников, 1934 г.	Шмидт, 1883 г.	А. А. Резников, 1934 г.	Шмидт, 1883 г.	А. А. Резников, 1934 г.
Температура	53°0	50°6	72°5	78°	100°	87°
Ионы	в граммах на литр					
H ⁺	—	—	—	—	—	—
NH ₄ ⁺	—	есть	—	есть	—	есть
K ⁺	}0.299 {	0.0078	0.0107	0.0051	0.0382	0.0234
Na ⁺		0.3130	0.1659	0.1660	0.3100	0.3370
Ca ⁺⁺		0.146	0.1502	0.0007	0.0280	0.0169
Mg ⁺⁺	0.002	0.0042	0.0006	0.0012	0.0128	0.0012
Al ⁺⁺⁺	—	—	—	—	—	—
Fe ⁺⁺	следы	—	—	—	—	—
Fe ⁺⁺⁺	—	—	0.0001	—	0.0004	—
Cl [']	0.207	0.1771	0.1206	0.0532	0.1124	0.1240
Br [']	следы	не обн.	0.0002	не обн.	0.0003	необн.
I [']	—	"	—	"	—	"
SO ₄ ^{''}	0.673	0.7821	0.0764	0.2713	0.5260	0.5512
H ₂ S	следы	—	—	—	—	—
NO ₃ [']	—	есть	—	нет	—	нет
NO ₂ [']	—	"	—	есть	—	"
HCO ₃ [']	0.0444	0.0240	0.1583	0.103	0.1660	0.0360
CO ₃ ^{''}	—	нет	—	нет	0.0630	0.0180
HSiO ₃ [']	—	—	—	—	—	—
HPO ₄ ^{''}	—	—	0.0002	—	—	—
HAsO ₄ ^{''}	—	0.00016	—	0.0003	—	—
Fe ₂ O ₃	—	0.0002	—	0.0004	—	0.0001
H ₂ SiO ₃	0.0754	0.0850	0.1119	0.117	0.2260	0.160
Сух. ост.	1.440	1.580	0.5959	0.660	1.3105	1.250
H _N ^o	—	21.9	—	4.2	—	2.5
Уд. вес	—	—	1.00062	—	1.00154	—

Название источника	23. Начикинские				24. Малкинские		Малкинский холод. ком. углекисл.
	?	2а	Хол. № 5	Хол. ручей № 4	?	№ I—1	
Место взятия пробы							На скл. над озер. ком.
Аналитик и год анализа	Шмидт, 1888 г.	Е. Муликовская, 1934 г.	А. Д. Резников, 1934 г.	Шмидт, 1888 г.	Е. Муликовская, 1934 г.		
Температура	70°	79°3	16°	12°6	?	82°9	5°
Ионы	в граммах на литр						
H'	—	—	—	—	—	—	—
NH ₄ '	—	есть	нет	нет	—	следы	есть
K'	0.0114	0.0150	0.005	следы	0.0109	0.0061	0.0086
Na'	0.2619	0.2940	0.094	0.013	0.1537	0.1612	0.1755
Ca''	0.0199	0.0432	0.0097	0.003	0.0023	следы	0.0768
Mg''	0.0031	0.0013	0.0009	следы	0.0015	следы	0.0158
Al'''	—	—	—	—	—	—	—
Fe''	—	—	—	—	—	—	—
Fe'''	0.0001	—	—	—	0.0001	—	—
Cl'	0.1453	0.1844	0.0527	0.003	0.0815	0.0910	0.1960
Br'	0.0002	не обн.	не обн.	не обн.	0.0001	<0.0001	0.0001
I'	—	"	"	"	—	не обн.	не обн.
SO ₄ ''	0.3727	0.4476	0.1268	0.010	0.1363	0.1423	0.0100
H ₂ S	—	0.0007	—	—	—	0.0055	нет
NO ₃ '	—	есть	есть	есть	—	есть	есть
NO ₂ '	—	"	нет	нет	—	"	"
HCO ₃ '	0.0655	0.0500	0.040	0.024	0.1272	нет	0.4420
CO ₃ ''	—	0.0030	нет	нет	—	0.0490	нет
HSiO ₃ '	—	—	—	—	—	—	—
HPO ₄ ''	—	—	—	—	—	—	—
HAsO ₄ ''	—	0.0001	—	—	—	0.00013	—
Fe ₂ O ₃	—	следы	следы	0.0002	—	не обн.	0.0001
H ₂ SiO ₃	0.0938	0.116	0.072	0.039	0.1070	0.136	0.030
Сух. ост.	0.9428	1.146	0.3764	0.090	0.5770	0.5505	0.728
H _N ^o	—	6.3	1.5	0.42	—	—	14.4
Уд. вес	1.00091	—	—	—	1.00060	—	—

