



В.М. Сугробов, Н.Г. Сугробова, Г.А. Карпов, В.Л. Леонов

# ЖЕМЧУЖИНА КАМЧАТКИ - ДОЛИНА ГЕЙЗЕРОВ

## THE PEARL OF KAMCHATKA: VALLEY OF GEYSERS

V.M. Sugrobov, N.G. Sugrobova, G.A. Karpov, V.L. Leonov



**Электронная версия книги «Жемчужина Камчатки – Долина Гейзеров» (авторы: В.М. Сугробов, Н.Г. Сугрובה, Г.А. Карпов, В.Л. Леонов – текст, Н.П. Смелов - фото) подготовлена при содействии Ассоциации «Геотермальное энергетическое общество», на средства АО «Наука» и постоянном внимании и поддержке профессора О.А. Поварова. Авторы с удовлетворением отмечают, что книга подготовлена к открытию в Петропавловске-Камчатском «Международного геотермального семинара (МГС-2004)».**

**Авторы также надеются, что книга будет интересна специалистам, занимающимся проблемами геотермальной энергетики и изучением гидротермальных систем и всем любителям уникальной природы Камчатки.**

*Авторы*





**Electronic version of the book “The Pearl of Kamchatka – Valley of Geysers” (text by V.M. Sugrobov, N.G. Sugrobova, G.A. Karpov and V.L. Leonov, photos by N.P. Smelov) was compiled in co-operation of “Geothermal energetic community” Association due to financial support of Nauka SC at constant attention and encouraging help from Prof. O.A. Povarov. This book was prepared for the opening of International Geothermal Workshop IGW–2004 in Petropavlovsk-Kamchatsky. Authors hope that this book will be interest for specialists in geothermal science and technology as well as for tourists wishing to know the unique nature of Kamchatka.**

*Authors*

# Международный Геотермальный Семинар в России «Тепло и свет от сердца Земли»

Россия, Камчатка, 9-15 августа 2004 г.



Ассоциация «Геотермальное энергетическое общество»



Камчатский научный центр ДВО РАН



Россия 111250 Москва  
Красноказарменная ул., 9/1  
тел. (+7095) 3616617  
факс (+7095) 9181560  
e-mail: geo@geotherm.ru



Локальные системы тепло- и электроснабжения на основе геотермальных ресурсов



# - 12 лет в современной энергетике

Разработка и внедрение локальных систем тепло- и электроснабжения на основе тепла Земли. Повышение надежности и экономичности ТЭС и ГеоЭС

Первая в мире космическая система связи и управления ГеоЭС

Организация финансовых схем современных крупных международных энергетических проектов (ЕБРР, МБР)

Москва

**Россия**

Создание и строительство серии ГеоЭС, на Камчатке вновь ввело Россию в число ведущих стран в области геотермальной энергетики

Схема IV энергоблока Верхне-Мутновской ГеоЭС

АО "НАУКА" - лидер в области защиты энергетического оборудования ТЭС и ГеоЭС от коррозии

Сепараторы для ГеоЭС. Эффективность 99,99%

АО "НАУКА" сотрудничает с заводами, институтами и фирмами России и других стран

- фундаментальные исследования геотермального теплоносителя
- Защита металла от коррозии
- Создание космической системы связи и управления МГеоЭС
- Проект Верхне-Мутновской ГеоЭС
- Концепция Мутновской ГеоЭС
- Проект геотермального теплоснабжения г. Елизово
- Проект геотермального теплоснабжения в Югославии
- Участие в проекте и разработка оборудования для Сан-Хасинто (Никарагуа)
- Разработка сепараторов для ГеоЭС
- Разработка специальной арматуры

Россия, 111250, г. Москва, Красноказарменная ул., Д.9/1. тел.(095) 918 1986, факс: (095) 918 1986 www.naukasc.ru e-mail: nauka@geotherm.ru

# - 12 YEARS OF MODERN POWER ENGINEERING

Design and application of heat and power supply systems using the Earth's heat. Increasing TPP and GeoPP reliability and economics.

First satellite based communication and GeoPP control system

Evaluating economics of modern large international power projects (EBRD, WB)

Moscow

**Russia**

Design and construction of GeoPP in Kamchatka re-introduced Russia again as a leading nation in the field of geothermal power engineering

Diagram of unit 4 of Verkhne-Mutnovsky GeoPP

Nauka SC is a leader in corrosion protection of TPP and GeoPP equipment

Сепараторы для GeoPP. Effectiveness 99,99%

Nauka SC works together with industries, institutes and companies in Russia and other countries on:

- Fundamental research of geothermal fluids
- Metal protection against corrosion
- Creation of satellite based communication and MGeoPP control system
- Design and construction of Verkhne-Mutnovsky GeoPP and of Mutnovsky GeoPP
- Geothermal heat supply project for Elizovo
- San Jacinto-Tizate (Nicaragua) project
- Geothermal heat supply of Yugoslavia project
- Design of separators for GeoPP
- Design of special armature

9/1, Krasnokazarmennaya st. Moscow, 111250, Russia. Phone: (095) 918 1986, Fax: (095) 918 1986 www.naukasc.ru e-mail: nauka@geotherm.ru

---

# СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENTS

---

ВВЕДЕНИЕ INTRODUCTION .....	12
КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ И ИЗУЧЕНИЯ ДОЛИНЫ ГЕЙЗЕРОВ BRIEF HISTORY OF DISCOVERY AND STUDIES OF THE VALLEY OF GEYSERS .....	17
КРАТКИЙ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК РАЙОНА И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕРМОПРОЯВЛЕНИЙ BRIEF PHYSICAL-GEOGRAPHICAL SKETCH OF THE REGION AND GENERAL CHARACTERISTICS OF SURFACE THERMAL MANIFESTATIONS .....	26
Поверхностные термопроявления Surface thermal manifestations .....	36
Термальные поля и горячие источники Семячинского района Thermal fields and hot springs of the Semyachinsky region.....	41
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОЛИНЫ ГЕЙЗЕРОВ GENERAL CHARACTERISTICS OF THE VALLEY OF GEYSERS .....	48
Долина Смерти и причины гибели животных в верховьях р. Гейзерной The Death valley and the causes of animals' death at the upper course of the Geysernaya river	62
Климат, растительный и животный мир Climate, flora and fauna .....	69
ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ИСТОРИЯ ДОЛИНЫ ГЕЙЗЕРОВ GEOLOGICAL STRUCTURE AND HISTORY OF THE VALLEY OF GEYSERS .....	72
ГИДРОГЕОЛОГИЯ И МОДЕЛЬ ГЕЙЗЕРНОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ HYDROGEOLOGY AND THE MODEL FOR THE GEYSERNAYA HYDROTHERMAL SYSTEM .....	83
ГЕЙЗЕРЫ И ДРУГИЕ ТЕРМОПРОЯВЛЕНИЯ ДОЛИНЫ РЕКИ ГЕЙЗЕРНОЙ GEYSERS AND OTHER THERMAL MANIFESTATIONS OF THE RIVER GEYSERNAYA VALLEY .....	93
I участок, Приустьевой Site I, Priustjevov (Near-river-mouth) .....	100
II участок, Тройной Site II, Troynoy (Triple) .....	102
III участок, термопроявлений ручья Водопадный Site III, thermal manifestations of the Vodopadny(Waterfall) Brook	106

---

---

IV участок, Скалистый Site IV, Skalistyi (Rocky) .....	111
V участок, Лагерный Site V, Lagerny (Camp) .....	117
VI участок, Щелевой Site VI, Shchelevoy (Chap) .....	126
VII участок, Центральный Site VII, Centralnyi (Central) .....	132
VIII участок, Верхний Site VIII, Verkhniy (Uppermost) .....	152
IX, поле Верхне-Гейзерных источников IX, the Field of Verkhne-Geysernye (Upper-Geyser) Springs .....	155
ОТЛОЖЕНИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД - ГЕЙЗЕРИТЫ И ТЕРМОФИЛЬНЫЕ ВОДОРОСЛИ SEDIMENTS OF THERMAL WATERS - GEYSERITES AND THERMOPHILIC ALGAE .....	160
Гейзериты Geyserites .....	160
Термофильные водоросли Thermophilic algae .....	166
СВЯЗЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГЕЙЗЕРОВ С ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ, МЕХАНИЗМ ИХ ДЕЙСТВИЯ CONNECTION OF ACTIVITY OF GEYSER WITH HYDROTHERMAL SYSTEM THE MECHANISM ACTION OF GEYSERS .....	170
РЕЖИМ ГЕЙЗЕРОВ, ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ, ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ ГЕЙЗЕРОВ REGIME OF GEYSERS. CHANGE OF HYDROTHERMAL ACTIVITY. DURATION OF A LIFE OF GEYSERS .....	181
Режим гейзеров Regime of geysers .....	181
Изменение поверхностной гидротермальной активности Change of surface hydrothermal activity .....	191
Продолжительность жизни гейзеров Iduration of life of geysers .....	195
ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОХРАНЫ ГЕЙЗЕРОВ - УНИКАЛЬНОГО ЯВЛЕНИЯ ПРИРОДЫ ON THE STUDIES AND PRESERVATION OF GEYSER AS THE UNIQUE NATURAL PHENOMENON.....	201
Словарь геологических терминов .....	206
Vocabulary of geological terms .....	208
Рекомендуемая литература .....	210
Recommend reference list .....	211

---

**В.М. Сугробов, Н.Г. Сугрובה, Г.А. Карпов, В.Л. Леонов**

# **ЖЕМЧУЖИНА КАМЧАТКИ - ДОЛИНА ГЕЙЗЕРОВ**

## **THE PEARL OF KAMCHATKA: VALLEY OF GEYSERS**

**V.M. Sugrobov, N.G. Sugrobova, G.A. Karpov, V.L. Leonov**

**НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ОЧЕРК,  
ПУТЕВОДИТЕЛЬ**

**POPULAR SCIENTIFIC SKETCH,  
THE GUIDEBOOK**

**Фото Н.П. Смелова**

**Photo by N.P. Smelov**

**Москва Moscow  
2004**



**В.М. Сугробов, Н.Г. Сугрובה, Г.А. Карпов, В.Л. Леонов.**

Жемчужина Камчатки - Долина Гейзеров

Составитель **В.М. Сугробов**, автор фотографий **Н.П. Смелов**

В книге также использованы фотографии: **М.Я. Жилина, А.И. Никольского, В.М. Сугрובה**

Ответственный редактор: доктор геолого-минералогических наук **В.И. Кононов**

Редактор:

Перевод на английский язык: А.Ф. Сашенкова

Компьютерная верстка: О.Б. Вереина

Книга подготовлена при финансовой поддержке АО «Наука»

Авторы выражают признательность О.А. Поварову за содействие в подготовке книги к изданию; администрации и сотрудникам Кроноцкого заповедника за содействие в проведении исследований на территории заповедника, результаты которых использованы при написании книги; М.Я. Жилину и А.И. Никольскому, предоставившим свои фотографии.

Фото на обложке: 1-я сторона – гейзер Большой, 4-я сторона – вулкан Большой Семячик. Вид от площадки лесного кордона в Долине Гейзеров.

© В.М. Сугробов, Н.Г. Сугрובה, Г.А. Карпов, В.Л. Леонов, 2004 – текст

© Н.П. Смелов, 2004 – фото

© О.Б. Вереина, 2004 – дизайн

---

**V.M. Sugrobov, N.G. Sugrobova, G.A. Karpov, V.L. Leonov.**

The pearl of Kamchatka: Valley of Geysers

Compilation made by **В.М. Сугробов**, photographs made by **Н.П. Смелов**

This book also contains the photographs made by **М.Я. Zhilin, A.I. Nikolskii, V.M. Sugrobov**

Scientific editor: **V.I. Kononov, Dr. Sci.**

Editor:

Translation: A.F. Sashenkova

Computer design: O.B. Vereina

The book has been produced with financial support of the SC “Nauka”


Authors are grateful to O.A. Povarov for his help in preparing this book for edition. We acknowledge to the administration and staff of Kronotsky reserve for co-operation in research work, results of which were used in this book. Special thanks to M.Ya. Zhilin and A.I. Nikolsky for some photos.

Front cover: geyser Bolshoi; back cover: Bolshoi Semyachik volcano. View from a platform forest guard in a Valley of Geysers .

© Sugrobov, V.M., Sugrobova, N.G., Karpov, G.A., Leonov, V.L., text, 2004

© Smelov, N.P., photo, 2004

© Vereina, O.B., design, 2004



*Я потрясен, я сбит, подавлен,  
Я смят, сметён, я - покорён!  
Красою дикой, первозданной,  
Как милой девушкой пленён!*

*Здесь всё как в сказке, все на диво -  
Веселых фумарол пары,  
Фонтаны гейзеров игривых,  
Шипенье, плеск в любой щели!*

*В.Л. Леонов*



---

# ВВЕДЕНИЕ

# INTRODUCTION

---

Неизгладимое впечатление оставляет панорама возвышенности с разнообразными по форме вершинами вулканов, которая открывается путнику, достигшему берегов Кроноцкого залива в районе пос. Жупаново. Слева хорошо заметен правильный конус действующего вулкана Карымский, справа от него - хребтообразный вулкан Малый Семячик, еще правее протягивается цепь вершин вулканического массива Большой Семячик и, наконец, вершины вулканов Узон и Кихпиньч. В ясную погоду в моменты активизации вулканической деятельности над вулканами Карымский, Малый Семячик и очень редко над Большим Семячиком видны вертикально поднимающиеся парогазовые струи. Невольно хочется приблизиться к этим примечательным огнедышащим горам, увидеть и узнать о них все.

В длинной истории освоения и изучения Камчатки многие исследователи безуспешно пытались это сделать. Первым был Степан Петрович Крашенинников, выполнивший начальное описание фумарол и термальных полей вулканов Центрального и Бурлящего (группа Большого Семячика) в период работы первой Камчатской экспедиции Российской Академии Наук в 1737-1740 годах. Затем эти места посетили К. Дитмар (1851-1854 гг.), позднее русский естествоиспытатель академик В.Л. Комаров (1909 г.), вулканолог Б.И. Пийп (1933 г.) и другие исследователи. Они не мало бы удивились, если бы им сказали, что недалеко от их маршрутов к грозным вулканам, мощным фумаролам и горячим источникам в глубокой и относительно узкой долине небольшой реки существуют настоящие гейзеры. О них узнали после того, как в апреле 1941г. гео-

The one who reaches the shores of the Kronotsky Bay near the Zhupanovo settlement, gets deeply impressed by the view of the highland with volcano summits so different in shape. Regular cone of the Karymsky active volcano is well observed to the left. When a glance slides to the right, one can notice a ridge-like volcano, Maly Semyachik, further on to the right there stretches a summit chain of volcanic massif of Bolshoy Semyachik. To complete the picture, volcano tops of Uzon and Kikhpinych appear at a distance. In fair weather, during the periods of volcanic activity intensification, steam-gas jets and can be seen rising upright above the volcanoes of Karymsky, Maly Semyachik and sometimes over Bolshoy Semyachik. One can hardly keep the desire to get the closer possible to these magnificent fire-spitting mountains, to examine them and to learn everything about them.

The history of exploration and studies in Kamchatka goes back to the 18th century. During the work of the First Kamchatka Expedition of the Russian Academy of Sciences (1737-1740), Stepan Petrovich Krasheninnikov was the first to give a primary description of fumaroles and thermal fields in the area of Centralny and Burlyashchy volcanoes (the volcano group of Bolshoy Semyachik). Later on, these sites were visited by K.Ditmar (1851-1854), Russian academician and naturalist V.L.Komarov (1909), volcanologist B.I.Piip (1933) and other scientists and researchers. They would have been greatly surprised, however, to learn that not far from their routs to those threatening volcanoes, fumaroles and hot

---

лог Кроноцкого государственного заповедника Татьяна Ивановна Устинова обнаружила гейзер на р. Шумной, а затем множество их на берегах ее левого притока (ныне река Гейзерная).

Сенсационное открытие гейзеров обогатило крупнейший в нашей стране Кроноцкий заповедник еще одной яркой достопримечательностью природы. Россия, таким образом, попала в скромный перечень стран, на территории которых действуют гейзеры. На Камчатке, правда, ко времени открытия Долины Гейзеров были отмечены небольшие гейзеры и следы их деятельности в долинах рек Паужетка, Большая Банная и Киревна. Но об их существовании знали немногие, несмотря на то, что "...ключи бьющие как фонтаны с великим шумом..." в двух первых местах описал еще С.П. Крашенинников в своей книге "Описание земли Камчатки".

Что же такое гейзеры? Где они встречаются? Прежде всего, следует заметить, что во всех районах распространения гейзеров они встречаются совместно с другими поверхностными проявлениями тепловых аномалий: горячими и кипящими источниками, паровыми струями, горячими водными и грязевыми котлами и озерами, нагретой до различных температур почвой. Нахождение гейзеров среди других поверхностных термопроявлений наводило на мысль, что гейзеры не существуют сами по себе. Также как и все другие виды, так называемой гидротермальной активности они связаны с более глубокими источниками тепловой энергии - гидротермальными системами. Последние характерны для зон современного или молодого вулканизма, приуроченных, прежде всего к островным дугам Тихоокеанского кольца, вулканическому поясу Средиземноморья, молодым океаническим и континентальным рифтам. Изучение гидротермальных систем в названных регионах, в том числе и на Камчатке, с помощью глубоких буровых скважин однозначно подтвердило такую связь. А изучение режима гейзеров и геотермальных

springs, in a deep and relatively narrow valley of a small river, there existed real geysers. People got to know about their existence in April, 1941. Tatyana Ivanovna Ustinova, a geologist from the Kronotsky State Biospheric Preserve, first discovered a geyser at the Shumnaya River, and then lots of them along the banks of its left tributary, (nowadays the river Geysernaya).

Sensational discovery of geysers has enriched the preserve largest in our country Kronotsky with one more bright sight of the nature. Thus Russia was enlisted as one of the few countries in whose territory there exist active geysers. Frankly speaking, small geysers and signs of their activity were noted even before the time of discovery of the Valley of Geysers. They were observed in the valleys of such rivers as Pauzhetka, Bolshaya Bannaya and Kirevna. But very few people knew about them, even though S.P.Krashennnikov described «the springs gusting forth with great noise» in their two first locations in his book "The Description of the Kamchatka Land".

So, let us see what a geyser is and where it can be found.

First of all, it should be noted that in all the areas of geyser occurrence, they co-exist alongside with some other surface manifestations of thermal anomalies. Among such anomalies we can mention hot and boiling springs, steam jets, hot water and mud pots and lakes, soil warmed up to different temperatures. Occurrence of geysers among other surface thermal manifestations suggested that geysers do not exist by themselves. It seemed that like all the other types of the so-called hydrothermal activity, geysers are connected with some deeper sources of heat energy, that is, with hydrothermal systems. The last are characteristic for zones recent or young volcanism, dated first of all to island arcs of the Pacific Ring, a volcanic belt of the Mediterranean, young oceanic and con-



---

скважин показало в свою очередь, что гейзеры представляют собой особый вид кипящих (пароводяных) источников, которые в отличие от последних периодически извергают горячую воду и пар выше поверхности земли.

Режим их действия может быть охарактеризован последовательной сменой стадий излива воды, извержения (фонтанирования) пароводяной смеси, выделения пара (парения) и стадии полного покоя. Ниже будет изложен более подробно принцип работы гейзеров. Здесь же заметим, что действие истинного гейзера невозможно без существования подземных вод с температурой, превышающей точку кипения (грубо говоря, 100 градусов по Цельсию).

Название “гейзер” пришло из Исландии, где еще в XI-XII веках словом *geysir* (дословно внезапное излияние), обозначали извергающиеся время от времени фонтаны кипящей воды и пара (фото 1). Настоящие гейзеры как уникальное явление природы получили широкую известность после открытия в середине XIX столетия многочисленных и великодушных гейзеров в Северной Америке и Новой Зеландии. Удивительную картину их деятельности, разнообразие мест расположения, легенды происхождения гейзеров можно найти в ярких описаниях путешественников, географов, геологов и даже в художественной приключенческой литературе. Достаточно вспомнить, например, описание гейзеров Новой Зеландии в популярной книге Жюль Верна “Дети капитана Гранта”. Нельзя не назвать имена известных геологов, чьи профессиональные исследования заложили основу современных знаний о гейзерах. Это: Е.Т. Аллен, А.Л. Дэй, Д.Е. Уайт, Т.Ф. В. Барг, Т. Эйнарссон, Е.Ф. Ллойд, Дж. Хели, Т. И. Устинова, С. И. Набоко, В.В. Аверьев и многие другие.

Большой и вполне объяснимый интерес к гейзерам привел к тому, что к ним стали относить многие поверхностные термоявления, отдаленно напомина-

тельные разрывы. Изучение гидротермальных систем в названных регионах, включая Камчатку, с помощью глубоких скважин однозначно подтвердило такую связь. А изучение режима гейзеров и геотермальных скважин показало, что гейзеры представляют собой особый вид кипящих (пароводяных) источников, которые в отличие от последних периодически извергают горячую воду и пар выше поверхности земли.

Режим их действия может быть охарактеризован последовательной сменой стадий излива воды, извержения (фонтанирования) пароводяной смеси, выделения пара (парения) и стадии полного покоя. Ниже будет изложен более подробно принцип работы гейзеров. Здесь же заметим, что действие истинного гейзера невозможно без существования подземных вод с температурой, превышающей точку кипения (грубо говоря, 100 градусов по Цельсию).

Название “гейзер” пришло из Исландии, где еще в XI-XII веках словом *geysir* (дословно внезапное излияние), обозначали извергающиеся время от времени фонтаны кипящей воды и пара (фото 1). Настоящие гейзеры как уникальное явление природы получили широкую известность после открытия в середине XIX столетия многочисленных и великодушных гейзеров в Северной Америке и Новой Зеландии. Удивительную картину их деятельности, разнообразие мест расположения, легенды происхождения гейзеров можно найти в ярких описаниях путешественников, географов, геологов и даже в художественной приключенческой литературе. Достаточно вспомнить, например, описание гейзеров Новой Зеландии в популярной книге Жюль Верна “Дети капитана Гранта”. Нельзя не назвать имена известных геологов, чьи профессиональные исследования заложили основу современных знаний о гейзерах. Это: Е.Т. Аллен, А.Л. Дэй, Д.Е. Уайт, Т.Ф. В. Барг, Т. Эйнарссон, Е.Ф. Ллойд, Дж. Хели, Т. И. Устинова, С. И. Набоко, В.В. Аверьев и многие другие.

Большой и вполне объяснимый интерес к гейзерам привел к тому, что к ним стали относить многие поверхностные термоявления, отдаленно напомина-

тельные разрывы. Изучение гидротермальных систем в названных регионах, включая Камчатку, с помощью глубоких скважин однозначно подтвердило такую связь. А изучение режима гейзеров и геотермальных скважин показало, что гейзеры представляют собой особый вид кипящих (пароводяных) источников, которые в отличие от последних периодически извергают горячую воду и пар выше поверхности земли.

Режим их действия может быть охарактеризован последовательной сменой стадий излива воды, извержения (фонтанирования) пароводяной смеси, выделения пара (парения) и стадии полного покоя. Ниже будет изложен более подробно принцип работы гейзеров. Здесь же заметим, что действие истинного гейзера невозможно без существования подземных вод с температурой, превышающей точку кипения (грубо говоря, 100 градусов по Цельсию).

ющие небольшие гейзеры. Часто гейзерами называют горячие и даже теплые источники или водные котлы с пузырьками выделяющегося газа, а то и просто газопаровые струи, обычно сопровождаемые запахом сероводорода. Это обстоятельство значительно увеличило число называемых стран и районов, где возможно существуют гейзеры. В действительности помимо упомянутых выше стран настоящие гейзеры, так или иначе, отмечены и более или менее изучены еще в 33 странах мира. Среди них следует назвать, прежде всего, Чили, Перу, Мексику, Китай, Индонезию, Японию, Папуа-Новую Гвинею, Эфиопию, Кению, где гейзеры достаточно четко выражены. Но все же буйство энергии земных недр при извержении больших истинных гейзеров сейчас можно видеть по общему признанию только в Исландии, в Йеллоустонском национальном парке США, на северном острове Новой Зеландии и на Камчатке.

Притягательная красота извержения гейзеров, когда в течение нескольких секунд или минут из-под земли поднимается на высоту в десятки метров фонтан кипящей воды и пара, вызывает всеобщее восхищение. В Долине гейзеров на Камчатке мы наблюдаем пароводяные фонтаны извергающихся гейзеров в сочетании с прекрасным горным ландшафтом. Украшают его своеобразные термальные поля гидротермально измененных пород, пестро-цветных глин, многочисленные



**1. Типичный вид гейзера в момент извержения.**

*Typical view of a geyser in the moment of eruption.*

gan to carry to them surface thermal manifestations, were vaguely similar small geysers. This name is often given to hot or just warm springs, water pots with gas bubbles, or even simple steam-gas jets, usually accompanied by the scent of hydrogen sulfide. This fact increased the number of countries, enlisted as territories where geysers can exist. In fact, real geysers are found and more or less studied in 33 countries beside already mentioned. Thus, geysers are quite clearly expressed in Chile, Peru, Mexico, China, Indonesia, Japan, Papua-New Guinea, Ethiopia and Kenya. However, the real violence of the Earth's heart, that is the eruptions of true large geysers, can be observed only in Iceland, in Yellowstone National Park of USA, at the northern island of New Zealand and in Kamchatka.





## **2. Мутновская геотермальная электростанция.**

### ***Mutnovsky geothermal power plant.***

брызжащие и шумящие фонтанчики кипящих источников и небольших гейзеров, зеленые термофильные водоросли, журчащие холодные, теплые и горячие ручейки, водопады. Долина Гейзеров заслуженно получила наименование жемчужины Камчатки.

Гейзеры как удивительное явление природы являются объектом пристального внимания специалистов и, прежде всего тех, кто занимается проблемами использования глубинного тепла земли. Знание режима поверхностных термопроявлений, в том числе гейзеров, необходимо для изучения гидротермальных систем и геотермальных месторождений, содержащих огромные запасы горячей воды и пара. Извлеченные из недр буровыми скважинами они обеспечивают работу геотермальных электростанций. Первой в нашей стране была Паужетская геотермальная

Magnetic beauty of geyser eruptions, when for a few seconds or minutes a fountain of boiling water and steam rises up to dozens of meters, evokes everybody's admiration. In the Valley of Geysers of Kamchatka, one can observe geysers erupting at the background of a wonderful mountain landscape decorated by peculiar thermal fields of hydrothermally altered rocks, glaring multicolored clays, by a great number of sputtering and noisy fountains of boiling springs and small geysers, by greenish thermophile algae, by cold, warm and hot streams and waterfalls. The Valley of Geysers is really worth being called "The Pearl of Kamchatka".

Geysers attract different specialists, and first of all, those dealing with the problems of Earth's heat utilization. Knowledge of the regime of surface thermal manifestations, including geysers, is necessary for the study of hydrothermal systems and geothermal deposits, containing huge resources of hot water and steam. When brought to the surface through the bore

---

электростанция на юге Камчатки. Заметим, кстати, что до начала строительства станции здесь действовали два небольших гейзера. Более крупная геотермальная электростанция построена сейчас вблизи г. Петропавловска-Камчатского в районе вулкана Мутновского (фото 2).

Предлагаемый краткий иллюстрированный рассказ о гейзерах позволит любителям природы, не побывавшим в Долине Гейзеров, составить хотя бы частичное представление об этом чарующем уголке Камчатки. Для тех, кто посетит его, данное издание может, как мы надеемся, служить доступным и достаточно полным путеводителем.

wells, these resources are used for the operation of geothermal electric power stations. In Russia, the first such station was Pauzhetka Geothermal Power Plant at the South of Kamchatka. By the way, before the beginning of the station construction, two small geysers were active here. Larger plant is constructed now near to Petropavlovsk-Kamchatsky, in the vicinity of the Mutnovsky volcano (photo 2).

The given illustrated edition will give a brief review of the Valley of Geysers for those not able to visit this charming nook of Kamchatka. For the visitors, it can serve as an accessible and quite profound guide.

---

## **КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ И ИЗУЧЕНИЯ ДОЛИНЫ ГЕЙЗЕРОВ**

### **BRIEF HISTORY OF DISCOVERY AND STUDIES OF THE VALLEY OF GEYSERS**

---

История открытия больших гейзеров на Камчатке также удивительна, как и сами гейзеры. Несмотря на то, что русские первопроходцы в XVII веке вышли к камчатским берегам Охотского моря и затем Тихого океана, понадобилось еще почти 300 лет освоения территории Камчатки, прежде чем были обнаружены гейзеры. Близко подходила к будущей Долине Гейзеров экспедиция С.П. Крашенинникова, побывавшая на термальных полях Большого Семячика (см. рис.1). Эти же места посетил К. Дитмар, который побывал в кальдере вулкана Узон и осмотрел термальные поля и горячие источники подножия Большого Семячика. Ближе всех исследователей к открытию гейзеров сто-

The history of large geysers discovery in Kamchatka is amazing as geysers themselves. Though in the XVII century Russian pathfinders came to Kamchatka shore of the Okhotsk Sea and then to the Pacific Ocean, it took almost 300 years to find geysers here. Krashenninikov's expedition that had visited thermal fields of Bolshoy Semyachik (see Fig. 1), was quite close to the placed named Valley of Geysers afterwards. The same places was visited by K.Ditmar, who observed the caldera of the Uzon volcano, as well as thermal fields and hot springs at the foot of Bolshoy Semyachik. The closest to the discovery of geysers were academician V.L. Komarov and B.I. Piip. In 1909, pass-



**3. Татьяна Ивановна Устинова, 1976.**

*Tatyana Ivanovna Ustinova, 1976.*

яли академик В.Л. Комаров и Б.И. Пийп. В 1909 г. В.Л. Комаров, проходя по южному подножью вулкана Кихпиньч, назвал речку, стекавшую на северо-запад, “Рекой большой фумаролы” из-за увиденных им мощных столбов пара в ее верховьях. В 1933 г. Б.И. Пийп, завершив экспедиционные исследования кальдеры Узон спешно, из-за рано выпавшего снега, выходил на лошадях к берегу Тихого океана также по южному подножию вулкана Кихпиньч. Отсюда в верховьях небольшой реки, вероятно, той же “Реки большой фумаролы” он видел белые клубы пара, которые напоминали паровые струи Узона. Непогода и нехватка времени не позволили их осмотреть, и быть может увидеть ниже в среднем течении этой же речки гейзеры.

Только в 1941 г., 14 апреля, Т.И. Устинова (фото 3) в сопровождении наблюдателя Кроноцкого заповедника А.П. Крупенина исследуя долину реки Шумная, обнаружила гейзер. Как вспоминала позднее Т.И. Устинова, произошло это так. Получив задание на обследование рек Шумная и Тихая, Т.И. Устинова и А.П. Крупенин выехали на собачьей упряжке по еще практически нетронутому таянием

ing the Southern foot of the Kikhpinych volcano, V.L. Komarov saw a river, streaming to the North-West. He called it “the River of Great Fumarole”, because of the powerful steam columns rising at its head. In 1933, having expeditional investigations at Uzon Caldera finished in a hurry due to early snowfalls, B.I. Piip was also riding his horses to the shores of the Pacific Ocean along the Southern foot of the Kikhpinych volcano. From there he saw white steam clouds, resembling the Uzon steam jets, at the head of a small river, which

was probably “the River of Great Fumarole”. He was too short of time and weather conditions were too dangerous for him to be able to examine those clouds. This fact, perhaps, did not let him see geysers in the midstream waters of the same river.

In was only on April 14, 1941, when T.I. Ustinova (Photo 3), accompanied by a supervisor of the Kronotsky Preserve A.P. Krupenin, first found a true geyser. As recollected after T.I. Ustinova, there was it so. Her task was to investigate the rivers Shumnaya and Tikhaya. Ustinova and Krupenin started on a dog-sledge to the mouth of the Shumnaya river. Their final aim was to go to this river’s head, that is, to the Uzon Caldera. It is quite difficult to travel here in summer, because the lowland is swampy and mountain slopes are covered by thick elfin wood. It appeared impossible to move along the never-freezing Shumnaya on a dog-sledge. That’s why Ustinova and Krupenin had to ski on. Passing by the valley, the participants of this small expedition saw in a distance the steam clouds, which they recognized as already known fumaroles of the



---

снегу к устью Шумной с тем, чтобы подняться к ее истоку, к Узону. Летом передвигаться здесь сложно из-за топкой равнины в низовьях и густого стланика на склонах гор. После некоторого передвижения на карте по верховьям склонов, пришлось идти на лыжах вдоль русла реки, так как проехать с нартой по долине незамерзающей Шумной невозможно. Двигаясь по долине, участники похода видели за крутыми поворотами реки облака пара, принимая их за уже известные фумаролы Узона. Однако последние все не появлялись. Надо было возвращаться в лагерь, весенний день был на исходе. Т.И. Устинова со своим верным спутником присели отдохнуть на правом берегу реки Шумной, как вдруг с противоположного берега в их сторону взметнулся фонтан кипящей воды и пара.

“Ошеломленные, мы (рассказывала Т.И. Устинова) с испугом смотрели на это невиданное извержение, не зная как спастись, если горячая вода достигнет нас: на крутом склоне бежать было некуда. Извержение и грохот закончились так же внезапно, как начались. Над площадкой поднимался с минуту столб пара, затем и он исчез. Все стало тихо и спокойно, как будто ничего и не было. Мы сидели перепуганные и подавленные. Прошло несколько минут, прежде чем меня осенило, что это ведь гейзер! Гейзер, которого до сих пор никто никогда не видел на Камчатке”. До окончания этого же дня первооткрывателям удалось пройти немного вверх по левому теплему притоку, впадающему в Шумную в 30 метрах выше обнаруженного гейзера. На этом участке не было ничего необычного.

Сообщение об открытии гейзера было опубликовано в газете “Камчатская правда” и было перепечатано “Известиями” накануне Великой Отечественной войны. Изменившиеся с началом войны условия работы все же позволили организовать летом 1941 г. поход для специального обследования теплого притока реки Шумная. К долине неизвестной речки Т.И. Устинова и А.П. Крупенин теперь спустились от ее ис-

Uzon Caldera. However, they could not reach them. The spring day was coming to the end, it was high time for them to get back to their camp. T.I. Ustinova and her companion decided to take a little rest and sat down on the right bank of the river. All of a sudden, a fountain of boiling water and steam shot up towards them.

“Spellbound, (T.I. Ustinova recalled), we watched that unbelievable explosion, having no idea how to escape, should the eruption hot water reach us. There was nowhere to run on the steep slope. The eruption and rumble seized suddenly as they had started. For about a minute, a steam column was rising above the ground, and then disappeared. It became quiet and calm as if nothing had happened. We were sitting frightened and depressed. A few minutes had passed before it stroke me that what we had just seen was a geyser! A geyser no one had ever seen before in Kamchatka.”

Until the end of that day, the pioneers managed to move a bit up the left warm tributary entering the Shumnaya River 30 meters away from the discovered geyser. This site showed nothing extraordinary.

The report on the geyser discovery was published in the newspaper “Kamchatskaya Pravda” and then reprinted in the “Izvestiya” not long before the Great Patriotic War. With its beginning, the work conditions changed greatly. However, an expedition was organized in the summer of 1941 to investigate in detail the warm tributary of the Shumnaya River. This time T.I. Ustinova and A.P. Krupenin started to the unknown river from its headwaters, that is, from the South-Western foot of the Kikhpinych Volcano. They got deeply impressed by the view of the middle part of the valley. At the left slope along the river bank they saw lots of exposed sites, without any plants, but with numerous pulsating boiling springs, and a number of active areas

токов, с юго-западного подножия вулкана Кихпиныч. Впечатление от увиденного при спуске в среднюю часть долины реки было ошеломляющим. На левом склоне вдоль реки были видны сплошь обнаженные, лишенные растительности участки с многочисленными пульсирующими кипящими источниками, прерываемые только активными площадками больших гейзеров. Неизвестная до того теплая река получила наименование Гейзерной, а первый увиденный Т.И. Устиновой гейзер на берегу Шумной был назван Первенцем (фото 4).



Последующие посещения Т.И. Устиновой долины реки Гейзерная состоялись в 1945 и 1951 гг. (фото 5). В работах приняли участие ее муж биолог Ю.В. Аверин, а в 1951 г. известные гидрогеологи В.В. Иванов и Г.А. Голева (Гонсовская). Результаты этого начального периода изучения гейзеров Т.И. Устинова изложила в кандидатской диссертации и замечательной книге «Камчатские гейзеры», изданной в 1955 г. В ней впервые дана общая характеристика Долины Гейзеров, подробно по участкам точно описаны все крупные гейзеры, их режим, гейзеритовые постройки, высказаны предположения о механизме гейзерного процесса. Названия, данные Т.И. Устиновой крупным гейзерам и пульсирующим источникам, прочно закрепились в нашей памяти, благодаря их соответствию наблюдаемой картине деятельности гейзеров. Например, Великан, Жемчужный, Сахарный, Тройной, Фонтан и т.д.

Естественно, после выхода в свет статей и книги Т.И. Устиновой о камчатс-

**4. Гейзер Первенец. Первый гейзер, увиденный Т.И. Устиновой в апреле 1941 г.**

***“Pervenets” (“First”) Geysers. First geysers T.I. Ustinova saw in April, 1941***

of large geysers. The unknown warm river was given a name “Geysernaya”, and the first geysers T.I. Ustinova had seen on the bank of the Shumnaya River was called “Pervenets” (First) (Photo 4).

T.I. Ustinova later visited the valley of the Geysernaya River in 1945 and in 1951 (Photo 5). Her husband, Yu.V. Averin, and famous hydrogeologists V.V. Ivanov and G.A. Goleva (Gonsovskaya) took and active part in the researches. T.I. Ustinova reported the results of the initial stage of geysers investigation in her Ph.D. thesis and in the wonderful book “Geysers of Kamchatka” published in 1955. This book includes the first general characteristics of the Valley of Geysers,

ких гейзерах, росло с каждым годом число исследователей и любителей природы, которые устремлялись в Долину Гейзеров. Среди них следует назвать вулканолога С.И. Набоко, дополнившей исследования Т.И. Устиновой описанием новых небольших гейзеров, записью режима гейзеров, а также характеристикой минералогического и химического состава гейзеритов. В работе А.А. Райк приведены данные подробной записи режима крупных гейзеров в летние месяцы 1960 г. В.Н. Виноградов впервые описал в 1960-1961 гг. гейзеры Бурлящий и Верхний и зафиксировал режим некоторых гейзеров в условиях зимы. Второй этап изучения Долины Гейзеров начался в 1962 г., когда здесь работала экспедиция только что созданного в Петропавловске-Камчатском Института вулканологии и Геологического института Российской Академии наук под руководством В.В. Аверьева. Исследования экспедиции были направлены на изучение гидротермальной системы в целом, существование которой и порождает гейзеры. Впервые была определена тепловая

мощность системы, охарактеризованы геологические и гидрогеологические условия и гидрохимический облик холодных и горячих подземных вод. Результаты частично опубликованы участниками экспедиции В.В. Аверьевым, В.И. Белоусовым, Б.В. Ивановым, В.И. Кононовым.

detailed descriptions of all the large geysers, as well as their locations, regimes and geyserites constructions. Some suggestions on the geyser process mechanism are also given here. The names given to the geysers by T.I. Ustinova have stuck in our memory, because of their clear correspondence to the picture of geyser activity. For example such names as Velikan (Giant), Zhemchuzhny (Pearl), Sakharny (Sugary), Troynoy (Triple), Fontan (Fountain), etc.

Naturally, after issue of papers and book by T.I. Ustinova about the Kamchatka geysers, the number of researchers and fans of the nature, which directed in the Valley of Geysers grew every year. Among them was S.I. Naboko, who had supplied Ustinova's works with descriptions of some new small geysers, records of regime of geysers, as well as with the characteristics of mineralogical and chemical composition of geysers. Besides, A.A. Raik gives some data on the detailed record of large geyser operation

##### ***5. На пути в Долину Гейзеров, Т.И. Устинова, 1945.***

##### ***On ways to a Valley of Geysers, T.I. Ustinova, 1945***





Следующий этап относится к началу 70-х годов, когда благодаря усилиям Института вулканологии и Кроноцкого заповедника изучение режима гейзеров и сопутствующей им геолого-гидрогеологической обстановки стало систематическим. В это время были составлены геологическая, геотермическая, гидрогеологическая, гидрохимическая карты, базирующиеся на впервые составленные топографические карты масштабов 1:10 000 и 1:2 000. Последние были составлены на основе полевых наземных и аэросъемок сотрудниками Новосибирского института аэрогеодезии и картографии под руководством Б.В. Селезнева. Конечно, на карты были нанесены гейзеры, пульсирующие источники, участки нагретой почвы и другие термопроявления. Хронометраж действия гейзеров начал проводиться с помощью самописцев уровня воды. Многолетняя инструментальная запись позволила достоверно установить среднюю продолжительность действия многих гейзеров и отклонения от этой нормы, а также изменения их режима, вызванные сезонными, в основном, колебаниями гидрометеословий и изменениями гидротермальной деятельности. В результате комплексных исследований была предложена модель формирования Гейзерной гидротермальной системы и ее геологическая история, развиты представления о механизме действия гейзеров. Эти работы выполнила группа исследователей: В.И. Белоусов, В.А. Воронков, Е.Н. Гриб, В.А. Дрознин, В.Л. Леонов Н.Г., В.М. Сугробов, Сугрובה, Ю.М. Хаткевич и другие под руководством В.М. Сугрובה. Руководимые Р.А. Шуваловым химики В.К. Марынова, С.В. Сергеева, Н.А. Тюрина выполнили многочисленные химические анализы воды гейзеров.

В ходе названных специальных исследований на территории, казалось бы, исхоженной вдоль и поперек, были сделаны и маленькие географические открытия. Ряд известных гейзеров был продолжен описанием и нанесением на карты небольших, но достаточно ярких их

regimes during the summer months of 1960. V.N. Vinogradov was the first to describe the geysers Burliashchii (Seething) and Verkhenii (Uppermost), and to register the regime of some geysers in conditions of winter.

The second stage of the Valley of Geysers study started in 1962, during the work of an expedition of the newly established Institute of Volcanology in Petropavlovsk-Kamchatsky and the Geology Institute of the Russian Academy of Sciences, headed by V.V. Averiev. The expedition was aimed at the investigation of the whole hydrothermal system, the existence of which gives life to geysers. Heat capacity of the system was first determined, geological and hydrogeological conditions were characterized, as well as the hydrothermal figure of cold and hot ground waters. The results were partially published by the members of the expedition, V.V. Averiev, V.I. Belousov, B.V. Ivanov and V.I. Kononov.

The next stage refers to the beginning of the 70-th, when studies of geyser regimes and accompanying geological-hydrogeological conditions became systematic due to the efforts of the Institute of Volcanology and the Kronotsky Preserve. Geological, geothermal, hydrogeological and hydrochemical maps were made based upon topographical maps scaled 1:10 000 and 1:2 000. The latter had been composed based upon the field and air photography carried out by the members of Novosibirsk Institute of Air Geodesy and Cartography under the direction of B.V. Seleznev. Naturally, geysers, pulsating springs, sites of heated soil and other thermal manifestations had been charted. Timing of action of geysers started with the help of water level recorders. Many-year's record allowed to reliably determine the average duration of geyser activity and deviations from this norm, as well as changes in their regimes caused by seasonal variations of hydrometeorological conditions and by the

---

представителей (гейзеры Недоступный, Аверьевский, Теремок, Пятиминутка, Иванушка, Котлы, Верхний в русле и другие); обнаружена струя перегретого пара - “фумарола” с температурой 110°C. Но самым неожиданным было обнаружение в верховьях реки Гейзерная среди термальных полей юго-западного подножия вулкана Кихпинич почти холодных рассредоточенных выходов углекислого газа и сероводорода. Обнаружил их впервые В.Л. Леонов, обратив внимание на необычное скопление погибших животных, медведей, лис, мелких грызунов и нескольких птиц на небольшой площадке в устьевой части ручья Желтого. Вероятно, причиной их гибели было удушье при вдыхании названных газов, накопившихся в приземном слое воздуха. Это место сейчас получило известность под названием Долины Смерти. Много полезных сведений о состоянии гейзеров дали исследователям в рассматриваемый период наблюдатели В.Н. Нечаев (Институт вулканологии) и В.Н. Николаенко (Кроноцкий заповедник). Отдельные исследования в Долине Гейзеров были выполнены группой Г.С. Штейнберга по моделированию гейзерного процесса, Г.А. Заварзин и Г.А. Карпов выявили роль микроорганизмов в гидротермальном минералообразовании.

В популяризации Долины Гейзеров большая роль принадлежит журналистам, краеведам, фотохудожникам. Следует назвать В.Т. Давыдова, одного из первых художников, запечатлевших еще в 1950 г. неповторимые виды реки Гейзерной. Зарисовки были опубликованы в журнале “Пионер” и попали на обложку книги Т.И. Устиновой. М.Я. Жилин составил несколько интересных репортажей и очерков о Долине Гейзеров, о Т.И. Устиновой и А.П. Крупенине. Много полезной информации о гейзерах приводится в работе замечательного краеведа В.И. Семенова. Зрительные образы Долины Гейзеров у многих связаны с оригинальными фотоработами В.Е. Гиппенрейтера, Ю.Я. Муравина, И.В. Вайнштейна, В.Н. Плоцкого, Н.П. Смелова,

changes in hydrothermal activity. As the result of complex studies, a model of the Geyser hydrothermal system formation was suggested, as well as its geological history, and some ideas of geyser activity mechanism were developed. The above works were executed by group of researchers: V.I. Belousov, V.A. Voronkov, E.N. Grib, V.A. Droznin, V.L. Leonov, N.G. Sugrobova, Yu.M. Khatkevitch and other, under a management and V.M.Sugrobova's participation. A great number of chemical analyses had been made by chemists V.K. Marynova, S.V. Sergeeva, N.A. Tiurina, under the leadership of R.A. Shuvalov.

In the course of the above studies, minor geographical discoveries were made. A number of already known geysers was supplied with the descriptions of some smaller ones (geysers Nedostupny (Inaccessible), Averievsky, Teremok (Fairy-Tale House), Pyatiminutka (Five-minutes), Evanushka, Kotli (Pots), Verkhenii v rusle and others). A jet of overheated steam – a “fumarole” – was revealed with the temperature of 110°C. But the most unexpected was the discovery of almost cold disseminated discharges of carbon dioxide and hydrogen sulphide in the upper reaches of the Geysernaya River, among the thermal fields of southwestern foot of the Kikhpinych volcano. They were first found by V.L. Leonov who paid attention to an unusual number of dead animals, bears, foxes, small rodents and birds over a small area in the mouth of the Zhelty (Yellow) Stream. They had most probably died after inhalation of the mentioned gases that had accumulated in the air near the ground surface. This place is now known as the Valley of Death. Lots of valuable data on the geyser state were obtained by V.N. Nechaev (Institute of Volcanology) and V.N. Nikolaenko (Kronotsky Preserve). G.S. Shteinberg and his group carried out some modeling of the geyser process, G.A. Zavarzin and G.A. Karpov determined the role of mi-



И.Е. Далецкой, А.М. Нечаева и других. В этот же ряд входит научно-популярный фильм Камчатской студии телевидения “Там, где зимует весна”, снятый в 1979г. Авторы фильма С. Верченко, В.И. Иванченко, Г. Нелипович, В.М. Шишков запечатлели в нем и Т.И. Устинову, приехавшую в Долину Гейзеров (фото 6).

На всех этапах изучения гейзеров неценимым вкладом, конечно, была трудная повседневная работа сотрудников Кроноцкого заповедника и, прежде всего по охране этого удивительного края. В 1972 г. в Долине Гейзеров Кроноцкий заповедник и Институт вулканологии организовали работу стационара, одной из задач которого были систематические наблюдения за режимом гейзеров. О некоторых результатах

croorganisms in hydrothermal mineral formation.