Название источника	28. Налачевские				29. Краеведческие	31. Пущинские	
	3	23	1	3	1	Группа F	Группа F
Место взятия пробы							
Аналитик и год анализа	С. К. Косман, 1931 г.		В. Е. Кутейников, 1933 г.		В. Е. Кутейников, 1933 г.	Г. Ю. Жуковский, 1910-1912 гг.	А. А. Резников, 1984 г.
Температура	72°2	72°	73°	72°2	58°	41°7	?

Ионы	в граммах на литр						
H'	—	—	—	—	—	—	—
NH ₄ '	—	—	следы	—	—	—	—
K'	} 1.106	1.102	0.1438	0.1438	0.2265	0.1940	} 1.6550
Na'			1.0555	1.0368	1.7864	1.6250	
Ca''	0.251	0.253	0.2490	0.2480	0.5843	0.1036	0.1721
Mg''	0.031	0.032	0.0324	0.0322	0.0317	0.0576	0.0523
Al'''	—	—	следы	—	—	—	—
Fe''	следы	—	„	следы	—	0.0070	—
Fe'''	—	—	—	—	—	—	—
Cl'	1.621	1.621	1.5945	1.5785	3.0802	1.5108	1.4370
Br'	0.010?	0.010?	0.0060	0.0060	0.0080	0.0252	—
I'	—	—	0.0010	—	0.0020	—	—
SO ₄ ''	0.422	0.424	0.4452	0.4465	0.9024	0.5177	0.1602
H ₂ S	—	—	—	—	—	—	есть
NO ₃ '	—	—	следы	—	—	—	—
NO ₂ '	—	—	—	—	—	—	—
HCO ₃ '	0.534	0.529	0.5185	0.5124	0.3172	1.1812	2.5010
CO ₃ ''	—	—	—	—	—	0.1148	—
HSiO ₃ '	—	—	0.1381	0.1140	0.1604	—	—
HPO ₄ ''	—	—	—	—	—	—	—
HAsO ₄ ''	—	—	0.0109	не опр.	—	—	—
Fe ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	—
H ₂ SiO ₃	0.1898	0.1885	0.0223	0.0816	—	0.065	0.155
Сух. ост.	4.160	4.120	4.124	4.106	7.274	5.1680	4.900
H _N ^o	—	—	—	—	—	—	36.0
Уд. вес	—	—	—	—	—	—	—

Название источника	33. Нижне-Семячинские				
Место взятия пробы	Правая сторона	Левая сторона	Верхняя группа	Нижняя группа	Теплый ручей
Аналитик и год анализа	В. Е. Кутейников, 1933 г.		С. Д. Швелкин, 1934 г.		
Температура	49°	?	47°9	28°8	20°
Ионы	в граммах на литр				
H ⁺	—	—	—	—	—
NH ₄ ⁺	0.0010	0.0010	следы	нет	нет
K ⁺	0.0388	0.0416	} 0.172	0.077	0.077
Na ⁺	0.1166	0.1292			
Ca ⁺⁺	0.2000	0.2121	} 0.226	0.061	0.032
Mg ⁺⁺	0.0789	0.0886			
Al ⁺⁺⁺	—	—	—	—	—
Fe ⁺⁺	—	—	нет	—	—
Fe ⁺⁺⁺	—	—	—	—	—
Cl ⁻	0.1582	0.1578	0.141	0.047	0.029
Br ⁻	нет	нет	—	—	—
I ⁻	"	"	—	—	—
SO ₄ ^{''}	0.5086	0.5078	0.522	0.078	0.046
H ₂ S	следы	—	нет	нет	нет
NO ₃ [']	нет	0.0020	следы	—	"
NO ₂ [']	"	нет	нет	—	"
HCO ₃ [']	0.4270	0.2196	0.239	0.210	0.192
CO ₃ ^{''}	нет	нет	—	—	—
HSiO ₃ [']	0.0347	0.2079	—	—	—
HPO ₄ ^{''}	нет	нет	—	—	—
HAsO ₄ ^{''}	0.0030	0.0030	—	—	—
Fe ₂ O ₃	—	—	—	—	—
H ₂ SiO ₃	0.1578	—	0.1365	0.1339	0.1079
Сух. ост.	1.610	1.570	1.405	0.576	0.459
H _N ^o	—	—	31.6	8.5	4.5
Уд. вес	—	—	—	—	—