In popularization of the Valley of Geysers the big role belongs to journalists, regional specialists, pictorialists V.T. Davydov was the first artist to render the unique views of the Geysernaya River in 1950. His sketches were published in the Journal “Pioneer” and got onto the cover of the Ustonova’s book. M.Ya. Zhilin made several interesting reports and essays about the Valley of Geysers, about T.I. Ustinova and A.P. Krupenin. It is lot of use-

ful information on geysers is presented in work of remarkable regional specialist by V.I. Semenov. Visual patterns of the Valley of Geysers are associated with original photos by V.E. Gippenreiter, Yu.Ya. Muravin, I.V. Vainshtein, V.N. Plotsky, N.P. Smelov, I.E. Daletskaya, A.M. Nechaev and others. Here we should also mention a film by the Kamchatka television studio titled “Where the Spring Spends the Winter” shot in 1979. The authors of the film S. Verchenko, V.I. Ivanchenko, H. Nelipovich and V.M. Shishkov rendered some pictures of T.I. Ustinova who visited the Valley of Geysers (Photo 6).

Over all the history of the geyser study, a great contribution was the work

**6. Т.И. Устинова среди группы исследователей Долины Гейзеров 70-х годов. Справа налево: В.М. Сугробов, В.И Белоусов, Н.Г. Сугрובה, Т.И. Устинова, В.Л. Леонов.**

*T.I. Ustinova with a group of explorers of the Valley of Geysers of the 70-th. From the right to the left: V.M. Sugrobov, V.I. Belousov, N.G. Sugrobova, T.I. Ustinova, V.L.Leonov.*



---

этих специальных исследований говорилось выше. Естественно, что, как и на других участках заповедника, основные усилия направлялись на изучение сообщества растений, животных и птиц, в данном случае формирующихся в специфических условиях современной гидротермальной деятельности. С этой целью в Долине Гейзеров успешно проводят свои исследования специалисты заповедника А.Т. Науменко, Е.Г. Лобков, В.А. Николаенко, А.П. Никаноров и многие другие. Дирекции заповедника пришлось решать нелегкую проблему посещения туристами Долины Гейзеров, являющейся составной частью заповедной территории. Частично вопрос был снят, когда АО "Согжой" организовало вертолетные экскурсии, регламентирующие число одновременно находящихся здесь туристов. Передвижение туристов в Долине Гейзеров ограничивается пешеходными тропами из дощатых настилов. Последнее хотя и изменяет несколько характерный для Долины вид дикой природы, позволяет сохранить, несмотря на нескончаемый поток туристов, ландшафт, растительный и животный мир и главное - гейзеры.

of the members of the Kronotsky Preserve, which first of all consisted in the preservation and protection of this unique area. In 1972, the Kronotsky Preserve and the Institute of Volcanology organized the work of a permanent field-base; one of its tasks was to observe the geyser regimes. Naturally, major efforts were aimed at the study of plants', birds' and animals' communities, which develop under specific conditions of recent hydrothermal activity. To achieve this aim, specialists of the Preserve A.T. Naumenko, E.G. Lobkov, V.A. Nikolaenko, A.P. Nikanorov and many others successfully carry out their researches. Administration of the Preserve faced the problem of tourists' visits of the Valley of Geysers, which is a part of the reserved territory. This problem was partially solved when the joint-stock company "Sogjoy" organized helicopter excursions limiting the number of tourists. Tourists' travels over the Valley of Geysers is also limited by plank-layered footpaths that help to preserve the landscape, plants and animals, and geysers, though change a little the usual wild view of the Valley.

---

# КРАТКИЙ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК РАЙОНА И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕРМОПРОЯВЛЕНИЙ

## BRIEF PHYSICAL-GEOGRAPHICAL SKETCH OF THE REGION AND GENERAL CHARACTERISTICS OF SURFACE THERMAL MANIFESTATIONS

---

Долина Гейзеров расположена в 180 км северо-восточнее г. Петропавловска-Камчатского среди вулканов, протягивающихся цепочкой вдоль восточного побережья Камчатского полуострова в пределах так называемого Восточного вулканического пояса. В современном рельефе этот район представляет собой высокое плоскогорье, над которым поднимаются на разную высоту различные по форме и возрасту вулканические сооружения, в том числе действующие вулканы Большой Семячик, Кихпинич и Узон (рис. 1). Характерным элементом рельефа являются также вулканотектонические депрессии и кальдеры. Плоскогорье, часто именуемое вулканическим долом или даже плато, протягивается здесь вдоль берега Кроноцкого залива примерно в десятикилометровом удалении от него и служит как бы пьедесталом для возвышающихся вулканических построек (фото 7). Именно они придают этой территории вид типичной горной области.

Плато имеет абсолютные отметки 600-900 м, а отдельные вершины (все вулканического происхождения) подняты над его поверхностью на несколько сот метров. Например, вулкан Бурлящий имеет отметку 1160 м, Центральный Семячик - 1300 м,

The Valley of Geysers is located 180 km north-east of Petropavlovsk-Kamchatsky, among the volcanoes that stretch chain-like along the eastern coast of the Kamchatka Peninsular within the so-called Eastern Volcanic Belt. In the modern relief, this region presents a high plateau, with different in form and age volcanic construction towering above it. Among those are active volcanoes Kikhpinych and Uzon (Fig. 1). Volcanogenic depressions and calderas are also typical for the local relief. The plateau extends along the shore of the Kronotsky Gulf, about 10 km off it, and serves as a foot for the volcanic construction above, which fashion this territory as a typical mountain area (Photo 7).

The absolute marks of the plateau are 600-900m, while some tops (all of volcanic origin) rise above its surface for a few hundred meters. For example, the Burlyashchii volcano has the mark of 1160m, Central Semyachik – 1300m, Bolshoi Semyachik (Zubchatka) – 1720m, Kikhpinych – 1552m, Uzon – 1610m, and a little bit isolated volcano Townshits reaches the height of 2353m. On the whole, this region is characterized by the accumulative volcanic type of re-

Большой Семячик (Зубчатка) - 1720 м, Кихпиныч - 1552 м, Узон - 1610 м и несколько удаленный вулкан Тауншиц достигает высоты 2353 м. В целом этот район характеризуется аккумулятивным вулканическим типом рельефа, формирование которого связано в основном с накоплением вулканогенных отложений.



Наиболее древние нижне-средне-плейстоценовые эффузивно-пирокластические толщи вскрыты, в основном, в бортах депрессий и кальдер, а молодые, верхнеплейстоценовые и голоценовые, слагают обширные плато, а также стратовулканы, шлаковые конусы, экструзивные куполы.

Эти геологические образования составляют верхнюю часть мощного комплекса отложений, заполняющих обширный прогиб (грабен-синклиналь) восточной Камчатки, который протягивается сорокакилометровой полосой от Авачинской группы вулканов на юге до Гамченского ряда вулканов на севере. Наиболее ярким элементом строения рассматриваемого района являются крупные кольцевые вулканотектонические депрессии, и, в частности, Узонско-Гейзерная и Семячинская (рис. 1). Их формирование является главным стержнем геологической истории этого края и возникновения его основных геологических структур.

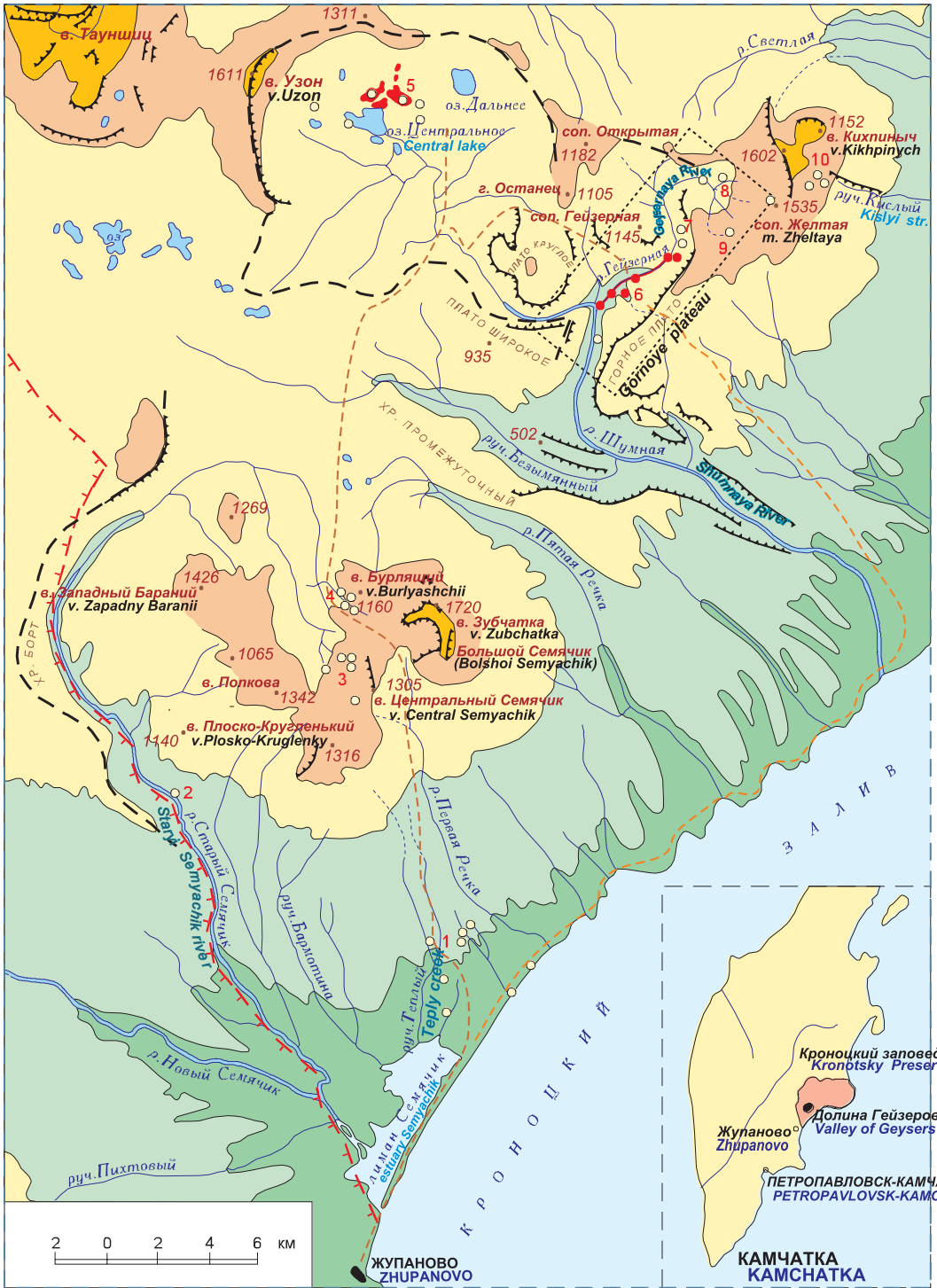
whose formation is associated with the accumulation of volcanogenic deposits. The oldest Lower-Middle-Pleistocene effusive masses are outcropped mainly at the sides of depressions and calderas, while younger, Upper Pleistocene and Holocene ones compose an extensive plateau, as well as composite volcanoes, cinder cones and extrusive domes.

These geological formations constitute the upper part of a thick deposit complex that occupies an extensive trough (graben-syncline) of eastern Kamchatka stretching in a forty kilometers long chain from the Avachinskaya volcanic group to the Gamchenskii volcanic range in the North. The most vivid element of the region is a number of large ring-like volcanic-tectonic depressions, and, in particular, Uzon-Geyser and Semyachinskaya ones (Fig. 1). Their formation is the basic stem of the history of this territory as well as of the origin of its major geological structures.

**7. Вулканическое плато - пьедестал вулканических сооружений. В центре массив Кихпиныч-Жёлтая, слева на заднем плане вулкан Кроноцкий.**

*Volcanic plateau – pedestal for volcanic construction. In the center – massif Kikhpinych-Zheltaya, to the right in the background – the Kronotsky volcano.*





- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12

---

**Рис. 1. Орогидрографическая схема и основные термоявления Семьячинского геотермального района.**

Шкала высот над уровнем моря: 1 - 0-100 м; 2 - 100-500 м; 3 - 500-1000 м; 4 - 1000-1500 м; 5 - выше 1500 м;

6 - обрывы;

7 - эрозионные уступы Семьячинской кальдеры и Узон-Гейзерной депрессии;

8 - современные термоявления: 1 - Нижне-Семьячинские горячие и теплые источники, 2 - Средне-Семьячинские горячие источники, 3 - парогазовые струи и термальные поля вулкана Центральный Семьячик, 4 - парогазовые струи термального поля вулкана Бурлящий, 5 - термальные поля, горячие источники, парогазовые струи, термальные озера и котлы кальдеры Узон, 6 - Долина гейзеров, 7 - парогазовые струи и источники Верхне-Гейзерного термального поля, 8-10 - термальные поля, парогазовые струи и фумаролы вулканического массива Кихпинич-Желтая;

9 - гейзеры;

10 - большие участки нагретой почвы с температурой более 20°C на глубине 0,5-1 м;

11 - южная граница Кроноцкого государственного заповедника (на врезке выделен красным цветом);

12 - схема старой пешеходной тропы. Прямоугольник на карте - граница обзорной карты Долины Гейзеров (см. рис. 2).

**Fig. 1. Oro-hydrographical scheme and major thermal manifestations of the Semyachinskii geothermal region**

Scale of altitude above sea level: 1 - 0-100 m; 2 - 100-500 m; 3 - 500-1000 m; 4 - 1000-1500 m; 5 - above 1500 m;

6 - precipices;

7 - erosion ledges of the Semyachinskaya caldera and Uzon-Geysers depression;

8 - modern thermal manifestations: 1. Nizhne-Semyachinskiye hot and warm springs, 2. Sredne-semiachinskiye hot springs, 3. Steam-gas jets and thermal fields of the Central Semyachik volcano, 4. Steam-gas jets of the Burlyashchii volcano thermal fields, 5. Thermal fields, hot springs, steam-gas jets, thermal lakes and pools of the Uzon caldera, 7 - Valley of Geysers, 8-10 - Thermal fields, steam-gas jets and fumaroles of the Kikhpinych-Zheltaya volcanoc massif;

9 - geysers;

10 - vast areas of heated ground with temperature above 20°C at depth of 0.5-1 m;

11 - southern border of the Kronotsky State Preserve (marked red in the inset);

12 - the circuit of old foot track. Rectangle in the map - margin of the general map of the Valley of Geysers (see Fig. 2).

---

Непосредственно предшествующие формированию вулканотектонических депрессий породы так называемого “докальдерного комплекса”, являются преимущественно вулканогенными образованиями, связанными с извержениями древних вулканов, в том числе больших щитовых базальтовых вулканов. На большей части района они перекрыты молодыми от-

Immediately preceding the formation of volcanic-tectonic depressions, rocks of the so-called “pre-caldera complex” are mostly volcanogenic formations associated with the eruptions of ancient volcanoes, including large shield basaltic ones. Over the most part of the area they are overlaid by younger deposits and can now be observed in the steeps of large

ложениями и сейчас видны в обрывах долин крупных рек, например в среднем течении р. Старый Семячик (хребет Борт), на реке Шумной ниже впадения Гейзерной и на северных внешних склонах кальдеры Узон.

Особая страница геологической истории связана с кальдерообразованием. В ходе его происходили мощные эксплозивные извержения, и формирование обширных полей пирокластических отложений с преобладанием так называемых игнимбритов. Они заняли значительную часть территории, включая побережье океана coast of ocean, и, заполнив неровности рельефа, создали платообразные равнины. Одновременно с выбросом на поверхность огромного количества пирокластического материала, приведшего к опустошению магматических камер, произошло проседание поверхности по кольцевым разломам. Так возникли кальдеры Узонская, Гейзерная и затем Узонско-Гейзерная депрессия в це-

river valleys, for example, in the middle current of the Staryi Semyachik River (the Bort Ridge), at the Shumnaya River and at the northern outer steepes of the Uzon Caldera.

A special page of geological history if connected with the formation of calderas, during which large explosive eruptions took place as well as formation of vast fields of pyroclastic deposits, the so-called ignimbrites prevailing. They had occupied a considerable part of the territory, including the oceanfront, and formed plateau-like plains having filled irregularities of the relief. Surface subsidence on ring faults occurred simultaneous to the eruption of great volumes of pyroclastic material onto the surface, which led to hollowing out magmatic chambers. In that way, Uzon and Geysir Calderas were formed, as well as the whole Uzon-Geysir depression afterwards. It happened about 80-40 thou-

#### **8. Группа вулканов Большого Семячика. Вид с юго-запада.**

*Group of the Bolshoi Semyachik volcanoes. View from the southwest.*



© В.М. Сугробов V.M. Sugrobov



лом. Это случилось приблизительно 80-40 тыс. лет назад в верхнеплейстоценовое время. Сформированные депрессии и кальдеры в последующий этап геологической истории заполнились водоемами и соответственно озерными осадками. В результате вулканической деятельности, проходившей в это же время в районе вулканотектонических депрессий, возникли разнообразные по составу и форме вулканические постройки. В Узонско-Гейзерной депрессии это были преимущественно экструзивные куполы кислого состава, в пределах Больше-Семьячинской структуры формировались и стратовулканы и экструзивные куполы. За границами депрессий образова-

лись крупные стратовулканы Тауншиц, Кихпинич и серия невысоких шлаковых и лавовых конусов. Время формирования "посткальдерного комплекса" охватывает вторую половину верхнего плейстоцена, то есть последние примерно 40 тыс. лет геологической истории.

Отличительной чертой этого времени было преобладание выноса и накопления на поверхности вулканического материала, что нашло свое отражение в современном рельефе. Особенно это ярко проявилось в районе современного Большого Семьячика, где пемзовые и игнимбритовые толщи вместе с возникшими вулканами: Западным и Восточным Бараньим, Попкова, Проблематичным, Зубчаткой, экструзивными куполами и лавовыми потоками заполнили кальдеру и ее окружение и сформировали собственно массив



**9. Вулкан Большой Семьячик (Зубчатка).  
В центре ледник Кропоткина.**

***Bolshoi Semyachik volcano (Zubtchatka).  
In the center – the Kropotkin glacier.***

sand years ago, in the Upper Pleistocene. During the following stage of the geological history, depressions and calderas were filled up with water-pools and, accordingly, with lacustrine sediments. Volcanic activity continuing at that time in the area of volcanic-tectonic depressions resulted in the formation of volcanic construction different in shape and composition. Within the Uzon-Geyser depression, they were mostly extrusive acidic domes, within the Bolshe-Semyachinskaya structure, both composite volcanoes and extrusive domes were formed. Off the depressions' margins, large composite volcanoes Townshits and Kikhpinych were formed, as well as a number of smaller cinder and lava cones. Formation of the "post-caldera" complex covers the second half of the Upper Pleis-

---

Большого Семячика (фото 8). В том случае, когда внутри вулканотектонических депрессий и кальдер вулканизм развивался незначительно в виде небольших дацитовых и риолитовых экструзий, их кольцевая структура четко прослеживается и сейчас. Пример тому - кальдера Узон. Разрушающие процессы водной и ледниковой эрозии усилили формы вулканического рельефа, оставив свои следы на склонах наиболее высоких стратовулканов в виде глубоких рытвин, каров и барранкосов. В подобных им ложбинах существуют современные ледники, наблюдаемые в настоящее время на вулканах Зубчатка и Кихпиньч (фото 9).

Очертания вулканических гор подчеркивают и долины рек, которые глубоко врезаны в платообразный фундамент нагорья благодаря стремительному течению, многоводности (особенно в период снеготаяния) и, конечно, из-за относительной "мягкости" пирокластических пород, слагающих фундамент. Протяженность рек невелика и достигает первые десятки километров. Две самые большие водные артерии Старый Семячик и Шумная имеют длину соответственно 47 и 40 км. В среднем течении ширина этих рек достигает 20 м, глубина до 1,5 м. Скорость течения изменчива, в средней части равняется 2-4 м/с, в низовье-0,5-1 м/с. Реки, за исключением участков прибрежной равнины, изобилуют перекатами, стремнинами, малыми и большими водопадами и ограничены крутыми и обрывистыми берегами. Долины рек углублены относительно поверхности плато на 400-600 м., ширина долин изменяется от 1 до 3 км, местами долины приобретают вид каньонообразных ущелий.

Вулканические сооружения исполняют роль своеобразной преграды на пути стока воды и реки как бы обтекают крупные элементы вулканотектонических структур. Например, реки Старый Семячик и Шумная. Первая, начинаясь в центральной части массива Большой Семячик, течет на северо-запад, затем, поворачивая на запад и юго-восток и, огибая вулканические постройки, прокладывает русло по

tocene-Holocene, that is, about the last 40 thousand years of the geological history.

The specialty of that period was carrying out of volcanic material and its accumulation on the surface, which had its effect on the modern relief. It is the most prominent in the area of modern Bolshoi Semyachik, where pumice and ignimbrite masses together with the originated volcanoes (Zapadny and Vostochny Baranii, Popkova, Problematichny, Zubchatka), extrusive domes and lava flows occupied the caldera and its surroundings and formed the massif of Bolshoi Semyachik proper (Photo 8). In sites, where volcanism evolved insignificantly in the form of small dacitic and rhyolite extrusions, their ring structure can be traced even nowadays. The example to that - Uzon Caldera. Destructive processes of water and glacier erosion strengthened the volcanic relief forms, having left deep grooves on the slopes of the highest composite volcanoes. Modern glaciers formed in such troughs can now be observed at the volcanoes Zubchatka and Kikhpinych Photo 9).

The shapes of volcanic mountains are also accentuated by the valleys of the rivers deeply engraved into the plateau-like basement of the upland due to their swift current, high water-level (especially in the period of snowmelt) and, naturally, due to the relative "softness" of pyroclastic rocks composing the basement. Rivers are not too long, reaching just the first dozens kilometers in length. Two greatest water-ways are Stary Semyachik (47 km) and Shumnaya River (40 km). in the mid-flow, these rivers reach 20m in width and up to 1.5m in depth. The current speed is variable, being 2-4 m/s in the mid-flow and 0.5-1 m/s in the lower course. The rivers having steep and abrupt banks abound in rifts, chutes, small and large waterfalls. River valleys are 400-600 m deepened relative to the plateau surface, being 1 to 3 km broad, places of a valley get a kind canyon-like gorges.

кольцевому разлому, ограничивающему кальдеру Большой Семычик с юго-запада. Река Шумная в верховье плавно течет по выровненному днищу кальдеры Узон, затем перед участком прорыва древнего озера через юго-восточный борт Узонско-Гейзерной депрессии, срывается водопадом высотой почти 100 м (фото 10) и через узкое ущелье несет свои воды в Кроноцкий залив. Влияние вулканической и гидротермальной деятельности выражается еще и в том, что многие ручьи и отдельные участки рек подпитываются термальными водами, имеют повышенную температуру, специфический химический состав и мутность воды за счет увеличенного содержания взвесей, в частности серных, попадающих в водотоки при размыве измененных глинистых пород. Это ручьи: Ключ Горячий, Бармотина, Желтый (верховье Гейзерной), Кислый, река Гейзерная и другие.



Несмотря на достаточно густую гидрографическую сеть, в летнее время на поверхности вулканического дола редко можно встретить ручьи и водоемы, так как талые воды и дождевые осадки поглощаются хорошо проницаемыми рыхлыми отложениями, и многочисленные по весне водотоки превращаются в “сухие” реки. Крупные озера, если исключить лиман Семычик, имеют вулканогенную природу. Холодное неглубокое озеро Центральное в кальдере Узон унаследовало бывший здесь обширный водоем, а озеро Дальнее возникло на месте маара, воронки одноактного взрывного извержения. Его глубина достигает 25 м. Более мелкие безымянные озера представляют собой, как правило, бессточ-

**10. Низовье стометрового водопада на реке Шумная выше слияния с Гейзерной.**

*Lower part of the hundred-meter waterfall on the Shumnaya river, higher than the confluence point with Geysernaya*

Volcanic construction serve a sort of an obstacle on the way of water flow, and rivers seem to skirt large elements of volcanic-tectonic structures. Example, the rivers Stary Semyachik and Shumnaya. The first, beginning in the central part of a massif Bolshoi Semyachik, flows on northwest, then, turning on the West and a southeast and, bending around volcanic constructions, lays a channel on the ring fault limiting Bolshoi Semyachik caldera with southwest. The Shumnaya river in smoothly flows on the leveled bottom Uzon Caldera, then through southeast board of Uzon-Geyser depression is broken by a falls in height almost 100 m (Photo 10) and through narrow gorge carries the waters in Kronotsky Bay.



ные впадины, заполненные талыми водами и осадками, большинство из которых пересыхают к концу лета.

Распределение растительного покрова заметно увязывается с высотой местности. Прибрежные равнины занимают разнотравные луга, в долинах рек пойменные леса представлены ольхой, зарослями ольхового и кедрового стланика и высоко травья, среди которого преобладают шеломайник, вейник, хвощи. Склоны вулканического нагорья до высоты приблизительно 600 м покрыты березовым лесом преимущественно каменно-березовым (береза Эрмана) с участками кедрового и ольхового стланика, занимающего обычно верхние части склонов долин ручьев и рек (фото 11,12). Выше у подножия вулканов прослеживается пояс кустарниковых зарослей стланика с отдельными полянами лугов и горных тундр. Водораздельные

In the result of volcanic and hydrothermal activity, many streams and some rivers fed by thermal waters have increased temperatures, specific chemical composition and turbidity due to the increased content of dredges, sulfur in particular, that ingress into water flows during the erosion of altered clay rocks. This can be observed at creeks Klyuch Goryachii, Barmotina, Zheltyi, Kislyi, at the Geysrenaya River and others.

Though the hydrographical net is quite thick, one can very seldom see streams and pools over the volcanic dale in the summertime, because snowmelt waters and rainfalls are absorbed by permeable porous deposits. Because of numerous water-currents on spring turn to the “dry” rivers. Large lakes are of the volcanogenic origin except the firth Semyachik. Cold shallow lake



**11. Каменная береза (береза Эрмана) на переднем плане и ольховый стланник на склонах вулканического плато.**

*Stone birch (Ehrman's birch) in the foreground and alder elfin wood at the slopes of the volcanic plateau.*



12. Долина реки Ручей Безымянный.

*The valley of Bezutyanny creek*

пространства нагорья и собственно вулканические постройки характеризуются разреженным растительным покровом. Наиболее часто встречаются горные тундры со стелющимися низкорослыми зарослями багульника, голубики стланиковой формы и развитием мохово-лишайникового покрова, редких кустов кедрового стланика. Следует отметить, что на этом участке Кроноцкого заповедника встречаются редкие виды растительного мира, к которым относятся пихта камчатская (ее роща расположена на правом берегу устьевой части р. Семьячик) и особые растительные группировки вблизи поверхностных термопроявлений.

Centralnoye in the Uzon Caldera had inherited the former water pool, while the Dalnee Lake originated in a maar, within a crater of a single explosive eruption; its depth is about 25m.

Distribution of vegetation is notably linked to the altitude of the region. Littoral plains are covered by motley-grass meadows,, while in the river valleys flood-plain forests are presented by alder-trees, cedar elfin-woods and high grass. Slopes of volcanic highlands

up to 600m are covered by mostly Ehrmann's birches with some plots of cedar and alder elfin-woods usually jacketing upper slopes of river valleys (Photo 11, 12). Higher up, at the volcano foot, a zone of bushes and elfin-woods with single meadows and mountain tundra can be observed. Watersheds of the highland and the volcanic construction are characterized by thin vegetation. Most typical is mountain tundra with trailers of wild rosemary, blueberries and moss-lichen herbage. It should be noted that rare species of flora occur at this area of the Kronotsky Preserve, namely the grove of the Kamchatka silver fir at the right bank of the Semyachik River mouth, and peculiar plant groups in the vicinity of surface thermal manifestations.

---

## ПОВЕРХНОСТНЫЕ ТЕРМОПРОЯВЛЕНИЯ SURFACE THERMAL MANIFESTATIONS

---

Своеобразие ландшафта района вместе с действующими и молодыми вулканами заключается в существовании многочисленных и разнообразных поверхностных термопроявлений. Все они практически приурочены к трем основным участкам развития современной гидротермальной деятельности: к вулканическому массиву Большой Семячик, кальдере Узон и вулкану Кихпинич. Эти места сосредоточения наблюдаемой гидротермальной активности относятся к трем гидротермальным системам Семячинской, Узонской и Гейзерной, которые объединены в Семячинский геотермальный район.

Что же такое **гидротермальная система**? В настоящее время этим термином обозначают участки распространения высокотемпературных подземных вод, заключенных в пределах определенных геологических структур и нагреваемых теплом неглубокозалегающих магматических очагов. Тепловой поток здесь в 40-100 раз превышает глубинный средний тепловой поток, который характерен для обычных условий. Нагретая до высокой температуры (до 200-350°C) вода находится под соответствующим глубине их залегания гидростатическим давлением и поэтому в большинстве случаев представлена жидкой фазой. Такие системы относятся к гидротермальным системам с преобладанием воды. В гидротермальных системах с преобладанием пара вода находится преимущественно в паровой фазе, так как давление недостаточно велико, чтобы предотвратить парообразование в водоносных слоях.

Движение воды в системах определяется с одной стороны перепадом гидростатического давления в зоне водного питания (обычно приподнятые участки рельефа, в частности подножие вулканичес-

Peculiarity of local landscape, together with active and young volcanoes, consists in the existence of numerous and various thermal manifestations. All of them are in fact confined to three major areas of the development of recent hydrothermal activity: volcanic massif of Bolshoi Semyachik, Uzon Caldera and the Kikhpinych volcano. These centers of the observed hydrothermal activity refer to three hydrothermal systems: Semyachinskaya, Uzon and Geysernaya ones, grouped into the Semachinskii hydrothermal region.

So, what is a **hydrothermal system**? At present, this term defines areas of distribution of high-temperature ground waters within the limits of certain geological structures, heated by shallow magmatic chambers. Heat flow 40-100 times exceeds the average deep one typical for usual conditions. Water, heated up to 200-350°C, is hydrostatically pressurized according to its depth and in most cases presents the liquid phase. Those are hydrothermal systems of the hot-water type. In vapor-dominated systems, vapor phase of water usually occurs, because pressure is not high enough to prevent steam formation in aquifers.

Movement of water in systems is defined on the one hand conditioned by hydrothermal pressure drop in the water-feeding zone (usually elevated areas of the relief, especially the foot of volcanic construction) and in the so-called discharge zone at the lowered areas. On the other hand, movement of water is influenced by the difference between the density of heated and cool water masses. In hydrothermal systems of the first type, the pressure level of ground waters tops the relief marks, and the water therefore



ких построек) и в зоне так называемой разгрузки, являющейся, как правило, пониженными участками рельефа. С другой стороны - различием в плотности нагретой и менее нагретой массами воды. В гидротермальных системах первого типа напорный уровень подземных вод в пониженных участках рельефа превышает его отметки и поэтому вода по трещинам в верхней водонепроницаемой кровле поднимается на поверхность и происходит, как говорят специалисты, разгрузка подземных вод. Высокотемпературные воды в зоне разгрузки, в условиях понижения давления могут вскипать на различных глубинах, что приводит к появлению на поверхности не только водных горячих или кипящих источников, но и гейзеров, паровых струй, грязевых и водных кипящих котлов, нагретого до различных температур грунта. Отмеченное разнообразие термопроявлений свойственно именно системам с преобладанием воды, примером которых в нашем случае является Гейзерная гидротермальная система.

Рассмотрим виды термопроявлений.

**Источники водные** - естественный выход на поверхность подземных вод. По температуре источники могут быть холодными, теплыми, горячими или кипящими (пароводяными), если температура подземных вод у поверхности достигает более 100°C. Характерным признаком последних является наряду с кипением воды интенсивное выделение пара. *Разновидность кипящих источников - гейзеры.* Источники могут быть восходящими и нисходящими. Восходящие источники образованы выходами на поверхность напорных, находящихся под давлением подземных вод, нисходящие источники - это истечение безнапорных грунтовых вод. По характеру режима расхода или дебита источники делятся на постоянные, переменные или пульсирующие.

**Паровые струи** - естественные концентрированные выходы пара на поверхность. Обычно наблюдаются на возвышенных участках рельефа и часто сопровождаются выделением газа. В случае

ascends to the surface by the fissures of the upper waterproof layer, and the discharge of ground waters occurs. Conditioned by decreasing pressure, hot temperature waters in the discharge zone may boil at different depths, which leads to the surface outbreak of hot and boiling water springs, as well as to the emergence of geysers, steam jets, mud and water boiling pots and heating of the ground. Such a diversity of thermal manifestations is typical only for such hot-water systems as the Geysernaya hydrothermal system.

Let's consider the types of thermal manifestations.

**Water springs** – natural discharge of ground waters onto the surface. Depending upon their temperature, springs can be cold, warm, hot or boiling (water- steam), if water near the surface reaches the temperature above 100°C, for which intensive steam emission is also typical. *Geyser is a sort of a boiling spring.* Springs can be ascending and descending. Ascending springs are formed by surface discharges of pressure ground waters, while descending ones are the outflows of non-pressurized ground waters. By the nature of the discharge regime, springs are distinguished as permanent, altering or pulsating.

**Steam jets** – natural concentrated surface steam-outs, typically observed at elevated part of the relief and often accompanied by gas emissions. In case of intensive gas emission, the jets are called steam-gas. Within hydrothermal systems, those are mostly discharges of saturated vapor whose temperature equals the boiling-point for the given altitude. Strong steam-gas jets, especially ones with temperature exceeding the boiling point (overheated steam) are sometimes called fumaroles, analogous to concentrated steam and gas discharges from the fissures within craters or at the active volcanoes' slopes.

**Mud pots** – small surface micro-relief craters filled with slurry presenting

интенсивного его выделения струи именуются парогазовыми. В гидротермальных системах это преимущественно выходы насыщенного пара, то есть его температура равна точке кипения воды на данной высоте местности. Мощные парогазовые струи, особенно, если их температура превышает точку кипения (перегретый пар), называют иногда фумаролами по аналогии с концентрированными выходами пара и газа из трещин в кратерах или на склонах активных вулканов.

**Грязевые котлы** - воронки на поверхности микрорельефа, заполненные жидкой глинистой массой, представляющей собой смесь поверхностных вод с конденсатом пара и глинистыми частицами. Температура смеси изменяется в зависимости от соотношения поверхностной воды и поступающего по трещинам из глубины пара. Часто температура в них достигает точки кипения и тогда можно наблюдать характерное бульканье и выплескивание жидкой грязи из бессточной, как правило, воронки (фото 13). Грязевые котлы образуются в местах, где под действием пара горные породы химически разлагаются и превращаются в пестро окрашенные глины. Из-за изменяющегося количества поверхностной воды, попадающей в котлы, состояние их меняется в течение года. Наиболее активный "горячий" и "сухой" вид они имеют поздним летом. Зимой и весной котлы часто заполнены водой разной мутности и температуры.

**Котлы водные, горячие или кипящие**, в сущности, представляют собой разновидность грязевых котлов, стенки



13. Грязевые котлы-близнецы в долине Гейзеров - характерный пример термоявлений типа кипящих грязевых водоёмов.

*Twain mud pots in Geysers Valley – typical example of thermal manifestations of the bubbling mud pool type*

the mixture of surface waters with steam condensate and clay particles. Temperature of the mixture varies depending upon the ratio of surface water and steam ascending from the depth along the fissures. Frequently the temperature in them reaches the boiling-point, and in this case one can observe typical bubbling and splashing of slush from a usually drainless crater (Photo 13). Mud pots are formed in the areas where rocks chemically decompose exposed to steam and transform into motley clays. Because of the varying volumes of surface waters penetrating into the pots, their state changes within one year. They are the most active, "hot" and "dry" late in summer. In winter and spring, pots are often filled with water of various turbidity and temperature.

**Pots water, hot or boiling** actually present a sort of mud pots, whose

---

которых сложены твердыми породами. В них отсутствует глинистая масса, а заполняющая котлы вода чаще всего также образована смешением поверхностных вод и конденсата пара. Иногда несколько рядом расположенных котлов объединены общей водной поверхностью, создавая различных размеров термальные озера. Уровневый и температурный режимы имеют сезонный характер и зависят от количества поступающей в водоемы поверхностной воды.

**Нагретый и парящий грунт** - верхний слой грунта, включая почву, нагретый до температуры выше среднегодовой температуры при выходе горячей воды и пара на поверхность. Температура поверхности на таких участках весьма изменчива и достигает максимально температуры кипения воды на данной высоте. Участки нагретого грунта выделяют по температуре, измеренной на глубине 0,5-1 м, чтобы исключить влияние сезонных, суточных и годовых изменений температуры воздуха и других поверхностных факторов (например, осадков, ветра и т.д.). Самые высокотемпературные зоны легко обнаруживаются по площадному парению, особенно заметному в безветренную пасмурную погоду и приурочены к местам непосредственного выхода пара на поверхность. Нередко в центре таких зон находятся сосредоточенные выходы горячей воды и пара: паровые струи, кипящие водные и грязевые котлы, кипящие источники и гейзеры. Менее нагретые участки окружают этот центр активности, образуя замкнутые распределенные по температуре полосы. Чаще всего нагретый грунт представлен красной или пестро цветной глиной, которая также как в случае с грязевыми котлами образуется при взаимодействии горных пород с паром и горячей водой. Температурная зональность, свойственная участкам нагретого грунта, достаточно хорошо прослеживается по характеру поверхности. Зона с температурой грунта менее 20°C на глубине 1 м, постепенно переходящая в обычную "холодную" почву имеет развитый травяной покров. Зоны с температурой 50-70°C и более 70°C на глубине 1м, выделя-

sides are composed of solid rocks. There is no slurry in them, and water filling the pots is also a mixture of surface waters and steam condensate. Sometimes, several adjacent pots are joint by common water surface thus forming thermal lakelets and pools different in size and shape. Level and temperature regimes are seasonal and depend upon the volume of entering surface waters.

**Heated and steaming ground** is the upper ground layer, including soil, heated up to the temperature exceeding the temperature at the discharge of hot water and steam onto the surface. Surface temperature of such areas is quite unsteady and reaches the maximum of water boiling-point at a given altitude. Areas of the heated ground are distinguished by the temperature measured to the depth of 0.5-1 m, thus excluding the influence of yearly, seasonal and diurnal variations of air temperature and other external factors (e.g. precipitates, winds, etc.). Areas with the highest temperatures can be easily recognized by surface steaming, especially notable when the weather is calm and overcast; they are confined to the sites of immediate surface steam discharge. Steam and hot water outflows (steam jets, boiling water and mud pots, boiling springs and geysers) are often concentrated in the center of such areas. Less heated zones surround those active centers forming closed belts of temperature distribution. Heated ground is mostly presented by red or motley clays formed in the result of rock interaction with steam and hot water. Temperature zonality typical for heated ground areas is well traced by the surface nature. Zones with ground temperature below 20°C at the depth of 1 m, gradually turning to usual "cold" soil, are covered by thick grass. Zones with temperature of 50-70°C and more at the depth of 1 m, are distinguished by open clay surface with separate spots of small grass and mosses (Photo 14). Surface

ются открытой глинистой поверхностью с отдельными пятнами низкотравной растительности и преимущественно мхов (фото 14). Температура поверхности здесь изменяется от 30°C до практически температуры кипения (на площадках парящего грунта).



14. Участки нагретого грунта хорошо выделяются по концентрической зональности растительного покрова или его отсутствию.

*Areas of heated ground are well distinguished by concentric zonation of vegetation or its absence.*

нее удивительно, чем водные и грязевые кипящие термопроявления и, конечно, наблюдается также только в пределах гидротермальных систем и активных вулканов.

Группы термопроявлений, расположенные более или менее компактно, образуют **термальные поля**. Пространственное положение термальных полей, их число, конфигурация, размеры и преобладающий вид термопроявлений определяется типом гидротермальной системы, ее мощностью и особенностями геологического строения. Термальные поля всех систем, имея общие характерные черты, обусловленные однотипностью термопроявлений, вместе с тем отличаются друг от друга за счет преобладающего развития одного или нескольких видов поверхностной гидротермальной активности. Так, в отличие от Гейзерной гидротермальной системы термальные поля Семьячинской системы (с преобладанием пара), характерны тем, что здесь основными термопроявлениями являются мощные газопаровые струи, парящие площадки, грязевые и водные кипящие котлы, но пол-

temperature here varies from 30°C to almost boiling-point (at the areas of steaming ground). It should be noted that the phenomenon of heated and steaming ground is also amazing, as water and mud boiling thermal manifestations, and can also be observed only in the areas of hydrothermal systems and active volcanoes.

**Thermal fields** are formed by groups of thermal manifestations, more or less closely located. Spatial location of thermal fields, their number, shapes, configurations, sizes and prevailing types of thermal manifestations are predetermined by the type of hydrothermal system, its capacity and peculiarities of geological structure. Having some common features due to the similarity of thermal manifestations, thermal fields still differ from each other by the prevailing development of one or several types of surface hydrothermal activity. Thus, in contrast to the Geyser hydrothermal system, thermal fields of the Semyachinskaya system (vapor-dominated) are notable in the way that major thermal manifestations



---

ностью отсутствуют источники глубинных подземных вод.

Термальные поля в сочетании с оригинальными формами вулканического рельефа и окружающей растительностью создают неповторимый ландшафт на участках каждой из гидротермальных систем района: Гейзерной, Узонской и Семьячинской.

here are powerful steam-gas jets, steaming grounds, mud and water boiling pots, whereas there is no springs of deep ground waters.

Thermal fields combined with peculiar shapes of volcanic relief and plants, create a unique landscape at the areas of each hydrothermal system of the region: Geyser, Uzon and Semyachinskaya ones.

---

## ТЕРМАЛЬНЫЕ ПОЛЯ И ГОРЯЧИЕ ИСТОЧНИКИ СЕМЯЧИНСКОГО РАЙОНА

### THERMAL FIELDS AND HOT SPRINGS OF THE SEMYACHINSKY REGION

---

**Термопроявления вулканического массива Большой Семьячик (Семьячинской системы).** Все известные здесь поверхностные термопроявления приурочены к группе разнообразных вулканических построек, образующих массив Большой Семьячик. В настоящее время считается, что они связаны с гидротермальной системой с преобладанием пара, сформированной в недрах под вулканическим массивом. Подробная характеристика термальных полей дана В.И. Володавцем, В.В. Аверьевым и Е.А. Вакиным.

У юго-восточного подножия массива Большой Семьячик, в 3 км от Тихоокеанского побережья и в 14 км севернее пос. Жупаново, находятся самые популярные источники данной группы - *Нижне-Семьячинские горячие ключи*. Впервые упомянутые С.П. Крашенинниковым, они подробно исследованы в 1933 г. и описаны Б.И. Пийпом. Выходы горячей воды наблюдаются в верховье небольшой долины. Стекающая вода образует вначале маленький горячий ручеек, становясь постепенно многоводным типично горным ручьем, изоби-

**Thermal manifestations of the Bolshoi Semyachik volcanic massif (Semyachinskaya system).** All thermal manifestations here are confined to a group of various volcanic construction forming the Bolshoi Semyachik massif. They are presently considered to be connected with a vapor-dominated hydrothermal system developed beneath the massif. Detailed characteristics of these thermal fields are given by V.I. Volodavets, V.V. Averiev and E.A. Vakin.

The most popular springs of the group, *Nizhne-Semiachinskiye Hot Springs*, are located at the South-Eastern foot of the Bolshoi Semyachik massif, 3 km inland from the Pacific shore and 14 km north of the Zhupanovo Settlement. First mentioned by С.Р. Krasheninnikov, they were studied in 1933 and described by B.I. Piip. Hot water outflows occur at the head of a small valley. Running water forms a tiny brook that gradually turns into a deep typically mountain stream with lots of beautiful warm thermal waterfalls. Bath-

люющим красивыми и, главное, теплыми, термальными водопадами. На протяжении более чем 150 м видны по слабому парению выходы воды в ручье, получившем и соответствующее название - Горячий Ключ. Купание в многочисленных ваннах и под



© В.М. Сугробов В.М. Сугробов

струями теплого водопада доставляет истинное наслаждение. Вода источников по химическому составу - гидрокарбонатно-сульфатная, магниевая-кальциевая с общей минерализацией 1,6 г/л. Температура воды на выходе составляет 49°C, в ручье 38-40°C с уменьшением по течению ручья. Расход (дебит) отдельных источников достигает 5 л/с, а ручья в верховье - около 70 л/с.

На участке Нижне-Семячинских (1 на рис. 1) источников имеется еще несколько термальных источников с меньшей температурой и минерализацией: в соседних с Горячим Ключом долинах ручьев Теплого и Лиманного; в пляжной зоне берега Кроноцкого залива между устьями р. Первая Речка и руч. Горячий Ключ.

*Средне-Семячинские источники* (2 на рис. 1) расположены в несколько выравненной здесь долине среднего течения р. Старый Семячик, в 2,5 км южнее вершины вулкана Плоско-Кругленький. Обнаружены и впервые описаны совсем недавно, в 1984 г. О.Н. Егоровым и Я.Д. Муравьевым. Источники наблюдаются в прирусловой части реки на обоих берегах (фото 15). Са-

ing under the streams of a warm waterfall is a real pleasure.

By its chemical composition, spring waters are hydrocarbonate-sulfate, magnesium-calcium with total mineralization of 1.6 g/l. discharge water temperature is 49°C, in the creek – 38-40°C decreasing with the current. Flow rate of some springs reaches 5 l/s, that of the headstream being about 70 l/s.

At the area of Nizhne-Semiachinskiye Springs (1 in Fig. 1), there are some more thermal springs with lower temperature and mineralization: within the valleys of the Teply (Warm) and Limanny creeks, adjacent to the Goryachy Klyuch (Hot Spring); within the beach zone of the Kronotsky Gulf, between the outfalls of the Pervaya Rechka River and the Goryachy Klyuch creek.

*Sredne (Middle) Semiachinskiye Springs* are located in a bit flattened valley of the mid-current of the Stary (Old) Semyachik River, 2.5 km South of the Plosko-Kruglenky volcano top. The springs occurring on both sides of the

**15. По обоим берегам реки Старый Семячик разгружаются термальные воды - Средне-Семячинские источники.**

***Thermal waters discharge along both sides of the Staryi Semyachik river – Sredne-Semiatchinskiye springs.***

мые верхние выходы воды отмечены на левом берегу под обрывом, представляющем собой часть экструзии. Отсюда они прослеживаются вниз по течению реки на расстоянии приблизительно 350 м. Полоса выходов воды заметна по появлению зеленых водорослей, белесых налетов минеральных новообразований и старых травертинов. Дебит источников небольшой, суммарная разгрузка оценивается нами в 14 л/с, дебит отдельных выходов составляет всего 0,3-0,5 л/с, максимальная температура (98°C) достигает практически точки кипения на данной высоте местности относительно уровня моря (около 270 м). Состав воды - хлоридно-гидрокарбонатно-натриевый с общей минерализацией 1,1 г/л. Вблизи источников на левом берегу, уже на выровненной поверхности вулканического дола находится небольшой домик Кроноцкого заповедника, рядом с которым проходит тропа от лимана Семячик к вулкану Бурлящему и Синему долу.

*Термальные поля вулкана Центральный Семячик* (3 на рис. 1) занимают северо-западную часть вулкана, располагаясь в разрушенном северном кратере и южном старом кратере вулкана. Термопроявления представлены грязевыми и водными кипящими котлами, небольшими струйками пара, участками парящего и нагретого грунта. Термальное поле северного кратера протягивается на расстояние почти 500 м. С севера на юг его пересекает небольшой ручеек, который вместе с притоками расчленяет поверхность поля, придавая ему вид слегка всхолмленной равнины. Ландшафт этого участка имеет своеобразный, какой-то тревожный, неземной характер. Яркие желтые пятна гидротермально-измененных глин, местами охваченных белой дымкой выделяющегося пара с запахом сероводорода, кипящие водные котлы, полное отсутствие растительности, и все это на фоне живописных стенок разрушенного кратера (фото 16,17). Один из элементов термального поля - знаменитое "Черное озеро", водоем размером 50x20 м, заполненный горячей водой, над поверхно-

river (Photo 15), were discovered and described not so long ago (in 1984) by O.N. Egorov and Ya.D. Muraviov. The uppermost water vents were found on the left bank under a steep presenting a part of an extrusion. From here, the springs can be traced down the river for about 350 m. A band of water vents is distinguished by the occurrence of green algae, whitish spots of new mineral formations and old travertines. Flow rate of the springs is not large, total discharge is estimated as 14 l/s, discharge of some springs being only 0.3-0.5 l/s; maximum temperature (98°C) almost reaches the boiling-point for the given altitude above the sea level (about 270 m). Water composition is chloride-hydrocarbonate-sodium with total mineralization of 1.1 g/l. Near the springs there is a small house of the Kronotsky Preserve, and a path from the Semyachik silted estuary to the Burlyashchy (Bubbling) volcano and the Blue Dale.

*Thermal fields of the Central Semyachik volcano* (3 in Fig. 1) occupy the North-Western part of the volcano covering its collapsed Northern crater and old Southern crater. Thermal manifestations are presented by mud and water boiling pots, small steam jets, areas of steaming and heated ground. Thermal field of the Northern crater extends almost over 500 m. It is intersected by a small streamlet dividing the surface and making the field look like a bit hilly plain. Landscape of this area seems perturbed and even supernatural. Brisk yellow spots of hydrothermally altered clays, randomly hazy due to white gas emissions with hydrogen sulphide smell, boiling water pots and total absence of plants seem strange against the background of vivid sides of the collapsed crater (Photo 16, 17). One of the elements of the thermal field is the famous "Black Lake", a pool sized 50x20 m, filled with hot water with boiling fountains rising above it. Water is black due to the presence of fine pyrite content. In the Southern cra-

стью которого вздымаются кипящие фонтанчики. Черный цвет воды обусловлен содержанием тонкодисперсного пирита. Это удивительное явление природы впервые описал С.П. Крашенинников: “Сии ключи в том от всех других отменны, что по поверхности их плаваает черная китайским чернилам подобная материя, которая 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 яицами пахнет”. В южном кратере Центрального Семячика гидротермальная активность проявляется в прогреве отдельных участков грунта, максимальная температура которого достигает 70-90°C на глубине 1 м.

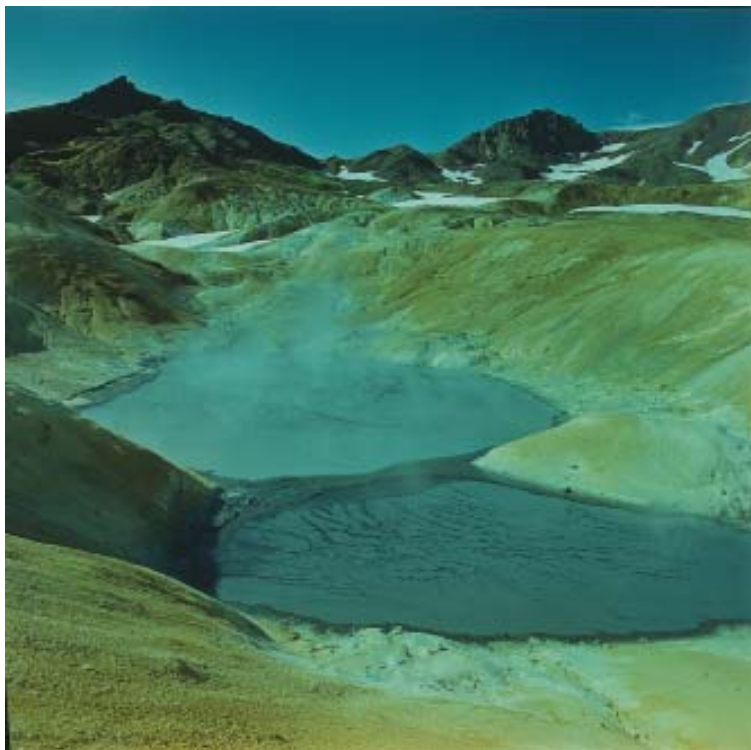
*Термальные поля вулкана Бурлящий* (4 на рис. 1) наиболее ярко выражают сейчас поверхностную гидротермальную деятельность Семячинской системы. Большая часть термопроявлений объединены в два термальных поля: Верхнее и Парящая долина. Первое расположено на левом склоне ручья, являющегося правым истоком р. Старый Семячик (фото 18). Размеры его по температуре более 20°C на глубине одного метра примерно составляют 200x500 м. В отличие от других полей гидротермальной системы здесь наряду с грязевыми и водными кипящими котлами, струями насыщенного пара и парящим грунтом, имеются мощные

ter of Central Semyachik, hydrothermal activity manifests itself in heating some ground areas, where maximum temperature reaches 70-90°C at the depth of 1 m.

*Thermal fields of the Burlyashchii (Bubbling) volcano* (4 in Fig 1) the most expressively present nowadays' surface hydrothermal activity of the Semyachinskaya system. Most thermal manifestations are joined into two thermal fields. The first one is called Verkhnee, and is located at the left slope of the creek, which is the right tributary of the Old Semyachik River (Photo 18). A 20°C area at the depth of 1 m is 200x500 m in size. In contrast to other field of the hydrothermal system, powerful overheated steam jets with the discharge temperature up to 137°C can be observed here. The second field, called

**16. Поле гидротермально-измененных глин и Черное озеро в кратере вулкана Центральный Семячик.**

***Field of hydrothermally altered clays and lake Chernoe (Black) in the crater of the Central Semyachik volcano***





“перегретые” паровые струи с температурой на выходе до 137°C. Термальное поле Парящая долина находится в расширенной части долины этого же ручья и имеет более или менее изометричную форму размером 250 м в диаметре. Максимальная температура пара на поверхности достигает точки кипения на данной высоте - 97°C. Кроме того, на вышеперечисленных термальных полях Центрального Семячика, вулкане Бурлящем и вблизи них встречаются теплые, реже горячие источники, образованные при смешении конденсата пара и поверхностных вод. Их отличает от “настоящих” источников, связанных с разгрузкой глубинных подземных вод, малень-



**17. Парогазовые струи (фумаролы) в кратере вулкана Центральный Семячик.**

***Vapor-gas jets (fumaroles) in the crater of the Central Semyachik volcano.***

кий, обычно, дебит (0,2-0,5 л/с), низкая минерализация и кислый сульфатно-натриевый состав воды. Заметим, кстати, что иногда термоявления Бурлящего и Центрального Семячика называют Верхне-Семячинскими источниками. Источники..., вероятно, не совсем точно.

Следует отметить, что напротив Верхнего термального поля Бурлящего на левом берегу ручья расположен небольшой домик Кроноцкого заповедника. Отсюда продолжается пешеходная тропа к кальдере Узон и Синему долу.

**Термоявления кальдеры Узон (Узонской системы).** Расположены термоявления (5 на рис. 1) на относительно плоском дне ее чашеобразной котловины, имеющей размеры 8x12 км. По отношению к поверхности вулканического плато оно опущено на 400-500 м и имеет отметки 650-

the Paryashchaya (Steamy) valley, is located in the broader part of the same creek valley and has more or less isometric shape, 250 m in diameter. The maximal temperature steam on a surface reaches a boiling point at the given altitude - 97°C. Besides, the above thermal fields of Central Semyachik volcano, as well as the Burlyashchii volcano, near to them there are warm, less often the hot springs formed in the result of steam condensate mixing with surface waters. Such springs are distinguished for their usually low flow rate (0.2-0.5 l/s, low mineralization and acidic sulfate-sodium water composition.

It should be noted that a small house of the Kronotsky Preserve is located opposite the Verkhnee thermal field, at the left bank of the creek, as well

700 м. Гидротермальная деятельность сосредоточена в районе озера Центрального. Первое систематическое описание термопроявлений было сделано Б.И. Пийпом в 1934-1937 гг., но наиболее полная характеристика дана позднее в 1966-1976 гг. Г.Ф. Пилипенко, С.И. Набоко и Г.А. Карповым. Термальные поля, среди них самые крупные Восточное и Фумарольное, протянулись полосой широтного направления на расстояние 2,5 км. Наиболее характерные термопроявления - это разнообразные горячие водные и кипящие котлы, воронки, которые местами объединены общей водной поверхностью в термальные озера (фото 19). Самое большое из них - Фумарольное, заполняющее котловину размером 300x600 м. Водная гладь его и других озер скрывает гидротермальные воронки диаметром от первых метров до 100-150 м., хорошо видимые с некоторой высоты по

as the footpath to the Uzon Caldera and the Blue Dale.

*Thermal manifestations of the Uzon Caldera (Uzon system)* (5 in Fig 1) occupy the relatively flat bottom of its bowl-shaped basin 8x12 km in size. That bottom is 400-500 m lower than the volcanic plateau and its marks are 650-700 m. Hydrothermal activity is concentrated in around the Centralnoye Lake. First systematic description of the area had been given by B.I. Piip in 1934-1937, but was extended and updated later by G.F. Pilipenko, S.I. Naboko and G.A. Karpov. Thermal fields form latitudinal strike over 2.5 km. Most typical thermal manifestations are various hot and boiling water pools, occasionally joint by common water surface thus forming thermal lakes (Photo 19) of which the largest Fumarolnoye one (300x600m). Water surface of this and other lakes hides hydrothermal craters up to 100-150 m in diameter that can be clearly distinguished by different colors of water, if to look at them from some height. Most water mass of lakes and pools is formed by mixing cold surface waters and steam condensate. Some lakes and cauldrons serve as discharges for hot and overheated chloride-sodium ground waters, which can be defined by high outflow rates and, naturally, by means of chemical analysis revealing essentially chloride com-



18. *Верхнее термальное поле вулкана Бурлящий. На заднем плане вулкан Зубчатка.*

*Upper thermal field of the Burlyashchii volcano. Zubtchatka volcano in the background.*

различному цвету воды. Большая часть водной массы озер и котлов образована при смешивании холодных поверхностных вод и конденсата пара. Некоторые озера и котлы служат также местом разгрузки горячих или перегретых хлоридно-натриевых подземных вод. Водоёмы, питаемые ими можно отличить по большому стоку (расходу) и, конечно, с помощью химического анализа - вода в



них имеет существенно хлоридный состав. Возможность смешения вод, характеризующихся различным составом и температурой, является причиной разнообразия типов наблюдаемых на поверхности вод от хлоридно-натриевых с минерализацией до 4 г/л и до гидрокарбонатно-сульфатных и сульфатно-натриевых вод. Здесь имеется у северо-западного подножия г. Белой источник минеральной воды типа Нарзанов.

Максимальная температура термопроявлений достигает температуры кипения (около 98°C), хотя многие имеют температуру в диапазоне: от максимальной до 10-20°C. Общий вынос тепла термопроявлениями Узона 268 МВт<sub>т</sub>.

Многочисленные озера с различной температурой, паровые струи и источники, грязевые и водные котлы, чередующиеся с участками разнотравья и зарослями кедрового и ольхового стланика, отдельными рощицами каменной березы и все это в обрамлении обрывов стенок кальдеры, создает живописный неповторимый облик этому примечательному уголку Камчатки.

#### **19. Кальдера вулкана Узон.**

##### *Caldera of the Uzon volcano.*

position. Ability for mixing waters different in composition and temperature is a good ground for the diversity of water types observed at the surface – from chloride-sodium with mineralization up to 4 g/l, to hydrocarbonate-sulfate and sulfate-sodium. A Narzan-type source of mineral water is located at the foot of the Belaya (White) Mount.

Maximum temperature of thermal manifestations reaches the boiling point (about 98°C), though many of them have temperatures from maximum to 10-20°C. Total carrying out of heat of Uzon makes 268MWt.

Numerous lakes, steam jets and springs, mud and water pools interleaving with spots of grass, cedar elfin woods and small spinneys of birches, all that at the background of the caldera sides' steeps, make this unique nook of Kamchatka picturesque and magnificent.

---

Недалеко от небольшого термального озера – Банного - расположен домик, стационар Института вулканологии и Кроноцкого заповедника.

И, наконец, термальные поля и гейзеры Гейзерной гидротермальной системы, являющиеся предметом данного издания, подробно рассмотрены ниже. Сейчас лишь назовем их. Гейзеры и основные термальные поля Долины Гейзеров (6 на рис. 1), Верхне-Гейзерное поле (7), источники верхьев р. Гейзерной (8), термоявления сопки Желтой (9) и вулкана Кихпинич (10).

Not far from a small Bannoye thermal lake, one can find a field house that belongs to the Institute of Volcanology and the Kronotsky Preserve.

Thermal field and geysers of the Geysernaya hydrothermal system are further considered in details. So for now, let us just name them: geysers and major thermal fields of the Valley of Geysers (6 in Fig. 1), Verkhne-Geysernoye field (7), springs of the upper Geysernaya River (8), thermal manifestations of the Zheltaya (Yellow) Hill (9) and those of the Kikhpinych volcano (10).

---

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОЛИНЫ ГЕЙЗЕРОВ

## GENERAL CHARACTERISTICS OF THE VALLEY OF GEYSERS

---

Чтобы увидеть гейзеры, сосредоточенные в низовье реки Гейзерной, необходимо приблизиться к ним вплотную, спустившись с верховий реки или по крутым склонам долины с окружающих гор. Самый легкий путь, конечно, прилететь на вертолете, как это делают сейчас многие счастливые посетители Долины Гейзеров. Можно попасть в Долину Гейзеров и пешком ходом по тропам, которые проложили первые, после Т.И. Устиновой, исследователи гейзеров и туристы. Маршрут начинаются в бывшем поселке Жупаново (см. рис. 1). Одна из троп идет по берегу Тихого океана, а после переправы р. Шумной, поворачивает к Горному плато (фото 20). Тропа заканчивается сложным спуском к левому берегу реки Гейзерная по долине

To see the geysers located at the lower Geysernaya River, one should approach them very close. The easiest way to do that is to take a helicopter, which is used by most visitors of the Valley of Geysers. It is possible to get in the Valley of Geysers and on foot on tracks which have laid the first, ambassador T.I. Ustinova, researchers of geysers and tourists (Photo 20). A route begin in former settlement Zhupanovo (see fig. 1). Now movement on it of tourists probably in unusual cases from the sanction of administration of Preserve.

But we are taking the rout T.I. Ustinova had chosen undertaking her second expedition to the geysers, that passing from the upper Geysernaya River and





ручья Водопадного. Другая тропа идет от Семячинского лимана на север к Нижне-Семячинским источникам и затем к перевалу между вулканами Зубчатка и Центральный Семячик. Обходя с юга вулкан Бурлящий, она ведет к Узонской кальдере. Далее тропа идет

по левобережью Шумной между сопкой Гейзерная и плато Круглое и выходит к правому берегу Гейзерной. Эти пешеходные пути, открытые в 1962 г. в период работ экспедиции, руководимой В.В. Аверьевым, стали обычными для туристов (фото 21). В конце 60-х годов прошлого века по обозначенным тропам был проложен пешеходный кольцевой туристский маршрут: Жупаново – Семячинский лиман – вулкан Бурлящий –

**20. Старая тропа в Долину Гейзеров идет по берегу Тихого океана.**

***Old path to Valley of Geysers along the coast of Pacific ocean***

down it, thus having an opportunity to get acquainted with the river basin and the vicinity of the Valley of Geysers.

Geysernaya River originates at the Southwestern slopes of the complex Kikhpinych-Zheltaya volcanic massif (Photo 21). Glancing at the map of the area, you can see that the river resembles the Latin letter S whose axis is stretched and directed South-West (Fig. 2). The river is

about 12 km long, altitude differential being almost 750 m given the average incline of 0.06. The river basin occupies area of about 40 km<sup>2</sup>; flow rate at mean water makes up to 1.5-2 m<sup>3</sup>/s increasing signifi-

**21. На Семячинском перевале тропы в Долину Гейзеров, впереди кальдера Узон и долина Гейзеров. Внизу справа В.В. Аверьев, 1966 г.**

***The pass to the Valley of Geysers: Semyachik pass; Uzon Caldera and Valley of Geysers ahead. Right below: V. V. Averiev. 1966.***



Долина Гейзеров – устье Шумной – Жупаново. В настоящее время передвижение по нему туристов возможно в исключительных случаях с разрешения администрации заповедника.

Выберем дорогу, которой прошла Т.И. Устинова, совершая свой второй поход к гейзерам в июле 1941 г., от верховий реки Гейзерной вниз по ее течению и познакомимся с окрестностями Долины Гейзеров, бассейном Гейзерной.

Река Гейзерная берет свое начало на юго-западных склонах сложно построенного вулканического массива Кихпиньч-Желтая (фото 19). Если взглянуть на карту района, то можно увидеть, что в плане река напоминает латинскую букву **S**, ось которой вытянута и направлена на юго-запад (рис. 2). Протяженность Гейзерной, принимая за основной исток ручей Прозрачный, составляет около 12 км, а перепад высот – почти 750 м при среднем уклоне 0,06. Площадь бассейна реки равна приблизительно 40 кв. км. Расход в межень в устье составляет 1,5-2 м<sup>3</sup>/с, в летне-осеннее время, увеличиваясь в полтора раза. Расход реки значительно возрастает в период снеготаяния и выпадения осенних, особенно циклонических дождей. Например, в 1981 г. за счет интенсивных осадков, связанных с циклоном “Эльза”, произошел подъем уровня воды в реке на 2,5-3 м, а

cantly in the periods of snowmelt and rainfalls. For example, in 1981 due to the intensive precipitation connected to cyclone “Эльза”, has taken place rise of a water level in the river on 2,5-3m, and the flow rate (by calculation) reached 15-20 м<sup>3</sup>/с. The river is widest at its mouth where its minimum speed (about 0.6 m/s and depth (0.5-0.6 m) are observed. In fact, the depth changes depending upon the width and incline of a certain site; but it seldom exceeds 1-1.5 m, the speed reaching 1.5-2 m/s. Rifts and waterfalls can be observed all over the river.

Five creeks, originating at the Kihkpinych volcano slopes and joint into one torrent at the foot, form the Levaya (Left) Geysernaya river. V.I. Semeonov gave names to four of the creeks. The right creek – Prozrachny (Clear), or the Fourth one collects its waters immediately from the Kihkpinych volcano slopes. Its waters are cold and pure, mostly due to the melt



**22. Вид долины реки Гейзерной от устьевой части к верховьям. На заднем плане вулканический массив Кихпиньч-Желтая.**

*View of the Geysernaya river valley from its mouth to the upper course.  
In the background – volcanic massif Kihkpinych-Zheltaya.*

расход (по расчету) достигал 15-20 м<sup>3</sup>/с. Глубина и ширина реки изменчивы. Наибольшая ширина реки в межень (10-12м) отмечается в устьевой части. Здесь же наблюдается минимальная скорость около 0,6 м/с и глубина 0,5-0,6 м. В действительности глубина русла изменяется в зависимости от ширины, уклона конкретного участка, но редко превышает 1-1,5 м, скорость же достигает 1,5-2 м/с.



**23. Долина ручья Прозрачного (“Колорадо”).**

*Valley of the Prozrachnyi creek (“Colorado”).*

Река изобилует практически на всем протяжении перекатами, порогами, водопадами.

Пять мощных ручьев, зарождающихся на склонах вулкана Кихпинич, соединившись в один поток у подножья на предгорном плато, образуют реку Левую Гейзерную. Четырем из них, некогда безымянным ручьям, удачные, хотя и безыскусные названия дал известный камчатский краевед В.И. Семенов. Самый правый - Прозрачный или Четвертый собирает воду со склонов непосредственно вулкана Кихпинич. Ручей наполнен холодной чистой водой, образованной в основном при таянии снежников. В приустьевой части ручей, становится многоводным, напоминая горную речку, прорезает здесь туфолавы и образует неглубокое ущелье. Живописный его вид подсказал В.Л. Леонову название - Колорадо (фото 23). Часто ручей Прозрачный именуют рекой Гейзерной.

Четыре других ручья протекают по западному и северо-западному склонам сопки Желтой. Один из них ручей Желтый (Третий) в своем низовье пересекает поля гидротермально - измененных пород, для которых характерно содержание самород-

of snowfields. At the mouth, the creek becomes full, resembling a mountain river, pierces tuff-lavas, and forms a shallow gorge, whose picturesque view prompted V.L. Leonov to name it Colorado (Photo 20). The Prozrachny creek is often called the Geysernaya River itself.

The other four creeks run over the Western and Northwestern slopes of the Zheltaya Hill. One of them is the Zheltyi (Yellow), or the Third creek. In its lower course, it crosses fields of hydrothermally altered rocks, for which presence of native sulfur is typical. Such “sulfurized” plots create the yellow background of the streambed, reflected in its name. The mouth area of the Zheltyi creek is now known as the Death Valley (XII in Fig 2). The next creek – Krasnyi (Red), or the Second one, is notable for small descending cold springs depositing red iron oxides over its basin. The Goluboi (Blue) or the First creek fills a deep bow-shaped crevice at the Southwestern slope of the Zheltaya Hill, and occasionally runs over the spots of blue hydrothermal clays. Finally, the left and the southernmost creek is called Bely (White) or Kisly (Acidic).





*Рис. 2. Обзорная карта района Долины Гейзеров.*

- 1 - гейзеры, кипящие и горячие источники (температура более 70°C);
- 2 - горячие и теплые источники (температура 20-70°C);
- 3 - источники с температурой воды менее 20°C;
- 4 - горячие грязевые и водные котлы;
- 5 - парогазовые струи;
- 6 - характерные термальные участки и примечательные места долины р. Гейзерной: I - VIII - термальные участки (см. также рис. 5), IX - Верхне-Гейзерное термальное поле, X - Западно-Кихпиничевское термальное поле, XI - Южно-Кихпиничевское термальное поле, XII - Долина Смерти, XIII - обрывы пемзовых туфов Желтые Скалы и холодные источники (пластовый выход холодных грунтовых вод);
- 7 - изолинии рельефа;
- 8 - обрывы, уступы бортов долины р. Гейзерной;
- 9 - домики лесника: 1 - в Долине Гейзеров, 2 - в верховье р. Гейзерной.

**Fig. 2. General map of the Valley of Geysers area.**

- 1 – geysers, boiling and hot springs (temperature above 70°C);
- 2 – hot and warm springs (temperature 20-70°C);
- 3 – springs with water temperature below 20°C;
- 4 – hot mud and water pots;
- 5 – steam-gas jets;
- 6 – characteristic thermal sites and notable places of the Geysernaya river valley: I – VIII – thermal sites (see also Fig. 5); IX – Upper-Geyser thermal field; X – Western-Kikhpinych thermal field; XI – Southern-Kikhpinych thermal field; XII – Death Valley; XIII – precipices of pumice tuffs Yellow Cliffs and cold springs (bedded discharge of cold ground waters);
- 7 – relief isolines;
- 8 – precipices, ledges of the Geysernaya river valley;
- 9 – ranger’s houses: 1 – in the Valley of Geysers, 2 – in the upper course of the Geysernaya river.

ной серы. Такие “осерненные” участки создают желтый фон русла ручья, что отразилось в его названии. Устьевой участок Желтого ручья известен сейчас как *Долина Смерти* (X11 на рис.2). Следующий ручей Красный или Второй характерен тем, что в долине и его русле наблюдаются небольшие нисходящие холодные источники, образующие осадки окислов железа красного цвета. Голубой ручей (Первый) занимает глубокую дугообразную расщелину на юго-западном склоне сопки Желтой и местами протекает по участкам распространения гидротермальных глин с преобладанием синего цвета. Наконец, самый левый, самый южный ручей Белый или Кислый. В его верховье расположены парогазовые струи и кипящие грязевые

At its upper course, gas-steam jets are located, as well as mudpots whose sides are banded by sulfur deposits. Running from numerous pots, water with clay smallest and sulfur particles enters the stream thus increasing its turbidity and giving it a whitish color. Down the confluence point of the above creeks, over the banks of the high-water dimmed torrent known as the Mutny (Turbid) creek, thermal manifestations of the so-called *Zapadno (Western)-Kikhpinych thermal field* can be observed (X in Fig. 2).

The mentioned creeks make their way slightly carving the surface of the Kikhpinych-Zheltaya massif foot. But the Prozrachny creek, and then the Mutny one incise into the volcanic plateau to 50-

котлы, стенки которых окаймлены отложениями серы. Вытекающая из многочисленных котлов вода с глинистыми мельчайшими и серными частицами, попадает в ручей, вода которого приобретает мутность и белесый цвет. Ниже слияния названных ручьев общий, уже достаточно многоводный мутноватый поток, известен как ручей Мутный. На его левом берегу можно видеть термопроявления так называемого *Западно-Кихпиничевского термального поля* (X на рис. 2).

Вышеназванные ручьи почти до слияния в один ручей Мутный прокладывают свой путь, слабо врезаясь в поверхность подножия массива Кихпинич-Желтая. Исключение составляет ручей Голубой. Но уже ручей Мутный и перед слиянием с ним ручей Прозрачный врезаются на 50-70 м в вулканическое плато и образуют узкие ущельеобразные долины. Мы упоминали выше о такой долине в устьевой части ручья Прозрачного - ущелье Колорадо.

Более многоводный ручей Прозрачный подавляет своей чистой водой ручей Мутный и чуть ниже их соединения вода рекилевой Гейзерной также прозрачна по всей ее ширине. Река здесь имеет прямое русло и течет в западном направлении в узком (ширина 200-300 м) ущелье, стенки которого возвышаются на 100-150 м над рекой. Протяженность этого отрезка реки - 900 м. После впадения справа ручья Правого река поворачивает на юго-запад, преодолевая путь более чем в один километр. Русло реки также спрямленное. Долина постепенно

70 м forming narrow gorge-like valleys, one of which – Colorado – was mentioned earlier in this paper.

The deeper Prozrachny creek suppresses the Mutny one by its clear water, and further on, after their junction-point, water of the Left Geysernaya River is pure all over its course. Here, the river goes straight westwards along a narrow (200-300 m) canyon, whose sides rise 100-150 m above the river. This sector of the river is 900 m long. After confluence with the Right stream, the river turns South-West making its way for more than 1 km in a straightened channel. The river valley gradually gets broader and deeper, reaching sizes of 800 and 200-250 m, correspondingly.

At the end of the previous sector, confluence of the Left and Right Geysernaya rivers occurs, which naturally increases the flow rate. The river turns south and keeps to that direction for about



**24. Река Гейзерная, низовье водопада “Трехкаскадный”.**

*Geysernaya river, lower part of the Trekhkaskadnyi waterfall*

расширяется и углубляется. В конце данного участка ширина ее достигает 800 м, а глубина вреза - 200-250 м.

Здесь происходит слияние реклевой и Правой Гейзерной, и, естественно, увеличивается расход реки. Направление реки изменяется на южное и сохраняется на расстоянии почти в 2,5 км. Гейзерная течет по заметно расширяющейся до одного километра долине. Левобережная часть долины более широкая. Она начинается крутыми обрывами Горного плато, недоступными для подъема и спуска, и затем плавно понижается к руслу. Особенно хорошо это видно на участке *Верхне-Гейзерного термального поля* (1X на рис. 2). Правый берег напротив представляет собой крутые склоны вплоть до обрывов высотой до 70-100 м, поднимающимися непосредственно от реки постепенно повышающимися к вершинам сопки Гейзерной. В отличие отлевой Гейзерной река Гейзерная на этом участке имеет извилистое русло, отмечаются крутые повороты, в том числе под прямым углом. Глубина вреза реки относительно поверхности Горного плато достигает 350-400 м.

Ниже река поворачивает вновь на юго-запад и течет в этом направлении около 1,8 км. Примечательным, что характеризует долину Гейзерной здесь, являются три водопада, следующие один за другим и образующие общий, "трехкаскадный", водопад высотой 29 м, и первые гейзеры со стороны верхнего течения реки (фото 24). На верхней кромке водопада периодически работает гейзер Верхний в русле, а чуть ниже на правом берегу можно наблюдать более стабильное действие гейзера Верхний (фото 25). Отсюда начинается (с верховья)



**25. Верхняя часть водопада "Трехкаскадный" и гейзер Верхний.**

***Upper part of the Trekhkaskadnyi waterfall and the Verkhniy geysers.***

2.5 km, running along the widening valley. Left side of the valley is much broader. It starts from the steep slopes of the Mountain Plateau, inaccessible for climbing, and then smoothly lowers toward the river-bed. This is most clearly observed at the area of the Verkhne (Upper)-Geysernoye thermal field (IX in Fig. 2). The right side, in contrast, presents steep slopes right up to precipices rising up to 70-100 m above the river itself and gradually elevating to the tops of the Geysernaya Hill. Here, the Geysernaya

---

или здесь заканчивается (с низовья) реки Гейзерной Долина Гейзеров. Приблизительно до устья руч. Игрушка характер долины Гейзерной сохраняется, то есть правый борт представляет собой крутой местами обрывистый склон, левый - пологий склон вблизи русла, круто поднимающийся затем к бровке Горного плато. Долина расширяется до 1,5 км.

Ниже устья ручья Игрушка, который маленьким, но изящным водопадом справа вливается в Гейзерную, левый и правый берега в прирусловой части выполаживаются. В удалении от русла берега также круто поднимаются к бортам, особенно на левобережье. Бровка левого борта долины здесь приближена к реке, и долина несколько сужается до 1-1,2 км. Именно на этом участке река более всего врезана (на 500 м) в окружающие долину Горное плато и сопку Гейзерную.

После впадения слева в Гейзерную руч. Ступенчатого река резко под прямым углом поворачивает на северо-запад и затем через 300 м течет в общем западном направлении, изменяя его на отдельных коротких отрезках пути. Далее на протяжении 1,5 км река плавно течет на юго-запад и справа впадает в реку Шумную. Последний 2,5 км участок Гейзерной составляет центральную часть Долины Гейзеров, описываемой ниже более детально. Долина реки Гейзерной здесь достигает максимальной ширины-3 км. Левый берег так же, как и на других участках реки, значительно шире правого и имеет вид циркообразного понижения, поверхность которого изрезана многочисленными притоками ручья Водопадного. Ручей Водопадный в приустьевой части долины Гейзерной низвергается красивым теплым водопадом высотой 28 м в 110 м от впадения в Гейзерную.

Главенствующими вершинами бассейна реки Гейзерной является вулканический массив Кихпиньч, вытянутый с северо-востока на юго-запад почти на 8 км, сопка Гейзерная и плато Круглое (правый борт) и Горное плато (левый борт). Мас-

river has a meandering channel, with sharp turns and depth up to 350-400 m with respect to the Mountain Plateau.

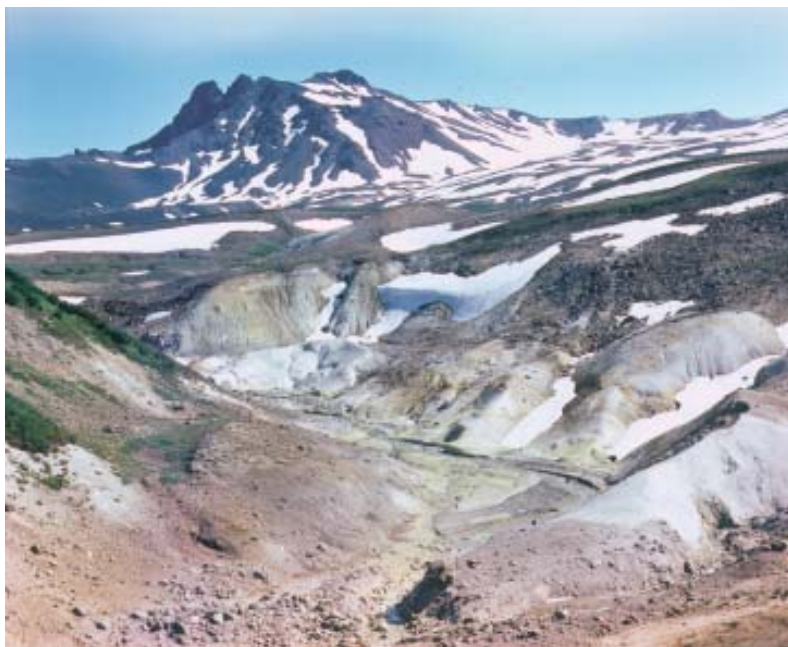
Further down, the river turns Southwest again, and runs in this direction for about 1.8 km. a notable feature of the Geysernaya valley here are three waterfalls following one another and forming a single, "three-stage" waterfall 29 m high, as well as the first geysers at the upper course of the river (Photo 24). At the upper edge of the waterfall the Verkhenii v Rusle geyser periodically operates, while a bit lower, at the right bank, one can observe more stable activity of the Verkhenii geyser (Photo 25). This is the place, from which the Valley of Geysers starts (if to approach from the upper course of the Geysernaya River), and where it ends (if to take the opposite direction).

At the place where the Igrushka (Toy) creek runs into the Geysernaya river, its both banks become flattened and the valley gets narrower (1-1.2 km). Here the river is to the greatest extent (500 m) "incrusted" into the surrounding Mountain Plateau and the Geysernaya Hill.

After the inflow of the Stupenchaty (Stepped) creek from the left, the Geysernaya river turns Northwest at a right angle, and passing 300 m takes general western direction with some small changes at separate short plots. Further on, the river runs Southwest for 1.5 km, and flows from the right into the Shumnaya (Noisy) river. The last 2.5 km long part of the Geysernaya river forms the central area of the Valley of Geysers that will be in detail described below. The basin of the Geysernaya river here reaches its maximum width of about 3 km. The left bank is much broader than the right one and has a shape of a cirque-like valley whose surface is wrinkled by numerous tributaries of the Vodopadny (Waterfall) creek dashing down as a beautiful warm waterfall 110 m prior to entering the Geysernaya river.



сив Кихпиньч состоит из нескольких вулканических сооружений. Самый молодой действующий вулкан Кихпиньч, представляющий собой два базальтовых конуса: Западный и Савича. Последний выделяется четкими линиями правильного конуса. Южнее расположен потухший стратовулкан - Старый Кихпиньч, символом которого служит гора Пик, и еще южнее дацитовый вулкан - сопка Желтая. Конус Савича высотой 1552 м имеет небольшой кратер диаметром 60 м и



**26. Старый Кихпиньч, гора Пик. На переднем плане - Западно-Кихпиньчевское термальное поле.**

***Staryi Kikhpinych, the Peak Mountain. In the foreground - Western - Kikhpinych thermal field.***

глубиной 30 м. В кратере и на гребне отмечается слабая фумарольная деятельность. В северном направлении от конуса распространены молодые лавовые потоки, четко выраженные в современном рельефе, а восточнее выделяется черной нашлапкой эффузивный купол Краб. Древняя постройка вулкана Старый Кихпиньч выглядит не менее живописно, чем стройный конус молодого Кихпиньча, благодаря главной его вершине и всего массива остро столбчатой горе Пик, имеющей высоту чуть более 1600 м (фото 26). Украшает массив и его южное окончание сопка Желтая, издали выделяющаяся своими мягкими очертаниями склонов и желтым цветом слагающих сопку гидротермально-измененных пород.

Левобережье реки Гейзерной представляет собой крутые, в верховье обрывистые, склоны Горного плато, бровка которого имеет отметки 800-900 м. Над обрывами возвышаются отдельные вершин-

Main tops of the Geysernaya river basin are the Kikhpinych volcanic massif stretching from Northeast to Southwest for almost 8 km, the Geysernaya hill, the Krugloye (Round) plateau (right side) and the Gornoye (Mountain) plateau (left side). The Kikhpinych massif consists of several volcanic constructions. The youngest active volcano is Kikhpinych presenting two basaltic cones: Zapadny (Western) and Savich, the latter notable for its regular shapes. To the South, an extinct stratovolcano of Stary (Old) Kikhpinych is located, whose symbol is the Peak mount; and a dacitic volcano named the Zheltaya (Yellow) hill. The Savich cone 1552 km high, hosts a small crater 60 m in diameter and 30m in depth. Poor fumarole activity is recorded within the crater and over its edge. Recent lava flows clearly distinguished against the modern relief stretch Northward, whereas

ки вершинки с отметками 1050-1090 м, которые в геологическом отношении являются экструзиями дацитов, например экструзия Бортовая. Большая, срединная часть правого берега относится к крутым, но равно понижающимся склонам сопки Гейзерной (высота 1085 м) за исключением небольшого участка верховья руч. Лавового, где наблюдаются удивительные обрывы пемзовых туфов Желтые Скалы. Верховья Правой Гейзерной принадлежат сопке Останец, а приустьевая часть - склонам сопки Плато Круглое.

Старый Кихпинич знаменит современными гидротермальными проявлениями, много превышающими по мощности и облику слабые фумаролы конуса Савича. Основное термальное поле приурочено к кратеру Старого Кихпинича почти в центре массива Кихпинич. Крутые местами обрывистые стенки, испещренные многочисленными поверхностными водотоками, делают кратер труднодоступным для передвижения. Вместе с тем причудливые формы микрорельефа, светло-желтый и даже золотистый на солнце цвет пород, слагающих стенки кратера, создают своеобразный, очень привлекательный

to the East one can see and effusive dome named Crab. Like a well-proportioned cone of the young Kikhpinych volcano, the ancient edifice of Sary Kikhpinych looks quite picturesque due to its main top presented by a pointed Peak mount, having height hardly more than 1600 m (Photo 26). Decorates a massif and its southern ending a hill Zheltaya, from afar allocated by the soft outlines of slopes and yellow color of the hydrothermally altered rocks composing a hill.

Left bank of the Geysernaya River shows steep slopes of the Mountain plateau, border which has marks of 800-900 m. Some separate tops, having 1050-1090 m high presents in geological respect dacitic extrusions, for example, the Bortovaya (Borad) extrusion. A large central part of the left bank refers to steep but equally descending slopes of the Geysernaya hill (1085 m high), with the exception of a small plot of the Lavovy creek lower course, where magnificent precipices of pumice tuffs called Yellow Rocks can be observed.

Sary Kikhinych is famous for its modern hydrothermal manifestations sur-

passing weak fumaroles of the Savich cone in power and appearance. The main thermal field is confined to the crater of the Sary Kikhpinych located almost in the center of the Kikhpinych massif. Steep, occasionally abrupt sides freaked by nu-



**27. Поле гидротермально-измененных пород в верховьях ручья Кислого.**

*Field of hydrothermally altered rocks in the upper course of the Kislyi creek.*

28. Термальная площадка - источник "Чёрный" на левом берегу руч. Мутного. На заднем плане экструзия сопка Жёлтая.

*Thermal ground – the Tchernyi spring on the left side of the Mutnyi creek. In the background – extrusion of the Zheltaya hill*

вид этому участку вулкана. Кратер имеет размер в поперечнике около 1,5 км, глубину почти 600 м, а кромки кратера достигают 1400 м высоты над уровнем моря. Собирающиеся в кратере атмосферные осадки образуют ручейки, которые соединяются у



восточной разрушенной стенки кратера в ручей Кислый (фото 27). Термальное поле ручья Кислого называют также *полем Восточно-Кихпиничевских паровых струй* (10 на рис. 1).

Гидротермальная активность сосредоточена преимущественно в северной части кратера, где выделяются отдельные небольшие термальные поля. В основном здесь наблюдаются парогазовые струи с максимальной температурой, приближающейся к точке кипения воды на данной высоте -97°C. На одном из участков, в узком ущелье на левом склоне в верховье ручья Кислого отмечают две мощные парогазовые струи. Наблюдаемые многочисленные термальные "источники" имеют небольшой дебит, так как все они результат смешения конденсата пара и атмосферных осадков. Температура воды изменяется в широких пределах, вода имеет характерный сульфатно-натриевый состав, неприятный привкус с легким запахом сероводорода.

Остальные участки гидротермальной активности массива Кихпинич отно-

merous surface flows make the crater hard-to-reach. At the same time, a bit fantastical and queer shapes of the microrelief and light-yellow rocks composing the crater walls fashion this part of the volcano quite peculiar and attractive. The crater has a cross size of about 1.5 km, depth of almost 600 m and edge height of about 1400 m above the sea level. Atmospheric precipitates accumulating in the crater make small streamlets that merge at the eastern eroded wall forming the Kisly (Acidic) creek (Photo 27). Thermal field of the Kisly creek is also called the *Field of Eastern-Kikhpinyuch Steam jets* (10 in Fig. 1).

Hydrothermal activity is mostly concentrated in the northern part of the crater where separate small thermal fields are distinguished. Vapor-gas jets occur here, with maximum temperature close to the boiling-point for this altitude (97°C). At one of the sites, within a narrow gorge at the left slope of the Kisly creek upper course, two powerful steam-gas jets can be observed. Numerous thermal "springs"





**29. Южно-Кихпинчевское термальное поле. Вдали -  
Большой Семячик.**

*South-Kikhpinych thermal field. In the distance – Bolshoi*

сятся к сопке Желтой и ее западному подножию и находятся уже в бассейне реки Гейзерной. В группе отдельных термопроявлений в низовье ручьев Желтого, Красного, Голубого, а также в долине руч. Мутного, известных под названием *Западно-Кихпинчевских паровых струй*, выделяются участки в долине ручья Мутный и *Долина Смерти* (X11 на рис.2). Термальная площадка на первом участке расположена на левом берегу ручья Мутного, примерно в 200 м выше слияния его с ручьем Прозрачным (фото 28). Характерное термопроявление - небольшой водный котел, через поверхность которого интенсивно выделяется газ с запахом сероводорода. Вода имеет температуру 54°C и из-за примеси соединений серы - темно-серый цвет (источник Черный). Неподалеку находится парогазовая струя с температурой 93°C и нисходящий источник с температурой воды 75°C. В небольших углублениях можно легко обнаружить желтые скопления самородной серы. Термальная площадка Долина смерти расположена в устьевой части ручья Желтого и отличает-

have small flow rates, because all of them are the result of vapor condensate mixing with atmospheric precipitates. Water temperature varies within a wide range; the water has typical sulfate-sodium composition and unpleasant taste with a slight smell of hydrogen sulfide.

O t h e r sites of the Kikhpinych hydrothermal ac-

tivity refer to the Zheltaya hill and its western foot, being located already within the Geysernaya river basin. In the group of separate thermal manifestations at the lower course of the Zheltyi (Yellow), Krasnyi (Red), Goluboi (Blue) and Mutnyi (Turbid) creeks, also known as Western-Kikhpinych Steam vents, singled out are the sites within the Mutnyi creek valley and the Death Valley (XII in Fig. 2). Thermal area of the first site is located at the left bank of the Mutnyi creek, about 200 m up its confluence point with the Prozrachnyi creek (Photo 28). Typical thermal manifestation is a small water pool with intensive surface gas emissions having the smell of hydrogen sulfide. Water has temperature of 54°C and dark-grey color due to admixtures of sulfur compounds (the Black spring). Not far off, there is a 93°C steam-gas jets and a descending spring with water temperature of 75°C. In small deepenings it is possible to find out yellow congestions of native sulfur easily. Thermal ground of the Death Valley is located at the mouth of the Zheltyi creek and



---

ся от других отсутствием высококотемпературных термопроявлений. Характерным здесь являются выходы газа (температура 19°C) и прогретые участки грунта с температурой немногим более 20°C. Участок хорошо заметен по желтой окраске поверхности из-за скоплений самородной серы в частности так называемых серных бугров. Особенности этого термального поля рассмотрены ниже.

Самыми мощными и эффектными термопроявлениями этого участка сопки Желтой являются *Южно-Кихпиньчевские паровые струи* и сопутствующие им другие виды гидротермальной активности. Термальное поле расположено на правобережье верховья ручья Белого (фото 29). Здесь на площади размером 170x400 м наблюдаются термальные площадки с многочисленными мелкими грязевыми, как правило, кипящими воронками и котлами, температура в которых достигает 96°C. Большая часть их расположена в русле и вдоль берегов двух ручейков, впадающих слева в ручей Белый. Водные котлы имеют желто-зеленый цвет из-за примеси серы, отложения которой особенно заметны по краям отверстий с выходами пара и газа. Многие котлы заполнены белой глинистой массой с пузырящейся поверхностью от выделения пара и газа. Можно видеть также миниатюрные белые и желтоватые грязевые вулканчики. Как и на других термальных полях ощущается слабый запах сероводорода.

Своеобразным завершением гидротермальной деятельности сопки Желтой являются теплые источники у мест слияния ручьев Прозрачный и Мутный. В долине первого, выше ущелья Колорадо, отмечен источник с температурой 37°C, а в 150 м ниже их слияния на левом берегу реки Гейзерной - источники с температурой 27°C (Неожиданные). Верхний выход воды находится на высоте 60 м от уреза реки и хорошо заметны по ржаво-красному цвету русла ручейка, окрашенного при осаждении из воды окислов железа. К остальным термопроявлениям бассейна реки

differs from the others by the absence of high-temperature thermal manifestations. Here, typical are gas discharges (19°C) and heated grounds with the temperature slightly above 20°C. The area is well recognized by its yellow surface due to accumulation of native sulfur, especially of the so-called sulfur knolls. Peculiarities of this thermal field are considered below.

The largest and the most effective thermal manifestations of this area of the Zheltaya hill are the Southern Kikhpinych Steam jets and other types of hydrothermal activity attributed to them. The thermal field lies at the right side of the Belyi (White) creek upper course (Photo 29). Here, thermal sites with numerous small mud (as a rule bubbling) funnels and pools whose temperature reaches 96°C, occur over the area of 170x400 m. They are mostly distributed over the basin and along the banks of two streamlets entering the Belyi creek from the left. Water pools are colored yellow-green due to admixtures of sulfur whose deposits are especially notable at around the holes discharging vapor and gas. Many pools are filled with white loamy substance with the surface bubbling from gas and vapor emissions. One can also observe tiny white and yellowish mud volcanoes. Like over the other thermal fields, slight smell of hydrogen sulfide is felt.

To complete the picture of the Zheltaya hill hydrothermal activity, we should note warm springs located at the confluence points of the Prozrachnyi and Mutnyi creeks. In the basin of the first creek, over the Colorado gorge, a 37°C spring is reported, and 150 m below their confluence point, at the left bank of the Geysernaya river, there exist several springs with the temperature of 27°C (Neozhidannye (Unexpected) springs). The uppermost water outflow is located 60 m above the river brink and is well distinguished by rust-red color of the streamlet basin due to iron oxides precipitation from water. Further on, when de-

---

Гейзерной, расположенных ниже по ее течению, мы вернемся при описании Долины Гейзеров. Но прежде дополнительно остановимся на характеристике упомянутой выше термальной площадки Долины Смерти.

scribing the Valley of Geysers, we shall in detail consider the other thermal manifestations of the Geysernaya river basin, located down its course. But first let us characterize the above-mentioned thermal area of the Death Valley.

---

## **ДОЛИНА СМЕРТИ И ПРИЧИНЫ ГИБЕЛИ ЖИВОТНЫХ В ВЕРХОВЬЯХ Р. ГЕЙЗЕРНОЙ**

### **THE DEATH VALLEY AND THE CAUSES OF ANIMALS' DEATH AT THE UPPER COURSE OF THE GEYSERNAYA RIVER**

---

У юго-западного подножия горы Желтой на абсолютной отметке 850-900 м в долине ручья Желтый, являющегося левым притоком р. Гейзерной, в 1974 г. было обнаружено много погибших зверей и птиц. Позы зверей говорили о внезапной смерти. Ничего мрачного и предвещающего опасность нет в облике этой неширокой долинки. Наоборот, после утомительного лазания по увалам хочется спуститься в нее и отдохнуть у речушки. Возможно, такое желание возникает и у зверей. За пять лет (с 1974 по 1979 гг.) в Долине смерти, по данным сотрудников Кроноцкого государственного заповедника, погибло 13 медведей, 3 россомахи, 9 лисиц, 1 заяц, 86 мышей, 1 орлан, 19 воронов, и более 40 мелких птиц. Режимными наблюдениями установлено, что время гибели крупных животных чаще всего совпадает с периодом таяния снега, который длится здесь с мая до середины июля.

Сотрудники Института вулканологии ДВО АН СССР В.Л.Леонов и В.А.Воронков обратили внимание на выходы термальных источников в районе Долины смерти. В составе спонтанных газов этих источников преобладает углекислый газ с небольшой примесью сероводорода. Было высказано предположение, что причиной

In 1974, a great number of dead animals and birds were found beside the Southwestern foot of the Zheltaya mount, at the absolute mark of 850-900 m, within the basin of Zheltyi creek that is a left tributary of the Geysernaya river. Positions in which animals were found pointed to the suddenness of their death. There is nothing gloomy or dangerous in the picture of this valley. In contrast, a tired tourist would be anxious to come down the quiet river and have a little rest here. Perhaps, the same feeling draws animals to this place. According to the reports of the members of the Kronotsky State Preserve, the following animals found their end in the Death Valley for the five years' period (1974-1979): 13 bears, 3 gluttons, 9 foxes, 1 hare, 86 mice, 1 sea-eagle, 19 ravens and more than 40 small birds. Continuous monitoring of the area revealed that the period when animals die in most cases coincides with the period of snowmelt that lasts here from May till the middle of July.