Название источника	35. Узонские				42. Шапни-ские	
	Зап. поле, грязевое озерко	Озёрн. поле, IV озерко	Вост. поле, западный край	Болотная вода около IV озерка	Теплое озерко	Заречный ключ
Место взятия пробы						
Аналитик и год анализа	В. Е. Кутейников, 1934 г.				Г. Ю. Жуковский, 1910-1912 гг.	
Температура	60°	57°	85°	10°	?	?
Ионы	в граммах на литр					
H ⁺	0.0266	нет	нет	нет	—	—
NH ₄ ⁺	—	0.0010	0.0397	0.0712	—	—
K ⁺	0.0052	0.1099	0.0232	0.0024	0.0682	0.0708
Na ⁺	0.0113	0.8587	0.1561	0.0110	0.3563	0.3805
Ca ⁺⁺	0.0371	0.0171	0.0014	0.0014	0.0465	0.0529
Mg ⁺⁺	0.0358	0.0085	0.0050	0.0059	0.2529	0.2483
Al ⁺⁺⁺	0.2950	следы	0.0054	нет	нет	нет
Fe ⁺⁺	0.4360	—	—	"	0.0103	0.0103
Fe ⁺⁺⁺	нет	следы	следы	"	—	—
Cl [']	следы	1.3939	0.1068	следы	0.2538	0.2780
Br [']	нет	0.0060	нет	нет	нет	нет
I [']	"	нет	"	"	—	—
SO ₄ ^{''}	3.8422	0.0955	0.0547	"	0.0148	0.0214
H ₂ S	0.0021	—	—	"	—	—
NO ₃ [']	следы	следы	нет	"	—	—
NO ₂ [']	нет	нет	"	следы	—	—
HCO ₃ [']	"	"	0.2318	0.0580	—	—
CO ₃ ^{''}	"	"	нет	0.1170	0.9973	1.0730
HSiO ₃ [']	—	0.1588	0.1888	0.0244	—	—
HPO ₄ ^{''}	—	нет	нет	—	—	—
HAsO ₄ ^{''}	—	0.040 ²	—	—	—	—
Fe ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—
H ₂ SiO ₃	0.2510	0.1318	0.0597	—	0.1040	0.1508
Сух. ост.	4.8845	2.7911	0.8633	0.2913	2.0160	2.1910
H _N ^o	—	—	—	—	—	—
Уд. вес	—	—	—	—	—	—

¹ В виде S. ² Ион As.

Название источника	48. Кре- рушлин- ские	53. Киреунские		62. Паланские	
	?	№ 1	№ 19	Верхняя группа	Нижняя группа
Аналитик и год анализа	Шмидт, 1888 г.	С. Д. Швелкин, 1934 г.		А. А. Резников, 1933 г.	
Температура	?	98°	85°	92°4	60°
Ионы	в граммах на литр				
H'	—	—	—	—	—
NH ₄ '	—	нет	нет	—	—
K'	0.0410	} 0.471	0.603	0.1683	0.1223
Na'	0.2367				
Ca ⁺⁺	0.0920	} 0.032	0.030	0.0578	0.0500
Mg ⁺⁺	0.0035				
Al ⁺⁺⁺	—	—	—	—	—
Fe ⁺⁺	—	нет	нет	—	—
Fe ⁺⁺⁺	0.0004	—	—	—	—
Cl'	0.3511	0.618	0.786	0.0110	0.0110
Br'	0.0006	—	—	—	—
I'	—	—	—	—	—
SO ₄ '	0.2410	0.165	0.219	0.4485	0.3596
H ₂ S	—	есть	есть	—	—
NO ₃ '	—	нет	нет	нет	следы
NO ₂ '	—	—	—	—	—
HCO ₃ '	0.0662	0.073	0.061	0.0350	0.0260
CO ₃ '	—	—	—	—	—
HSiO ₃ '	—	—	—	—	—
HPO ₄ '	0.0004	—	—	—	—
HAsO ₄ '	—	—	—	—	—
Fe ₂ O ₃	—	—	—	0.0005	0.0010
H ₂ SiO ₃	0.0542	0.1456	0.1319	0.1079	0.0780
Сух. ост.	1.080	1.471	1.839	0.7840	0.6300
H _N ^o	—	4.5	4.2	8.3	8.1
Уд. вес	1.00092	—	—	—	—

97-100-10-501

119