Members of the Institute of Volcanology FEB RAS, V.L. Leonov and V.A. Voronkov paid attention to thermal spring vents in the area of the Death Valley. Free gases of these springs contain much carbon dioxide with some admixture of hy-

гибели животных может быть скопление углекислого газа в пониженных участках долины. Примеры таких событий описаны и по другим районам вулканической деятельности. Так, близ Йеллоустонского национального парка в США известно Мертвое ущелье, где были найдены погибшие медведи-гризли. В Долине смерти на о. Ява



около выходов углекислых газовых струй - мофетт многократно находили задохнувшихся кабанов и других животных. В этих случаях виновником гибели признавали углекислый газ, накапливающийся в понижениях рельефа при отсутствии конвективного перемешивания воздуха.

Вулканический массив Кихпинич, к которому пространственно приурочена камчатская Долина смерти, находится в стадии фумарольно-сульфатарной деятельности. В северо-восточной части массива возвышается молодой конус Савича, в привершинной части которого до сих пор действует фумарола. На сульфатарных полях южного и юго-западного склонов вулкана Кихпинич, сложенных разноцветными глинисто-алунитовыми породами с прожилками серы, наблюдается множество выходов парогазовых струй, в составе которых основное место занимают  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , в меньшей степени  $\text{SO}_2$  и другие газы. В то же время район Долины смерти лежит в полосе глубинного разлома, трассирующегося на запад через кальдеру Узон. Как известно, гидротермальная система кальдеры Узон является сульфидной, и сероводород занимает в составе спонтанных газов по нашим данным до 8 об. %

Участок, где наблюдается гибель животных, приурочен к довольно узкой долине (рис. 3) протяженностью не более 2 км и шириной от 100 до 500 м. На этом участ-

### **30. Термальная площадка - Долина Смерти.**

***Thermal ground – the death Valley.***

drogen sulfide. Accumulation of carbon dioxide over the lowered areas of the valley was suggested as the reason of animals' death. Similar cases have also been reported at other areas of volcanic activity. So, the Dead Canyon is known near the Yellowstone National Park, where dead grizzly bears were found. Suffocated wild boars and other animals were seen near discharges of carbonic gas jets (mofettes) in the Death Valley at the Java Island. In all the instances, the cause of death was considered carbon dioxide accumulating at the relief lowerings given the absence of convective air mixing.

The Kikhpinch volcanic massif to which the Kamchatkan Death Valley is confined, is now at the stage of fumarole-sulfatara activity. Young Savich cone with an active fumarole at its near-top zone rises at the Northeastern part of the massif. Over the solfatara fields of the Southern and South-western slopes of the Kikhpinch volcano, composed of multicolor clay-alunite rocks with sulfur veinlets, one can observe numerous steam-gas vents in whose composition  $\text{CO}_2$  and

ке выделяется площадка размером 100x30 м, где чаще всего обнаруживают погибших зверей и птиц. Площадка находится на нижней валунно-галечниковой террасе ручья высотой 0,5-0,7 м. Борта ручья сложены измененными до глинистыми породами с обильными включениями серы (фото 30). В верховьях мелких ручьев, стекающих к площадке с востока, наблюдаются отложения почти чистой самородной серы. Валунно-галечниковое дно мелкого ручья практически сплошь покрыто белым налетом коллоидной серы. Выше по ручью, на левом берегу, отмечено сильнейшее сернокислотное выщелачивание сероносных пород, обусловленное окислением серы тионовыми бактериями, снижающими pH растворов до значений меньше 2. Ниже участка гибели животных ручей с кислой водой сливается с притоком талых вод, и в его русле обильно отлагаются охристые окислы железа. Далее вниз по течению по обоим берегам ручья наблюдаются выходы мofетт с заметным запахом сероводорода, но здесь отмечены только единичные находки тушек мелких птиц.

Непосредственно в зоне Долины смерти окислительная деятельность тионовых бактерий подавлена и концентрация их на образцах серы составляла в августе 1982 г. лишь 103 клеток/г, т.е. была на несколько порядков ниже обычной для условий сернокислотного выщелачивания. Слабое развитие бактериальных процессов окисления серы на этом участке и наличие сероводорода в газах мofетт наталкивали на мысль о его решающей роли в гибели животных в Долине смерти. Интересно, что, находясь в обогащенной сероводородом атмосфере, туши погибших животных и птиц долго не разлагались. Чтобы не привлекать к месту гибели других зверей, сотрудники Кроноцкого заповедника в 1978 г. убрали трупы из зоны гибели. В начале мая 1979 г. при очередном обследовании Долины смерти здесь была обнаружена погибшая лисица. По следам на снегу, который выпал накануне, было хорошо видно, что лисица спустилась к ручью с крутого

$H_2S$  prevail, containing also  $SO_2$  and other gases. At the same time, the Death Valley lies in the area of a deep fault stretching westward across the Uzon Caldera, whose hydrothermal system is known as a sulfide one, with up to 8 vol.% of hydrogen sulfide in the composition of free gases.

The zone where animals die is confined to quite a narrow vale (Fig. 3) not more than 2 km long and 100-500 m wide. Here, a 100x30 m ground is singled out, where dead animals and birds are most often found. The ground is located at the lower boulder-pebble terrace of a creek 0.5-0.7 m high. The creek sides are composed of altered to clay rocks with abundant inclusions of sulfur (Photo 30). Deposits of almost pure native sulfur occur at the heads of the streams running onto the ground from the East. Boulder-pebble bottom of a shallow streamlet is practically all over covered by the white film of colloidal sulfur. Up the creek, at its left bank, strongest leaching of sulfur-bearing rocks takes place, caused by sulfur oxidizing by carbothionic bacteria reducing the pH level of solutions to values far below 2. Down off the zone of animals' death, the acidic creek confluences with a flow of snowmelt waters, and abundant iron oxides are deposited over its bed. Further down the creek, at its both sides, hydrogen-sulfide-smelling mofettes also occur, but only some single bird bodies were found here.

Immediately in the Death Valley, oxidizing activity of carbothionic bacteria is suppressed, and their concentration in sulfur samples collected in August, 1982 made up only 103 cells/g, that is, a few orders below that usual for sulfuric acid leaching conditions. Poor development of bacterial processes of sulfur oxidation at this area, as well as presence of hydrogen sulfide in mofettes gases, hinted to its dramatic role in causing death of animals here. Remaining in the environment enriched in hydrogen sulfide, bodies of ani-



**Таблица 1. Состав воздуха и спонтанных газов в Долине Смерти.**  
**Table 1. Composition of air and spontaneous gases in Death valley the Geyser Valley**

Анализ Analysis	Номер пробы Probe number	Дата отбора Sampling date	Т°С	Состав газа, об. %, Gas composition, vol. %														
				H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	Ar	H <sub>2</sub> S	He	COS	SO <sub>2</sub>	Сумма
1	10/79	14.05.79	4	0,0	8,65	53,90	36,80	0,0	0,6525	0,0008	0,0	0,0004	-	0,0	0,0	-	-	100,00
2	10/79	14.05.79	4	0,0148	16,07	74,09	2,69	0,0	0,0717	-	0,00033	0,0	0,666	0,0	0,666	0,0	-	93,60
3	11/79	14.05.79	46	0,891	0,028	5,62	82,18	-	0,452	-	0,0	0,021	-	6,76	-	-	-	95,93
4	12/79	14.05.79	28	0,0	0,0	5,92	82,44	-	4,29	-	0,0	0,0026	-	7,35	-	-	-	100,00
5	2101	21.08.81	12	0,0	20,95	77,52	0,019	-	0,00091	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	-	98,49
6	2107	21.08.81	12	0,0	20,71	78,09	0,063	-	0,00043	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	-	98,86
7	2103	21.08.81	98	20,70	76,70	1,140	0,0	0,0	0,38	0,0	0,0	0,0	0,95	0,012	0,0	0,0001	0,008	99,89
8	2105	21.08.81	98	0,0	21,78	78,09	0,031	0,0	0,0035	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	-	99,90
9	2106	21.10.81	32	0,0	24,6	73,8	0,14	0,0	0,34	0,0	0,0	0,0	-	0,016	0,0	0,0004	0,0092	98,90
10	2104	21.08.81	12	0,263	0,0	2,26	93,45	0,0	1,66	0,0	0,0	0,0	1,56	1,739	0,0	-	-	99,54

Примечание. Место отбора проб: 10/79 - воздух в 0,5 м от земли на площадке гибели животных; 10/79 - то же в 1 м от земли; 11/79 - грифон на левом берегу Гейзерной, в 0,8 км ниже площадки; 12/79 - грифон рядом с точкой 11/79; 2101 - воздух у самой поверхности земли на площадке гибели животных; 2107 - то же на высоте м над землей; 2103, 2105 - горячий газ из провала в серном бугре; 2106 - воздух из трещинной зоны, где образуется сульфид железа; 2104 - спонтанный газ источника в русле ручья. Анализ 1-6, 8, 10 выполнены на хроматографе «Газохром». Аналитик Непомнящая Н.Я., анализы 7, 9 на масс-спектрометре типа МИ-2101. Аналитик Миллер Ю.М. Прочерк - не определяется; 0,0 - не обнаружен. В пробах газа с присутствием кислорода сероводород неустойчив и полностью окисляется до элементарной серы. Поэтому, несмотря на его обильное выделение на участке Долины смерти, сероводород в пробах воздуха, анализировавшихся спустя 1,5 месяца после отбора, аналитически не подтвержден.

Note. Sampling sites: 1 (10/79) - air, 0.5 m above the ground at the plateau of animals death; 2 (10/79) - the same, 1 m above the ground; 3 (11/79) - a gryphon at the left bank of the Geysernaya River, 0.8 below the plateau; 4 (12/79) - a gryphon beside the site 11/79; 5 (2101) - air near the ground surface over the plateau of animals death; 6 (2107) - the same, 1m above the ground surface; 7 (2103) and 8 (2105) - hot gas from a hole in a sulfur hillock; 9 (2106) - air from the fissure zone where iron sulfide is formed; 10 (2104) - spontaneous gas of a spring at the stream mouth. Analyses 1-6, 8, 10 were made using a "Gazokhrom" chromatograph by N.Ya. Nepomnyashchaya; analyses 7 and 9 - using mass-spectrometer of the MI-2101 type, by Yu.M. Miller. Dash - below detection level - not found In gas probes with presence of oxygen, hydrogen sulphide is unstable and completely oxidizes up to elemental sulfur. That is why, though abundant at the Death Valley area, hydrogen sulfide was not analytically justified in the air probes analyzed 1.5 months after sampling.

борта и погибла внезапно. Перед ней лежала мертвая пуночка. В этом месте над засыпанным снегом ручьем образовалось провальное окно, возник своеобразный колодец. Спустившись в него, мы ощутили запах сероводорода, почувствовав головокружение и усиленное сердцебиение, мы надели противогазы.

Воздух, отобранный в 10-15 см от зеркала воды ручья, содержал 21,23 мг/л (1,41 об.%) сероводорода и был резко обеднен кислородом (табл. 1, проба 10/79). На высоте 50 см сероводорода было уже 10,2 мг/л (0,69 об.%). В воде холодного ручья определено 105,4 мг/л сероводорода; все камни в нем были покрыты толстым налетом коллоидной серы. Снег в районе «колодца» также оказался насыщенным сероводородом. При повторном посещении этого места осенью 1979 г. мы обнаружили, что ручей высох, серного осадка в ручье нет, и в окрестностях отсутствуют сосредоточенные струи газа или газифицирующие источники. В то же время воздух в нишах под серными буграми содержал те же повышенные концентрации сероводорода. На открытых продуваемых местах сероводорода в воздухе уже не было.

Обследовав Долину смерти в августе 1981 г., в период полного схода снежников и сильных ветров, продувающих долины, мы не обнаружили здесь новых признаков гибели крупных животных. Вдоль трещинных зон поступления газов были найдены тушки мелких птиц и мышей. Особенно четко фиксировались выходы газов по многим сотням мертвых насекомых. Свидетельством поступления сероводорода по этим зонам явилось интенсивное почернение боковых пород вследствие образования дисульфида железа. В пробе воздуха объемом 80 мл, откачанного резиновой грушей из такой зоны в зарядку с ацетатом кадмия (параллельной пробе 2106), было определено 1,3 об. %  $H_2S$ . В то же время в двух пробах воздуха (табл. 1, пробы 2101, 2107), отобранного в том же самом месте электронасосом

mals and birds did not putrefy for quite a long time. In 1978, members of the Kronotsky Preserve took the dead bodies away from the area in order not to attract other animals. At the beginning of May, 1979, during a regular inspection of the Death Valley, a dead fox was found here. Judging by its tracks that were seen on the fresh snow, the fox came down to the creek and died all of a sudden. A dead snow-bunting was lain before her. At that place, over the snow-covered creek, a collapse gap had appeared, forming a sort of a well. Getting down into the well, we smelt hydrogen sulfide and feeling giddy and tachycardia, we put on our respirators.

Air sampled 10-15 cm above the stream water contained 21.23 mg/l (1.41 vol.%) of hydrogen sulfide and was quite poor in oxygen (Table 1, probe 10/79); while 50 cm above the water, hydrogen sulfide amounted 10.2 mg/l (0.69 vol.%). A content of 105.4 mg/l of hydrogen sulfide was determined in the cold stream water, and all the stones within it were covered by a thick film of colloidal sulfur. Snow around the "well" was also saturated with hydrogen sulfide. In Autumn, 1979 we found the stream dried out, no sulfur sediment on stones and no gas jets or degassing springs around. However, air beneath the sulfur knolls contained the same high concentrations of hydrogen sulfide. The latter was not found in the air at open ventilated spaces.

Having examined the Death Valley in August, 1981, at the time of complete removal of snow and strong winds blowing the valley through, we did not find any new signs of death of big animals. However, along the fissure zones of gas supply, dead mice and small birds were discovered again. Gas vents were especially marked by hundreds of dead insects. Deep black color of the wall-rocks due to accumulation of iron disulfide indicated the supply of hydrogen sulfide along those zones. 1.3 vol.% of  $H_2S$  was determined in the air

**Таблица 2. Состав окклюдированных газов (об.%)**  
**Table 2. Composition of occluded gases (vol.%)**

Номер пробы Probe number	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Ar	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	COS	CS <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S
1044/1	56,9	16,6	0,69	23,9	0,16	0,16	0,45	0,21
1044/2	51,0	14,1	0,65	30,6	0,37	0,14	0,38	0,19
Воздух (эталон) Air (standard)	78,0	20,9	0,93	0.0	-	-	-	-

Примечание. Пробы анализированы на масс-спектрометре типа МИ-1201. Общее количество газа определялось с применением воздушного стандарта. Аналитик Ю.М. Миллер (Институт микробиологии РАН, г. Москва).

**Note:** Probes were analyzed using mass-spectrometer of the MI-1201 type. Total amount of gas was determined using the air standard. Analyst Yu.M. Miller (Institute of Microbiology RAS, Moscow).

(прокачавшим через 500 мл емкость 30 л газа в течение 1 часа) сероводород не был обнаружен, что, по-видимому, связано с его последующим окислением кислородом. В пробах 2103 и 2105, отобранных из одного и того же места и проанализированных в разных лабораториях, а также в пробе 2106 обнаружился некоторый избыток кислорода относительно воздушного соотношения азота и кислорода, что, по-видимому, связано с поступлением кислорода и азота с грунтовыми метеорными водами. При соприкосновении с горячими струями газа происходит дегазация воды и соответственно меняется соотношение  $N_2/O_2$  в потоке газа на выходе, так как растворимость (и содержание) азота и кислорода в воде заметно различны. Аналогичное явление отмечалось и ранее, например, на вулкане Эбеко.

probe (80 ml) pumped out using a rubber pump from such a zone into the charger with cadmium acetate (parallel to the probe 2106). However, hydrogen sulfide was not detected in two air samples collected at the same site using electric pump (pumping 30 l of gas through a 500 ml vessel for 1 hour), which is probably due to its consequent oxidation. Probes 2103 and 2105 collected at the same site and analyzed at different labs, as well as probe 2106, showed some excess of oxygen relative to the air ration of nitrogen and oxygen, which is likely to be associated with the supply of oxygen and nitrogen with ground atmospheric waters. When contacting with hot gas streams, water degassing takes place, and, accordingly,  $N_2/O_2$  ratio in the gas outflow changes, because solubility (and contents) of nitrogen and

Для проверки предположения о возможности генерирования газов толщей серных отложений при ее прогреве были сделаны анализы окклюдированных (поглощенных при образовании) газов в двух образцах самородной серы, отобранных из серного бугра на площадке гибели животных. Как видно из таблицы 2, состав выделившегося газа является промежуточным между обычным воздухом и пробами спонтанного газа из источников Долины смерти. Вероятно, такой состав газа сформировался вследствие диффузии в серную залежь потока фумарольных газов и атмосферных кислорода и азота. Обращает на себя внимание наличие в составе окклюдированных газов двуокиси серы и карбонилсульфида (COS), отмеченного еще в 1960 г. Л.А. Башариной на пирокластических потоках вулкана Безымянный, а также ранее никогда не определяемого на вулканах сероуглерода. Таким образом, в составе воздуха Долины смерти помимо достаточно высоких содержаний углекислого газа обнаружены  $H_2S$ ,  $SO_2$ , COS,  $CS_2$ . Они относятся к веществам, губительно действующим на центральную нервную систему: 0,1 %  $H_2S$  в воздухе вызывает тяжелое отравление и паралич конечностей у животных; 0,2 % двуокиси серы вызывает потерю сознания и обморок; 0,5 %  $CS_2$  поражает центральную нервную систему и другие органы. Но последствия вдыхания появляются не сразу; COS по токсическому эффекту сходен с  $H_2S$ , но действие его проявляется медленнее.

Следует учесть, что в августе 1981 г. пробы воздуха отбирали при сильном ветре, продувавшем Долину смерти. По-видимому, в безветренную погоду концентрации тяжелых и токсических компонентов  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $SO_2$ , COS и  $CS_2$  в приземном слое воздуха были бы выше. Возникновение устойчивой стратификации слоев газа резко различного химического состава - так называемой химической меромиксии - обусловлено особенностями микрорельефа местности и погодных условий. Толчком к

oxygen in water are notably different. Similar phenomenon had been reported earlier, for example, at the Ebeko volcano.

To test the hypothesis on the possibility of gas generation by the mass of sulfur deposits when heating, occluded (absorbed at the formation) were analyzed in two samples of native sulfur collected from a sulfur knoll at the area of animals' death. Table 2 shows that the composition of the resulting gas is to some degree intermediate between usual air and free gas probes from the springs of the Death Valley. Such a composition was likely formed in the result of diffusion of fumarole gases and atmospheric nitrogen and oxygen into the sulfur body. Notable is the presence of sulfur dioxide and carbonyl-sulfide (COS) in occluded gas composition, which had been reported in 1960 by L.A. Bosharina, and carbon disulfide never before detected at volcanoes. Thus, alongside with rather high contents of carbon dioxide,  $H_2S$ ,  $SO_2$ , COS and  $CS_2$  were found in the air of the Death Valley. They refer to the substances pernicious for the central nervous system: 0.1% of  $H_2S$  contained in the air causes serious poisoning and extremity paralysis in animals; 0.2% of sulfur dioxide causes loss of consciousness and fainting; 0.5% of  $CS_2$  affects the central nervous system and other organs. However, results of inhaling do not show up immediately; toxic effect of COS is similar to that of  $H_2S$ , but it also acts slowly.

It should be taken into account, that in August, 1981, air probes were collected at a strong wind ventilating the valley. Evidently, in calm weather, concentrations of heavy and toxic components ( $CO$ ,  $H_2S$ ,  $SO_2$ , COS and  $CS_2$ ) in the near-ground air would be much higher. Formation of stable stratification of gas strata with quite different compositions (the so-called "chemical meromixy") is due to the peculiarities of local microrelief and weather conditions. This phenom-



---

этому явлению в Долине смерти служит, скорее всего, возникновение инверсии температуры атмосферы в период снеготаяния, вслед за которой и происходит накопление в приземном слое воздуха углекислоты и сернистых соединений.

enon in the Death Valley was most probably triggered by the inversion of atmospheric temperature during the snowmelt, which is followed by accumulation of carbonic acid and sulfur compounds in the near-surface air.

---

## КЛИМАТ, РАСТИТЕЛЬНЫЙ И ЖИВОТНЫЙ МИР

## CLIMATE, FLORA AND FAUNA

---

Климатические особенности территории определяются положением вблизи Тихоокеанского побережья Камчатки, для которого характерна активная циклоническая деятельность и смена атмосферной циркуляции над материковой частью и прилегающей акваторией Тихого океана. Следствием различного прогрева воздуха над сушей и океаном является обилие осадков, облачность и высокая влажность, что свойственно особенно приморским районам. Удаление Долины Гейзеров от побережья почти на 40 км и превышение над уровнем моря на 600-1400 м приводит к более контрастным температурам воздуха и меньшей облачности. Общее количество осадков достигает 2000 мм в год, большая часть которых падает на зимнее время. Среднегодовая температура воздуха приближается к 0°C, самый теплый месяц - август, самый холодный - январь. При большой продолжительности зимнего периода (снег выпадает в самом начале ноября и сходит в конце мая), зима мягкая без сильных морозов. Осенью и в начале зимы район Долины Гейзеров попадает под влияние циклонов, сопровождаемых сильными ветрами юго-восточного и северо-западного направлений и обильными осадками. В эти моменты отмечается большая суточная норма осадков до 60-80 мм. Из-за короткого (начало июля - первая половина сен-

Climate of the considered territory is conditioned by its location close to the Pacific coast of Kamchatka, for which typical is active cyclonic activity and changes of atmospheric circulation above the continental part and adjacent waters of the Pacific Ocean. Different degrees of air heating above the land and ocean result in abundance of atmospheric precipitates, nebulosity and high humidity, especially for the coastal area. Located almost 40 km inland and 600-1400 m above the sea level, the Valley of Geysers is characterized by even greater differences in air temperature and lesser cloudiness. Total rainfall reaches 2000 mm yearly, most of which falls on winter periods. Annual air temperature is close to 0°C, August being the warmest month, January – the coldest. Given the duration of winter (snow covers the valley at the beginning of November and melts at the end of May), it is still mild, without nipping frosts. In autumn and early winter, the Valley of Geysers is influenced by cyclones accompanied by strong Southeastern and Northwestern winds and abundant precipitation. Summer is short (beginning of July – mid September), cool and damp which leads to preservation of snow over the tops and micro-lowerings of the relief all year round.

тября), прохладного и влажного лета, на высоких отметках и микропонижениях рельефа снег, не успевая растаять, сохраняется до начала нового снегостояния.

Р а с т и - тельный покров в бассейне Гейзерной отражает все особенности растительного мира вулканического дола Восточной Камчатки. В верховье бассейна на склонах вулканического массива Кихпиньч-

Желтая выше отметки 1000 м растительность представлена небольшими пятнами кустарничков верескового сообщества в большинстве своем стланиковой формы (багульник, брусника), мха и лишайников. Склоны долины реки ниже тысячеметровой отметки задернованы и сплошь покрыты, за исключением скальных обрывов, ольховым стлаником с отдельными островками кедрового стланика. В средней и нижней частях бассейна, особенно в долине ручья Водопадного, на отметках ниже 700 м в растительном покрове появляются отдельно растущие каменные березы или их небольшие рощицы (фото 31, 32). Для этой зоны характерно развитие подлеска, обычно представленного рябиной, шиповником, реже жимолостью, а в травяном ярусе выделяется шеломайник, иван-чай, борщевик, крестовник, хвощи, черемша, папортник, щитовник и др.

Гидротермальная активность не влияет на существующий в каждой ландшафтной зоне фон растительного покрова. Однако на конкретных участках термопроявлений формируются особые раститель-



**31. Береза Эрмана “прижилась” рядом с высокотемпературными площадками в центре Долины Гейзеров.**

*Ehrmann's birch having taken roots beside high-temperature grounds in the center of the Valley of Geysers*

Flora of the Geysernaya river basin mirrors all the peculiarities of the volcanic dale flora of Eastern Kamchatka. At the upper basin, over the slopes of the Kikhpinych-Zheltaya volcanic massif (above 1000 m), vegetation is presented by pure spots of small shrubs of Ericaceae (mostly elfin-woods like rosemary and mountain cranberries), moss and lichen. Slopes of the river valley below the 1000 m mark are almost all over turfed and covered by alder and cedar elfin-woods. In the middle and lower parts of the valley, at the height below 700 m, individual stone-birches or even their small spinneys appear in the plant covering (Photo 31, 32). For this zone, characteristic is growth of underbrush typically presented by ashberry, dog-rose and honeysuckle, as well as blooming sally, cowparsnip, groundsel, shavegrass, damsons, ferns, and others.

Hydrothermal activity does not affect general picture of vegetation in each landscape zone. However, peculiar ver-

ные группировки. Причем растительность распределяется по зонам, в центре которых обычно за счет высокой температуры грунта (40-100°C) наблюдается открытая поверхность. По краевым частям последовательно развиваются мох, фимбристелис, покрытой пленкой сине-зеленых водорослей и, наконец, полоса полыни, которая может быть окружена высокотравьем из шеломайника, крестовника, волжанки. Это наблюдается в средней и нижней частях долины реки Гейзерной. Непосредственно на термальных площадках вблизи водотоков и различных водоемов горячей воды развиваются термофильные водоросли и бактерии и отдельные виды цветковых растений. Резко изменяющиеся температурные условия и состав грунта обуславливают здесь формирование пестрого и мозаичного видового состава растительного мира.

Даже на ограниченной площади бассейна реки Гейзерной можно встретить типичных представителей животного мира Кроноцкого заповедника. Ранней весной на заснеженных склонах долины появляются бурые медведи, спешащие к заросшей зеленью термальным площадкам. Вблизи них часто встречается и зайцы-беляки, хотя их можно заметить повсюду на склонах и в верховье бассейна. На склонах массива Кихпиныч-Желтая, если очень повезет, можно встретить дикого оленя, небольшие группы которого иногда появляются здесь, мигрируя с восточного побережья на обширные пространства

дурные группы формируются на определенных участках в местах проявления термальных проявлений. Эти группы распределяются в отдельных зонах в середине которых, открытая зона наблюдается из-за высокой температуры грунта (40-100°C). Мхи, покрытые пленкой сине-зеленых водорослей, растут по периферии таких зон, и, наконец, полоса полыни, которая может быть окружена высокотравьем, как это наблюдается в средней и нижней частях долины реки Гейзерной. Непосредственно в местах проявления термальных проявлений вблизи водотоков и различных водоемов горячей воды развиваются термофильные водоросли и бактерии, а также некоторые виды цветковых растений. Резко изменяющиеся температурные условия и состав грунта обуславливают здесь формирование пестрого и мозаичного видового состава растительного мира.

Несмотря на ограниченную территорию долины реки Гейзерной, типичные представители фауны Кроноцкого заповедника можно встретить здесь. В начале весны, на снежных склонах долины появляются бурые медведи, спешащие к заросшей зеленью термальным площадкам. Вблизи них часто встречается и зайцы-беляки, хотя их можно заметить повсюду на склонах и в верховье бассейна. На склонах массива Кихпиныч-Желтая, если очень повезет, можно встретить дикого оленя, небольшие группы которого иногда появляются здесь, мигрируя с восточного побережья на обширные пространства



**29. Цветковые растения соседствуют с термоявлениями.**

*Flowering plants neighbor thermal manifestations*

---

вулканического дола вулканов Узон и Уна-на. Нередко можно видеть лисиц и, конечно, различного вида полевок. Среди птиц встречаются белая куропатка, особенно в верховье бассейна, кедровка, разнообразные синицы, пеночки, трясогузки, по берегам ручьев кулички, иногда попадает каменюшка. Разумеется, в период полета птиц разнообразие видов увеличивается и случайно можно наблюдать многих других птиц, например юрков, куликов-ягодников в верховье реки Гейзерной. Следует отметить своеобразие насекомых, живущих круглогодично на термальных площадках и вблизи водоемов и водотоков горячей воды, где они постоянно находят корм и где созданы благоприятные температурные условия обитания.

Kikhpinych-Zheltaya. Their small groups sometimes appear here, migrating with east coast on extensive spaces volcanic dale volcanoes Uzon and Unana. Foxes and various field-mice often scurry about the area. As for the birds, we should name willow grouses, cedarbirds, different tomtits, chiffchaffs, wagtails and some others. Naturally, in the period of migration, the number of species considerably grows up, and many other birds can be met in the area, for instance, bramblings and woodcocks-berry-pickers. Notable is also the diversity of insects yearly inhabiting thermal grounds and areas near water pools and vents of hot water, where they can always find food and favorable living conditions.

---

## ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ИСТОРИЯ ДОЛИНЫ ГЕЙЗЕРОВ

### GEOLOGICAL STRUCTURE AND HISTORY OF THE VALLEY OF GEYSERS

---

На рис. 3 показана упрощенная схема геологического строения бассейна реки Гейзерной. Протекая по восточному краю Узонско-Гейзерной вулcano-тектонической депрессии (расположение ее видно на рис. 1), река врывается в озерные отложения, заполняющие депрессию, а в среднем и нижнем течении прорезает их на всю мощность и вскрывает наиболее древние отложения, относящиеся к ее фундаменту. На карте (рис. 3) показаны отложения разного возраста, объединенные в пять комплексов. Докальдерный комплекс (показан зеленым цветом) объединяет разнообразные породы (преимущественно лавы и туфы андезитового и дацитового состава), сформировав-

Figure 4 shows a simplified sketch of the geological structure of the Geysernaya River basin. Running over the eastern margin of the Uzon-Geysernaya volcanic-tectonic depression (its location can be seen in Fig. 1), the river cuts into lacustrine sediments filling the depression, and in its middle and lower current, it cuts them through disclosing the most ancient deposits that refer too its basement. Deposits of various ages joint into five complexes are depicted in the map (Fig. 43). Pre-caldera complex (green color) hosts different rocks (mostly lavas and tuffs of andesite and dacitic composition), that



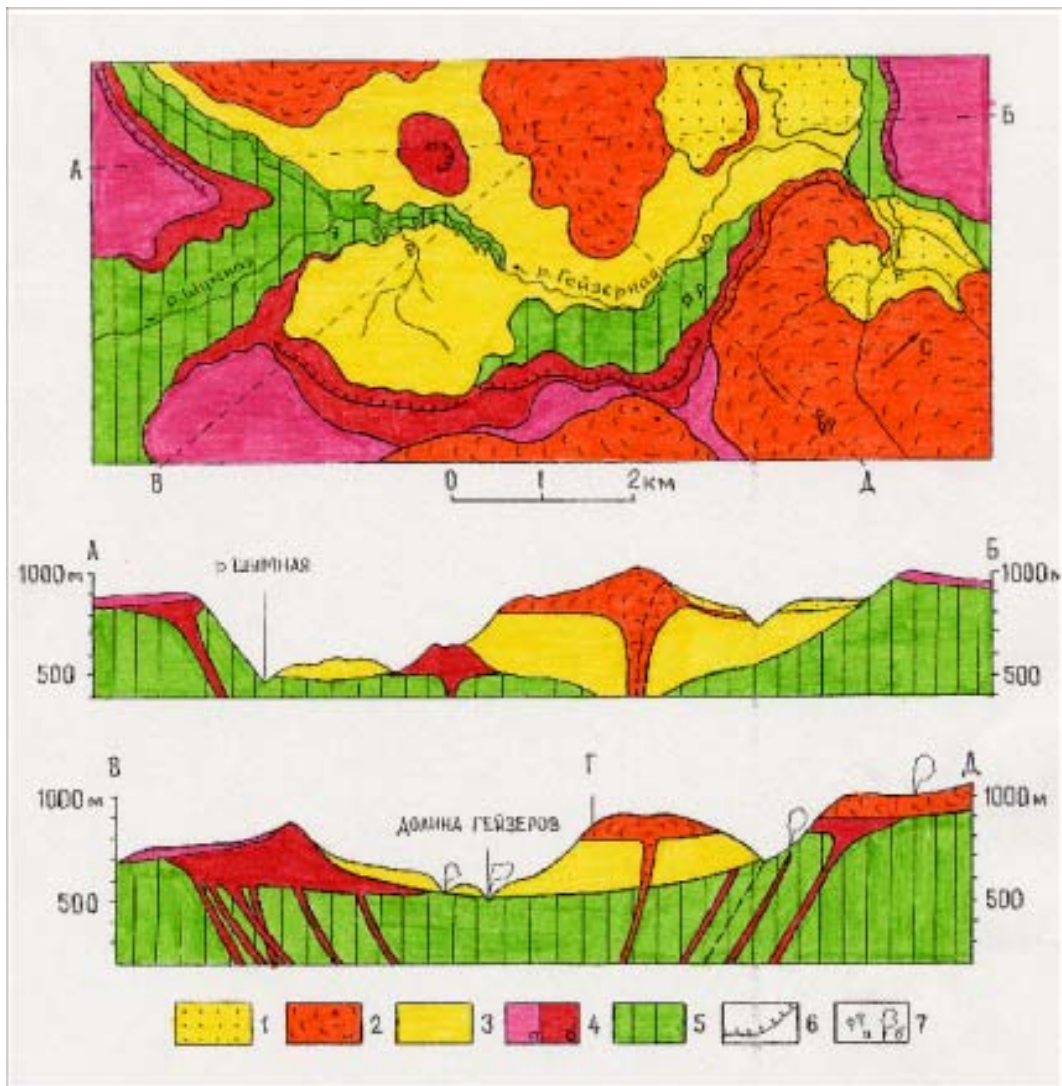


Рис. 3. Схематическая геологическая карта и разрезы бассейна р. Гейзерная  
 1 – озерные отложения (возраст 9-12 тыс. лет); 2 – лавы андезитового, дацитового, риодацитового составов; 3 – озерные отложения (возраст 20-35 тыс. лет); 4 – а) – взрывные отложения: тефра, пемзы, игнимбриты (возраст 39-40 тыс. лет), б) – лавы дацитового, риодацитового составов (бортовой комплекс); 5 – докальдерные отложения (нерасчлененные); 6 – эрозионные уступы, ограничивающие с востока Узонско-Гейзерную вулканотектоническую депрессию; 7 – термальные источники: а) – на карте, б) – на разрезе.

Fig. 3. Schematic geological map and profiles of the Geysernaya river basin  
 1 – lacustrine sediments (aged 9-12 thousand years); 2 – lavas of andesitic, dacitic and rhyodacitic compositions; 3 – lacustrine sediments (aged 20-35 thousand years); 4 – а) explosive sediments: tephra, pumices, ignimbrites (age 39-40 thousand years), б) – lavas of dacitic and rhyodacitic compositions (edge complex); 5 – pre-caldera deposits (whole); 6 – erosive ledges bounding the Uzon-Geysers volcanic depression from the East; 7 – thermal springs: а) in the map, б) on the profile.

шиеся до образования Узонско-Гейзерной депрессии. Эти породы имеют разный возраст от 40 до 140 тысяч лет.

Следующие два более молодых комплекса (показаны красным и розовым цветом) связаны с образованием Узонско-Гейзерной депрессии. Более ранний из них - бортовой (показан красным цветом), представлен многочисленными дайками, экструзивными телами и лавовыми потоками, изменяющимися по составу от дацитов до риодацитов. Примером тел внедрения может быть дайка Пик Слияния/ на левобережье реки Шумной напротив устья реки Гейзерной (фото 33). Большая часть этих тел внедрилась по дуговым трещинам, возникшим



по краю вышеназванной депрессии, и сформировала ее борта. Второй комплекс (показан розовым цветом) представлен преимущественно взрывными отложениями - пемзами, бомбовыми туфами, игнимбритами. Его формирование связано с мощными взрывами, которые непосредственно предшествовали образованию вулканотектонической депрессии. Возраст отложений этого комплекса определен радиоуглеродным методом по почве, погребенной под игнимбритами в районе Кроноцкого озера в  $39600 \pm 1000$  лет (ГИН-1369).

Наиболее молодые отложения, вскрывающиеся в бассейне реки Гейзерной, заполняют Узонско-Гейзерную депрессию и частично распространены по ее бортам. Они объединены в два комплекса, которые показаны на рисунке 4 желтым и оранжевыми цветами. Первый комплекс (показан желтым цветом) представлен озерными отложениями, которые имеют очень широкое распространение по бортам реки Гейзерной (фото 34). Это, в основном,

**33. “Триумфальные ворота” в устьевой части Гейзерной - дайка, прорезанная рекой. Вдали дайка “Пик слияния”.**

*“Triumphal Gates” in the mouth of the Geysernaya river – a dyke cut through by the river. In the distance – the dyke named “The Peak of Junction”*

had developed prior to the formation of the Uzon-Geysernaya depression. Age of those rocks vary from 40 to 140 thousand years.

The other two younger complexes (red and pink) are associated with the formation of the Uzon-Geysernaya depression. The earliest of them, the board one (red), is presented by numerous dykes, extrusive bodies and lava flows of dacitic to rhyodacitic composition. The dyke called Pik Sliyaniya (Confluence Peak) at the left bank of the Shumnaya

слоистые пемзовые туфы, содержащие иногда слои брекчий и конгломератов. Изучение их состава и распространения показало, что в пределах Узонско-Гейзерной депрессии существовало несколько озерных бассейнов, которые имели различные очертания и глубины, и постепенно смещались к западу и к северу. Общая мощность этих отложений по бортам Гейзерной превышает 400 м. Второй комплекс, относящийся к посткальдерному этапу, представлен лавами, изменяющимися по составу от андезитов до риолитов (показаны оранжевым цветом). Наибольшим распространением пользуются лавы риодацитового состава, которые слагают крупные вулканические постройки, сопки Желтую и Гейзерную в том числе, имеющие центральный купол и распространяющиеся от него в стороны мощные (до 100-150 м) лавовые потоки. Внедрение этих лав произошло уже после формирования основной толщи озерных отложений, и лавы растекались по ровной их поверхности, образуя мощные, обрывистые со всех сторон плато. Абсолютные высоты этих плато сравнивались или даже превысили высоту бортов Узонско-Гейзерной депрессии, так что в рельефе она к этому времени перестала существовать как депрессия.

Формирование описанных молодых экструзивных куполов и связанных с ними потоков происходило непосредственно перед и, возможно, в период последнего оледенения, то есть, около 15-20 тысяч лет назад. К этому времени вулканическая деятельность в районе практически прекратилась, депрессия была полностью заполнена озерными отложениями и лавами.

Дальнейшая история района и формирование собственно Долины Гейзеров в том виде, в каком мы ее сегодня знаем, связаны с процессами эрозии, размыва описанных выше пород. Эти процессы были, по-видимому, наиболее активны в период отступления ледников последнего оледенения, когда мощные реки, вытекавшие из-под ледников, могли глубоко врезаться в озерные отложения, заполняющие Узонс-

river, opposite the mouth of the Geysernaya river, is a typical example of an intrusion body (Photo 33). Most bodies intruded through arc fissures that had formed along the edge of the above depression, thus constructing its sides. The second complex (pink) is presented mainly by explosive sediments – pumices, bomb tuffs, ignimbrites. Its formation is associated with severe explosions immediately preceding the development of the volcanic-tectonic depression. The age of the deposits of this complex ( $39600 \pm 1000$  years) was determined using radiocarbon method, by the soil buried beneath the ignimbrites in the area of the Kronotskoye lake.

The youngest deposits disclosing in the Geysernaya river basin fill the Uzon-Geysernaya depression and are partially distributed along its sides. They are joint into two complexes depicted in Fig. 4 by yellow and orange colors. The first one (yellow) is presented by lacustrine sediments widely spread at the sides of the Geysernaya river (Photo 34) including layered pumice tuffs, occasionally containing beds of breccias and conglomerates. Studies of their composition and distribution showed that within the Uzon-Geysernaya depression, there existed several lake basins that were different in shape and depth and gradually shifted westward and northward. Overall thickness of those sediments along the Geysernaya sides exceeds 400 m. The second complex referring to the post-caldera stage, is presented by lavas varying in composition from andesites to rhyolites (orange). The most widely spread are the riodacitic lavas constituting large volcanic construction, including the Zheltaya and Geysernaya hills, having a central dome and thick (up to 100-150 m) lava flows running from it. Intrusion of those lavas took place after the formation of the main body of lacustrine sediments, and lavas spread over their plane surface forming

ко-Гейзерную депрессию. Возможно, сыграло роль и заложение новейшей системы разломов северо-северо-восточного простирания, которое произошло в начале голоцена (около 9-12 тысяч лет назад). Эти события привели к тому, что юго-восточный борт депрессии был разрушен и в нем образовался глубокий каньон. Почти все озерные бассейны, существовавшие в пределах Узонско-Гейзерной депрессии, были спущены, а по краям ее заложилась глубокие долины рек, которые в настоящее время мы называем Гейзерная и Шумная.

Дольше всего сохранялся небольшой озерный бассейн в северо-восточной части Узонско-Гейзерной депрессии. Он сформировался при внедрении экструзивных куполов сопки Гейзерной и Желтой. Лавовые потоки их сомкнулись, и между ними и северным бортом депрессии образовался небольшой обособленный бассейн, который существовал еще в начале голоцена (8-12 тысяч лет назад). Отложения, сформировавшиеся в этом озере, представлены преимущественно шлаковыми туфами, которые составлялись, по-видимому, начавшим извергаться в это время Южным конусом вулкана Крашенинникова, расположенным в 15 км севернее описываемого района.

К середине голоцена (5-6 тысяч лет назад) река Гейзерная разрушила южный борт этого бассейна и, продолжая врезаться в толщу озерных отложений, заполняющих Узонско-Гейзерную депрессию, приобрела тот облик, который мы видим сейчас - глубокого крутостенного каньона, протягивающегося дугой вдоль восточного борта Узонско-Гейзерной депрессии и всрывающего весь комплекс заполняющих ее отложений.

Термопроявления в средней части долины реки Гейзерной - Верхне-Гейзерное термальное поле - приурочены к лавам докальдерного комплекса, вскрытым на левобережье реки. Озерные отложения, некогда заполнявшие Узонско-Гейзерную депрессию, здесь уничтожены эрозией полностью. Ниже Гейзерная течет по озерным отложениям и в этой части долины круп-

large precipitous plateaus. Absolute altitudes of the plateaus equaled or even exceeded those of the Uzon-Geysernaya depression sides, so that by the time, it did not exist as a real depression in the local relief any more.

Formation of the above young extrusive domes and associated flows took place immediately prior, and perhaps during the period of the last glaciation, that is, about 15-20 thousand years ago. By that moment, volcanic activity in the area had in fact seized, the depression being completely filled up with lacustrine sediments and lavas.

Further development of the area and the formation of the Valley of Geysers in the way we know it today, are connected with the processes of erosion and wash-out of the described rocks. Those processes were evidently the most active during the glacier contraction, when full-water rivers running from under the glaciers could deeply cut into the mass of lacustrine sediments filling the Uzon-Geysernaya depression. Significant might also be origination of a newest North-Northeastern fault system in early Holocene (about 9-12 thousand years ago). As the result, the Southeastern side of the depression was ruined, and a deep canyon formed within it. Almost all the lake basins that had existed within the depression got drained and lowered, and along its edges deep valleys of the rivers (now called Geysernaya and Shumnaya) were formed.

The small lake pool in northeast part of Uzon-Geysernaya depression was longly kept. The sediments generated in this lake, are submitted mainly slag tuffs, which were delivered, apparently, started to be thrown up at this time by the Southern cone of volcano Krashennnikov located in 15 kms to the north of described area.

Thermal manifestations in an average part of a valley of the river Geysernaya - Verkhne-Geysernoye ther-



ных термопроявлений нет. Они вновь появляются в нижнем течении, где река прорезает озерные отложения, заполняющие депрессию, и опять вскрывает комплекс докальдерных отложений. В этом месте на протяжении примерно 2,5 км сосредоточена подавляющая часть крупных гейзеров и термальных источников, и именно этот участок известен всем как Долина Гейзеров.

Формирование Узонско-Гейзерной вулканотектонической депрессии и расположенных в ее пределах и вблизи нее термальных источников связано с существованием на небольшой глубине (10-15 км) в недрах этого района крупного магматического очага. Площадь проекции очага на поверхность, судя по размерам вулканотектонической депрессии, составляет порядка 100 кв.км. На основании наблюдающегося увеличения диаметра кольцевых структур и асимметрии строения их бортов предполагается, что кровля очага погружается в западном направлении. Ее глубина оценивается для восточной части депрессии в 7-8 км, для западной - в 10 км.

В позднем плейстоцене (около 40 тысяч лет назад) произошла общая активизация вулканизма в Курило-Камчатском регионе. В это время во многих районах, где существовали близповерхностные магматические очаги, произошли крупные извержения пирокластического материала. Десятки кубических километров магмы были выброшены в воздух, а над очагами произошли просадки и сформировались



**34. Живописные обрывы пемзовых и шлаковых туфов озерных отложений - "Жёлтые Скалы" - на правом склоне р. Гейзерной.**

*Picturesque precipices of pumice and cinder tuffs of lacustrine sediments at the left slope of the Geysernaya river - "Yellow Cliffs".*

mal field - are dated for lavas pre-caldera complex, opened on a left bank of the river. Lake sediments, once filling Uzon-Geyser depression, here are destroyed by erosion completely. Below Geysernaya river flows on lake sediments and in this part of a valley large thermal manifestations is not present. They again appear in the bottom current where the river cut the lake sediments filling depression, and again opens a complex of pre-caldera sediments. In this place the overwhelming part of large geysers both thermal sources is concentrated on an extent

---

вулканотектонические депрессии. Так же образовалась и Узонско-Гейзерная депрессия. После крупнообъемных кальдерообразующих извержений магматический очаг в недрах сформировавшейся депрессии не перестал существовать. Вплоть до голоцена, то есть, в течение 25-30 тысяч лет из очага происходили периодические извержения и на поверхность изливались лавы или выбрасывались пемзы, имеющие кислый состав. В то же время количество кислого материала уменьшалось и это свидетельствовало о постепенном остывании очага.

В начале голоцена (около 9-12 тысяч лет назад) произошла новая активизация вулканизма. На Восточной Камчатке вблизи Узонско-Гейзерной депрессии в это время начали формироваться вулканы Кизимен, Крашенинникова, Малый Семячик. В непосредственной близости от депрессии, на ее бортах в голоцене сформировались шлаковые конусы. Внутри депрессии данная активизация вулканизма никак не проявилась, что может указывать на то, что магматический очаг здесь и в голоцене еще существовал и являлся буфером, препятствующем проникновению к поверхности глубинных базальтовых расплавов. Они могли достичь поверхности лишь по периферии очага. Вполне вероятно, что периодическое внедрение глубинных высокотемпературных расплавов в близповерхностный магматический очаг в голоцене происходило неоднократно, и очаг продолжает и сегодня сохранять достаточно высокую температуру. Выступая как аккумулятор тепла, он обеспечивает тепловое питание гидротермальных систем Долины Гейзеров и кальдеры Узон.

Попробуем в заключение геологического раздела для не геологов представить сухие данные о составе пород, условиях их залегания, о разломах, экзотриях и о прочих материалах по геологии в виде своеобразной сказки о том, как-кие процессы привели к появлению Долины Гейзеров.

Когда рассказывают о человеке, часто вспоминают, кто были его отец, мать,

about 2,5 kms, and this site is known for all as the Valley of Geysers.

Formation of the Uzon-Geysler hydrothermal volcanic-tectonic depression and thermal springs located within and near it is connected with the existence of a large shallow (10-15 km) magmatic chamber in this area. Judging by the sizes of the depression, the area of the chamber projection onto the surface makes up about 100 km<sup>2</sup>. The observed increase of the ring structures' diameter and asymmetry of their sides suggest that the roof of the chamber is subsiding westward. Its depth is estimated as 7-8 km for the eastern part of the depression, and 10 km for the western one.

In Late Pleistocene (about 40 thousand years ago), overall activation of volcanism took place in the Kurile-Kamchatka Region. At that time, large pyroclastic eruptions occurred in many areas hosting near-surface magmatic chambers. Dozens of cubic kilometers of magma were ejected into the air, subsidence took place above the chambers, thus forming volcano-tectonic depressions, and the Uzon-Geysler depression as well. After voluminous caldera-forming eruptions, magmatic chamber beneath the new depression did not vanish. Up to Holocene, that is for 25-30 thousand years, occasional eruptions brought out onto the surface lavas and pumices of acidic composition. At the same time, volume of acidic material was reducing, which indicated gradual fading of the chamber.

In early Holocene (about 9-12 thousand years ago), volcanism activated again. Such volcanoes as Kizimen, Krashennnikov and Maly Semyachik began forming near the Uzon-Geysernaya depression at that period. It is quite probable, that periodic introduction deep high-temperature melts in the magmatic chamber in Holocene occurred repeatedly, and the chamber continues and to keep high enough temperature today. Acting as the accumulator of heat,

---

бабушки, дедушки... Тогда становится более понятной и личность самого человека. Пользуясь этой аналогией, по-стараясь рассказать, кто были предками (в кавычках, конечно) Долины Гейзеров. Надо сказать, что развитие не живой природы, в данном случае - вулканотектонических структур, и развитие биологических видов порой причудливо переплетаются и между ними можно найти много общего. В частности, те процессы, которые привели в конечном итоге к появлению Долины Гейзеров, происходили синхронно с развитием человеческого рода - эволюцией от первых человекообразных обезьян-гоминоидов, до человека.

Вернёмся назад на 16 млн. лет - это не так уж много, если учесть, что возраст нашей Земли - 4-4,5 млрд. лет. Так вот 16 млн. лет назад ещё не существовало ни Долины Гейзеров, ни Камчатки. Но в то время на Земле произошло несколько замечательных событий. Африка соединилась с Евразией и на месте разделявшего их океана Тэтис, поднялись высокие горы - Альпы, Тавры, Загрос. В это время в той же Африке впервые появились человекообразные обезьяны - та ветвь обезьян, из которой позже появился человек разумный. На востоке Азии в это время уже существовали зачатки Курило-Камчатской островной дуги и в южной её части именно 16 млн. лет назад началось формирование обширной Курильской котловины. Магма устремилась вдоль дуги на север, и если на юге дуги происходили просадки, то на севере в это время начался подъём, всплывание громадного участка Земли, который "вынырнул" из океана и предстал перед нами в виде полуострова. Его мы сегодня и называем Камчаткой. Произошло это 6-8 млн. лет назад. Если опять обратиться к истории человека, то в Африке в это время впервые появились гоминиды - ветвь человекообразных обезьян, которая подучила название "семейство людей".

В это же время 6-8 млн. лет назад в южной части Камчатки, примерно там, где сейчас находится города Петропавловск-

it provides a thermal feed of hydrothermal systems of the Valley of Geysers and Uzon caldera.

Let's try in conclusion of the geological unit for not geologists to present the dry data on structure of rocks, their stratification, about breaks, extrusions and about other materials on geology as an original fairy tale on what processes have led to occurrence of the Valley of Geysers. When tell about the person, frequently recollect, who grandmothers, grandfathers were his father, mother... Then becomes more clear and the person of the person. Using this analogy, we shall try to tell, who were ancestors (so-called, certainly) Valleys of Geysers.

Let us go back for 16 million years, not so much given the age of our planet (4-4.5 billion years). So, neither the Valley of Geysers, nor Kamchatka existed 16 million years ago. However, several extraordinary events took place at that time. Africa jointed with Eurasia, and at the place where the Tatische Ocean had separated them before, lofty mountains rose, among them the Alps, Tavrass and Zagros. During the same period, anthropoid apes first appeared in Africa - the one from which homo sapiens developed afterwards. Rudiments of the Kurile-Kamchatka island arc already existed in the East of Asia, and the formation of a vast Kurile depression began 16 million years ago. Magma flooded North along the arc. Subsidence occurred in the South, whereas in the North, there began the elevation of an immense part of the land that had emerged from the Ocean and appeared before us in the form of a peninsular now called Kamchatka. It happened 6-8 million years ago. If to consider the human history again, at that time in Africa, a group of apes developed named the "human family".

At the same time, 6-8 million years ago, a vast dome (100-120 km in diameter) began developing in the Southern Kamchatka, approximately in the area of

---

Камчатский и Елизово, начался рост обширного купола, диаметр которого достигал 100-120 км. Формирование его было связано с диапиром - громадной "каплей" магмы, оторвавшейся от своих глубинных корней. Магма, благодаря гидростатическим силам всплывала и подняла перекрывающие ее породы. Этот купол, который в наши дни получил название Налачевский, имеет непосредственное отношение к Долине Гейзеров, являясь, если опять перейти на аналогию с историей людей, её, Долины, прадедушкой.

Начиная примерно с 3 млн. лет на Камчатке стал проявляться мощный наземный вулканизм. В пределах Налачевского купола в это время были сформированы крупные базальтовые вулканы, остатки которых (лавы-плато) сегодня можно наблюдать в верховьях раки Авачи. Прошел ещё миллион лет и на краю Налачевского купола к северо-востоку от него стал формироваться новый крупный вулканический центр - Карымский. Самые древние лавы этого центра датируются в 0,8-2 млн. лет. Этот центр можно считать прямым родственником Налачевского купола и, как будет видно дальше, "дедушкой" Долины Гейзеров. Развитие его было длительным и сложным, а наиболее яркие и мощные события в нём произошли примерно 150-180 тыс. лет назад, когда в результате грандиозных извержений были выброшены в воздух сотни кубических километров горной породы и сформировались обширные просадки: кальдеры вулканов Половинки, Стены, Соболиного. Надо сказать, что для нас людей этот период тоже знаменателен, так как в это время появился на свет первый человек из рода *Homo sapiens*. Длительным и порой драматичным было рождение, как новых геологических образований, так и новых биологических видов!

Итак, мы дошли до дедушки Долины Гейзеров, а кто же был её непосредственным родителем? Им можно считать Больше-Семячинский вулканический центр. Он возник на краю Карымского центра к северо-востоку от него и непосред-

modern cities of Petropavlovsk-Kamchatsky and Elizovo. Its formation was connected with a diapir – a gigantic drop-shaped magma body that had lost contact with its deep roots. Hydrostatic forces drew the magma body up, and in the result, it elevated its overlaying rocks. This dome, nowadays called Nalachevsky, is closely related to the Valley of Geysers, being its "great-grandfather", if to draw parallels with the human relations.

Powerful surface volcanism started manifesting itself in Kamchatka about 3 million years ago. Within the Nalachevsky dome, large basaltic volcanoes were formed at that period, whose ruins (lava-plateaus) can be seen today at the upper course of the Avacha River.

Has passed one million more years and at edge of Nalachevsky dome to northeast from it the new large volcanic center - Karymsky began to be formed. The most ancient lavas of the new center are estimated to be 0.8-2 million years of age. This center can be considered a direct relative of the Nalachevsky dome and, as we shall further learn, "grandfather" of the Valley of Geysers. Its development was quite continuous and intricate. The most immense events took place here about 150-180 thousand years ago, when enormous eruptions brought out hundreds of cubic kilometers of rocks and caused extensive subsidence: calderas of such volcanoes as Polovinka (Half), Stena (Wall) and Sobolinyi (Sable). It should be noted that the above period was remarkable for the human history as well, for a first human being called *Homo Sapiens* appeared then. Really hard and even dramatic was the origination of both young geological formations and new biological species!

So, we have come to the Grandfather of the Valley of Geysers. Let us see who was its immediate ancestor. Father of the Valley of Geysers can be considered the Bolshe-Semyachinsky volcanic



---

ственно продолжил ту ветвь вулканической активности, которая началась ещё 3 млн. лет назад на Налачевском куполе. Наиболее древние породы в нём датируются в 300-500 тысяч лет, а кульминация в развитии - прорыв магмы на поверхность и формирование кальдер - произошли здесь около 90-120 тыс. лет назад. В это время впервые начала развиваться вулканическая активность и в районе, где расположена ныне Долина Гейзеров. Но это было ещё только самое начало формирования на её месте крупного вулканического центра, который мы в настоящее время называем Узонско-Гейзерным. Апогей в его развитии наступил около 40 тыс. лет назад - также как в своё время в Больше-Семячинском центре, а до этого - в Карымском центре. Здесь произошли крупные извержения пирокластике, вслед за чем сформировалась обширная просадка - Узонско-Гейзерная вулканотектоническая депрессия. И опять хочу вернуться к истории человека - именно в это время, 40 тыс. лет назад по данным палеоантропологов появляется анатомически современный вид человека, то есть наш с вами прямой предок! И, по-видимому, в это же время, около 35-40 тыс. лет назад в восточной части Узонско-Гейзерной депрессии впервые проявилась мощная гидротермальная деятельность, следы которой мы можем обнаружить в настоящее время на гребнях обрывов, окружающих Долину Гейзеров с востока. Но самой Долины Гейзеров тогда все ещё не существовало - на её месте плескалось глубокое озеро, постепенно заполнявшееся пемзой и обломками пород, поступающими сюда при извержениях близлежащих вулканов. И уже совсем недавно (по геологическим меркам), после отступления ледников последнего оледенения - а оно было на Камчатке 20-21 тыс. лет назад - в юго-восточной части Узон-Гейзерной депрессии произошел прорыв ее борта, и озеро было спущено. И, по всей вероятности, 10-12 тыс. лет назад Долина Гейзеров приобрела тот вид, который всем нам теперь так хорошо знаком - глубокий

center. It had appeared at the edge of the Karymsky center, a bit north-east off it, and continued the trend of volcanic activity that had started within the Nalachevsky dome 3 million years before. The oldest rocks in this center are dated 300-500 years, while the climax of its development, that is magma outburst onto the surface and formation of calderas, took place here about 90-120 thousand years ago. At that time, volcanic activity first started manifesting itself in the area where the nowadays Geysers Valley is located. But that was just the beginning of the formation of a large volcanic center here, which we now know as the Uzon-Geysers one. It reached the peak of its development about 40 thousand years ago, when voluminous pyroclastic eruptions were followed by an extensive subsidence later called the Uzon-Geysers volcanic-tectonic depression. And again, we should address the human history. By the paleo-anthropological data, it was 40 thousand years ago, when the anatomical euhominid appeared that is our direct ancestor! Evidently, at the same time (about 35-40 thousand years ago) powerful hydrothermal activity first started in the Eastern part of the Uzon-Geysers depression. That activity can presently be traced along the steep ridges surrounding the Valley of Geysers from the East. But still the Valley of Geysers itself did not exist; a deep lake was located in its place that was gradually filled with pumice and various clasts brought in as a result of nearby eruptions. And not so long ago (from the geological point of view), after the melt of the last ice age glaciers (that took place in Kamchatka about 20-21 thousand years ago), a break of the border of the Uzon-Geysers depression occurred in its southeastern part, and the lake was drained. So, about 10-12 thousand years ago, the Valley of Geysers acquired the form that is so familiar to us today - a deep canyon cutting the mass of lacustrine sediments that used to

---

каньон, прорезавший толщу озерных отложений, заполнявших некогда обширную Узонско-Гейзерную депрессию.

Итак, Долина Гейзеров - это не просто рядовое явление, которое может возникнуть везде, где есть вулканическая деятельность. В ней как бы сфокусировался очень длительный вулканический процесс, протекавший направленно и закономерно на громадной площади, охватывающей всю Восточную Камчатку. И без "прадедушки" Налачевского центра, без "дедушки" - Карымского центра, без "отца" - Больше-Семячинского центра - не было бы и Долины Гейзеров. Это ещё раз подчеркивает её уникальность уже как геологического объекта.

Возможно - не случайно и то, что процесс её формирования шел параллельно с эволюцией человека. Может быть у неё, как и у человека, в результате этой эволюции появилось что-то духовное - то, что нас в ней так очаровывает... Как бы там ни было, а Долина Гейзеров остается прекрасным и самым притягательным уголком нашего полуострова и хочется надеяться, что она такой останется навсегда!

fill once extensive Uzon-Geysers depression.

Thus, the Valley of Geysers is not just an ordinary formation that can appear wherever volcanic activity occurs. It seems to have concentrated in itself a continuous volcanic process, systematically and regularly progressing over the vast area covering the whole Eastern Kamchatka. And there would not be Geysers Valley without its "great-grandfather" Nalachevsky Center, its "grandfather" Karymsky Center, and its "father" Bolshe-Semyachinsky Center. This one again stresses its uniqueness as a geological object.

Perhaps, it is not an occasion that the process of the Valley of Geysers formation progressed parallel to the human evolution. As a human, it might have acquired something mental and spiritual, something that is so charming for us. Whatever it might be, the Valley of Geysers is the most wonderful and attractive nook of our peninsular, and there is nothing left but hope that it will remain so forever.

---

# ГИДРОГЕОЛОГИЯ И МОДЕЛЬ ГЕЙЗЕРНОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

## HYDROGEOLOGY AND THE MODEL FOR THE GEYSERNAYA HYDROTHERMAL SYSTEM

---

Из краткого вышеприведенного определения гидротермальной системы следует, что ее развитие предполагает наличие мощного источника тепла и геологической структуры, обеспечивающей формирование подземных вод. Очевидно, что источником тепла Гейзерной системы может быть магматический очаг, существующий длительное время в недрах Узонско-Гейзерной депрессии (о чем говорилось выше), восточная часть которого непосредственно влияет на нагрев подземных вод. Водная составляющая гидротермальной системы образуется по известной схеме формирования обычных подземных вод.

На возвышенных участках рельефа, а ими являются входящие в бассейн р. Гейзерная вулканический массив Кихпинич, сопки Гейзерная, Останец, Открытая, Горное плато, атмосферные осадки, выпадающие в виде дождя и снега, просачиваются (инфильтруются) через почву на разные глубины в поры и трещины горных пород. Горные породы, поры и трещины которых заполнены водой, образуют водоносные пласты (горизонты). Первые от поверхности земли проницаемые горные породы содержат воды со свободной поверхностью или грунтовые (безнапорные) воды. Ниже лежащие проницаемые горные породы, разделенные плохо проницаемыми (водоупорными) отложениями, например глинами, как правило, полностью заполнены водой, находящейся под давлением. Это

The above brief definition of a hydrothermal system shows that its development suggests the presence of a powerful heat source and geological structure that provides generation of ground waters. The heat source of the Geysernaya hydrothermal system is evidently a magmatic chamber existing for a long time beneath the Uzon-Geysir depression. Eastern part of the chamber immediately affects the heating of the ground waters. Water component of the hydrothermal system is formed by a certain pattern of the formation of typical ground waters.

At the elevated areas of the relief (Kikhpinych volcanic massif, hills Geysernaya, Otkrytaya Ostanets and Gornoye Plato), atmospheric precipitates which is dropping out as a rain and a snow infiltrate through the soil to various depths into the pores and fissures of the rocks, thus forming aquiferous layers (horizons). Near-surface permeable rocks contain free (nonpressure) ground waters. Underlying permeable rocks are separated by less permeable (waterproof) deposits (for example, clays), and, as a rule, are completely filled with the water which is taking place under pressure. These are pressure head or artesian underground waters. Due to the alternation of permeable and impermeable rocks, several aquiferous horizons or complexes are formed.

---

напорные или артезианские подземные воды. Так как обычно наблюдается чередование проницаемых и непроницаемых пород, то образуется несколько водоносных горизонтов или комплексов.

Конкретно в условиях бассейна р. Гейзерной выделяется пять водоносных комплексов. Четыре первые из них представляют собой горизонты грунтовых вод. Воды первого водоносного комплекса содержатся в экструзивных образованиях левого и правого бортов долины Гейзерной (сопка Гейзерная, Горное плато, экструзии левого борта). Породы характеризуются высокой трещинной проницаемостью, что создает условия для проникновения и накопления инфильтрационных вод. С этим горизонтом связаны многочисленные холодные источники. Так на правом берегу в верховье оврага Желтых скал на контакте лав экструзии Гейзерной с нижележащей толщей туфов находятся самые мощные холодные источники (фото 35). Дебит их достигает 100 л/с, температура воды равна всего 2°C. Воды комплекса формируются за счет инфильтрации атмосферных осадков. Химический состав их - гидрокарбонатно-натриево-кальциево-магниевый с минерализацией до 100 мг/л и соответствует практически составу атмосферных осадков (табл. 3).

Второй водоносный комплекс близок к первому по составу водовмещающих пород, представленных риодацитами, базальтами и рыхлыми делювиальными отложениями склонов вулканов Кихпинич и сопка Желтая. Воды этого комплекса также безнапорные преимущественно трещинной циркуляции, которые образуют на склонах массива Кихпинич нисходящие источники, обладающие небольшими дебитами. Химический состав холодных вод - гидрокарбонатный магниево-кальциевый с минерализацией, не превышающей 200 мг/л. Наряду с холодными водами на участках термоаномалий отмечаются разнообразные термопроявления, связанные с подъемом пара и газа к поверхности, конденсацией пара и растворением газа в грун-

If to consider the conditions of the Geysernaya river basin, five aquiferous complexes are distinguished here. Four of them present unconfined aquifers. Waters of the first water-bearing complex are hosted by extrusive deposits of the left and right sides of the Geysernaya valley (Geysernaya hill, Gornoye Plato (Mountain Plateau)). The rocks are characterized by high fissure permeability, which is favorable for penetration and accumulation of infiltration waters. Numerous cold springs are associated with this horizon. Thus, the largest cold springs are located on the left bank, at the upper steep of the Yellow Rocks, in the place of the contact between the Geysernaya extrusion lavas and the underlying tuffs (Photo 32). Their flow rate reaches 100 l/s, while water temperature is only 2 °C. Waters of the complex are formed in the result of infiltration of atmospheric precipitates. Their chemical composition is hydrocarbonate-sodium-calcium-magnesium, with mineralization up to 100 mg/l, and practically corresponds to the composition of atmospheric precipitates (Table 3).

The second aquiferous complex is close to the first one in composition of water-hosting rocks presented by riodacites, basalts and loose dealluvial deposits at the slopes of the Kikhpinych volcano and the Zheltaya hill. Nonartesian, mainly fissure circulation waters of this complex form low-discharge descending spring at the slopes of the Kikhpinych massif. Chemical composition of cold waters is hydrocarbonate-magnesium-calcium, with mineralization below 200 mg/l. beside cold waters at the areas of thermal anomalies, various thermal manifestations occur, associated with the ascent of steam and gas to the surface, steam condensation and gas dissolution in ground waters. Chemical composition of waters in hot water and mud pots is sulfate with various cations including ammonium and hydrogen, and mineralization of 500-700 mg/l (for example, the Tcherny (Black)



**Таблица 3. Химический состав подземных вод Долины Гейзеров.**  
**Table 3. Chemical composition of underground waters of the Valley of Geysers**

Место отбора пробы Sampling site	Т °С	pH	Общая минерализация, мг/л mineralization mg/l	Содержание компонентов, мг/л. Component contents, mg/l									
				NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> +HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	B	SiO <sub>2</sub>
I водоносный комплекс (экструзивных образований четвертичного возраста). First aquiferous complex (extrusive Quaternary deposits)													
источник Лавовый Lavouy (Lava) spring	1,0	6,9	53,8	<0,1	2,4	0,9	2,4	1,4	15,9	2,4	0,7	0,5	27,2
II водоносный комплекс (четвертичных пирокластических пород и лав вулкана Кихринич). Second aquiferous complex (Quaternary pyroclastic rocks and lavas of the Kikhrinich Volcano)													
нисходящий источник, лев. берег Руч. Голубой (X участок). Descending spring, left bank of the Blue Stream (site X)		6,1	44,9	0	2,1	0,5	2,0	1,2	13,4	9,6	0,7	0,08	15,3
Источник Неожиданный верхний (X участок). Upper Unexpected Spring (site X)	29	6,32	814,1	0	45,3	31,4	44,1	38,9	355,0	139,2	2,1	-	158,1
Источник Черный (X участок). Black Spring (site X)	54	4,66	939,2	0	40,2	9,8	52,2	20,7	9,8	547,2	1,4	-	211,2
III водоносный комплекс (четвертичных вулканогенно-осадочных отложений). Third aquiferous complex (Quaternary volcanogenic sediments)													
нисходящий источник, лев. склон руч. Водопадный . Descending spring, left slope of the Vodopadny Stream	4	6,58	74,8	0,1	4,6	1,5	3,6	сл. traces	22,3	1,9	3,5	0,4	36,9
нисходящие источники, лев. склон руч. Правый. Descending springs, left slope of the Pravy (Right) Stream	3	7,0	195,5	0	3,9	1,2	4,4	2,2	31,7	3,8	1,4	-	52,2

Место отбора пробы Sampling site	Т °С	pH	Общая минерализация, мг/л	Содержание компонентов, мг/л. Component contents, mg/l									
				NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> +HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	B	SiO <sub>2</sub>
IV водоносный комплекс (докальдерных дацитовых лав). Fourth aquiferous complex (Pre-caldera lavas)													
Истоки руч. Медвежий. Headwaters of the Medvezhy (Bear's) Stream	10	6,5	56,5	-	2,7	1,2	2,2	0,5	14,6	0,08	0,7	<0,09	34,4
Левый исток руч. Горячий (IX участок). Left headwaters of the Goryachy (Hot) Stream (site IX)	26	7,0	207,0	<0,1	16,1	4,3	10,0	4,3	59,8	38,4	<0,7	0,17	73,1
Водный котёл (IX участок). Water Pot (site IX)	94	3,11	4082,3	506,9	46,0	17,4	278,6	83,9	-	2492,8	17,7	1,7	455,0
V водоносный комплекс (термальный). Fifth aquiferous complex (thermal)													
гейзер Великан (VII участок). Geyser Velikan (Giant) (site VII)	кипение boiling	8,44	2081,4	1,3	604,6	46,6	22,0	-	68,0	161,4	872,3	16,7	288,5
кипящий источник (VIII участок). Bubbling spring (site VIII)	кипение boiling	8,83	1835,8	0,85	530	45	23,2	0,2	59,1	96	773	19,8	288,7
гейзер Ворота в Гейзерную (III участок). Geyser Vorota v Geysernyuyu (Gate in Geysernaya River) (site III)	кипение boiling	9,18	1377,1	0,7	405	30,5	10,0	0,2	67,0	115,0	546,0	15,2	187,5

товых водах. Химический состав воды горячих водных и грязевых котлов сульфатный с различными катионами, включая аммоний и водород, и минерализацией 500-700 мг/л (например, источник Черный), а водные источники имеют сульфатно-гидрокарбонатно-магниевую-натриевый состав с минерализацией до 900 мг/л (источники Неожиданные).

Третий водоносный комплекс озерных отложений занимает в основном склоны долины Гейзерной, причем на левобережье - только бассейн ручья Водопадный. Псефитовые и агломератовые туфы комплекса содержат преимущественно холодные грунтовые воды. Они нагреваются только в зонах разломов и на участках прислонения озерных отложений к экструзиям левого борта долины, где наблюдаются парогазовые струи. Здесь отмечаются источники с повышенной температурой и минерализацией воды. Типичные же источники комплекса имеют гидрокарбонатный кальциевый состав и минерализацию, как правило, не более 100 мг/л и небольшой дебит-до 0,5 л/с.

Четвертый водоносный комплекс грунтовых вод связан с докальдерными отложениями, распространенными в средней части левобережья р. Гейзерная. Вода циркулирует по трещинам и порам дацитовых лав и обвальнo-осыпных отложений. На площади распространения водоносного комплекса преобладают теплые и горячие источники, образование которых связано со смешиванием холодных вод с поднимающимся из глубины паром. Самыми яр-



**35. Холодные источники на контакте трещиноватых лав экструзии и пемзовых туфов в Ущелье Желтых Скал.**

***Canyon of Yellow Cliffs. Cold springs at the contact-point of fractured extrusion lavas and pumice tufts***

spring); while water springs have the sulfate-hydrocarbonate-magnesium-sodium composition, with mineralization up to 900 mg/l (the Neozhidannye (Unexpected) springs).

The third water-bearing complex of lacustrine sediments occupies mostly the slopes of the Geysernaya valley; at the left side including only the basin of the Vodopadny (Waterfall) Stream. Psephitic

---

кими представителями комплекса являются термоявления Верхне-Гейзерного поля.

Пятый водоносный комплекс напорных термальных вод связан с туфами озерных отложений первого этапа кальдерообразования и с трещиноватыми лавами и туфами докальдерных образований. От водоносных комплексов грунтовых вод термальные воды отделены относительно водоупорными плотными (алевропелитовыми) туфами и лавами. Высокотемпературные напорные воды, также как и обычные подземные воды поднимаются к поверхности под действием гидростатического давления и выходят на поверхность по трещинам в водоупорной кровле в виде многочисленных гейзеров и кипящих источников (фото 36). Химический состав высокотемпературных вод - хлоридно-натриевый с общей минерализацией 1,8-2,2 г/л. Температура воды на глубине на участке разгрузки, рассчитанная по химическому составу воды источников с помощью так называемых геохимических геотермометров, достигает 150-180°C. Так как температура кипения воды на поверхности не может превышать 100°C, то избыточное теплосодержание воды с температурой 150-180°C превращает часть воды в пар, который и выделяется вместе с водой кипящих источников и гейзеров. Возможна и чисто паровая разгрузка, если вышеуказанная высокая температура на глубине будет выше температуры кипения при данном гидростатическом давлении. В таком случае парообразование начинается значительно ниже поверхности, более легкий пар, отделившись от воды, поднимается вверх и по трещинам выходит на поверхность. Выходы пара наблюдаются в основном в верховьях долины Гейзерной, ее высоких склонах и подножье вулкана Кихпинич, там, где пьезометрический (напорный) уровень термального водоносного комплекса находится ниже поверхности. На участке преимущественно водной разгрузки паровые струи отмечаются на возвышенностях микрорельефа.

tuffs of the complex contain mainly cold ground waters that are heated only in the fault zones and in the areas of lacustrine sediments' contact with the extrusions of the left side of the valley, where steam-gas jets occur. Springs with high temperatures and water mineralization are observed in this area. Typical springs of this complex have hydrocarbonate-calcium composition, mineralization not exceeding 100 mg/l, and low discharge – up to 0.5 l/s.

The fourth aquiferous complex of groundwater is connected with pre-caldera the sediments distributed in an average part of a left bank Geysernaya valley. Water circulates on cracks and pores dacitic lavas and landslide deposits. On the area of distribution aquiferous complex prevail warm and hot springs which formation it is connected to mixing cold waters with rising of depth the steam. The brightest representatives of a complex are thermal manifestations of the Verkhne-Geysernoye field.

The fifth aquiferous complex of artesian thermal waters is associated with the tuffs of lacustrine sediments of the first caldera-forming stage, as well as with the fractured lavas and tuffs of pre-caldera deposits. Thermal waters are isolated from ground water complexes by relatively waterproof (aleuropelitic) tuffs and lavas. High temperature pressure waters ascend under hydrostatic pressure, and discharge onto the surface along the fissures in the waterproof upper boundary in the form of numerous geysers and boiling springs (Photo 33). Chemical composition of the high-temperature waters is chloride-sodium, with total mineralization of 1.8-2.2 g/l. Discharge water temperature at depth, calculated by the chemical composition of the spring waters, using the so-called geochemical geothermometers, reaches 150-180°C. Surface boiling point of water can not exceed 100°C, therefore superfluous enthalpy of waters with temperature 150-180°C are transformed some portion of water into steam discharging together





**36. Разгрузка высокотемпературных вод V водоносного (термального) комплекса. Кипящие источники и гейзеры Центральной части Долины Гейзеров. На заднем плане слева гейзер Великан.**

***Discharge of high-temperature waters of the V aquiferous (thermal) complex. Boiling springs and geysers at Central part of the Valley of Geysers. On a background at the left geyser a Velikan.***

Судя по расположению разнообразных поверхностных термопроявлений от парогазовых струй и кислых сульфатных вод подножья вулкана Кихпинич до хлоридно-натриевых кипящих источников нижней части бассейна реки Гейзерной, этот водоносный комплекс получил в его границах практически повсеместное распространение. Очевидно, существует единый поток гидротерм, движущийся от подножья вулкана Кихпинич к низовью реки Гейзерной (зоне разгрузки). Температура восходящей его ветви от предполагаемого источника тепла (магматического очага) оценена также с помощью химического состава воды источников и состава

with waters of boiling springs and geysers. Purely steam discharge is also possible, if the mentioned high temperature at depth goes beyond the boiling point at a given value of hydrostatic pressure. In that case, steam formation starts considerably below the surface, more volatile steam comes off the water, ascends and discharges onto the surface along the fissures. Steam-outs mostly occur at the upper Geysernaya valley, over its slopes and at the foot of the Kikhpinych volcano, where piezometric (pressure) level of the thermal aquiferous complex lies below the surface. In the areas of mostly water dis-

charges, steam jets are recorded at the elevated parts of the microrelief.

Judging by the disposition of various surface thermal manifestations, from steam-gas jets and acidic sulfate waters of the Kikhpinych volcano foot to chloride-sodium boiling springs in the lower Geysernaya basin, this aquiferous complex is spread almost all over within its limits. There seems to exist a single hydrotherm flow moving from the Kikhpinych volcano foot towards the lower current of the Geysernaya river (discharge zone). Temperature of its up flow branch from a tentative heat source (magmatic chamber) is also estimated by the chemical composition

газов и равна, в среднем, 250°C (максимальная - 330°C). Общая разгрузка высокотемпературных вод, определенная так называемом гидрохимическим методом, составляет величину около 300 л/с. В основе метода лежит определение поступления и выноса рекой химически устойчивого компонента высокотемпературной воды (в данном случае хлора). Концентрация хлора в термальной воде намного превышает его содержание в реке до зоны разгрузки. Расход хлора рассчитывался по содержанию хлора в устьевой части реки Гейзерной и ее расходу. Расход определялся путем измерения скорости гидрологической вертушкой и поперечного сечения реки. Так как в верховье реки содержание хлора в воде очень низкое (около 0,7 мг/л), можно считать, что практически весь хлор в устье поступает с разгружающейся термальной водой. Тогда ее расход можно рассчитать, разделив вычисленный расход хлора на концентрацию хлора в термальной воде. Например, в сентябре 1989 г. расход реки Гейзерной составил 3340 л/с, содержание хлора в речной воде - 85 мг/л. Отсюда следует расход (вынос) хлора в 283900 мг/с. Так как максимальное содержание хлора в разгружающейся термальной воде в виде кипящих источников и гейзеров достигает 900 мг/л, то общий расход (разгрузка) термальной воды составит: 283900 мг/с : 900 мг/л = 315 л/с. В эту величину входит видимая разгрузка, то есть сумма дебитов источников и гейзеров - около 100 л/с. Это самый крупный, известный на Камчатке, естественный вынос на поверхность высокотемпературной воды.

Напорный поток высокотемпературных вод, в сущности, определяет все особенности гидротермальной системы, под которой можно понимать в данном случае совокупность проявлений гидротермальной деятельности, наблюдаемой на поверхности и протекающей в ее недрах. Гидрогеологическая модель гидротермальной системы или более узко - модель формирования высокотемпературных вод

of spring waters and gases, and on the average, makes up 250°C (maximum 330°C). General flow rate of high-temperature waters is determined using the so-called hydrochemical method, showing the value of about 300 l/s. The method is based upon the detection of the river supply and removal of a chemically stable component of high-temperature water (in this case, chlorine). Concentration of chlorine in thermal water much more exceeds its content in the river before the discharge zone. Chlorine discharge was calculated by its content in the mouth of the Geysernaya river and its flow rate. The flow rate was determined by the measurements of the coring winch velocity and river cross-section. Since chlorine content in the upper waters is quite low (about 0.7 mg/l), it is possible to count, that practically all chlorine in a mouth acts with discharging thermal water. So, its flow rate can be calculated dividing all the estimated chlorine to its concentration in thermal water. For instance, in September 1989, flow rate of the Geysernaya river made up 3340 l/s, chlorine content in the river waters being 85 mg/l. Consequently, chlorine consumption (carrying out of chlorine) was 283900 mg/s. As maximum chlorine content in the discharging thermal waters in the form of boiling springs and geysers reaches 900 mg/l, total discharge rate of thermal water will make:  $283900 \text{ mg/s} : 900 \text{ mg/l} = 315 \text{ l/s}$ . This value includes the apparent discharge, which is the total of springs and geysers yields - about 100 l/s. This is the largest rate of natural discharge of high-temperature water onto the surface, ever known in Kamchatka.

Pressure flow of high-temperature waters virtually conditions all the peculiarities of the hydrothermal system that, in this case, can be defined as a total of manifestations of hydrothermal activity observed on the surface and going on beneath. Hydrogeological model for the hydrothermal system, or the formation pattern for high-temperature waters, can

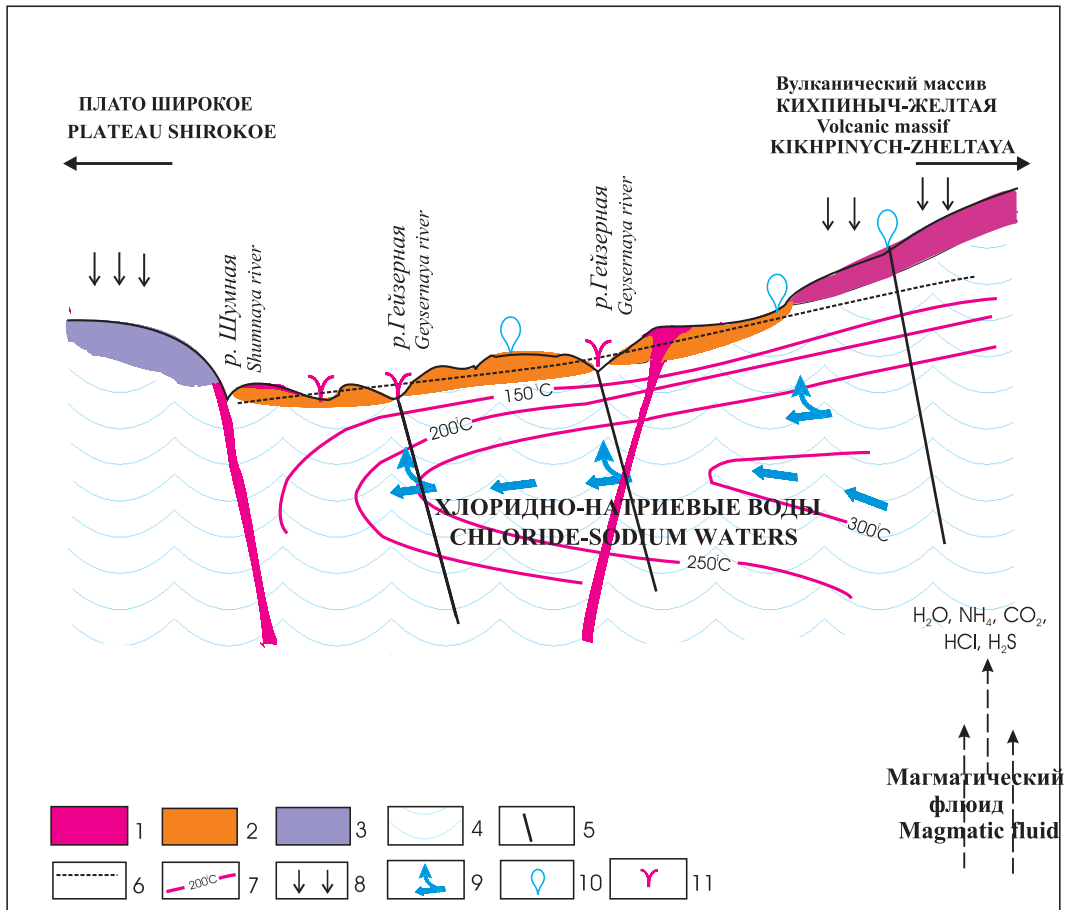


Рис. 4. Принципиальная модель Гейзерной гидротермальной системы.

1 – лавы, дайки андезитового состава – относительно водонепроницаемые (водоупорные) отложения; 2 – туфы, туффиты - относительно водонепроницаемые (водоупорные) отложения; 3 – туфы, лавы, игнимбриты - относительно водонепроницаемые (водоупорные) отложения; 4 – переслаивание туфов различной плотности, трещиноватые лавы и туфолавы - относительно водопроницаемые (водоносные) отложения; 5 – разломы; 6 – напорный (пьезометрический) уровень подземных термальных вод; 7 – изотермы; 8 – метеорные воды; 9 – направление движения термальных вод; 10 – выходы пара, парогазовой смеси; 11 – гейзеры, кипящие и горячие источники (разгрузка термальных вод).

Fig.4. Principal model for the Geysernaya hydrothermal system

1 – lavas, dykes of andesitic composition – relatively impermeable (waterproof) deposits; 2 – tuffs, tuffites – relatively impermeable (waterproof) deposits; 3 – tuffs, lavas, ignimbrites – relatively impermeable (waterproof) deposits; 4 – interlayering of tuffs of various density, fissury lavas and tuff-lavas – relatively permeable (aquiferous) deposits; 5 – faults; 6 – pressurized (piezometric) level of underground thermal waters; 7 – isotherms; 8 – meteoric waters; 9 – direction of thermal waters movement; 10 – discharges of steam and steam-gas mixture; 11 – geysers, boiling and hot springs (discharge of thermal waters).

можно представить следующим образом. Подземные воды глубинной циркуляции, образующиеся при инфильтрации атмосферных осадков в области вулканического массива Кихпинич, нагреваются за счет тепла магматического очага и формируют восходящий поток гидротерм с температурой 250-330°C. Двигаясь к поверхности, к зоне разгрузки, они смешиваются в разных пропорциях с холодными водами и, охлаждаясь, в том числе за счет потери пара, приобретают характер латерального потока с температурой воды 180°C (рис. 4).

В зоне разгрузки нагретая до высокой температуры вода поднимается к поверхности через трещины в водонепроницаемой кровле не только под действием гидростатического давления, но и за счет различия в объемных весах горячих и окружающих их холодных вод. Например, при температуре воды 200°C объемный вес воды равен приблизительно 0,86 г/см<sup>3</sup>, то есть она легче на 14% воды с температурой 0°C. Горячая вода как бы всплывает, выталкиваемая холодной водой. Вода горячих источников и гейзеров, как показало изучение распределения изотопа водорода трития в природных водах бассейна реки Гейзерной, циркулирует в недрах не менее 600 лет. Для сравнения скажем, что водообмен холодных грунтовых вод осуществляется всего за 4-6 лет, свидетельствуя об их формировании в поверхностных условиях. Разнообразие термо- и водопроявлений в бассейне реки Гейзерной объясняется тем, что река, прорезая водовмещающие толщи пород и, вскрывая верхнюю часть гидротермальной системы от зоны восходящего потока до зоны разгрузки латерального потока гидротерм, создает условия для глубокого дренирования всех водоносных комплексов.

Гейзерная гидротермальная система по выносу тепла является одной из самых мощных на Камчатке. Как указывалось выше, величина общей разгрузки составляет около 300 л/с воды с температурой на глубине в среднем 250°C. Относительно

be presented as follows. Deep circulation ground waters, formed in the result of atmospheric precipitates infiltration in the area of the Kikhpinych volcanic massif, are heated by the magmatic chamber and generate an ascending hydrotherm flow with the temperature of 250-330°C. Moving up to the surface discharge zone, they mix with cold waters and being cooled (also due to the loss of steam), acquire the nature of the lateral flow (out flow) with water temperature of 180°C (Fig.4).

In the discharge zone, high-temperature water ascends to the surface through the fissures in the waterproof upper layer not only driven by hydrostatic pressure, but also due to the difference between the volume weights of hot and surrounding cold waters. For instance, at water temperature of 200°C, water volume weight is approximately 0.86 g/cm<sup>3</sup>, that is, its weight is 14% less than that of 0°C water. Hot water as if floats to the surface, pushed by cold waters. Studies of the distribution of hydrogen isotope – tritium – within natural waters of the Geysernaya basin have shown that the water of hot springs and geysers has been circulating in the bowels at least for 600 years. For comparison, interchange of cold ground waters comes about only for 4-6 years, which is the evidence of their surface formation. Wide variety of thermal and water manifestations in the Geysernaya river basin is accounted for by the fact that the river creates the conditions for the deep drainage of all the aquiferous complexes by intersecting aqueous rocks and disclosing the upper part of the hydrothermal system from the ascending flow zone to the zone of lateral hydrotherm flow discharge.

Geysernaya hydrothermal system is characterized by one of the largest carrying out of heat in Kamchatka. As it was mentioned, the total flow rate amounts about 300 l/s of water, with average depth temperature about 250°C. Carrying out of heat makes 314 MWt with respect to the



---

среднегодовой температуры воздуха (приблизительно 0°C) вынос тепла составит 314 МВт<sub>т</sub>. С учетом теплопотерь в верховье реки Гейзерной, не входящих в величину водной разгрузки, суммарная величина выноса тепла составит 321 МВт<sub>т</sub>.

Понятно, что вместе с горячей водой выносятся на поверхность (в реку Гейзерную и другие водотоки) и содержащиеся в ней в виде различных соединений химические элементы. Можно назвать несколько цифр, чтобы показать масштаб выноса вещества современными гидротермальными системами. При расходе высокотемпературных вод 300 л/с в реку Гейзерную в сутки попадает 62 т растворенных веществ, в том числе 23 т хлора, 17 т натрия, 1,5 т калия, 0,6 т кальция, 0,6 т бора, 9 т кремниевой кислоты, 0,3 т серы.

annual air temperature (approximately 0°C). Given the losses of heat in the upper Geysernaya river that are not included into the value of water discharge rate, the total size of carrying out of heat will make 321 MWt.

It is obvious, that hot waters bring up various chemical compounds onto the surface (into the Geysernaya river and other currents). Some numbers can be given to show the scale of the substance removal by modern hydrothermal systems. Given the high-temperature waters discharge of 300 l/s, 62 tons of dissolved substances daily penetrate into the Geysernaya river, including 23 tons of chlorine, 17 tons of sodium, 1.5 tons of potassium, 0.6 tons of calcium, 0.6 tons of boron, 9 tons of silica acid and 0.3 tons of sulfur.

---

## ГЕЙЗЕРЫ И ДРУГИЕ ТЕРМОПРОЯВЛЕНИЯ ДОЛИНЫ РЕКИ ГЕЙЗЕРНОЙ

### GEYSERS AND OTHERS THERMAL MANIFESTATIONS OF THE RIVER GEYSERNAYA VALLEY

---

Выше мы говорили о том, что выходящие на поверхность в виде источников и паровых струй высокотемпературная вода и пар гидротермальной системы обуславливают также нагрев грунта и поверхностных вод и ведет к образованию термоаномалий, так называемых термальных полей.

В среднем течении реки Гейзерной расположено *Верхне-Гейзерное поле* (IX рис. 2). Оно занимает в основном левобережье реки, протягиваясь на расстояние

As mentioned above, high temperature water and steam of the hydrothermal system emerge onto the surface in the form of springs and steam jets, conditioning the heating of the ground and surface waters and resulting in the formation of thermal anomalies, the so-called 'thermal fields'.

Verkhne-Geysernoye (Upper Geysers) Field (IX in Fig. 2) occupies the left bank of the middle current of the Geysernaya river, and stretches for about



**37. Общий вид участка Центральный. В центре Площадка Фонтанов, извергаются гейзеры Фонтан и Грот. На дальнем плане: слева - ущелье Желтых Скал, справа - обрывы левого борта долины реки Гейзерная.**

*General view of the Centralnyi site. In the center – the Fountain Plateau, erupting geysers Fontan and Grot. In the background: to the left – the canyon of Yellow Cliffs, to the right – precipices of the left side of the Geysernaya river valley.*

более 1,5 км. Формирование термального поля связано с воздействием пара, отделившегося от высокотемпературного водоносного комплекса, и поэтому здесь нет гейзеров и кипящих источников, а наблюдаются многочисленные мелкие выходы пара, участки парящего и нагретого грунта, грязевые котлы.

*Гейзерное термальное поле*, самое большое, начинается у впадения реки Гейзерной в Шумную и, непрерывно прослеживается по обоим берегам Гейзерной на протяжении четырех километров вверх по ее течению. Последние термопроявления в верховье зафиксированы на участке расположения гейзера Верхний вблизи Трехкас-

1.5 km. Its formation is associated with the influence of the steam that had separated from the high-temperature aquiferous complex, that is why no geysers or boiling springs can be observed here, only numerous minor steam vents, areas of steaming and heated ground and mud pools.

Geysernoye Thermal Field, the greatest one, starts at the confluence point of Geysernaya and Shumnaya rivers, extends four kilometers up the Geysernaya current, along its both banks, and ends in the vicinity of the Verkhny (Uppermost) geyser, near the Trekhkaskadnyi waterfall and latest thermal manifestations located

---

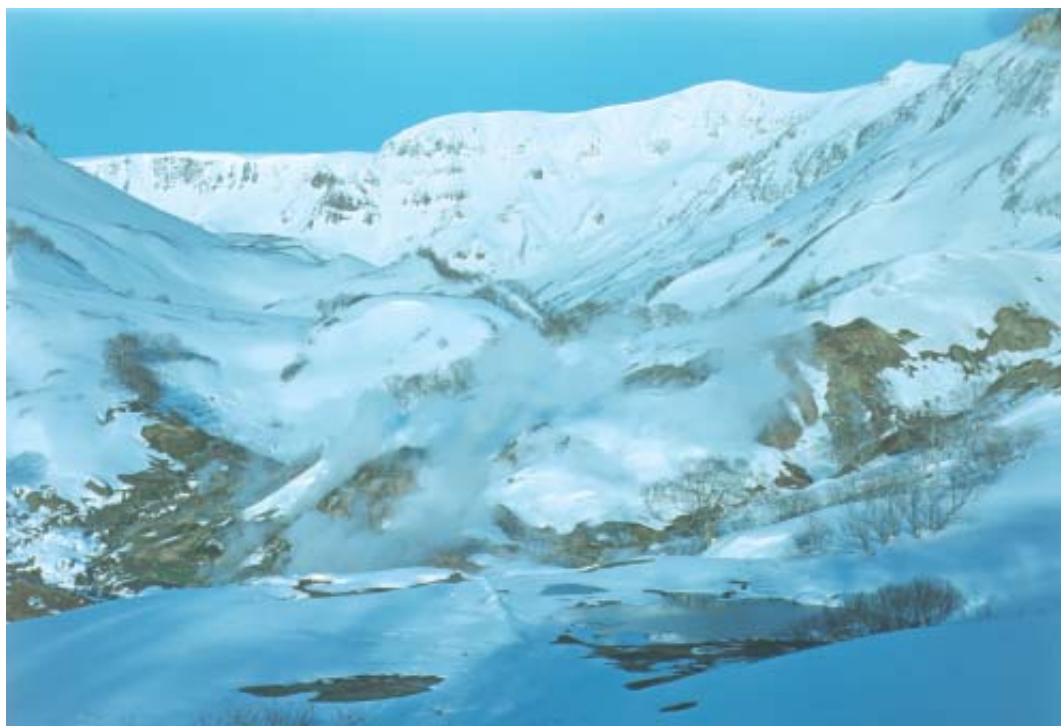
кадного водопада и в 200 м выше его (I-VIII, рис. 2). Именно в этой части долины реки Гейзерной, абсолютные отметки которой изменяются от 350 м до 580 м, происходит основная разгрузка (выход на поверхность) высокотемпературных подземных вод. Благодаря этому здесь главными и яркими поверхностными термопроявлениями являются разнообразные источники, горячие, кипящие, постоянные и пульсирующие, и, конечно, гейзеры. Участок долины реки Гейзерной, занятый Гейзерным термальным полем, где сосредоточены все гейзеры, получил собственное название Долины Гейзеров (фото 37, 38). Большая часть самых эффективных гейзеров, в том числе 19 из 20 обнаруженных и впервые описанных Т.И. Устиновой гейзеров, находятся в двухкилометровой приустьевой полосе - центральной части Долины Гейзеров (рис. 2, 5).

200 m up (I-VIII in Fig.2). This is the place where the major discharge (surface outflow) of high-temperature ground waters occurs, due to which, the most vivid surface thermal manifestations here are various springs (hot, boiling, permanent and pulsating) and geysers. The area within the Geysernaya river basin, occupied by the Geysernoye thermal field, where all the geysers are concentrated, had got its own name of the Valley of Geysers (Photo 37, 38). The most part of the most effective geysers, including 19 from 20 found out and for the first time the geysers described by T.I.Ustinova, are in two-kilometer near-mouth zone - the central part of the Valley of Geysers (Fig. 2, 5). The largest pulsating springs and mud thermal pots can be also observed here. More than 60 geysers and over 30 large

---

**38. Центральная часть Долины Гейзеров. Зимой наиболее активные термальные площадки хорошо заметны по проталинам в снеговом покрове.**

*Central part of the Valley of Geysers. In winter, the most active thermal grounds are well distinguished by thawed patches in the snow cover*







---

**Рис. 5. Термопроявления и термальные участки Долины Гейзеров**

- 1 – гейзер; 2 – кипящий источник; источник с температурой:  
3 – 50-100°C, 4 – 20-50°C, 5 – грязевый котёл;  
6 – парогазовая струя; участки нагретой почвы с температурой на глубине 1 м:  
7 – менее 20°C, 8 – 20-50°C,  
9 – 50-70°C, 10 – более 70°C;  
11 – тропа с дощатым настилом; 12 – тропа;  
13 – домик лесника; 14 – вертолетная площадка;  
15 – уступ левого борта долины р. Гейзерной;  
16 – границы карты участка Центральный (VII).

Цифрами на карте обозначены:

- гейзеры – 1 – Сосед; 2 – гейзер у Водопада; 3 – Малютка; 4 – Текучий; 5 – Большая Печка; 6 – Буратино; 7 – Красный; 8 – группа карликовых гейзеров стенки Пийпа; 9 – Щель; 10 – Гротик; 11 – Пятиминутка; 12 – Бастион; 13 – Новый Фонтан; 14 – Непостоянный; 15 – Двойной; 16 – Аверьевский; 17 – Жемчужный; 18 – Горизонтальный; 19 – Розовый Конус;  
источники – 20 – Теремок; 21 – Ромео и Джульетта; 22 – Малая Печка; 23 – Малахитовый Грот; 24 – Многоструйный; 27 – Коварный; 29 – Парящий; грязевые котлы – 25 – Большой грязевый котел (Красный); 26 – пульсирующий источник в ямах (Врата Ада); 28 – парогазовая струя (Флюгер).

**Fig. 5. Surface thermal manifestations and thermal sites of the Valley of Geysers**

- 1 – geyser; 2 – boiling spring; 3 – spring with temperature of 50-100°C;  
4 – spring with temperature of 25-50°C; 5 – mud pot;  
6 – steam-gas jet; areas of heated ground with temperature at a depth of 1 m:  
7 – less than 20°C; 8 – 20-50°C;  
9 – 50-70°C; 10 – more than 70°C;  
11 – plank layered pathway; 12 – pathway;  
13 – ranger's house; 14 – helipad;  
15 – ledge of the left side of the Geysernaya river valley;  
16 – margins of the Central (VII) Site map.

Numbers in the map denote:

- Geysers: 1 – Sosed; 2 – Geysers U Vodopada; 3 – Malyutka; 4 – Tekutchii; 5 – Bolshaya Pechka; 6 – Buratino; 7 – Krasnyi; 8 – The Piip's Wall of Diminutive Geysers; 9 – Shchel; 10 – Grotik; 11 – Pyatiminutka; 12 – Bastion; 13 – Novyi Fontan; 14 – Nepostoyannyi; 15 – Dvoinoi; 16 – Averievskii; 17 – Zhemchuzhnyi; 18 – Gorizontalny; 19 – Rozovyi Konus.  
Springs: 20 – Teremok, 21 – Romeo and Juliet; 22 – Malaya Pechka; 23 – Malakhitovyi Grot; 24 – Mnogostruiyni; 27 – Kovarnyi; 29 – Paryashchii; Mud pots: 25 – Bolshoi Gryazevyi Kotel (Krasnyi); 26 – pulsating spring in holes (The Gates of Hell); 28 – Flyuger steam-gas jet;

---

Здесь расположены и наиболее крупные кипящие пульсирующие источники и грязевые термальные котлы. Всего же на этом поле можно наблюдать работу более 60 гейзеров и более 30 крупных кипящих источников, четко выделяющихся своей индивидуальностью и имеющих собствен-

boiling springs operate in this area, with brisk personalities and individual names, as well as numerous tiny geysers, springs and mud thermal pots.

In spite of the diversity of geysers, a common feature is known to be the periodicity of all their operation stages. Gey-

---

ное название, а также множества миниатюрных гейзеров, источников и грязевых термальных котлов.

Как известно, в деятельности гейзеров при всем их разнообразии, общим является повторяемость всех стадий работы. Действие гейзера начинается изливом из верхней части канала воды, охлажденной в ходе предыдущего его извержения. Спокойный в начале излив, постепенно нарушается отдельными выплесками воды и выделением пузырьков пара, за которыми часто следуют короткие перерывы в изливе, хотя с течением времени в целом наблюдается его усиление. Момент появления пузырьков пара в изливающейся воде свидетельствует о начале парообразования в канале гейзера. Когда парообразование, стимулированное уменьшением давления и повышением температуры за счет притока все более горячей воды, охватит большую часть канала, начинается вторая стадия - бурное кипение, переходящее в фонтанирование пароводяной смеси, то есть, происходит извержение гейзера. За короткий, как правило, период извержения из канала выбрасывается огромное количество воды и пара по сравнению с расходом воды при изливе. После извержения из опорожненного канала некоторое время выделяется пар (стадия парения) и затем следует четвертая стадия - наполнение канала новыми порциями горячей воды. Далее мы наблюдаем повторение описанной картины работы гейзера.

Несмотря на сходный характер действия гейзеров, проявление каждой стадии работы конкретного гейзера сугубо индивидуально. Это касается, прежде всего, продолжительности полного цикла действия гейзеров, называемого периодичностью и измеряемого временем, которое проходит между одинаковыми стадиями настоящего и последующего циклов, например между стадиями фонтанирования. Гейзеры в Долине Гейзеров заметно отличаются друг от друга своей периодичностью, которая изменяется от нескольких часов (гейзер Великан) до нескольких минут (гейзер Пятиминутка).

сер operation starts when the water (cooled in the course of its previous eruption) flows out of the upper part of a channel. Quiet at the beginning, the outflow is then interrupted by single splashes of water and lease of vapor bubbles, often followed by short pauses in the outflow, though, on the whole, its intensification is observed with time. The moment of vapor bubbles emergence in the outpouring water indicates the beginning of steam formation within the geyser channel. When steam formation (induced by the decreasing pressure and increasing temperature due to the influx of hotter water) affects most part of the channel, the second stage starts, during which intensive boiling turns to the spouting of steam-water mixture, that is, the geyser eruption itself takes place. In the course of a usually brief eruption, the channel ejects huge volumes of steam and water, if compared to their discharge rates during the calm outflow. After the eruption, steam is emitted from the emptied channel for some time (the steaming stage), and then goes the fourth stage, during which the channel is filled with new portions of hot water. Further, we can observe the repetition of the above picture of geyser's operation.

Though the nature of action of geysers operation is quite similar for all of them, manifestation of each stage of every single geyser is exceptionally individual. First of all, it concerns the duration of a complete operation cycle called periodicity and measured by the time that passes between the same stages of the present and the consequent cycles, for instance, between the stages of eruption. Periodicity of geysers operation in the Valley of Geysers is quite different, ranging from a few hours (the Velikan (Giant) Geyser) to a few minutes (the Pyatiminutka (Five-Minutes) Geyser).

However, the most distinct visible differences manifest themselves in the nature of the steam-water mixture erup-

---

Однако самые ясные видимые различия проявляются в характере извержения пароводяной смеси и строении верхней части канала гейзеров. Извержение занимает обычно время от нескольких секунд до первых минут. Но какие разные эти секунды и минуты в действии каждого гейзера! У одних - это лишь слабые выплески кипящей воды, у других - мощные много струйные фонтаны кипящей воды, бьющей на высоту 10-25 метров и столбы пара, поднимающегося на высоту 100-300 метров (например, Великан, Большой, Малый, Тройной, Первенец). Строение выходной части каналов гейзеров настолько разнообразно и живописно, что легло в основу их оригинальных названий. Особенно это характерно для гейзеров, каналы которых на поверхности имеют вид достаточно больших воронок (ванн) или сложены гейзеритовыми постройками, отличающимися размером, цветом, формой. Таковы гейзеры: Жемчужный, Конус, Розовый Конус, Сахарный, Ванна, Большой.

Следует отметить, что подавляющее число гейзеров, крупных постоянных и пульсирующих источников расположены на левом берегу реки Гейзерной, причем самые мощные из них приближены к реке. На более высоких отметках встречаются небольшие источники и гейзеры, выше которых находятся только выходы пара. Нетрудно заметить, что в пределах обширного Гейзерного поля гейзеры и другие термопроявления сосредоточены на отдельных участках. В свое время первооткрыватель Долины Гейзеров Т.И. Устинова выделила 8 таких участков. Вслед за нею ниже мы ведем описание термопроявлений по этим же участкам, начиная от устьевой части реки Гейзерной.

tion and in the structure of the upper parts of geyser channels. The eruption usually takes from a few seconds to the first minutes. But how different those second and minutes are for each geyser! Some of them are just some poor splashes of boiling water, while the others shoot voluminous multi-stream fountains of boiling water to the height of 10-25 meters and columns of steam rising up to 100-300 meters (for instance, such geysers as Velikan (Giant), Bolshoi (Large), Maly (Small), Troynoy (Tripple), Pervenets (First)). Diversity and vividness of the outer parts of geyser channels prompted their original names. It is especially typical for geysers whose surface channels form rather large craters (pools), or are composed of geysereite construction different in shape, size and color: geysers Zhemchuzhny (Pearl), Konus (Cone), Rozovyi Konus (Pink Cone), Sakharnyi (Sugary), Vanna (Bath), Bolshoi (Large).

Notable is that most geysers, as well as large permanent and pulsating springs are located at the left bank of the Geysernaya river, whereas the largest of them are set just beside the river. Small springs and geysers occur at higher altitudes, only steam vents being above them. One can easily find that within the vast Geysernoye Field, geysers and other thermal manifestations are grouped at separate sites. T.I. Ustinova used to distinguish 8 sites. Following her descriptions, we shall further consider those sites of thermal manifestations, starting from the mouth of the Geysernaya river.

Единственный термальный участок, лежащий за пределами долины реки Гейзерной, расположен на левом берегу реки Шумной, в 60 м ниже впадения в нее Гейзерной (фото 39). На термальной площадке, размеры которой по изотерме 70°C на метровой глубине всего 10x30 м, находится один гейзер - *Первенец*. Это первый гейзер, встреченный Т.И. Устиновой в 1941 г., отчего и получил свое название. Других активных термопроявлений здесь нет. Отмечаются лишь признаки разгружающихся термальных вод: повышенные температуры грунта, зеленые водоросли в русле у берега, белые кремнистые налеты на камнях.

*Гейзер Первенец* расположен в 5 м от реки в одном метре выше ее уровня. Вы-

The only thermal site lying beyond the bounds of the Geysernaya river valley, is located at the left bank of the Shumnaya river, 60 below the place of its confluence with the Geysernaya river (Photo 39). One geyser – Pervenets (The First) can be found in this area sized 10x30 m, with the depth isotherm being 70°C, that had got its name because it was the first geyser discovered by T.I. Ustinova in 1941. No other thermal manifestations are observed here, and only some signs of discharging thermal waters can be traced, such as increased ground temperatures, green algae at the estuary sides, white siliceous films on the stones.

The geyser Pervenets is located 5 m off the river, 1 m above its level. Outlet of the channel of a geyser can be noticed among the clasts and single rock bodies standing out against the relatively smooth surface of the site. Surrounding rocks are covered by geyserites, one of the blocks beetling over the vent and having the shape of a cap. The geyser operates as follows. The eruption starts swiftly and violently (Photo 36). Steam-water streams, changing each other, rise for 15 meters at



**39. Долина реки Шумная у слияния с Гейзерной. В центре порожистое русло реки после водопада.**

***Valley of the Shumnaya river at the place of its confluence with the Geysernaya river. In the center – rapid bed of the river after the waterfall.***





ходное отверстие канала гейзера можно заметить среди обломков и отдельных глыб горных пород, выделяющихся на относительно ровной поверхности площадки. Окружающие его горные породы покрыты корочками гейзерита. Одна из глыб козырьком нависает над воронкой. Действие гейзера протекает так. Извержение начинается стремительно, мощно (фото 36). Пароводяные струи, сменяя друг друга, воздымаются на 15 м под углом 45° к реке. Пар в безветренную погоду поднимается на высоту более 150 м. Фонтанирование длится около трех минут, причем в последнюю фазу в пароводяном фонтане преобладает пар. За фонтанированием следует стадия парения, характеризующаяся выделением пара и отдельными выплесками воды и глухим рокотом, уходящих в глубину охлажденных водных струй (капель). Начавшийся перерыв в извержении продолжается заполнением канала новыми порциями воды (стадия наполнения), после чего начинается излив воды, и наступает более активная видимая деятельность гейзера. Сначала излив идет спокойно, затем с интенсивным кипени-

**40. Долина р. Шумной на участке гейзера Первенец. На заднем плане останец дайки “Царевна Лягушка”.**

*Valley of the Shumnaya river at the area of the Pervenets geyser. In the background – remnants of the dyke “Tsarevna Lyagushka”.*

a 45° angle to the river. In calm weather, steam columns reach 150 m in height. This spouting lasts for about 3 minutes, steam prevailing in the fountain during the last minute. The eruption is followed by the stage of steaming, characterized by steam emissions, as well as occasional splashes of water and some hollow rumble absorbed by the depth of cooled water streams (drops). The pause is continued by the channel filling with new portions of water (the stage of filling or replenishment of water in the channel); and then follows the outflow of water and more active visible operation of the geyser starts. The outflow is quiet at the be-

---

ем, которое сменяется новым извержением. Стадия наполнения продолжается 18-20 минут, стадия излива - 31-33 минуты. За многолетний период наблюдений замечено, что при неизменном характере извержения гейзера, продолжительность цикла изменялась в широких пределах. Эпизодически Первенец работал в пульсирующем режиме, то есть постоянно, без перерывов.

Красоту гейзера подчеркивает живописная долина реки Шумной, воды которой стремительно проносятся у самого выхода кипящего фонтана. Крутые, местами обрывистые берега образуют выше впадения Гейзерной теснину, через черные скалы которой прорывается река Шумная в белом облачке брызг падающей с высоты воды. Справа виден пологий водопад-водослив в устье реки Сестренка. Если смотреть на Первенец с места ниже по течению реки Шумной, то нельзя не заметить на левом обрывистом склоне причудливый останец озерных отложений - «Царевну Лягушку» (фото 40).

gining, then accompanied by intensive boiling leading to a new eruption. The stage of filling lasts for about 18-20 minutes, while the outflow stage takes 31-33 minutes. Long-term observations have shown that in spite of the stable nature of the geyser eruptions, duration of its cycle varied within a wide range. Occasionally, the geyser Pervenets had been working in the pulsating regime, that is, continuously, without any breaks.

The beauty of this geyser is underlined by the picturesque valley of the Shumnaya river, whose waters rush right beside the vent of the boiling fountain. Steep banks form a gorge, and the Shumnaya bursts through its black cliffs clouded by splashes of falling water. To the right, a gently sloping waterfall-gole can be seen at the mouth of the Sestreonka (Sister) river. If to look at the Pervenets from a place down the Shumnaya current, one can not but notice a queer remnant of lacustrine sediments called "Tsarevna Lyagushka" (Frog-Princess) (Photo 40).

---

## II УЧАСТОК, ТРОЙНОЙ

## SITE II, TROYNOY (TRIPLE)

---

Между первым и вторым участками в долине реки Гейзерной нет активных термопроявлений. Только узкая полоса нагретого грунта с температурой на глубине 1 м, равной 20-50°C, протягивается на расстояние более 400 м вдоль берегов Гейзерной. Поверхностные термоаномалии, местами с парящим грунтом, прослеживаются еще и по долине ручья Желтого оврага, впадающего слева в Гейзерную в 150 м от ее устья. Особой достопримечательностью этого участка долины Гейзерной является место, где река прорезает дайку дацитов, образуя отвесные скальные берега - "щеки" высотой около 35 м. Естественное сужение служит

There are no active thermal manifestations in the area between the first and the second sites of the Geysernaya river basin, beside a narrow strip of heated ground with temperature of 20-50°C (depth of 1 m) stretching for more than 400 meters along the Geysernaya banks. Surface thermal anomalies, occasionally with steaming ground, are also traced over the valley of the creek of the Yellow Ravine, entering the Geysernaya river from the left, 150 away from its mouth. Peculiar curiosity of this part of the Geysernaya basin is the place where the river cuts the dacitic dyke, forming plumb

**41. Три пароводяных струи поднимаются над величественной гейзеритовой постройкой во время извержения гейзера Тройной.**

*Three steam-water jets rising above the majestic geyserrite construction during the eruption of the Troinoi geyser*

своего рода воротами в Долину Гейзеров, которое со временем получило настоящее название - *Триумфальные ворота* (фото 33). В 100 м выше по течению на левом берегу возвышается скала с вертикальным обрывом к реке, представляющая собой также дамбу, именуемая иногда "Вторыми воротами в Долину Гейзеров". Заметим, что тропа к гейзеру Первенец проложена над рекой на уровне верхнего края упомянутых скальных обрывов. За поворотом реки еще выше по течению, в 120 м, начинается собственно термальный участок Тройной. Далее до участка гейзера



Верхний прослеживаются почти непрерывно, сменяя постоянно друг друга, небольшие источники, крупные гейзеры, грязевые котлы и другие термопроявления.

На II участке находятся три известных гейзера: *Тройной, Сахарный и Сосед*. Гейзеры Сахарный и Сосед справа и Трой-

rocky banks, the so-called "cheeks" about 35 m high. Natural narrowing forms a sort of the gates into the Valley of Geysers now called the Vorota Triumphalnuye (Triumph Gates), (Photo 33). A vertical rock towers above the river 100 meters up its current, which also presents a dyke sometimes called "the Second Gates into the Valley of Geysers". Note that the path to the Pervenets geyser runs above the river, at the level of the upper edge of the mentioned rocks. The Troynoy thermal site starts even higher up the river course. From here, alternating small springs, large geysers, mud pots and other thermal manifestations can be almost uninterruptedly traced up to the area of the Verkhny (Uppermost) geyser.



**42. Красочный гейзерит гейзера Тройной.**

*Vivid geyserrite of the Troinoi geyser*

Three geysers are known within the second



ной слева разделяет горячий ручеек Тройной, впадающий в Гейзерную. Долина реки здесь имеет крутые, лишенные растительности склоны, сложенные на поверхности глинистыми породами. Температура грунта на глубине 1 м превышает 70°C. В бассейне ручья Тройной кроме названных гейзеров отмечаются небольшие пульсирующие источники, площадки парящего грунта.



*Гейзер Тройной* расположен в 30 м от реки на высоте 11 м над ее уровнем. Деятельность гейзера привела к образованию мощного гейзеритового щита, полого спускающегося от гейзера к реке. Это самая красивая и самая большая (площадь более 100 кв. м) гейзеритовая постройка. Она выделяется разнообразным рисунком, формой и цветом гейзерита. Впечатляет и извержение гейзера, происходящее в виде одновременного выброса из трех отверстий на высоту 7-10 м мощных пароводяных струй, косо направленных в сторону реки (фото 41, 42). Фонтанирование длится 4-6 минут, причем в первую минуту оно наиболее интенсивно. Сначала выброс парово-



**44. Извержение гейзера Сосед по соседству с Сахарным (слева).**

#### **43. Гейзер Сахарный.**

##### ***Sakharnyi geyser***

site: Troynoy (Triple), Sakharnyi (Sugary) and Sosed (Neighbor); a hot creek called also Troynoy separates the Sugary and Neighbor geysers from the Triple one. Here, the river has steep sides without any vegetation, composed of the clay rocks at the surface. Ground temperature at the depth of 1 meter exceeds 70°C. small pulsating springs and areas of steaming ground are also reported within the basin of the Troynoy streamlet.

The Troynoy (Triple) geyser is located 30 m off away from the river, 11 m above its level. In the course of its operation, a thick geyserite sheet gently descending from the geyser down to the river. It is the largest (over 100 m<sup>2</sup>) and the most magnificent geyserite construction, distinguished for its manifold pattern, shape and color of the sinter. Impressive is also the eruption of the geyser occurring as a simultaneous ejection of thick steam-water streams oblique to the river, from three vents to the height of 7-10 meters (Photo 41, 42). This action lasts for 4-6 minutes, being the most intensive at the beginning; first, the ejection

***Eruption of the Sosed geyser beside the Sakharnyi one (to the left)***



---

дяной смеси идет активнее из правого отверстия (если смотреть от реки), затем из центрального. После короткой стадии извержения и столько же короткой стадии парения (около 5 мин.) наступает продолжительный период заполнения канала гейзера и излив. Время полного цикла Тройного изменяется от 120 до 220 минут.

*Гейзер Сахарный* находится на вершине гейзеритового со слаженной поверхностью конуса. Воронка гейзера окаймлена глыбами горных пород, сцементированными и покрытыми гейзеритом бледно-розового цвета (фото 43). Ритм работы гейзера отличается непостоянством. Периодичность изменяется от 2 до 24 минут при средней продолжительности цикла - 3 минуты. Наполнение канала после извержения происходит толчками, неровно, кипящая вода периодически выплескивается за края воронки, создавая впечатление ложного извержения. Пароводяная смесь во время короткого (несколько секунд) извержения поднимается на высоту 2-3 м, после чего воронка гейзера опустошается.

*Гейзер Сосед* расположен в 4 м выше по течению ручейка от Сахарного на общем с ним гейзеритовом основании (фото 44). Серый и розоватый гейзерит Соседа выделяется на фоне красных и желтых глин и зеленой травы, окружающих площадку гейзера. Здесь же среди травы можно видеть горячие водные котлы. Выходное отверстие канала имеет вид щели размером 0,5 x 1 м. Цикл работы гейзера также неравномерный. В нем можно выделить стадию фонтанирования длительностью в две минуты, в течение которой пароводяная смесь выбрасывается наклонно вдоль склона на высоту более 3 м. Заполнение канала водой происходит в течение нескольких минут, затем происходит излив (несколько секунд) и кипение, переходящее в извержение. За длительный период наблюдений отмечены значительные изменения в продолжительности цикла действия от 3 мин. до 1 часа 40 мин. при средней величине 25 минут.

is stronger from the right vent (if to look at it from the riverside), and then from the central one. Short eruption and also short steaming stage (about 5 minutes), are followed by a durable period of filling of channel and outflow. The complete cycle of the Troynoy geyser ranges from 120 to 220 minutes.

The Sakharnyi (Sugary) geyser occupies the top of a geysrite cone with flattened surface. Its crater is fringed with rock blocks consolidated and covered by pink-pale geysrites (Photo 43). Geyser operation is quite unstable. Its periodicity changes from 2 to 24 minutes, average duration of the cycle being 3 minute. After the eruption, the channel is filled irregularly, jump-like, and sometimes boiling water splits over the vent edges, which can be taken for a new burst-out, but it is false. During a short (a few seconds) ejection, steam-water mixture is shot up to the height of 2-3 m, thus emptying the geyser crater.

The Sosed (Neighbor) geyser is settled up the streamlet, 4 m away from the Sugary one, at their common geysrite basement (Photo 44). Grey and pinky sinters of the Neighbor stand out at the background of red and yellow clays and green grass surrounding the geyser area. Hot water pools also hide in the grass. The outlet of the channel of a geyser looks like a crack sized 0.5x1m. The cycle of the geyser operation is also unstable. One can distinguish the stage of spouting lasting for 2 minutes, during which steam-water mixture is shot obliquely along the slope to the height of more than 3 meters. The channel is filled up with water in a few minutes, then the outflow occurs (a few seconds), followed by the boiling resulting in a new ejection. Long-term monitoring of the geyser revealed significant changes of the operation cycle: from 3 minutes to 100 minutes, 25 minutes on the average.

---

---

### III УЧАСТОК, ТЕРМОПРОЯВЛЕНИЙ РУЧЬЯ ВОДОПАДНОГО

### SITE III, THERMAL MANIFESTATIONS OF THE VODOPADNY (WATERFALL) BROOK

---

В 100 м выше от руч. Тройного в Гейзерную впадает самый крупный левый ее приток - ручей Водопадный. Приблизительно в 110 м от устья вода ручья, не успев проточить твердые породы, срывается с высоты 28 м красивым водопадом (фото 45). На данном отрезке долины Гейзерной - это, пожалуй, самое примечательное место. У подножья водопада справа видна пароводяная струя небольшого пульсирующего источника, бьющая в сторону ручья, а в нескольких метрах ниже можно наблюдать работу гейзера "У водопада".

Термальный участок, начинаясь с приустьевого части Водопадного, протягивается узкой полосой по его долине до среднего течения на расстояние 750 м. Отмеченные здесь все виды поверхностной гидротермальной активности имеют миниатюрное исполнение. Так можно встретить едва заметные среди травы, глины или обломков гейзерита мельчайшие кипящие источники, часто обнаруживаемые только по легкому парению или характерному звуку булькающей воды. В изобилии наблюдаются небольшие грязевые котлы, различного рода воронки и ванночки, заполненные горячей и кипящей водой, отгороженные низким ободком гейзерита. Иногда они расположены на характерных различного размера округлых гейзеритовых или глинистых куполах, наклоненных к ручью. Стекающая по их поверхности горячая вода в окружении термофильных водорослей и разноцветных обломков камней и гейзерита придает им удивительно красочный вид. Разумеется, интересны здесь и отдельные крупные источники и гейзеры. Среди последних названный выше - "У водопада", а также Малутика, Плоский, Теремок, Ворота в Гейзер-

100 m above the Troynoy Streamlet, the Geysernaya river conflues with its largest left tributary, the Vodopadnyi creek. Some 110 m away from the mouth, the brook water that could not cut through solid rocks skips down from the height of 28 meters forming a beautiful waterfall (Photo 45), which seems to be the most attractive area in this part of the Geysernaya valley. Steam-water jet of a small pulsating spring can be seen at the foot of the waterfall, while a few meters down, there operates the geyser called "U Vodopada (Near-Waterfall)".

From the near- mouth area of the Vodopadnyi creek, the thermal site extends in a narrow band along the basin for 750 meters and reaches the mid-current of the brook. All the types of surface thermal activity are characterized by their diminutive form. Thus, hardly visible tiny boiling springs conceal themselves among the grass, clays and geyserrite fragments; the springs can often be discovered only by slight steaming or typical sound of bubbling water. Numerous are little mud pots, various craters and baths with hot and boiling water bounded by low geyserrite rims. Sometimes, they occupy typical geyserrite of clay domes inclined to the brook. Hot water, running over their surface and surrounded by thermophilic algae and colored stones and sinters, makes them look amazingly vivid. Naturally, certain interest present some separate large springs and geysers, among which the above mentioned "U Vodopada" geyser, as well as Maljutka (Baby), Plosky (Flat), Teremok (Fairy-Tale House) and Vorota v Geysernuyu (Gate into Geysernaya).

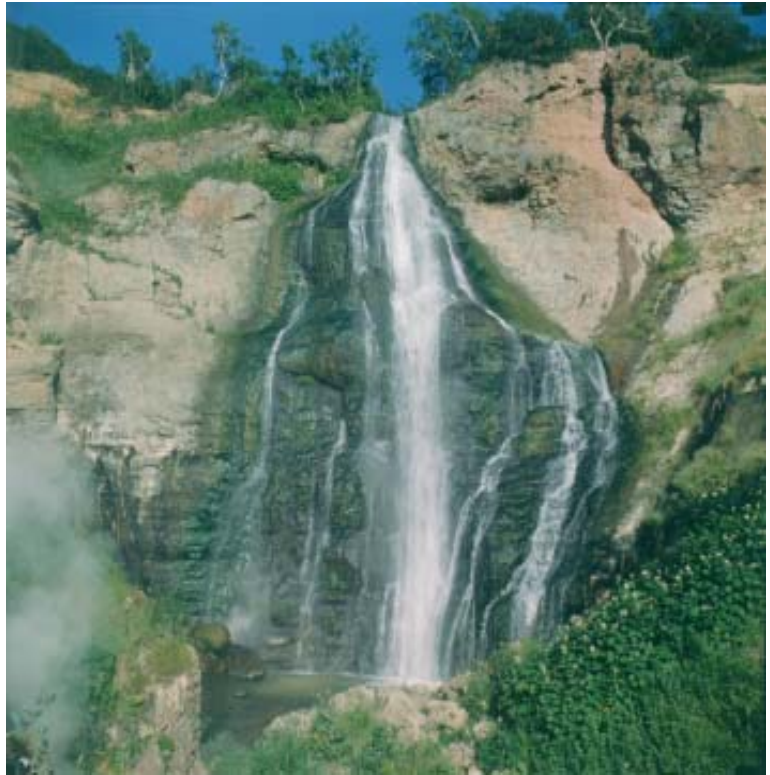
---

ную.

Гейзер “У водопада” расположен близ уреза левого берега ручья. Он легко обнаруживается по гейзеритовой постройке трапецевидной формы высотой в 1,5 м. В стенке постройки имеются три отверстия, соединяющиеся с каналом гейзера, из которого поступает нагретая вода. Среднее и верхнее отверстия находятся рядом, и вода в них появляется одновременно, хотя из нижнего отверстия пароводяная смесь вырывается первой. Извержение продолжительностью около 4 минут происходит невыразительно. Неравномерный выброс

пароводяной смеси достигает высоты всего 0,5 м. Перерыв (стадии парения и наполнения) длится 18 минут, излив-5-9 минут. Средняя периодичность гейзера-27 минут.

Выше по ручью за большим водопадом в 220 м от него находится один из самых интересных пульсирующих источников - *Аверий*. Назван он в честь вулканолога В.В. Аверьева. По пути к нему можно видеть скромный водопад высотой всего 1,7 м и небольшие термальные источники и грязевые котлы. Вид источника менялся с течением времени. В первые годы наблюдений он располагался в русле. Горячая вода выплескивалась из-под галечника в русле, прогревая воду ручья в этом месте. В настоящее время рассредоточенный выход воды, температура которой достигает 95°C, происходит из развалин травертиновой постройки на правом берегу. Ниже источника обычно фиксируется



45. **Водопад на ручье Водопадном.**

*Waterfall on the Vodopadnyi creek*

Geysir U Vodopada (Near Waterfall) is located at the left creek bank. It can be easily recognized by a vee-type geyserite construction, 1.5 m high. Three vents in its side are connected with the geyser channel supplying heated water. Middle and upper vents are set close to each other and water arrives to them simultaneously, though steam and water first comes out of the lower vent. 4 minutes long eruptions are quite inexpressive. Irregular shots of steam-water mixture reach only 0.5 m in height. Stages of steaming and impoundment take 18 minutes, followed by 5 to 9 minutes of outflow. Average periodicity of the geyser is 27 minutes.

220 m up the creek after the large waterfall, one of the most amazing pulsating springs is settled, called *Averii*. It was named after a volcanologist, V.V. Averiev.



**46. Кипящий пульсирующий источник Факел на левом берегу руч. Водопадный.**

***Boiling pulsating spring Fakel on the left side of the Vodopadnyi creek***

самая высокая температура воды ручья Водопадного - 30-35°C и даже 41°C (в зимнее время).

Далее, выше по долине ручья, наблюдаются близ русла неприметные пульсирующие кипящие источники, а в 100 м от последнего названного источника на правом берегу выделяется гейзер «Малютка», продолжительность действия которого составляет всего одну минуту, извержение - 20 секунд, перерыв - 40 секунд. От этого гейзера сразу за поворотом ручья видна белая широкая лента изящного водопада высотой около 3 м. Перед ним на левом берегу ручья находится примечательный источник Факел, пароводяная струя которого в виде вертикального пульсирующего фонтанчика выбрасывается на высоту 2 м из отверстия в крутой стенке склона (фото 46).

Следующая активная группа термопроявлений приурочена к месту впадения

On the way to this spring, one can come across a small waterfall (only 1.7 m high), as well as some minor thermal springs and mud pots. The form of this spring changed with time. First, it was located within the river-bed. Hot water spilled from under the pebbles heating the creek water in this area. Nowadays, dispersed outflow of water (whose temperature reaches 95°C) occurs from the ruins of a travertine construction on the right bank. The highest temperatures of water for the Vodopadnyi creek are reported down off this spring, reaching 30-35°C, and even 41°C (in winter).

Further up the creek basin, unremarkable pulsating boiling springs take place, and 100 m away from

the last named spring, the Malyutka (Baby) geyser is distinguished. Its operation lasts only one minute, the eruption taking 20 seconds, with 40 seconds of the pause. Right after the bend, there goes a wide white strap of a nice waterfall, about 3 meters high. Beside it, on the left bank of the creek, a notable Fakel (Torch) spring can be found, whose steam-water column, in the form of a vertical pulsating fountain, is shot up to 2 m from a vent in the steep wall of the slope (Photo 46).

The next group of active thermal manifestations is confined to the confluence point of the Vodopadnyi and Teremkovyii creeks. Upper part of the slope, to the height of 40 m between the Vodopadnyi creek and the left side of the Teremkovyii creek, is outcropped and composed by multicolored clays. Areas of steaming ground, steam-gas gets, mud and water pots occur here. At the mouth



в Водопадный справа ручья Теремковий. Верхняя часть склона до высоты 40 м между Водопадным и левобережьем ручья Теремковий обнажена и сложена разноцветными глинами. Здесь можно встретить площадки парящего грунта, парогазовые струи, грязевые и водные котлы. В устье ручья Теремковий расположен одноименный пульсирующий кипящий источник *Теремковий* (фото 47). Небольшая основная струя кипящей воды периодически выплескивается из отверстия в середине конусовидной постройки источника и вместе с водой, выходящей из более мелких отверстий, стекает по ложбинкам, окруженным разноцветными термофильными водорослями. Подобные прислоненные конусы, светло-серые от кремнистых натеков, но с очень маленькими, капельными выходами термальной воды, отмечаются и выше вдоль берега Водопадного на протяжении 20 м. Напротив, на другой стороне ручья в излучине, на поверхности куполообразного поднятия, отмечаются небольшие кипящие источники и котлы, и миниатюрный *гейзер Плоский*. Горячая вода в стадию излива появляется из отверстия диаметром 10 см, отороченного бортиком из обломков гейзерита и глины. Извержение начинается со слабо выраженного кипения, которое, усиливаясь, приводит к выталкиванию воды за края воронки. В период покоя канал опустошается на несколько секунд. Средняя продолжительность цикла 2 минуты, извержения - 50 секунд.

Дальше вверх по течению ручья, за его

of the Teremkovyi creek, the analogous Teremkovyi spring is located (Photo 47). Small major stream of hot water periodically splits from a vent in the middle of the cone-shaped construction of the spring, and runs along the striae surrounded by multicolored thermophilic algae. Similar leaned cones, light-brown due to silica leakages, with tiny vents of thermal water, have also been reported further up the Vodopadnyi creek. On the other side of the creek, the surface of a dome-like elevation is occupied by small boiling springs and pots, and a diminutive Ploskii (Flat) geyser. During the outflow stage, hot water runs out of a vent (10 cm in diameter), banded by a skirting of geysierite fragments and clays. Its eruption starts from a poorly manifested boiling whose intensification results in water splitting over the edges of the crater. At the quiet period, the chan-



47. Пульсирующий источник Теремковий в долине руч. Водопадный.

*Pulsating spring Teremkovyi in Valley of the Vodopadnyi creek*

---

зигзагообразным поворотом примерно в 100 м от местоположения гейзера Плоский начинается последняя или первая (от верховьев Водопадного) площадка с достаточно яркими термопроявлениями. На левом берегу выделяется прислоненный к обрывчику, сложенному коренными горными породами (туфами), конус высотой 1,2 м, покрытый корочкой гейзерита. Верхняя его часть открывается округлым отверстием 40 см в диаметре и глубиной 85 см. Это *гейзер Теремок*. Действие гейзера, в основном, проходит в режиме пульсирующего источника, характерного тем, что отдельные выплески поднимаются на высоту 40 см, выбрасывая воду за края воронки. Редкие извержения начинаются неожиданно. По всей поверхности воронки взмывают струи кипящей воды на высоту более полуметра. Фонтанирование обычно продолжается 50 секунд, а полный цикл - 1 час 20 минут. Рядом в 10 м выше от этого гейзера, на левом берегу расположен пульсирующий источник "*Ворота в Гейзерную*". Источник имеет плоскую воронку, в которой кипит, пульсирует вода и периодически подбрасывается на несколько сантиметров вверх.

И, наконец, напротив источника действует гейзер с тем же названием. И гейзер, и источник лежат на старой тропе, идущей вдоль ручья Водопадного от Горного плато в Долину Гейзеров. Они были первыми для всех, кто по этому пути спешил попасть в удивительный мир гейзеров. Отсюда и название, которое дал В.Н. Виноградов, впервые характеризую их деятельность. *Гейзер "Ворота в Гейзерную"* находится вблизи русла, в небольшой воронке, стенки которой сложены обломками пород, сцементированными кремнистыми осадками. Извержение гейзера происходит как интенсивное кипение с высотой всплесков воды до 30 см. Продолжительность его цикла непостоянна. В настоящее время гейзер работает с чередующейся периодичностью в 13 и 50 минут. Малый цикл включает короткое извержение продолжительностью в одну минуту, тогда как извержение большого цикла

is emptied for a few seconds. Average duration of the cycle is 2 minutes, while the eruption itself takes 50 seconds.

Further up the creek course, past its zigzag-like turn, about 100 away from the Ploskii geysir, there occurs the last area of quite vivid thermal manifestations. On the left bank, a 1.2 m high cone covered by a crust of geyserite is leaned against the steep composed by ledge rocks (tuffs). Its upper part opens in a rounded vent 40 cm in diameter and 85 cm in depth. This is the Teremok (Fairy-Tale House) geysir. It mostly operates in the pulsating spring regime, characterized by separate splashes reaching up to 40 cm and splitting water over the crater edges. Infrequent eruptions start all of a sudden; boiling water is shot up to 0.5 m all over the crater surface. Spouting usually lasts 50 seconds, the complete cycle taking about 80 minutes. 10 m away from this geysir, pulsating spring "Vorota v Geysernuyu" (Gate into Geysernaya) is located, with a flat crater containing boiling water that is periodically tossed up to a few centimeters.

Finally, opposite the above spring, a geysir of the same name operates. Both the spring and the geysir are located along the old path running beside the Vodopadnyi creek, from the Mountain Plateau to the Valley of Geysers. They were the first to be come across by anyone entering the magnificent world of geysers, due to which V.N. Vinogradov named them this way when first characterizing their operation. Geysir "Vorota v Geysernuyu" is placed near the creekbed, within a small crater whose walls are composed by rock fragments sintered by siliceous deposits. Eruption of this geysir occurs as intensive boiling, with water splashes up to 30 cm high. Duration of its cycle is unsteady. Presently, the geysir operates with alternating periodicity of 13 and 50 minutes. The smaller cycle includes a short, 1 minutes'

---

длится 32 минуты.

Выше по течению в 100 м от гейзера и источника “Ворота в Гейзерную” заканчивается термальный участок. Далее ручей Водопадный, лишенный притока термальных вод, становится обычным холодным горным ручьем. В верхней части его бассейна отсутствуют заметные термопроявления.

eruption, while that of the larger one lasts 32 minutes.

The thermal site ends 100 m up from the spring and geyser ‘Vorota v Geusernyu’. Further on, Vodopadnyi becomes a typical cold mountain stream, without any supply of thermal waters. No visible thermal manifestations can be noted in the upper part of its basin.

---

## IV УЧАСТОК, СКАЛИСТЫЙ

## SITE IV, SKALISTYI (ROCKY)

---

Вверх по течению от устья Водопадного долина Гейзерной снова сужается, крутые склоны поднимаются по обоим берегам сразу от уреза воды. На прямом почти 150 м отрезке реки, текущей здесь в южном направлении наиболее яркими термопроявлениями являются на левом берегу *кипящий источник “Сковородка”* и небольшие высачивания воды на противоположном берегу. Термальный участок начинается на следующем за поворотом под прямым углом 100 м отрезке реки западного направления с появления на левом и правом берегах небольших по дебиту кипящих пульсирующих источников. Поверхностные термоаномалии с температурой грунта на глубине 1 м более 70°C протягиваются узкой полосой вдоль реки, заметно расширяясь на левом склоне в начале участка, у гейзера Скалистый, и в конце, напротив пульсирующего источника Ромео и Джульетта. На IV участке находятся описанные Т.И. Устиновой *гейзеры Конус, Скалистый и Большая Печка*, а также зарегистрированные впервые *гейзеры Недоступный, Текущий, Буратино и карликовые гейзеры*.

Первым на участке встречается *гейзер Недоступный*, описанный Н.Г. Сугробовой в 1976 году. На правом склоне

Further up the course of the mouth Vodopadnyi creek, the valley of the Geysernaya River becomes narrower again, steep slopes rising over its both sides. Along a straight area, almost 150 m long, the most outstanding thermal manifestations are small water seepages on the right bank, and a boiling spring named Skovorodka (Pan) on the opposite side. The thermal site starts from small-discharge boiling pulsating springs on both banks. Surface thermal anomalies with the temperature over 70°C at the depth of 1 m, stretch in a narrow line along the river, notably widening at the left slope at the beginning of the site, beside the Skalistyi Geyser, and at its end, opposite the pulsating spring called Romeo and Juliet. Site IV hosts geysers Konus (Cone), Skalistyi (Rocky) and Bolshaya Pechka (Large Oven), described by T.I. Ustinova, as well as first reported geysers Nedostupni (Unacceptable), Tekutchii (Floating), Buratino and some diminutive geysers.

The first geyser to be met in this site is geyser Nedostupny, described by N.G. Sugrobova in 1976. The fountain of this geyser can be seen at the right slope of the

долины, на изгибе реки на высоте 10 м над урезом воды можно видеть фонтан этого гейзера. Высота его достигает 1 м. Фонтанирование длится 40 секунд, излив с кипением - 90 секунд, перерыв в извержении 13-16 минут. Средний цикл его работы составляет около 14 минут. На противоположном берегу расположена активная термальная площадка с несколькими постоянными кипящими источниками. Среди них - *Двухручейный*. Вода, выходя из щелевого отверстия в склоне, на высоте 1,5 м от реки, растекается двумя ручьями. Общий расход ручейков составляет 1,5 л/с.

Выше по реке на левом берегу находится *гейзер Скалистый* (фото 48). Он расположен в 10 м над уровнем реки в скалистой части склона. Гейзер работает как в пульсирующем, так и в прерывистом режиме. Извержение почти не отличается от излива кипящей воды. В момент фонтанирования пароводяные струи взлетают на высоту до метра, и выделяется больше пара

valley, about 10 m above the water level. Its height reaches 1 m. Its spouting period lasts 40 seconds, outflow with boiling - 90 seconds, interval in the eruptions being 13-16 minutes. Its mean cycle takes about 14 minutes. Active thermal ground hosting several steady boiling springs is located on the left side of the valley. One of those springs is *Dvukhrucheinyi* (Double-Stream). Running out of a slot in the slope, water spills in two streamlets whose total discharge makes 1.5 l/s.

Further up the river, on its left side, geyser *Skalisty* can be observed (Photo 48). It is located 10 m above the water level, in the rocky part of the slope. The geyser operates both in pulsating and interrupted regimes. The eruption can hardly be distinguished from the outflow, accompanied by the boiling of water. In the moment of spouting, steam-water streams soar up to 1 m, and more steam is emitted, if compared with the outflow period. Boiling water almost uninterruptedly flows down the geyser construction. Pauses in the geyser operation take only a few seconds. Duration of its cycle varies from 7 to 15 minutes, the flow rate being 20 l/s at the maximum outflow stage.

At the foot of the *Teremkovyi* geyserite construction, one can see a powerful boiling spring called *Podskalny* (Under-rock) with about 5 l/s of discharge. On the right bank, 20 m up the river from the *Teremkovyi* geyser, a slot has remained resembling an aperture of a stove. This used to be the vent of the geyser named *Bolshaya Pechka* (Large Oven) that stopped operating after a powerful cyclone "Elza" in 1981, due to which the geyser channel was stuffed by solid weighted particles of the



#### 48. Извержение гейзера *Скалистый*.

*Eruption of the Skalisty geyser.*



---

**49. Гейзер Большая Печка. Снято до его исчезновения в 1981 г.**

***Geysir Bolshaya Petchka. Photo made before its collapse in 1981.***

---

по сравнению с изливом. Поток кипящей воды, стекающие по постройке гейзера, практически непрерывны. Лишь на несколько секунд деятельность гейзера прекращается. Продолжительность цикла изменяется от 7 до 15 минут. Расход ручья в максимальную стадию излива достигает 20 л/с.

У подножья гейзеритовой постройки Скалистого вблизи уреза реки находится мощный кипящий источник Подскальный. Его расход составляет около 5 л/с. На правом берегу, в 20 м выше по реке от гейзера Скалистого в нескольких сантиметрах

от уреза сохранилась щель, похожая на печное отверстие. Это бывший выход на поверхность *гейзера Большая Печка*. Он прекратил свою деятельность после мощного циклона “Эльза” в 1981 году, во время прохождения которого канал гейзера был забит твердыми взвешенными частицами реки Гейзерной. Когда гейзер еще извергался, его почти горизонтальные струи воды и пара, бьющие над рекой, были необычайно красивы (фото 49).

На левом берегу Гейзерной напротив гейзера Большая Печка расположены *гейзеры Конус и Текучий*. Гейзер *Конус* отличается красотой и соразмерностью кипящего фонтана и гейзеритовой постройки. Последняя более всего напоминает конус высотой около 1,5 м, срезанная вершина которого и представляет собой отверстие канала. Изящный гейзерит покрывает всю поверхность конуса (фото 50). Привлекательный вид постройки дополняется не менее красивым зрелищем извержения гейзера, особенностью которого является энергичный выброс на высоту более 2 м пароводяной смеси с крупными, летящими во



Geysernaya river. When the geyser was still erupting, its almost vertical streams of water and steam, gushing above the river, made a rare beautiful picture (Photo 49).

Geysers Konus and Tekutchii occupy the left side of the Geysernaya river, just opposite the geyser Bolshaya Pechka. Konus (Cone) is remarkable for its beauty and proportionality of the boiling fountain and geysirite construction. The latter looks like a cone 1.5 m of height, whose truncated top is the channel vent itself. The surface of the cone is covered by elegant geysirite (Photo 50). Magnificent look of the construction is accomplished by the exciting view of the geyser eruption, particularly by the powerful shots of steam-water mixture to the height of more than 2 meters, large drops of water scattering all around (Photo 51). Duration of a complete cycle of the geyser operation ranges from 18 to 25 minutes, mostly often being 24 minutes. The outflow stage takes 2-3 minutes, while the stage of filling (quietness) – 19 minutes.



50. *Гейзеритовая постройка гейзера Конус.*

*Geyserite construction of geyser Conus.*

все стороны каплями воды (фото 49). Продолжительность полного цикла действия гейзера изменяется в пределах 18-25 минут, чаще равняясь 24 минутам. Стадия излива занимает 2-3 минуты, стадия наполнения (покоя) - 19 минут.

Вблизи Конуса, в 15 м ниже по течению от него, на той же отметке находится малоприметный *гейзер Текучий*, впервые нами зафиксированный в 1976 году. Кипящая вода выходит из треугольной формы щели размером 10x10x10 см в рывтине заросшего травой склона. Отверстие обрамляет свод из темно-зеленых термофильных водорослей. В действии гейзера выделяется излив воды с кипением в течение 15 минут, в ходе которого в конце отмечается нарастание расхода и затем резкий переход в извержение. Последнее отличается от излива увеличенным расходом и выплесками воды из воронки и длится две минуты. Полный цикл действия гейзера составляет 22 минуты, хотя отмечались и более продолжительные циклы до 30-47 минут. Вдоль русла ручейка гейзера наблюдаются корочки гейзерита.

В 50 м от гейзера Конус выше по реке на правом берегу отмечен еще один пульсирующий *кипящий источник* - *Каменка*. Выход источника теряется в груде крупных обломков горных пород, расположенных вблизи уреза реки. Вода источника, расход которого периодически увеличивается, стекает между камнями в реку. Над ним постоянно поднимаются клубы пара. Чуть выше

Not far from the Konus geyser, 15 m down the river course, a hardly noticeable geyser Tekutchii (Floating) is settled, first reported in 1976. Boiling water runs out of a triangular slot sized 10x10x10 cm located in a rut of the grassy slope. The hem of dark-green thermophilic algae frames the slot. In the operation of this geyser, we distinguish water outflow with boiling during 15 minutes, that results in the increasing discharge rate and splashes of water from the crater, which lasts 2 minutes. The geyser operates a complete cycle for 22 minutes, though more durable cycles up to 30-47 minutes were also reported. Geyserite cores can be observed along the course of the streamlet.

On the right bank, 50 m up of the Konus geyser, another pulsating boiling spring is called Kamenka. Its vent is lost among large rock fragments, straggling beside the river. The water of the spring whose flow rate occasionally increases, flows among the stones down into the river. Puffs of steam are constantly curling above it. A number of tiny vents of boiling water can be noticed on the right bank, a bit up of the Kamenka spring. Among them we distinguish a pulsating spring Nechaevskii, hidden under a big stone. Further up the river, 80 m away from Kamenka, the geyser named Buratino is set on the left bank. From this geyser and till the Teremkovyi one, the river runs southwards for about 200 m. This part of the river is peculiar, because here steep slopes of the valley locally approach the river in the form of precipices 1-4 m high, to which all the springs found in this area are confined. This is especially

---

Каменки на правом берегу располагается ряд мелких выходов кипящей воды. Среди них выделяется пульсирующий источник под большим камнем, воронка которого напоминает отверстие печки - *Нечаевский*. Еще выше по реке в 80 м от Каменки на левом берегу расположен гейзер Буратино. От Буратино до Скалистого река Гейзерная течет в южном направлении на протяжении около 200 м. Данный отрезок реки характерен тем, что крутые склоны долины местами подходят к реке обрывами высотой 1-4 м и к ним приурочены все находящиеся здесь источники. Особенно это относится к левому берегу. Что же касается правого берега, то обрыв выражен на участке напротив гейзера Буратино, где отмечены карликовые гейзеры и источник "Ромео и Джульетта". Здесь прирусловая часть долины несколько выполаживается.

*Гейзер Буратино* находится в излучине Гейзерной на высоте 4,5 м над рекой. В выположенной нижней части склона, в 8 м от реки видна щель, являющаяся вы-

true for the left side; as for the right one, the precipice is pronounced at the zone opposite Buratino, where diminutive geysers and the spring of Romeo and Juliet are located.

**Geyser Buratino** sits in the scroll of the Geysernaya, 4.5 m above the river. In the flattened lower part of the slope, 8 m off the river, a chink is visible, which is the vent of the geyser channel. The construction looks more much like a heap of disorderly stacked stones covered by geyselite crusts. In the moment of eruption, the geyser ejects a little bit inclined steam-water streams to the height of up to 2.5 m. The spouting lasts one minute, the complete cycle taking 6-10 minutes.

Opposite Buratino, in the near-channel part of the right slope of the river valley, one can observe typical for the Valley of Geysers thermal water discharges in the form of tiny springs and geysers whose surface is constituted by geyselite or siliceous leakages formed in

the result of dissolved silica precipitation from thermal waters. T.I. Ustinova calls them the Walls or Slopes of Diminutive Geysers. In the case considered, such a wall, 10 m long and about 4 m high, hosts three miniature geysers alongside with a number of smallest springs. Eruptions of those three occur in the form of outflows or poor splashes of water from the vents. For the first one, mean cycle takes 8 minutes, for the second one – a few seconds, while for the third one it lasts about 31 minutes. Their neighbors are two close



---

**51. Крупные капли горячей воды в фонтане пароводяной смеси отличают извержение гейзера Конус.**

*Large drops of hot water in the fountain of steam-water mixture characterize the outburst of the Konus geyser.*

---



ходом канала гейзера. Постройка его выглядит как груда беспорядочно сложенных камней, покрытых корочками гейзерита. В момент извержения гейзер выбрасывает немного наклонные вдоль склона пароводяные струи на высоту до 2,5 м. Фонтанирование продолжается одну минуту, полный цикл действия - 6-10 минут.

Напротив Буратино, в прирусловой части правого склона долины реки можно видеть характерные для Долины Гейзеров выходы термальной воды в виде очень маленьких источников и гейзеров в обрывах, поверхность которых сложена гейзеритом или кремнистыми натечками, образованными при выпадении растворенного кремнезема из термальных вод. Т.И. Устинова называет их *стенками или склонами карликовых гейзеров*. В данном случае в такой стенке протяженностью 10 м и высотой около 4 м помимо мельчайших источников находятся три миниатюрных гейзера. Извержение их происходит в виде излива или слабых выплесков воды из отверстий. Для первого средний цикл равен 8 минутам, второго - нескольким секундам, третьего - 31 минуте. По соседству с ними, выше по течению на правом берегу холодного ручейка в его устьевой части, в 7 м от реки можно наблюдать два рядом расположенных пульсирующих источника. Оба выхода воды находятся на высоте 2,5 м от ручейка в обрывистом его склоне, по которому в обрамлении кремнистых натечков стекают два парящих ручейка. Эти источники удачно названы В.Н. Нечаевым *“Ромео и Джульетта”* (фото 52).

От нижней границы следующего V участка, устья ручья Путеводного, удаленного от источника Ромео и Джульетта на 160 м, река течет в юго-западном направлении, русло изобилует перекатами, пре-

pulsating springs located 7 m off the river, on the right side of a cold streamlet. Both water discharges are at the height of 2.5 m from the streamlet, in its abrupt slope; two steaming water paths run on its surface. V.N. Nechaev well called these springs “Romeo and Juliet” (Photo 52).

From the lower border of the next site (V), that is from the mouth of the Putevodnyi (Guiding) Brook outlying 160 away from the springs of Romeo and Juliet, the river runs southwest, abound in riffles most frequent at the left bank lit-



52. На правом берегу Гейзерной выделяются пульсирующий источник Ромео и Джульетта.

*Pulsating springs of Romeo and Juliet are singled out on the right bank of the Geysernaya river.*



---

имущественно на левом берегу, усеянному крупными глыбами горных пород, встречаются небольшие кипящие источники. Поверхностная термоаномалия с температурой более 70°C на глубине 1 м протягивается узкой полосой вдоль реки.

tered with large rock fragments. Small boiling springs can be come across here. Surface thermal anomaly with the temperature above 70°C at the depth of 1 m stretches in a narrow line along the river.

---

## V УЧАСТОК, ЛАГЕРНЫЙ

## SITE V, LAGERNYI (CAMP)

---

Верхняя по реке граница участка проходит по устью ручья Двуглавого, справа впадающего в Гейзерную. От этого ручья река течет на протяжении 100 м в юго-западном направлении, затем круто поворачивает на северо-запад и только через 100 м перед руч. Путеводным снова меняет свое направление на юго-западное. Склоны долины по-прежнему крутые, вблизи русла также отмечаются невысокие обрывы. Поверхностная температурная аномалия, несколько расширяясь, также отмечается по обоим берегам, а приблизительно в середине участка по левому борту ее граница поднимается высоко, почти достигая домика лесника и вертолетной площадки. Самыми значительными гейзерами участка, несомненно, являются *Малый* и *Большой*, впервые охарактеризованные Т.И. Устиновой.

*Гейзер Малый* расположен примерно на середине вышеописанного отрезка Гейзерной на крутом ее изгибе, на левом берегу. Воронка канала гейзера видна на небольшой площадке перед резким подъемом склона на высоте 6 м и на расстоянии 15 м от реки. Она имеет округлую форму размером 1x2 м при видимой глубине в 1 м. От воронки в сторону реки тянется сероватый шлейф кремнистых и гейзеритовых налетов, обволакивающих бугристую неровную поверхность скоплений глыб горных пород (фото 53). Особый эффект извержения Малого заключается в мощных стремительных выбросах струй пароводя-

The upper (river) border of the sector goes along the channel of the Dvuglavyi Brook, flowing into the Geysernaya from the right. From this brook, the river runs southwest for 100 m, then suddenly turns northwest, and takes its previous direction only 100 m further, just before the Putevodnyi creek. Slopes of the valley are still quite steep, short precipices occurring beside the channel. Somewhat widening surface temperature anomaly is also reported on both sides, and approximately in the middle of the site, along its left side, the margin of the anomaly rises high, almost reaching the house of the forest-guard and helipad. The most significant geysers of the site are undoubtedly Malyi (Small) and Bolshoy (Large), first described by T.I. Ustinova.

Geysер Malyi is set in about the middle of the above mentioned part of the Geysernaya, at its sharp turn, on the left bank. The vent of the geyser channel is notable within a small ground just beside the abrupt rise of the slope, at the height of 6 m and 15 m away from the river. The vent has a rounded shape sized 1x2 m, with an apparent depth of 1 m. Grayish plume of siliceous and geysерite sinters stretches in the direction of the river, enveloping bumpy and uneven surface of rock block clusters (Photo 53). Peculiar effect of the Malyi eruption is manifested in violent ejections of steam-water spouts up to 10 m high (Photo 54,

---

**53. Воронка канала гейзера Малый перед началом извержения.**

*Vent of the Malyi geyser channel before the initiation of eruption*

---



ной смеси, поднимающихся на высоту более 10 м и косо падающих к реке (фото 54, 55). Выделяющийся при этом пар плотным белым столбом воздымается на высоту 40-100 м и более в зависимости от погодных условий. Во время разлива и извержения ручейки горячей воды стекают по всей ширине гейзеритового щита. Общий расход воды в стадию фонтанирования составляет 70 л/с.

Извержение, сопровождаемое шелестящим шумом, происходит в течение 4-6 минут. В последующие 6-7 минут наблюдается интенсивное выделение пара, в конце которого из осушенной воронки доносится глухой рокот движения воды на глубине. Через некоторое время на дне воронки появляется вода и

55). The steam rises up to 40-100 m and higher, depending upon the weather. During the outflow and spouting, hot water trickles run all over the geyserite shield. Total water flow rate in the stage of spouting makes 70 l/s.

The eruption accompanied by rustle takes 4 to 6 minutes. The next 6-7 minutes are marked by intensive steaming, at the end of which a subdued rumble is heard induced by water movements in the depth. Some time later, water appears at the bottom of the crater and then fills it up, which takes about 20 minutes. Then the outflow starts that lasts about 4 minutes and results in active boiling, great volumes of steam being emitted and water being randomly splashed over the crater edges. Then spouting starts again. Many-years' observations have shown

---

**54. Извержение гейзера Малый.**

*Eruption of the Malyi geyser*



55. *Причудливые струи воды в извергающейся пароводяной смеси гейзера Малый.*

*Queer water streams in the overshooting steam-water mixture of the Malyi geyser.*

заполняет ее до краев. Этот период длится около 20 минут. Затем начинается излив, продолжающийся около 4 минут и заканчивающийся энергичным кипением с выделением большого количества пара и периодическими выплесками воды за края воронки. Вновь начинается фонтанирование. Полный цикл работы гейзера по данным многолетних наблюдений был достаточно стабильным и равнялся 32-37 минутам.

*Гейзер Большой* находится в ложбине левого склона долины на высоте более 11 м от реки, в 40 м от нее и на таком же удалении от гейзера Малого выше по течению Гейзерной. Отверстие канала гейзера находится на невысоком куполовидном поднятии в центре верхней части ложбины, по которой в периоды излива и извержения идет сток воды drain of water. Также как на гейзере Малом выступающие обломки горных пород, покрытые кремнистыми натекками и гейзеритом, образуют неровную, бугристую поверхность ложбины. Этот ложбинообразный спуск к реке, имея несколько перегибов и множество миниатюрных выступов, в момент стока воды превращается в подобие многокаскадного водопада, а на выположенных участках перегибов возникают эфемерные горячие ванночки. Верхняя видимая часть канала гейзера представляет собой достаточно объемную чашу с неровными краями, имеющую в плане очертание неправильной линзы размером 1,5х3,5 м и глубину более 1,5 м. Купол и края чаши (воронки) некогда были покрыты гейзеритом, сейчас на поверхности видны серо-зеленые туфы (фото 56). Отличие в размере верхней части канала рядом расположенных эффектных гейзеров Большого и Малого послужило,



© В.М. Сугробов V.M. Sugrobov

that the cycle of this geyser has been quite stable and equals 32-37 minutes.

Geysir Bolshoy occupies a hollow in the left slope of the valley, more that 11 m above the river, 40 m off it and about the same distance away from the Malyi geyser up the current. The vent of the geyser channel is a bit elevated forming a dome-like construction in the center of the top part of a hollow on which during the stages of outflow and spouting there is a drain of water. Rock debris covered by siliceous sinters and geysirite also form uneven and bumpy surface of the hollow. In the moment drain of water, the slope to the river with several inflexions and lots of tinny juts turns into a sort of multi-step waterfall, transient hot pools appearing in flattened areas. Upper visible part of the geyser channel forms quite a voluminous bowl with uneven edges. Ones is outlined as an irregular lens sized 1.5r3.5 m and over 1.5 m in depth. The dome and edges pf the bowl (crater) used to be covered by geysirite,

вероятно, основой для названий, данным им Т.И. Устиновой.

Активный период действия гейзера начинается с излива из воронки практически стоградусной воды, продолжающегося 10-15 минут. В ходе излива, особенно в заключительный момент, вода бурно кипит и над ее поверхностью все чаще появляется сбоку ванны грифон высотой до полуметра. Вода при этом выплескивается из воронки во все стороны. Возникающее затем извержение красиво мощью выбрасываемой по всему сечению воронки пароводяной смеси (фото 57, 58). Струи горячей воды достигают высоты 10-15 м, а пар поднимается на 100-200 м. Извержение обычно продолжается 4,5-6 минут, причем в первые 2-3 минуты оно достигает максимума, затем становится пульсирующим и, наконец, сменяется отдельными выплесками воды на высоту 3-4 м и интенсивным выделением пара. Во время фонтанирования по склону гейзеритового щита стекает бурный поток горячей воды (фото 59). Количество выбрасываемой воды в момент извержения, судя по измеренному нами объему опустошенной камеры, составляет 17,7 кубометров, то есть примерно 60 л/с.

Перерыв в извержении начинается с ослабления выделения пара и опускания воды в воронке на уровень, при котором выплески уходящей воды не достают ее краев. Вода, постепенно опускаясь, скрывается в канале и вновь появляется после невидимого наблюдателю на-

now on a surface are visible gray-green tuffs. (Photo 54). Difference between the sizes of the upper part of the channels of geysers Bolshoy (Large) and Malyyi (Small) probably prompted T.I. Ustinova to give them such names.

Active period of the Bolshoy geyser operation starts from the outflow of nearly boiling water of the crater, which lasts 10-15 minutes. In the course of the outflow, especially in its final moments, water is boiling violently, and a gryphon about 0.5 m high often rises at a side of the pool. The consequent eruption is magnificent by the power with which steam-water mixture is shot all over the section of the crater (Photo 57, 58). Spouts of hot water reach 10-15 m in height, while the steam rises up to 100-200 m. The spouting usually takes 4-6 minutes, being maximal in the first 2-3 minutes, then getting pulsating and finally being replaced by random splashes up to 3-4 m and intensive steaming. During the spouting, a rapid hot water torrent runs over the geyserite slope (Photo 59). Amount of water ejected, judging by the volume of the emptied chamber, makes 17,7 m<sup>3</sup> that is approximately 60 l/s.



**56. Большая воронка венчает на поверхности канал гейзера Большой.**

*Large crater crowns the Bolshoi geyser channel on the surface*



полнения канала свежими ее порциями. Затем наблюдается подъем уровня воды в воронке и начало излива нового цикла действия гейзера. Перерыв длится немногим более часа. Характерным для гейзера Большой является закономерная смена короткого и длинного циклов действия. Продолжительность первого составляет 80-90 минут, длинного-125-140 минут. Наблюдения показывают, что время длинного цикла увеличена за счет удлинения перерыва в действии гейзера, периоды же излива и извержения остаются практически неизменными.



Помимо вышеназванных гейзеров на участке близ русла реки встречается множество других мелких и крупных кипящих источников. Прежде всего, следует отметить пульсирующие источники у основания гейзеритовых щитов гейзеров Большой и Малый - это *Секретарь Большого* и *Секретарь Малого*. В плоских воронках, заполненных галечником, кипит вода, взметая брызги вокруг на расстояние до 3 м. Ниже по течению реки от гейзера Малый имеется несколько небольших источников и гейзеров, равноудаленных друг от друга. Все они находятся в 3-4 м от реки, среди груды обвально-осыпных пород и галечника на высоте 1-1,5 м над уровнем воды. Расход их не превышает 1 л/с. К этой группе относятся три гейзера.

Самый дальний - *гейзер Красный*. Его воронка окружена измененными под воздействием гидротерм породами красного цвета. Красноватый оттенок имеет и гейзерит, покрывающий разбросанные обломки породы. Высота выхода канала гейзера над рекой не превышает 2 м. Действие гейзера Красный начинается с излива воды из во-

**57. Гейзер Большой. Начало извержения.**

***Bolshoi geyser. The beginning of eruption***

The pause in the eruption is marked by reducing of the volume of steam emitted, and, within the crater, by gradual lowering of the level of water that disappears in the channel and then emerges again, after the channel is filled by new aqueous portions. The water level in the crater rises again, and a new operation cycle starts. The interval takes a bit more than an hour. Bolshoy geyser is characterized by random alteration of short (80-90 minutes) and long-term (125-140 minutes) operation cycles, the latter being due to the prolonged pause, while stages of outflow and eruption remain almost constant.

Beside the above geysers, lots of other small and large boiling springs can be met in the area close to the river channel. The first ones to be mentioned among them are two pulsating springs placed at

---

ронки, переходящего в фонтанирование, во время которого происходит всплеск кипящей воды по всей поверхности воронки на высоту 40-50 см. Продолжительность цикла изменяется от 17 сек до 3 минут 40 сек.

Выше по реке в 20 м от Красного расположен другой гейзер - *Пещерный*. Отверстие канала гейзера можно увидеть среди огромных (один метр в поперечнике) глыб коренных пород. В стадию извержения из-под камней выбрасываются в разные стороны водяные струи в течение 35-90 сек. Перерыв длится около 2 минут, излив воды

the foot of geyserite shields of the geysers Bolshoy and Malyi, the two named Sekretar Bolshovo (Large's Secretary) and Sekretar Malovo (Small's Secretary). Water is boiling in flat funnels filled with pebbles, spilling the drops around to about 3 m away. Down the current from the Malyi geyser, several smaller springs and geysers can be found 3-4 m away from the river, among the collapse-slough rocks and shingle, 1-1.5 m above the water level. Their debits do not exceed a l/s. The following three geysers are confined to this group.

---

**58. Гейзер Большой. Струи горячей воды в момент извержения бьют на высоту 15 м.**

***Bolshoi geyser. Jets of hot water at the moment of eruption rise on height of 15 m***

The crater of the Krasnyi (Red) geyser is framed by the rocks altered under the effect of hydrotherms. Geyserite



- одну минуту. В 1,5 м от Пещерного в воронке диаметром 20 см находится миниатюрный гейзер - *Кругленький*. Его фонтанчик поднимается на высоту всего лишь в 50 см, но отличается крупными каплями разбрызгиваемой воды. Продолжительность цикла гейзера невелика и составляет 9 минут, в том числе: излив - 30 сек, извержение - 80 сек, перерыв - 7 минут.

На правом берегу Гейзерной выделяются 3 кипящих пульсирующих источника: Устьевой, Гном и Малая Печка. *Источник Устьевой* расположен на нижней границе участка в устье



ручья Путеводный. Выход кипящей воды приурочен к щелевому отверстию в туфах и имеет расход 0,5 л/с. *Источник Гном* наблюдается за поворотом реки в 40 м ниже гейзера Малый (фото 60). Вода выходит из щели размером 10х30 см у основания крутого склона на высоте 0,4 м от реки и стекает двумя ручейками по почти вертикальной стенке. Обрамляющие выход воды и ручейки термофильные водоросли черного, темно-зеленого, желто-зеленого и розоватого цветов напоминают шапку и бороду гнома.

Напротив гейзера Большого, точнее источника Секретарь Большого, расположен *источник Малая Печка* (фото 61). Его воронка вместе с небольшим грифоном кипящей воды и пара напоминает дымящееся отверстие печи. Она отделена от русла реки скоплением камней и находится чуть выше уреза реки. Вода выходит сейчас непрерыв-

covering scattered debris is also tinted reddish. The height of the geyser channel vent is not more than 2 m. Geyser operation starts from water outflow from the crater, proceeding to the spouting, in the course of which, splash of boiling water occurs all over the surface of the crater to the height of 40-50 cm. the cycle duration varies from 17 s to 3 m 40 s.

20 m up the river from the Red geyser, another one is located called Peshchernyi (Cave), whose vent can be seen among huge (1 m in diameter) blocks of original rocks. During the eruption stage, water spurts are shot from under the stones for 35-90 s. the pause lasts about 2 minutes, the outflow – 1 minute. 1.5 m away from Peshchernyi, a tiny Kruglenkii (Round) geyser occupies a crater 20 cm in diameter. Its fountain

**59. Во время извержения гейзера Большой по ложбине, поверхность которой покрыта гейзеритовым плащом, стекают потоки горячей воды. На переднем плане гейзеритовая постройка гейзера Малый.**

*During the eruption of the Bolshoi geyser, hot water flows run over the trough whose surface is covered by geyselite shield. In the foreground – geyselite construction of the Malyi geyser.*



---

но, но толчками с небольшим расходом около 1 л/с. В свое время источник был выделен Т.И. Устиновой как гейзер. Над ним по склону поднимается плоский конус из гейзерита, вершина которого венчает микроскопический кипящий источник.

Выше по реке за Малой печкой можно видеть мельчайшие источники в отвесной части склона, расположенные на разных уровнях. От них по стенке тянется по пути стока горячей воды шлейф кремнистых налетов и гейзерита. Из-за неровностей стенка, покрытая ими и украшенная разноцветными термофильными водорослями, приобретает одновременно причудливый и живописный вид. Со временем это скопление карликовых гейзеров и источников получило название *стенка Пийпа*, в честь известного вулканолога Б.И. Пийпа. Она протягивается на расстояние 25 м вдоль реки, возвышаясь над ней на 8-10 м (фото 62). Среди карликовых гейзеров самый нижний, названный нами "*Старик*", имеет постройку

rises only to 50 cm, but is notable for the large drops of splashing water. Its cycle is not very durable, making about 9 minutes, including the outflow (30 s), eruption (80 s) and the pause (7 minutes).

3 pulsating boiling springs are distinguished on the right bank of the Geysernaya river, ones named Ustievoi (Small Mouth), whose hot water discharge of 0.5 l/s is confined to a slot in the tuffs; Gnom (Gnome) and Malaya Pechka (Little Oven). Gnome is set 40 m down the river from the Malyi geysir (Photo 60). Water comes out of a slot sized 10x30 cm at the bottom of a steep slope, 0.4 m above the river, and runs over the almost vertical wall forming two small streamlets. Black, dark-green, yellow-green and pinkish thermophilic algae framing the vent and the streamlets resemble the cap and the beard of a gnome.

Opposite the spring of Sekretar Bolshovo, the spring of Malaya Pechka is located (Photo 61), whose crater, together with a small gryphon of boiling water and steam resembles a smoking aperture of a stove. It is separated from the channel by a mass of stones, and is set a bit above the river brink. Nowadays, water discharges uninterruptedly, but by jerks with a small flow rate of about 1 l/s. However, this spring was in its time reported by T.I. Ustinova as a geyser. A flat cone of geysirite rises above it, whose top crowns a microscopic boiling spring.

Further up the river, tiny springs are distributed at different levels of the vertical part of the slope. Plume of siliceous leakages and geysirite stretch along the pathways of hot water flows; due to its unevenness, the wall covered by them looks queer and picturesque. In the course of time,

---

**60. Кипящий пульсирующий источник Гном.**

***Bubbling pulsating spring Gnom***







в виде конуса, слегка отодвинутого от склона. В активную стадию его горячий фонтанчик действует в течение 40 сек, при общей продолжительности цикла около 7 минут. По соседству с ним расположен *гейзер Борода*, от отверстия которого по стенке спускается цветной гейзеритовый шлейф, расширяющийся вниз. Характер работы такой же, как у предыдущего гейзера, но отмечается более продолжительный цикл 28 минут. Ниже по стенке от этих двух гейзеров нами выделен *пульсирующий источник Жульен*. Хотя источник небольшой, вода выбрасывается мелкими струйками с незначительным расходом, но интересен формой своей постройки, напоминающей обезглавленную человеческую фигуру. Вода выходит из отверстия на вершине этого оригинального сооружения.

**62. Шлейф кремнистых натеков и гейзерита на участке расположения миниатюрных кипящих источников и гейзеров - "стенка" Б.И. Пийна.**

*Trail of siliceous sinter and geyserite in the sector of location of tiny boiling springs and geysers – "Wall of Diminutive Geysers" of B.I. Piip.*

**61. Выброс кипящей воды и пара из печного отверстия источника Малая Печка.**

*Ejection of boiling water and steam from the slot of the spring Malaya Petchka*

this assemblage of tiny geysers and springs got the name of Piip's Wall, after a famous volcanologist, B.I. Piip. The wall extends 25 m along the river, towering 8-10 m above it (Photo 62). Among the tiny geysers, the lowest one, named "Starik" (Elder), has a cone-like edifice, put a bit aside of the slope. In its active stage, it spills a fountain of hot drops for about 40 seconds, complete cycle taking about 7 minutes. Its neighbour is the Boroda (Bearded) geyser, from whose vent a colored geyserite trail crawls down the wall. The operation nature is the same as that of the previous geyser, but the complete cycle is more durable and takes 28 minutes. Further down the wall, we distinguish the pulsating spring of Zhulien. Though this spring is not very large, and water is ejected by tiny trickles, it is attractive by the form of its construction, reminiscent of a headless human figure. The water discharges from an opening at the top of this distinctive structure.



---

В 80 м выше по течению реки от стенки Пийпа на правом берегу наблюдается еще один пульсирующий источник с характерной постройкой в виде усеченного конуса, разделенного пополам желобком стекающей воды и названного нами “Персик”. Здесь проходит условная верхняя граница V участка.

80 m up the current from the Piip’s Wall, another pulsating spring is located on the right side, with a peculiar edifice in the form of a truncated cone, divided in two by a fillet of flowing water. We call it “Persik” (Peach). Here passes the conventional upper border of Site V.

---

## VI УЧАСТОК, ЩЕЛЕВОЙ

## SITE VI, SHCHELEVOY (CHAP)

---

Этот участок и последующий - VII, представляют собой центральную, главную часть Долины Гейзеров, где сосредоточено наибольшее число крупных и эффектных гейзеров и встречаются все виды поверхностной гидротермальной активности. Именно с ними знакомятся все посетители Долины Гейзеров. От вертолетной площадки и домика лесника к гейзерам и другим термопроявлениям проложены пешеходные дорожки из дощатого настила. В наиболее интересных местах устроены смотровые площадки.

This site, together with the next (VII) one, presents the central, main part of the Valley of Geysers, where most large and effective geysers are concentrated, as well as all types of surface hydrothermal activity. This is the place first shown to all the visitors of the Valley of Geysers. Planked paths lead from the helipad and ranger’s house to the geysers and other thermal manifestations. Observation platforms are arranged at the most exciting places.

Если привычно привязываться к реке Гейзерной, то VI участок начинается приблизительно от места нахождения на правом берегу реки гейзера Поперечный, а выше по ее течению охватывает в основном термопроявления левобережья ручья Щелевой. Скромный по количеству крупных гейзеров участок отличается разнообразием видов поверхностной гидротермальной активности. Только здесь можно наблюдать на сравнительно небольшой площади и типичный гейзер (Щель), и стенку карликовых гейзеров у руч. Поперечного, и своеобразные по строению устьевой части каналов гейзеры Ванна и Котлы, и грязевые и водные горячие и кипящие котлы, и скрытые в углублениях микро рельефа пульсирующие источники, и паровые струи.

If to typically attach to the Geysernaya River, Site VI starts around the place where, on the right bank, geyser Poperechnyi (Transverse) is located. Though hosting quite a few large geysers, this site is notable for the diversity of types of surface hydrothermal activity. Only here, over the relatively small area, one can observe co-existing a typical geyser (Shchel, Crack), a wall of diminutive geysers beside the Poperechnyi creek, geysers Vanna (Bath) and Kotly (Pots), so peculiar in the structure of the mouth parts of their channels, as well as mud and water hot and boiling pots, and pulsating springs and steam jets hidden in small depressions of microrelief. For instance, this site hosts geysers whose discharge vents have the form of bays in the walls, called

---

Например, на этом участке находятся гейзеры, выходные отверстия которых оформлены в виде ниш в стенках, названных Т.И. Устиновой печками. Один из них – *гейзер Гротик*, расположен на левом берегу руч. Щелевого в 3 м от крутого спуска его к реке Гейзерной. Поверхностная термоаномалия с температурой грунта более 70°C на глубине 1 м прослеживается не только в прирусловой части реки, но занимает и выположенный террасовидный склон левобережья Гейзерной и ручья Щелевого, и также как на V участке почти достигает вертолетной площадки и домика лесника (фото 63).

Отсюда начинаются экскурсии по Долине Гейзеров и в данном случае описание термопроявлений участка лучше вести с этой точки. Дощатый настил, переходящий на крутых склонах в лестницу, ведет сначала к спуску с естественного холма, где расположен домик, и неподалеку разделяется на две дорожки. Правая выходит на пологую часть левого склона долины, а левая идет вниз к Гейзерной и смотровой площадке гейзера Большой. Перед спуском к смотровой площадке она поворачивает и идет вверх по течению реки по краю выположенного ее склона и через 150 м спускается лестничными маршами к Гейзерной. Здесь на середине склона оборудована смотровая площадка, откуда можно видеть справа гейзер Щель и на противоположном берегу – группу термопроявлений с небольшим гейзером Пятиминутка.

*Гейзер Щель* расположен в ложбине выше уступа левого берега реки на высоте 6 м. Название и первое описание дано Т.И. Устиновой. Три отверстия канала гейзера видны в трещине щелеобразного вида, пересекающей небольшое вздутие в ложбине (фото 64.). Красивый крупно и мелко зернистый гейзерит покрывает его поверхность и края щели. Извержение гейзера происходит в виде одновременного выброса пароводяной смеси из трех отверстий по направлению к склону под углом 50°. Кипящая вода фонтанирует на высоту до 2 м. Извержение продолжается одну минуту.

by T.I. Ustinova “stoves”. One of such geysers (*Grotik*) is placed on the left bank of the *Shchelevoi Brook*, 3 m from its steep descent to the *Geysernaya River*. Surface thermal anomaly with ground temperature more than 70°C at the depth of 1 m can be traced not only in the near-channel part of the river, but it also occupies a flattened terrace-like slope of the left side of the *Geysernaya River* and *Shchelevoi Brook*. In site V it almost reaches the helipad and Ranger’s house (Photo 63).

From here start the excursion trips around the Valley of Geysers, and in this case, it is better to begin the description of thermal manifestations from this very place. The timber deck, turning into the stairs at the steep slopes, first leads to the incline of a natural hill, where the house is set, and there splits in two paths. The right path comes out to the flattened part of the left slope of the valley, while the left one goes down to the *Geysernaya river* and to the observation platform of the *Bolshoi geysers*. Before the descent to the observation platform, it makes a turn and stretches up the river course along the edge of its flattened slope, and, 150 m away, it goes in a staircase manner down to the *Geysernaya river*. Here, in the middle of the slope, an observation platform is fitted out, from which one can see the *Shchel geysers* (to the right), and opposite it – a group of thermal manifestations with a small geysers called *Pyatiminutka* (5 Minutes).

*Geysers Shchel* is located in a depression above the shelf of the left bank, at the height of 6 m. its name and first description were given by T.I. Ustinova. Three vents of the geysers channel are visible within a crack, cutting a small upswell in the depression (Photo 64). Beautiful fine- and coarse-grained geysersite covers its surface and edges of the crack. *Geysers eruption* occurs in the form of simultaneous shots of water-steam mixture out of the three vents in the direction of the slope, at an incline of 50°. Boiling water

---

Периодичность мало изменяется и в среднем составляет 35-37 мин.

Напротив Щели почти на бровке крутого склона правого берега в округлой воронке находится выходное отверстие гейзера *Пятиминутка*, извергающегося небольшими пароводяными струями высотой в несколько сантиметров. Продолжительность фонтанирования - 50 секунд, всего цикла - 4 мин. 30 секунд. Неподалеку, выше

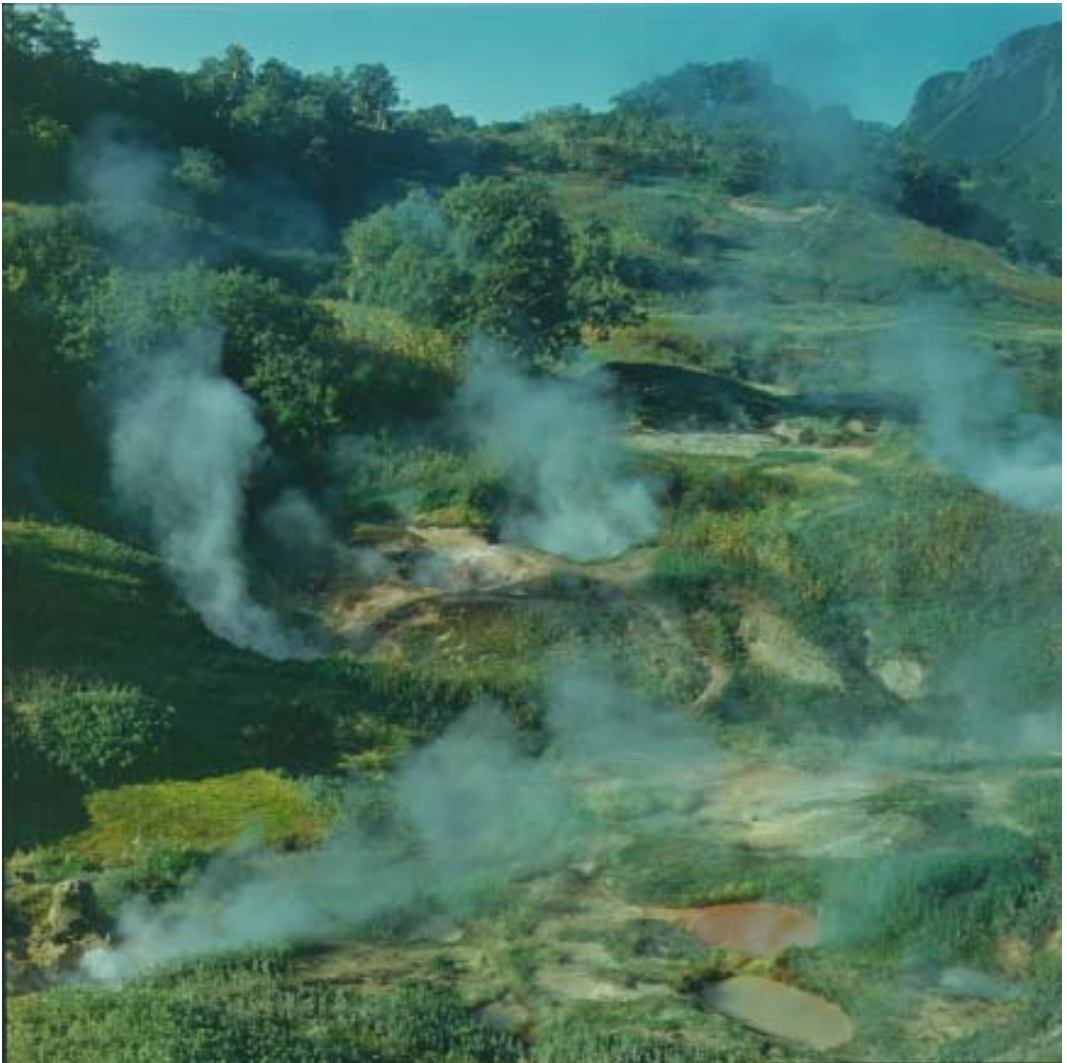
fountains to the height up to 2 m. Eruption proceeds one minute; the periodicity making 35-37 minutes.

Opposite the Shchel geyser, almost at the edge of a steep right slope, a rounded crater hides the vent of the geyser Pyatiminutka, ejecting small steam-water spouts a few centimeters high. The spouting takes 50 seconds, the whole cycle taking 4,5 minutes. A bit up the slope, a

---

**63. Разнообразные термоявления террасовидного склона левобережья Гейзерной на центральном участке.**

*Various thermal manifestations of the terrace-like slope of the Geysernaya left bank on the central site.*





#### 64. Канал гейзера Щель в стадию парения.

##### *Vent of the Shchel geyser channel in the stage of steaming.*

по склону, расположен пульсирующий источник *Крепость*, с характерной постройкой из обломков пород, сцементированных кремнистыми отложениями (фото 65). Ниже по течению реки, приблизительно в 80 м от них наблюдается группа карликовых гейзеров в прирусловой части склона, так называемой “стенке” VI участка. Среди них заметно выделяются три миниатюрных гейзера. Первый находится вблизи русла. Вода выходит из щелевого отверстия на вершине конуса, слегка отклоненного от поверхности стенки и имеющего высоту 1 м. Извержение, заключающееся в выплесках кипящей воды на высоту до нескольких сантиметров, продолжается 65 секунд, время полного цикла - 18 минут. Чуть выше него находится второй гейзер, постройка которого представляет собой прислоненный конус полуметровой высоты. Извержение происходит в течение 55 секунд с образованием фонтанчика в 30 см высоты. Периодичность гейзера составляет 19 минут. Здесь же в стенке на расстоянии 30 м от этих двух гейзеров расположен еще один карликовый гейзер (Поперечный) с продолжительностью цикла 2 мин. 45 сек и временем извержения 40 секунд.

Чтобы посетить другие места активной гидротермальной деятельности VI участка, надо подняться вверх по лестнице мимо гейзера Щель и пойти налево по дощатому настилу. Буквально через несколько метров начинается царство замечательных своеобразных термопроявлений, грязевых и водных горячих и кипящих котлов. Один из них - *Большой грязевый котел*, расположенный справа от дорожки на ровной площадке среди высокотравья. Невдалеке, вплотную приблизившись к активным термопроявлениям, красуется отдельно стоящая береза Эрмана - *береза Долины Гейзеров*. Среди травянистого покрова броса-



pulsating spring named *Krepost* (Fortress) is set, with peculiar construction composed of debris cemented by siliceous deposits (Photo 65). Down the river course, about 80 m away from the above springs, a group of diminutive geysers is observed in the near-channel part of the slope also called the ‘Wall’ of Site VI. Three tiny geysers are notably singled out among them. The first one is located near the river. Water comes out of a crack at the top of the cone slightly declined from the surface of the wall and being 1 m high. The eruption, consisting in some splits of boiling water a few centimeters high, lasts 65 seconds, the complete cycle taking 18 minutes. A but above it, the second geyser’s construction presents a leaning cone 0.5 m high, whose fountain rises up to 30 cm for about 55 seconds, periodicity making up 19 minutes. 30 m away from the latter two geysers, another one is located (*Poperechnyi*), whose eruption lasts 40 seconds while complete cycle takes 2 m 45 s.



**65. Миниатюрный кипящий пульсирующий источник Крепость.**

***Tiny boiling pulsating spring Krepost.***

ются в глаза два больших темных пугающих своей таинственностью отверстия глубоких ям, на дне которых находится пульсирующий источник *Врата Ада*. Отделяющийся от кипящей воды пар образует легкое белое облачко, более заметное над ямой большего размера.

Большой грязевый котел самый крупный грязевый котел в Долине Гейзеров. Размеры его овала более 17 м по длинной и 12 м по короткой оси при глубине 2 м. Днище и борта сложены красной глиной, отчего его часто называют красным котлом. В зависимости от количества поступающих в него поверхностных вод изменяется состояние котла. Он может быть до дна сухим с небольшим скоплением жидкой грязи, периодически подбрасываемой пробулькивающим паром. В сухие периоды года глинистые его борта покрыты глубокими трещинами усыхания, разделяющими поверхность на блоки. Во время снеготаяния и интенсивных дождей уровень воды в котле поднимается до краев, и он становится маленьким термальным озерком, на спокойной поверхности которого эпизодически появляются пузырьки пара и газа.

To visit the other places of hydrothermal activity of Site VI, one should climb up the stairs passing by the Shchel geyser, and turn left by the timber deck. And, just a few meters further on, there opens a real Kingdom of outstanding peculiar thermal manifestations, mud and water

hot and boiling pots. One of them called the Bolshoi gryazevyi kotel (Large mud pot) is located to the right of the pathway, among the high-grass. Not far from it, right beside the active thermal manifestations, stands in beauty a single Ehrmann's birch – the Birch of the Valley of Geysers. Amidst the herbage, striking are two large dark hollows of deep holes, at the bottom of which there exists a pulsating spring Vrata Ada (Gates of Hell). Separating from water, steam forms a light white cloud, more prominent above the larger hole.

“The Large mud pot” is the largest mud pot in the Valley of Geysers. Its oval is sized 17 m along the longer axe, and 12 m along the shorter one, being 2 m in depth. The bottom and the sides are composed of red clay, due to which, it is often called “The Red Pot”. The state of the pot changes depending on the volume of surface waters entering the pot. It can be dry to the very bottom with just some accumulation of liquid mud, periodically tossed by bubbling steam. During dry seasons, its clayey sides are freaked by deep cracks dividing the surface into blocks. In the period of snowmelt and rainfall, water level within the pot rises up to its edges, and it turns into a small thermal lakelet, with occasional bubbles of steam and gas appearing on its quiet surface.

Здесь же находят-ся котлы и воронки меньшего диаметра с различным характером проявления гидротермальной активности от бурного кипения жидкой глинистой массы до спокойного стояния воды (фото 66). Это связано с тем, что для каждого термопроявления свойственно индивидуальное соотношение между поступлением из



глубины пара, горячей воды и величиной стока поверхностной воды. В том случае, если поступление воды преобладает, грязевые котлы превращаются в водные (например, *котел Голубой*) или теплые озерки (фото 67). Вода в них имеет различную температуру и химический состав. В зависимости от цвета глин, слагающих дно и борта, котлы имеют красный, зеленый, голубой и другие цвета и оттенки. Самое большое теплое озерко такого типа, получившее название *Утиное*, расположено справа от дорожки, которая по другому краю термальной поляны ведет к домику лесника. С юго-западной стороны по берегу озерка наблюдаются и горячие, совсем миниатюрные, грязевые котлы.

---

**67. Большой горячий водный котел Голубой.**

***Large hot water pot Goluboi***



---

**66. Большой грязевый котел (Красный)**

***Large mud pot (Krasnyi/ Red),***

---

Smaller pots and craters also occur here, with various character of manifestation of thermal activity, from intensive boiling of liquid clayey matter to the state of ditch-water (Photo 66). It is associated with the fact that each thermal manifestation is characterized by a peculiar ratio between the steam and hot water supply from the depth and the rate of the outflow of surface water. In the case when water supply predominates, mud pots turn into water ones (for example, the Goluboi (Blue Pot) or warm lakelets (Photo 67). Water in them varies in temperature and chemical composition. Depending upon the color of clays composing their bottom and sides, pots can be of red, green, blue and other colors and hues. The largest of such warm lakes, named Utinoye (Duck's), is located to the right of the pathway that leads to the Ranger's house along the other margin of the thermal field. Miniature hot mud pots are distributed along the shore of the lake from the south-west.



Здесь сосредоточено наибольшее количество известных крупных гейзеров (фото 68). Он непосредственно примыкает к VI участку и в основном занимает нижнюю часть склонов долины реки Гейзерная, где также отмечается поверхностная термоаномалия с температурой более 70°C на метровой глубине. Условной границей участка (рис. 5, 6) является устье ручья Щелевой, мостик через Гейзерную и расположенный за ним вблизи уреза воды на левом берегу кипящий пульсирующий источник *Малахитовый Грот* (фото 69). Вода источника разбрызгивающей струей бьет на высоту до 1,5 м. Источник постоянно окружен тучей пара - неровный, пульсирующий. Расход ручья от Малахитового Грота составляет около 2 л/с. Далее, вверх по реке у подножия обрывистого склона у самого уреза реки находится кипящий пульсирующий источник *Многоструйный*. Кипящая вода выходит из вертикального отверстия в обрыве берега у самого уреза реки. Фонтан пароводяной смеси бьет наклонно под углом 30-45° в

Most known large geysers are concentrated in this area (Photo 68). It borders Site VI and occupies lower part of the Geysernaya valley slopes, where surface thermal anomaly with temperature over 70°C is also recorded at the depth of 1 m. Conventional margin of the site (Fig. 5, 6) is the mouth of the Shchelevoi creek, a small bridge over the Geysernaya river and a boiling pulsating spring named Malakhitovyi Grot (Malachite Grotto) located on the left bank, close to the water edge. Water of a spring spraying jet beats on height up to 1,5 m. The spring itself is always enveloped in steam puffs (Photo 69); its operation regime is unstable, pulsating. The flow rate from the Malakhitovyi Grot makes up about 2 l/s. Further up the river, at the foot of an abrupt slope, a boiling pulsating spring

**68. Общий вид участка  
Центральный.**

*General view of the Centralnyi site.*







Mnogostruinyi (Multijet) discharges its waters out of a vertical hole just by the river brink. The fountain of a steam-water mixture shots at an angle of 30-45° in the direction opposite to the river-course. Streams of steam and water are ejected in the pulsating regime for up to 2 m (Photo 70).

Further up the current, the lower left slope is covered by geyserite formations,

сторону, противоположную течению реки. Струи воды и пара выбрасываются в пульсирующем режиме, толчками, на расстояние до 2 м (фото 70).

Выше по течению весь нижний левый склон покрыт гейзеритовыми образованиями, термофильными водорослями, пульсирующими источниками, карликовыми гейзерами. С расположенными здесь термопроявлениями лучше познакомиться, пройдя по мостику на правый берег Гейзерной и поднявшись по известной уже дорожке на смотровую площадку на низкой террасе в излучине реки. Отсюда открывается редкостная по красоте даже для Долины Гейзеров картина действия разнообразных по характеру и мощности пульсирующих источников и гейзеров. В последнее время этот удивительный и популярный участок склона получил наименование - "Витраж" (фото 72). Справа видны непрерывно фонтанирующие толь-

mations, thermophilic algae, pulsating springs and diminutive geysers. One can get better acquainted with local thermal manifestations while walking along the familiar path to the observation plateau at a low terrace in the scroll. From here the picture opens uniquely beautiful, even for



**69. Необычная форма и краски постройки пульсирующего источника Малахитовый Грот постоянно привлекает внимание посетителей Долины Гейзеров.**

*Unusual shape and colors of the construction of pulsating spring Malakhitovyi Grot constantly attract attention of visitors of the Valley of Geysers*

**70. Вблизи Малахитового Грота действует, разбрызгивая во все стороны пароводяную смесь, пульсирующий источник Многоструйный.**

*Splitting steam-water mixture all around, pulsating spring Mnogostruinyi operates not far from Malakhitovyi Grot*

ко что упомянутые источники Малахитовый Грот и Многоструйный. Выше их левый берег начинается невысоким обрывом низкой террасы шириной до 30 м, заболоченной и заросшей ярко-зеленой травой. За террасой воздымается крутой обрыв-стенка, на поверхности которого выделяются столбчатые гейзеритовые натеки, идущие от многочисленных отверстий, откуда вытекает или выбрасывается кипящая вода. Стекая по ложбинкам в стенке, она образует небольшие горячие ручейки, кажущиеся разноцветными из-за пестро окрашенных их окаймляющих термофильных водорослей. На фоне этого пестроцветия постоянно, то в одном, то в другом месте клубится белый пар, изменяя как в калейдоскопе общую картину. Все в движении. Внезапно появляются почти вертикальные фонтаны горячей воды и пара - это начали извергаться *гейзеры Фонтан* и *Новый Фонтан*. Они расположены на выровненной площадке размером 10x20 м, которая на высоте 25 м от уреза реки ступенькой врезается в сужающийся кверху обрывистый склон. Это примечательное место называется *Площад-*

the Valley of Geysers, scenery of the activity of pulsating springs and geysers so different in character and power. Recently this surprising and popular site of a slope has received the name - "Vitrazh" (Stained-glass window)(photo 72). To the right, one can see just mentioned and constantly spouting springs Malakhitovyi Grot and Mnogostruyniy. Above their left coast begins low breakage of the low terrace up to 30 m wide, swamped and covered by bright-green grass. Behind the terrace, there rises a steep precipice-wall, over whose surface columnar geyserrite burls are distinguished tracing from numerous holes. Boiling water runs from those holes over the wall forming small hot streamlets that seem multicolored due to the surrounding motley thermophilic algae. On a background of it it is constant, in one in the other place curls white steam, changing as in a kaleidoscope the general picture. All in movement. Suddenly there appear almost vertical fountains of hot water and steam – in that manner geys-

ers Fontan (Fountain) and Novyi Fontan (New Fountain) start their eruption. They are located at a leveled area sized 10x20 m called the P l o s h c h a d k a Fontanov (Fountain Area).

Almost all geysers and springs of a slope have not remained unnoticed T.I.Ustinova and for the first time are allocated by her: Grot,



**71. Центральный участок. Гейзер Грот и Площадки Фонтанов.**

***The Centralni site – geyserr Grot and Ploshchadka Fontanov (Fountain Area).***



Fontan, Novyi Fontan, Nepostoyanniy, Dvoynoi, Malakhitoviy Grot. From the observation plateau we can see to the right first pulsating springs Malakhitoviy Grot and Mnogostruyniy. Above them, further to the right of the Fountain Area, in the wall of

кой Фонтанов.

Почти все гейзеры и источники склона не остались незамеченными Т.И. Устиновой и впервые выделены ею - Грот, Фонтан, Новый Фонтан, Непостоянный, Двойной, Малахитовый Грот. Со стороны смотровой площадки первыми справа мы увидим пульсирующие источники Малахитовый Грот и Многоструйный. Над ними выше правее Площадки Фонтанов в стенке обрывистого склона наблюдается группа небольших гейзеров и источников, среди которых выделяется один, названный нами *Бастيون* (фото 73). Его гейзеритовая постройка представляет собой выступ коренных пород в виде стенки высотой 3 м с зубчатым верхним краем. Кипящая вода толчками выбрасывается из щели на вершине прислоненного к стенке конуса и в гейзерном режиме - из

an abrupt slope, a group of small geysers and springs can be observed, among which we distinguish one named Bastion (Photo 73). Its geysere construction presents a ledge of bedrocks in the form of a wall 3 m high, with coggged upper edge. Boiling water is by impulses ejected from the fissure at the top of the leaning cone and in the geyser regime from the vent at its bottom.



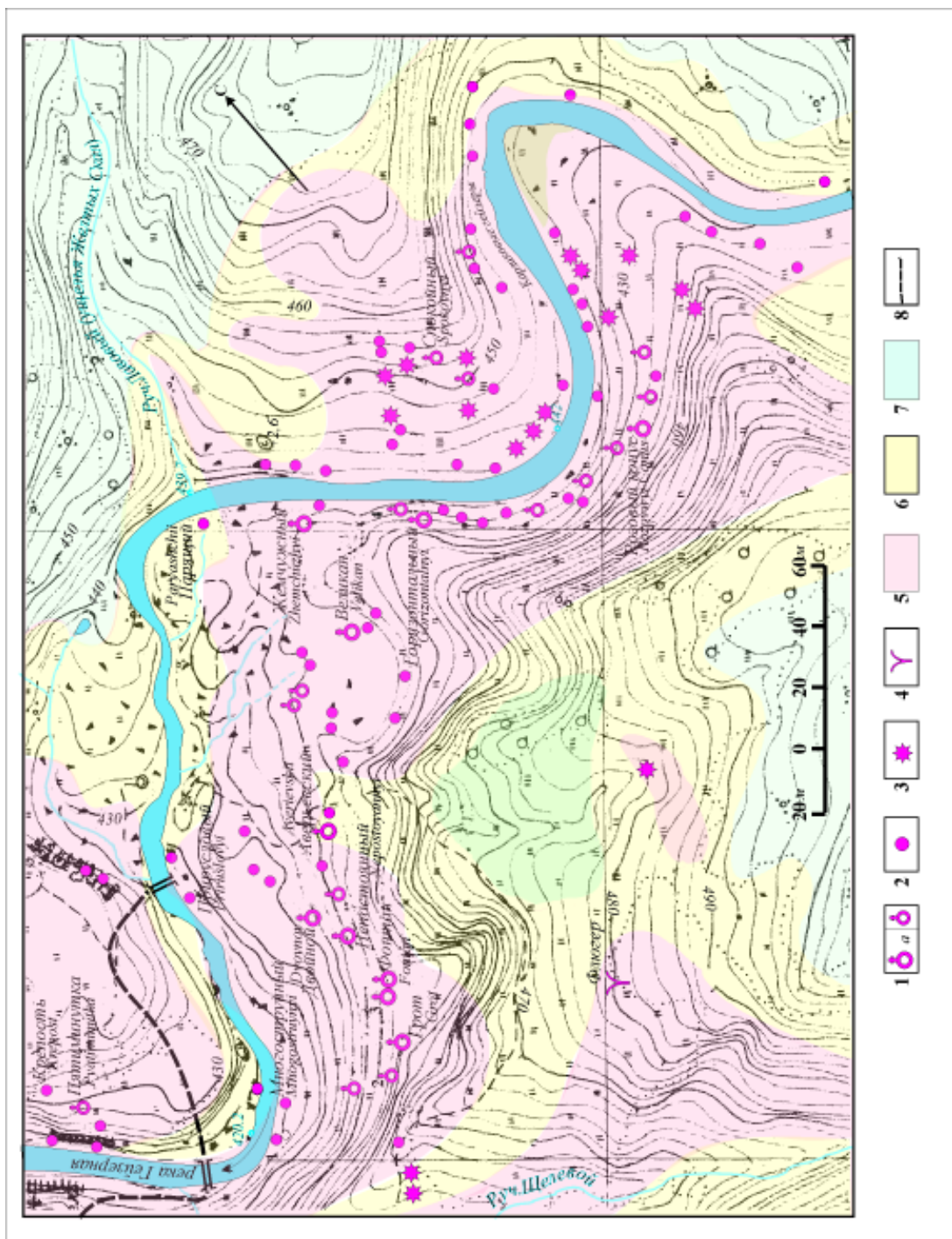
**72. Площадка Фонтанов, в действии - гейзер Фонтан.**

*Ploshchadka Fontanov, geyser Fontan in operation*

**73. Небольшой гейзер Бастيون в центре, слева клубится пар гейзера Грот.**

*Smal geyser Bastion in the center, steam puffs of the Grot geyser - to the left.*







---

**Рис. 6. Расположение гейзеров, термальных источников и других термопроявлений на участке Центральный (VII)**

- 1 – гейзер;
- 2 – кипящий или горячий источник;
- 3 – грязевый котел;
- 4 – отдельная паровая струя; участки грунта с температурой на глубине 1 м:
- 5 – 70-100°C;
- 6 – 20-70°C;
- 7 – менее 20°C;
- 8 – дорожка с дощатым настилом.

**Fig.6. Location of geysers, thermal springs and other thermal manifestations in the Centralnyi Site (VII)**

- 1 – geyser;
  - 2 – boiling or hot spring;
  - 3 – mud pot; individual steam jet; grounds with temperature at a depth of 1 m:
  - 5 – 70-100°C;
  - 6 – 20-70°C;
  - 7 – less than 20°C;
  - 8 – plank layered pathway.
- 

отверстия в нижней его части.

Левее, выше Бастиона постоянно клубится пар. Он выходит из неглубокой пещеры, вход в которую обращен на Площадку Фонтанов. Она служит вместилищем *гейзера Грот* и мелких пульсирующих источников. В глубине ниши плещется кипящая вода. Она собирается перед нишей в плоском бассейне, отделенном от склона невысокими бортиками. Периодически поступление воды в бассейн увеличивается, видимо, в соответствии с ритмом работы гейзера и также изменяется расход ручья, стекающего по склону. По изменению его расхода можно судить о состоянии гейзера Грот, деятельность которого скрыта от наблюдений стенками ниши. Режим гейзера был установлен с помощью автоматической записи уровня воды в ручье, то есть появления, изменения и прекращения стока воды. Периодичность гейзера колебалась от 31 до 48 минут (фото 74, 75).

В 1987 году и летом 1990 и 1991 годах были отмечены мощные горизонтальные выбросы пароводяной смеси из грота

To the left, higher than the Bastion, constantly puffing steam comes out of a shallow cave, whose entrance is facing the Fountain Plateau. It hosts the Grot (Grotto) geyser and a number of small pulsating springs. Boiling water is splashing deep in that niche. It is accumulated in front of the niche in a flat pool separated from the slope by short sides. Water supply to the pool increases occasionally, probably according to the geyser operation mode; the flow rate of a stream running over the slope changes as well, by which we can judge about the state of the Grot geyser whose activity is hidden from observations by the sides of the cave. Regime of this geyser was determined by automatic recording of the water level in the stream, that is the appearance, variation and seizure of water flow. Periodicity of the geyser varied from 31 to 48 minutes (Photo 74, 75).

In spite of usually hidden geyser activity, powerful horizontal ejections of steam-water mixture from the Grot geyser were recorded in 1987, 1990 and 1991. The



spouting occurred by a series of mixture ejections. Before the spouting, usual geyser regime of water outflow from the pool. Then the sudden increase of the flow rate, and emission of a horizontal jet of water and steam, with force beating in an opposite slope from the Grotto, aside geysers the Fountain and the New Fountain. The eruption was accompanied by loud roar and release of dense steam puffs rising up to hundreds of meters. Immediately after the

на фоне обычной скрытой гейзерной деятельности. Фонтанирование происходило серией выбросов смеси. Перед началом фонтанирования наблюдался обычный гейзерный режим истечения воды из бассейна. Затем следовало внезапное увеличение расхода ручья, и выброс горизонтальной струи воды и пара, с силой бьющей в противоположный от Грота склон, в сторону гейзеров Фонтан и Новый Фонтан. Извержение сопровождалось сильным ревом, выделением плотных клубов пара, поднимающихся на сотни метров. Сразу же после извержения горячая вода широким потоком почти по всей гейзеритовой стенке стекла вниз к реке. Фонтанирование гейзера отмечалось 7-9 раз по 2-3 минуты и с перерывами той же продолжительности, причем с каждым последующим извержением его мощность ослабевала. Ориентировочный расход воды гейзера, рассчитанный по подъему уровня реки,

eruption, hot water was running down to the river almost over the whole geyserite wall. Spouting of the geyser was observed 7-9 times for 2-3 minutes, with pauses of 2-3 minutes either, and every following eruption was a bit weaker than the previous one. Estimated discharge rate of the geyser, calculated by the rise of the river



**74. Из неглубокой пещеры, обращенной к площадке Фонтанов, вырывается мощная пароводяная струя. Это редко наблюдаемое извержение гейзера Грот.**

*Powerful steam-water jet rushing out of a shallow cave facing the Ploshchadka Fontanov. This is a rarely observed eruption of the Grot geyser*

**75. Гейзер Грот в покое. Перед входом в пещеру гейзера обширная ванна, через которую идет слив кипящей воды.**

*Grot geyser in the quiescence. In front of the entrance to the cave there is a large bath through which there occurs the outflow of boiling water*



**76. Извержение гейзера Фонтан.**

***Eruption of the Fontan geyser***

был равен 160 л/с. Приблизительный объем камеры после полного ее опустошения составил 30 кубометров. По этим параметрам гейзер Грот занимает первое место в Долине Гейзеров.

На той же площадке приблизительно в 18 м от Грота находится *гейзер Новый Фонтан*. Вода и пар выбиваются из трех небольших рядом расположенных отверстий в виде вертикальных струй высотой 1-3 м. Деятельность гейзера характеризуется непостоянством режима и значительно большей продолжительностью фонтанирования по сравнению с периодом покоя. Например, в одном из циклов гейзера извержение про-

level, was 160 l/s. The approximate volume of the chamber after its full devastation has made 30 m<sup>3</sup>. By these parameters, the Grot geyser takes the first place in over the Valley of Geysers.

At the same ground, about 18 m away from the Grot, the geyser Novyi Fontan is located. Water and steam are released from three neighbouring vents in the form of vertical streams 1-3 m high. Geyser activity is characterized by irregularity of the regime and much more prolonged period of spouting in comparison to the period of quietness. For instance, within one of the geyser cycles, the ejection was continuing for 39 minutes, while the pause took only 9 minutes.

Two meters away from the Novyi Fontan, one of the prettiest and rhythmically operating geysers, named Fontan, is located (Photo 76). During its eruption, a column of boiling water rises vertically to the height of more than 10 m from the channel vent 60 cm in diameter. Its cycle periodicity is quite stable and varies from 13 to 24 minutes. The eruption itself takes 3-4 minutes, while duration of cer-



**77. Среди разноцветья гейзеритового щита площадки Фонтанов можно увидеть и скромное извержение гейзера Непостоянный (в центре).**

***Modest spouting of the Nepostoyannyi geyser (in the center) can be seen amidst the polychromy of the geyserite shield of the Ploshchadka Fontanov.***



78. Гейзер Двойной.

*Dvoynoi geysers*

tain stages varies depending upon the supply to the pool of cooled ejected waters mostly coming from the neighbouring Novyi Fontan geysers.

Geysers Nepostoyanniy (In-constant) (Photo 77) operates a bit lower than Fontan. In the moment of eruption, boiling water is splashed out to the height of up to 3 m from the holes in the irregularly shaped geyserite construction. The geysers got their name due to character their regime. Duration of its cycle changes from a few minutes to an hour and even more. Further down and left from Nepostoyanniy, a vivid prominence is distinguished in the slope, of quite an outstanding form resembling of the big sizes a saddle and named by T.I.Ustinova the Dvoynoi (Double) geysers. Its surface is covered by dark-grey geyserite. The

должалось в течение 39 минут, а перерыв длился всего 9 минут.

В двух метрах от Нового Фонтана расположен *гейзер Фонтан* (фото 76). Один из самых красивых и ритмически действующих гейзеров. Во время извержения столб кипящей воды поднимается вертикально на высоту более 10 м из отверстия канала диаметром 60 см. Продолжительность цикла достаточно постоянна и изменяется в пределах 13-24 минут. Извержение длится 3-4 минуты, продолжительность отдельных стадий изменяется в зависимости от попадания в воронку охлажденных извергнутых вод, в большей степени соседнего гейзера Новый Фонтан.

Несколько ниже гейзера Фонтан действует *гейзер Непостоянный* (фото 77). В момент извержения кипящая вода выплескивается на высоту до 3 м из отверстий в гейзеритовой постройке неопределенной формы. Название гейзера соответствует



79. Верхняя часть постройки гейзера Двойной с щелевым отверстием, получившее название Седло.

*Upper part of the Dvoynoi geysers construction with a slot named the Saddle*



**80. Пульсирующий источник  
Аверьевский.**

*Pulsating spring Averievskii*

характеру его режима. Продолжительность цикла изменяется от первых минут до часа и более. Еще ниже и левее Непостоянного в склоне выделяется рельефный выступ оригинальной вытянутой вдоль склона формы, напоминающий больших размеров седло. Кстати, у туристов это слово стало собственным, популярным названием *гейзера Двойной*, данным ему Т.И. Устиновой. Поверхность выступа покрыта темно-серым гейзеритом. Выступ имеет два щелевых отверстия, одно из которых находится на его вершине. Вода, вскипая, выплескивается попеременно из этих отверстий (фото 78, 79). Режим гейзера Двойной также характеризуется нестабильностью. Извержение длится несколько секунд. Высота наиболее сильных струй достигает 0,5-1 м. Периодичность извержения изменяется от 4 до 23 минут.

И, наконец, в 25 м левее гейзера Двойной приблизительно на уровне площадки Фонтанов расположен *гейзер Аверьевский*. Выходное отверстие в виде воронки диаметром 0,5 м приурочено к большой рывтине в склоне. Гейзер назван нами в честь известного вулканолога и гидрогеолога Валерия Викторовича Аверьева. Многолетний период наблюдений показал на значительные изменения в характере деятельности гейзера. Вначале он работал в режиме постоянно действующего небольшого кипящего источника. Затем функционировал в гейзерном режиме со средней периодичностью 13-14 минут при изменении в пределах 12-31 минуты, причем в момент извержения возникал мощный вертикальный фонтан пароводяной смеси высотой 10-15 м. В последнее время гейзерный режим сменился режимом пульсирующего кипящего источника. Его дебит настолько большой (до 10 л/с), что сток воды источника образует отдельный горячий ручей, извилистой лентой спускаю-



prominence has two slots one of which is located at its top. Boiling water splashes alternately from those slots (Photo 78, 79). The geyser regime is also quite unstable. The eruption takes just a few seconds, the largest streams reaching 0.5-1 m in height and periodicity varying from 4 to 23 minutes.

Finally, 25 m left of the Dvoinoi geyser, approximately at the level of the Fountain Area, geyser Averievskii is located whose vent 0.5 m in diameter is confined to a large pot-hole in the slope. The geyser was named after a famous volcanologist and hydro-geologist Valerii Victorovitch Averiev. Long-term observations have revealed significant changes in the nature of the geyser activity. First, it operated in the manner of a constantly active small boiling spring. Later on, it was functioning as a geyser, with average periodicity of 13-14 minutes ranging within the limits of 12-31 minutes, with a powerful steam-water fountain rising up to 10-15 m in the moment of eruption. Recently, its geyser regime has changed into the



**81. Мощная пароводяная струя гейзера Великан.**

*Powerful steam-water jet of the Velikan geyser*

---

щийся по склону и впадающий слева в реку Гейзерную (фото 80).

Пульсирующий источник (гейзер) Аверьевский как бы замыкает группу термопроявлений «Витража». К ним, кроме охарактеризованных крупных гейзеров и источников, на гейзеритовом склоне наблюдается много мелких пульсирующих источников и миниатюрных гейзеров наподобие описанных выше стенок карликовых гейзеров. Ниже, на поверхности террасы встречаются также источники, вода которых выходит из небольших воронок и кипящих котлов и скрыто стекает в Гейзерную под покровом заболоченной почвы.

В излучине реки выше по течению в 80 м от гейзера Аверьевского расположен *главный гейзер Долины - Великан*. Его величественное извержение лучше наблюдать со смотровой площадки, расположенной над спуском ко второму

mode of a pulsating boiling spring. Its discharge rate is so great (up to 10 l/s) that the water flow forms a separate hot stream running down the slope and entering the Geysernaya river from the left (Photo 80).

Averievskii pulsating spring (geyser) as if closes the group of thermal manifestations of the "Vitrazh". Beside the described large geysers and springs, the geyselite slope hosts lots of small pulsating springs and tiny geysers much like the above mentioned walls of diminutive geysers. Below, at the surface of the terrace, one can also observe some springs whose water comes out of small vents and boiling pools and secretly flows to the Geysernaya river hidden by a cover of swamped ground.

80 m up the current away from Averievskii, the main geyser of the Valley is located – Velikan. Its majestic eruption

мостику через Гейзерную, выше предыдущего пункта наблюдения. Отсюда можно видеть в другом ракурсе и гейзеры Площадки Фонтанов. Великан выделяется среди других гейзеров самым мощным и красивым извержением (фото 81). Сейчас только Грот после этапа новой активизации своей деятельности может соперничать с ним. Находится Великан на плоской площадке размером 35 x 40 м, небольшими уступами спускающейся к реке. На площадке множество кипящих пульсирующих источников и два небольших гейзера с коротким циклом работы. Выход канала Великана представляет собой ванну размером 1,5 x 3 м и глубиной 3 м (фото 82).

Извержение начинается стремительным и шумным выбросом по всему сечению ванны столба пароводяной смеси (фото 83). Высота фонтана около 20 м, клубы пара поднимаются на 300 м и выше. Извержение длится около 2 минут. Вся масса воды низвергается на площадку и, собираясь, бурным ручьем устремляется по склону в реку (фото 84). Некоторая часть ее сразу же попадает в опустошенную воронку. Фонтанирование сменяется интенсивным пароотделением, продолжающимся около 30 минут. Следующий за извержением период наполнения продолжается 2,5 - 3 часа. Стадия кипения, предшествующая извержению, имеет различную длительность, зависящую главным образом от метеорологических условий, и может достигать 2 и более часов. Кипение происходит с попеременным ритмом нарастания интенсивности и спада. В максимальную стадию кипения выплески кипящей воды достигают высоты 1 - 1,5 и часто принимаются наблюдателями за начало извержения. Затем происходит

is better observed from the observation ground settled above the slope to the second bridge across the Geysernaya river, higher than the previous observation site. Velikan is distinguished among the others for the most powerful and beautiful eruption (Photo 81). At present, only the Grot geyser, after the new stage of its activity, can compete with it. Velikan is placed at a flat ground sized 35x40 m also hosting a number of pulsating boiling springs and two small geysers with short operation cycles. The outlet of the Velikan's channel presents a bath sized 1.5x3 and 3 m deep (Photo 82).

The eruption starts with a rapid and noisy ejection of a steam-water mixture column all over the bath section (Photo 83). The fountain is about 20 m high, steam puffs rising up to 300 m and higher. The eruption lasts about 2 minutes. The whole water mass dashes onto the ground and rushes down the slope to the river (Photo 84), some portion of it immediately getting into the emptied crater. Spouting is followed by intensive steam-



**82. Ванна Великана заполнена новыми порциями горячей воды, начинается кипение и излив.**

*The bath of the Velikan geyser is filled with new portions of hot water, initiation of boiling and water outflow*



спад активного кипения, на поверхности ванны отмечается рябь и слегка понижается уровень воды. Таких повторов появления кипящих грифонов с промежутками в 30 минут до извержения может быть несколько (обычно 5 - 8), пока последний из них не перерастет в мощное фонтанирование.

Средний цикл Великана в последние годы составляет 5-6 часов и, следовательно, претерпел некоторые изменения в направлении увеличения периодичности, так как в 40-х годах средняя продолжительность его работы была 3 часа. Объем камеры гейзера, измеренный сразу после извержения оказался равным 20 кубометрам. Соответственно расход во время извержения составляет около 160 л/с. С учетом всего количества вылитой воды за сутки (во время извержения и излива) расход Великана невелик и равен лишь 2 л/с.

---

### **83. Гейзер Великан.**

***Начало извержения.***

***Velikan geyser. The beginning of eruption***

### **84. Извержение Великана заканчивается, и бурный поток горячей воды устремляется к реке.**

***Velikan's eruption is seizing and a rapid hot water flow rushes to the river***



ing lasting for about 30 minutes, period of impoundment taking 2.5-3 hours. The stage of boiling preceding the eruption varies in its duration depending mainly on atmospheric conditions, and may take 2 hours and more. Boiling occurs with alternate rhythm of increasing intensity and fading. In the maximal stage of boiling splashes boiling water height 1 - 1,5 reach and frequently are accepted by observers for the beginning of eruption. Then occurs fading of active boiling, ripples appear on the bath surface and water level slightly lowers. There may be several (usually 5-8) such recurrences of appearances

of boiling griffons with intervals of 30 minutes before the eruption, until the last of them turns into vigorous spouting.

For the last years, average cycle of Velikan makes 5-6 hours, and, consequently, has undergone certain changes towards the increasing periodicity, because in the 40-th average duration of its operation as 3 hours. Geyser chamber volume measured immediately after the eruption was 20 cubic meters. Accordingly, discharge rate during the spouting makes about 160 l/s. given the whole volume of water discharged for 24 hours (during the



---

С последней смотровой площадки выше по течению реки заметно выделяется по плотным белым клубам пара во время активной деятельности *гейзер Парящий*, расположенный за поворотом Гейзерной напротив устья ручья Лавовый, приблизительно в 120 м от мостика и в 55 м от Великана. Выходное отверстие его канала представляет собой неоформленную воронку среди груды камней над маленьким обрывчиком, поднимающимся от русла реки. За период наблюдений (а систематически они проводились с 1970 г.) некогда активный пульсирующий источник с дебитом 1,5-1,9 л/с начал с 1972 г. изливаться с перерывами, а с 1974 г. стал работать в гейзерном режиме с периодичностью в 30 и более часов. Период фонтанирования также измеряется часами, а само извержение практически не отличается от интенсивного кипения с разбрызгиванием на один метр в разные стороны струй воды, которое отмечалось в период его деятельности как источника. Обильное парение, сопровождающее активность источника и теперь гейзера, подсказало нам его название.

В 35 м выше по реке от Парящего, на левом берегу, примерно в 6 м от уровня воды в реке расположен *гейзер Жемчужный*. Выход канала гейзера скрывается обломками пород, цементированными и покрытыми гейзеритом. Его красивый узор создан небольшими шариками из натечного кремнезема, напоминающими серый жемчуг. Отсюда и название гейзера, данное ему Т.И. Устиновой. Извержение Жемчужного начинается внезапно, когда кипящая вода красивым, поначалу бесшумным фонтаном взматывается на высоту около 10 м, рассыпая по склону каскад крупных брызг (фото 85, 86). Извержение длится 4 минуты, после чего в течение 7-8 минут клубится пар. Полный цикл в среднем за весь период наблюдений составляет 4 часа с малыми отклонениями в ту и другую стороны.

Выше Жемчужного на этом же левом берегу прямо над урезом реки поднимается гейзеритовый конус на высоту чуть более метра (фото 87). Это *гейзер - Ниж-*

outburst and outflow), Velikan's debit is not great and makes only 2 l/s.

From the last observation area, further up the river current, geyser Paryashchii is distinguished by dense white steam puffs rising during its intensive activity. The geyser is located in front of the mouth of the Lavovyi creek, about 120 m away from the bridge and 55 m away from Velikan. Its channel vent presents an unshaped funnel among the mass of stones above a small precipice rising from the river-bed. For the period of observations (systematically conducted since 1970), once active pulsating spring with the debit of 1.5-1.9 l/s, from 1972 started to outflow with intervals, and from 1974 began operating in geyser regime with periodicity of 30 hours and more. Its spouting period also takes hours, and the eruption itself is almost undistinguishable from intensive boiling with splashing of water all around to the height of 1 meter, which could be observed during its operation as a spring. Plentiful steaming accompanying the geyser operation prompted us to give it such a name: Paryachshii (Steaming).

35 m up the river from Paryashchii, geyser Zhemchuzhnyi (Pearl) is settled on the left bank, about 6 m from the river brink. Its channel vent is camouflaged by rock debris, consolidated and covered by geysierite. Its beautiful ornament is composed by small balls of leaking silica, resembling grey pearls, which suggested the name of the geyser given it by T.I. Ustinova. Eruption of Zhemchuzhnyi starts all of a sudden, when a magnificent and at first noiseless fountain of boiling water shoots up to 10 m, spilling large drops all over the slope (Photo 85, 86). The eruption lasts for 4 minutes, followed by 7-8 minutes of steam puffs occurrence. On the average, for the whole period of observations, complete cycle of this geyser makes 4 hours.

Further up the same bank, a geysierite cone 1 m high rises just above the



**85. Общий вид площадки гейзера Жемчужный в момент его извержения.**

***General view of the Zhemchuzhnyi geyser area in the moment of its spouting***

ний Щелевой. Конус как бы прислонен к обрывистому склону и кажется плоским. Отсюда его второе название - Плоский Конус. Кипящая вода при извержении выбрасывается толчками из небольшого щелевого отверстия на вершине конуса. Высота фонтанчика достигает 30 см. Извержение длится около 3 минут. Продолжительность цикла, в котором отсутствует стадия излива, составляет приблизительно 27 минут.

Еще один известный гейзер этого участка - *гейзер Горизонтальный* расположен на левом берегу выше Жемчужного в 35 м от него. Вокруг него группируются небольшие гейзеры, пульсирующие источники, занимающие нижнюю часть обрывистого склона долины реки. В свое время это место было названо Т.И. Устиновой “*склоном карликовых гейзеров*”. Крупных источников и гейзеров здесь нет кроме гейзера Горизонтального. Он имеет прислоненную

river (Photo 87). It is the Nizhnii Shchelevoi (Low Crack’s) geyser. The cone seems to be leaning against the abrupt slope and looks flat, which caused the appearance of its second name – Ploskii Konus (Flat cone). During the eruption, boiling water is by impulses ejected from a small slot at the top of the cone. The fountain reaches 30 cm in height. The eruption lasts for about 3 minutes, the whole cycle missing the outflow stage takes about 27 minutes.

Another known geyser of this site is geyser Gorizontalniy (Horizontal) located on the left bank 35 m away from Zhemchuzhnyi. Small geysers and pulsating springs are grouped around it occupying the lower part of the abrupt slope of the river valley. T.I. Ustinova once called this place the “Slope of Diminutive Geysers”. The area does not host any large springs or geysers beside Gorizontalniy. Its irregularly shaped geyserite construction



**86. Фонтан гейзера Жемчужный вздымается на высоту более 10 м.**

***Fountain of the Zhemchuzhnyi geyser shoots up to the height of more than 10 m.***



**87. Гейзер Нижний Щелевой  
(Плоский Конус) и его замеча-  
тельная гейзеритовая постройка.  
*Nizhnii Shchelevoi geyser (Flat Cone)  
and its notable geysersite construction***

к склону гейзеритовую постройку неправильной формы, частично покрытую корочками серого с розовым оттенком гейзерита. Верхняя часть постройки с общей высотой 1,5 м полуразрушена и в ней наблюдается выходное отверстие гейзера в виде воронки размером 0,5 x 0,4 м (фото 88). Горизонтальный один из наиболее стабильных по режиму работы гейзеров. За весь наблюдаемый период (с 1951 г.) стадии его деятельности практически не изменились. Полный цикл действия гейзера находится в пределах 90-100 мин с продолжительностью извержения 2 минуты. Наполнение воронки происходит за 70 минут. Излив воды и кипение продолжаются 30 минут. Гейзер во время извержения выбрасывает мощную струю пароводяной смеси (фото 89), летящую под углом 45° к реке на расстояние 10 м.

На склоне карликовых гейзеров,

is leaning against the slope and is partially covered by geysersite crusts of grey color with pinky shade. Upper part of the construction, 1.5 m high, is half-collapsed, with geyser vent in the form of a funnel sized 0.5 Ч 0.4 m (Photo 88). Gorizontalniyi is one of the most stable-mode geysers. For the whole observation period (since 1951), its operation stages practically have not changed. Complete cycle of the geyser operation ranges from 90 to 100 minutes, the eruption taking 2 minutes. The filling of the basin occurs for 70 minutes, water outflow and boiling taking 30 minutes. During the eruption, the geyser ejects a powerful stream of steam-water mixture (Photo 89), shooting at an angle of 45° to the river to the distance of 10 m.

Three other diminutive geysers hide among pulsating springs and seepages of hot waters at the slope of diminutive geysers. The uppermost of them is characterized by periodicity of 6 minutes and debit of 1.5 l/s. the other two have unclear operation cycle. 20 m away from Gorizontalniyi, the boiling pulsating spring allocated by a structure of an exhaust outlet, oven is located, sized 10 ч 20 cm. It is settled in a small break of the bank, 1.5 m above the river brink. Rhythmical pushes splash boiling water out of the vent almost horizontally to-



**88. Извержение гейзера  
Горизонтальный.  
*Eruption of the Gorizontalniyi geyser***

---

среди пульсирующих источников и высачиваний горячих вод, находятся еще три карликовых гейзера. Самый верхний по течению реки характеризуется периодичностью в 6 мин и расходом 1,5 л/с. Остальные два имеют неопределенный цикл работы. В 20 м выше Горизонтального расположен кипящий пульсирующий источник, выделяющийся строением выходного отверстия, печки, размером 10x20 см. Оно находится в обрывчике берега на высоте 1,5 м от реки, из которого через доли секунды ритмичными толчками выплескивается почти горизонтально в сторону водного потока кипящая вода. Источник удостоился собственного названия - *Мойдодыр*.

За поворотом реки выше “Склона карликовых гейзеров” заметно выделяется в крутом склоне левого берега Гейзерной высокий гейзеритовый конус, в верхней точке которого периодически появляется фонтан пароводяной смеси. Это действует *гейзер Розовый Конус*. Он находится в 80 м от гейзера Горизонтальный. Гейзеритовый конус достигает восьмиметровой высоты при ширине основания 2 м. Отверстие канала расположено вблизи вершины, представляя собой щелевидное углубление размером 8 x 30 см. Серый гейзерит имеет розовый оттенок и разного размера “горошины”. Извержение происходит в виде внезапно возникающего метрового фонтана кипящей воды. Цикл гейзера стабилен в течение всех наблюдаемых лет. Он равен 14-15 минутам, стадия извержения -35 секундам. В нижней части гейзеритового конуса можно видеть два отверстия. Они представляют собой верхние части каналов двух гейзеров. Верхний из них имеет цикл в 36 мин с фонтанированием менее 1 минуты, при котором пароводяная струя бьет под углом к склону на высоту до одного метра. Извержение нижнего гейзера длится около 16 мин.

В нескольких метрах от основания гейзеритовой постройки Розового конуса выше по реке отмечаются два небольших гейзера: *Нора* и *Травяной* с продолжитель-

wards the water flow. The spring got its own name of Moidodyr.

Behind the river bend, further up from the “Slope of Diminutive Geysers”, a high geysere cone is clearly distinguished in the steep slope of the left Geysernaya bank, a fountain of steam-water mixture periodically emerging at its top, characterizing the operation of the Rozovyi Konus (Pink Cone) geyser. Geysere cone reaches 8 m in height, given the basement width of 2 m. the channel vent is settled close to the top, presenting a slot-like cavity sized 8 Ч 30 cm. Grey geysere has pinky shade and “pea-stains) of different sizes. The eruption occurs in the manner of a suddenly emerging fountain of hot water 1 m high. Geyser cycle has been stable for the whole observation period; it takes 14-15 minutes, the eruption lasting for 35 seconds. 2 vents can be seen in the lower part of the geysere cone, which are the upper parts of two geysers’ channels. The uppermost of them has the cycle of 36 minutes, spouting taking less than 1 minute, during which steam-water stream shoots up to 1 m at an angle to the slope. Eruption of the lower geyser lasts for about 16 minutes.

A few meters away from the basement of the Pink Cone geysere construction, we distinguish two smaller geysers: Nora (Hole) and Travvani (Grassy), with duration of cycles being 9 and 1 minute, respectively. Having no geysere construction, they are not pronounced in the relief. Their channels’ vents are lost in lush green grass on the slope. Nora geyser is recognized in the stage of quietness by a spot of light silicified rock and a funnel in its center, 15 cm in diameter.

On the right bank of the river, opposite to the above described thermal manifestations, intensive hydrothermal activity manifests itself in the form of small pulsating springs, boiling water pots and geyser, over twenty in number. Here, the surface of a vast thermal ground (60 Ч 50 m) is gradually ascending from the



ностью цикла 9 и 1 минута. Не имея гейзеритовой постройки, они не выражены в рельефе. Выходные отверстия их каналов теряются среди сочной зеленой травы в склоне. *Гейзер Нора*, расположенный в 10 м выше по течению реки от Розового конуса и в 5 м ниже его по склону, выделяется в стадию покоя по пятну светлой кремнелой породы и воронки в центре его диаметром 15 см.

На правом берегу реки, напротив охарактеризованных выше термопроявлений активная гидротермальная деятельность проявляется в виде небольших пульсирующих источников, кипящих водных котлов и гейзеров числом более двух десятков. Поверхность большой термальной площадки (60x50 м) здесь постепенно поднимается от реки на высоту 10-15 м, почти полностью лишена растительного покрова и напоминает сброшенный панцирь фантастического существа. По ее поверхности стекают теплые и горячие ручейки, собирающие воду от многочисленных миниатюрных пульсирующих кипящих источников, кипящих котлов и гейзеров. Разноцветные, из-за обрамляющих их термофильных водорослей, ручейки, как нити причудливого узора, тянутся от верхней части площадки к реке. У самой реки края панциря имеют вид конусообразных наплывов, напоминающих конусы выноса сухих речек и временных водотоков (фото 89).

Один из упомянутых горячих ручейков начинается с выхода кипящей воды в виде пульсирующего источника в небольшой воронке, заполненной камнями. На пути стока воды этого источника находятся еще

river to the height of 10-15 m, is almost completely lacking in vegetation and looks like a shed shell of some fantastic creature. Hot and warm streamlets run over the surface collecting waters from numerous tiny pulsating boiling springs, pots and geysers. Multicolored by enveloping thermophilic algae, the streamlets, like some threads of a queer ornament, stretch from the upper part of the ground down to the river. Just by river, edges of the shell are shaped as conic slaps, resembling the offset cones of dry rivers and temporal waterways (Photo 89).

One of the mentioned hot streamlets originates from the hot water discharge presenting a pulsating spring located in a small basin filled with stones. On their way down, its waters come across two other springs. The upper one is settled in a funnel-like cavity. Boiling water is splashed into a streamlet running through the lower spring located 7 m away from



**89. Панцирь из гейзеритовых и кремнистых натеков на правобережье Гейзерной. На переднем плане парит гейзер Горизонтальный.**

*Shield of siliceous sinters on the left side of the Geysernaya river; geyser Gorizontalny steaming in the foreground*

---

два. Верхний источник расположен в воронкообразном понижении. Кипящая вода выплескивается в ручеек, который протекает через нижний источник, расположенный в 7 м от верхнего. В отличие от него нижний источник представляет собой водный котел диаметром около метра и глубиной 1,5 м с еле заметным стоком воды. Активность источника видна по пузырькам пара, образующимся на водной поверхности. Общий расход трех источников - 1-1,5 л/с. Из трех гейзеров, наблюдаемых здесь, *гейзер Спокойный* расположен рядом с верхним пульсирующим источником. Выходное отверстие его находится на дне небольшой воронки, стенки которой сложены красной глиной. Поэтому тонкие “щеточки” гейзерита также окрашены в красный цвет. Продолжительность цикла гейзера около двух минут, извержение длится 30 секунд.

Выше по течению за крутым поворотом реки на правом берегу - еще одна крутая стенка высотой 12 м с серией мелких пульсирующих источников и карликовых гейзеров. Выходы источников и гейзеров располагаются на высоте 4-8 м от уреза реки. Среди травы и глинистой почвы их хорошо видно на склоне по следам стекающей воды - разноцветным преимущественно зеленоватым и желто-коричневым полосам кремнистых и гейзеритовых натечков, обрамленных термофильными водорослями. Примечателен, например, самый верхний по течению выход кипящей воды в виде двух пульсирующих источников, отстоящих друг от друга на расстоянии 4 м. Кипящая вода выбрасывается струйками на высоту 10-20 см. Boiling water is thrown out струйками on height 10-20 see.

В 5 м ниже их находятся два миниатюрных гейзера. Один из них - *Коричневый* (назван по коричневому цвету гейзеритовой постройки) - работает в типичном для всех гейзеров режиме (излив воды, фонтанирование, парение, покой). Второй, расположенный в 1,5 м от первого - *Змейка*, заметен по появлению и исчезновению ручейка, текущего извилистым рус-

the first one and presenting a water pot about 1 m in diameter and 1.5 m deep with hardly notable water flow. Activity of the spring is noted by steam bubbles formed on the water surface. Total debit of the three springs is 1-1.5 l/s. Geyser Spokoinyi (Quieti), one of three geysers found in this area, is located beside the first pulsating spring. Its vent is placed at the bottom of a small funnel whose sides are composed of red clay, that is why thin “brushes” of geysierite are also colored red. Geyser cycle takes about 2 minute, spouting lasting for 30 seconds.

Another steep wall, 12 m high, with a number of minor pulsating springs and diminutive geysers is found further up the river course, on its right bank. Discharge vents of springs and geysers are located 4-8 m up from the river brink. They are clearly distinguished among the grass and clay soil by the trails of running water – multicolored, mainly greenish and yellow-brown stripes of siliceous and geysierite leakages, enveloped by thermophilic algae. For instance, remarkable is the uppermost discharge of boiling water in the form of two pulsating springs settled 4 m away from each other. Boiling water is ejected by streamlets up to 10-20 cm.

5 m below, 2 tiny geysers are located. One of them – Korichnevyi (Brown) (named by the color of its geysierite construction) – operates in a mode typical for all geysers (water outflow, spouting, steaming, quietness). The other one, located 1.5 m away and named Zmeika (Snake), is notable by the appearance and vanishing of the streamlet running in a winding channel among siliceous leakages and evidencing the geyser activity. Its periodicity makes only 4-6 minutes, the eruption taking 10-20 seconds. Two more geysers can be found in the lower part of the wall described, 4-5 m up from the river. Their streamlets run onto the floodplain terrace that reaches here the width of 5-6 m. the lowest of them, with the cycle of 25-30 minutes, is spouting for

---

лом в кремнистых натеках и свидетельствующего об активности гейзера. Периодичность гейзера составляет всего 4-6 минут, а извержение - 10-20 сек. В нижней по течению реки части описываемой стенки можно встретить еще два гейзера на высоте 4-5 м от реки. Ручейки от них стекают на пойменную террасу, которая здесь достигает ширины 5-6 м. Самый нижний из них с циклом 25-30 минут извергается в течение 15 сек. в виде струек кипящей воды, выбрасываемых в сторону реки. Второй подобен гейзеру Змейка, в момент активизации образует небольшой ручеек горячей воды, исчезающий после извержения, которое продолжается лишь 30 секунд.

Выше описанных термопроявлений по обоим берегам реки Гейзерной до начала VIII участка на протяжении 600 м отмечаются отдельные небольшие кипящие и горячие источники. Они расположены близ уреза реки и характеризуются спокойным изливом воды. Здесь целостность поверхностной термоаномалии (с температурой грунта на глубине 1 м более 70°C), прослеживаемой по реке Гейзерной, обрывается. Отдельные пятна измененных пород, парящего грунта с паровыми струями в верхних частях склона, с мелкими источниками у русла встречаются выше по течению, в основном, на левобережье.

15 seconds in the form of small streams of boiling water shooting at the river. The second one is similar to the Zmeika geyser. In the moment of outburst (lasting only 30 seconds), it forms a small streamlet of hot water that immediately vanishes afterwards.

Further up from the above described thermal manifestations, 600 m along both banks of the Geysernaya river till the beginning of Site VIII, small boiling and hot springs are recorded close to the river brink, characterized by quiet water outflow. Integrity of surface thermal anomaly (with ground temperature above 70°C at the depth of 1 m), traced along the Geysernaya river, is broken. Isolated spots of altered rocks and steaming ground with steam vents in the upper parts of the slope and minor springs at the river channel, are found further up the course, mostly at the left bank.

---

## VIII УЧАСТОК, ВЕРХНИЙ

## SITE VIII, VERKHNI (UPPERMOST)

---

Он открывается группой (более десяти) кипящих и горячих пульсирующих источников в прирусловой части Гейзерной на левом и правом ее берегах. Они расположены приблизительно в 100 м ниже впадения справа в Гейзерную руч. Малютка, за крутым поворотом реки. Наибольшие и хорошо выраженные кипящие источники находятся на левом берегу на площадке размером 25x10 м. Самый верхний по течению пульсирующий источник наблюдается в 1,5 м от реки в небольшой рытвине и представляет собой сосредоточенную пароводяную струю, бьющую почти вертикально на высоту 1-2 м. Нижний источник, носящий название “*Большой*”, разделен на 4 струи, приурочен к трещине в коренных породах и расположен ниже верхнего источника по высоте. Суммарный дебит источников левого берега по визуальному определению составляет 3 л/с. Эта группа термопроявлений заметна издали, особенно в зимнее время, по поднимающимся вверх клубам пара (фото 90).

Следующая выше по течению реки группа источников и гейзеров находится на правом берегу. Среди них гейзеры *Бурлящий*, *Восьмер-*

This site opens with a group (more than ten) of boiling and hot pulsating springs in the near-channel part of the Geysernaya river. They are located approximately 100 m further down from the confluence of the river with the Malyutka creek, by a steep turn of the river. The largest and most clearly manifested boiling springs occupy a ground sized 25 r 10 m on the left bank of Geysernaya. The uppermost spring is found 1.5 m away from the river in a small pothole and presents a concentrated steam-water stream, shooting almost vertically to the height of 1-2



---

90. *Группа кипящих источников и гейзеров VIII участка на левом берегу Гейзерной. Среди них источник Большой. Фото В.М. Сугрובה.*

*Group of boiling springs and geysers of Sector VII on the left bank of Geysernaya. Among them – the Bolshoi spring. Photo by V.M. Sugrobov*

---





ка, Иванушка, Верхний, источник Плачущий. Хотя эти гейзеры уступают по масштабу деятельности, красоте и величию гейзерам центральной части Долины, они также оригинальны, интересны и красивы. Гейзер *Бурлящий* встречается первым на этом отрезке реки. Он расположен в 120 м выше впадения руч. Малютка на правом склоне в нишеобразном углублении размером 5x10 м. Первоначально описан В.Н. Виноградовым в 1961 г. с продолжительностью цикла около часа и стадией извержения 10-11 минут. В последнее время гейзер часто работал в пульсирующем режиме с попеременным усилением и ослаблением активности.

*Гейзер Восьмерка*, впервые охарактеризованный Т.И. Устиновой, находится на том же берегу в 350 м выше по течению реки от Бурлящего. Постройка гейзера в виде усеченного конуса высотой 2 м возвышается над рекой почти на 8 м. На вершине конуса выходное отверстие образует форму восьмерки. Извержение гейзера

m. Lower spring named “Bolshoi (Large)” is divided into 4 streams and confined to a fissure in the solid rocks. Total debit of the left bank springs, according to visual determination, makes up to 3 l/s. This group of thermal manifestations is well distinguished from the distance, especially in winter, by steam puffs rising above it (Photo 90).

The following (further up the current) group of springs and geysers occupies the left bank and includes geysers *Burlyashchii*, *Vosmeorka*, *Ivanushka*, *Verkhonii*, and the *Platchushchii* spring. Though these geysers can not compete in their beauty and loftiness with geysers of the central part of the Valley, still they are also quite extraordinary and attractive. *Burlyashchii* (*Seething*) geyser is the first one to be met at this part of the river. It is settled 120 m further up the current from the river confluence with the *Malyutka* creek, in a niche-like hollow sized 5 r 10 m. V.N. Vinogradov first described it in 1961 as having a cycle about an hour long, the eruption stage taking 10-11 minutes. Recently, the geyser has often operated in pulsating mode with alternate increasing and decreasing activity.

Geyser *Vosmeorka* (*Eight-shaped*), first characterized by T.I. Ustinova, is located on the same side, 350 m away from *Burlyashchii*. Its construction in the form of a truncated cone 2 m high, towers above the river for almost 8 m. Discharge vent at the top of the cone forms a figure of eight. Its eruption occurs by streams rising up to 3 m, and lasts for about 1 minute. For the whole period

**90. Почти на кромке Трехкаскадного водопада разместился гейзер Верхний.**

*Geyser Verkhonii is located almost at the edge of the Trekhkaskadnyi waterfall.*

происходит струями до высоты 3 м. Оно продолжается около 1 минуты. Полный цикл работы за многолетний период изменялся от 27 мин до одного часа и более. Гейзер имеет стадии фонтанирования, парения, покоя, излива, кипения (фото 91). В 100 м вверх по реке также на правом берегу расположен кипящий источник *Плачущий*. Вода вытекает неровными струйками из трещины на высоте 5 м над урезом реки, вначале падая с небольшого уступа и затем ручейком стекая по склону. Временами струйки кипящей воды превращаются в наклонные фонтанчики пароводяной смеси. Расход источника невелик и колеблется от 0,1 до 1 л/с.

Далее в 40 м выше источника Плачущего находится небольшой *гейзер Иванушка*. Выходное отверстие расположено в 30 м над уровнем реки. Продолжительность цикла его непостоянна. Излив воды и извержение пароводяной смеси продолжается 2 минуты, затем перерыв в работе на 20-25 сек, в течение которого происходит заполнение камеры канала.

На правом крутом склоне Гейзерной, в 10 м выше верхнего порога Тройного водопада, на высоте 5 м от уреза расположен *гейзер Верхний*. Пароводяная смесь выбивается из отверстия под углом 50°, находящегося на продолжении почти вертикальной трещины, хорошо прослеживаемой в туфах в русле реки. По первому описанию В.Н. Виноградова полный период деятельности летом 1961 г. составлял 16 минут, а пульсирующее извержение - 8 минут. По нашим эпизодическим наблюдениям (в 1984-1994 гг.) кипящая вода изливалась практически постоянно с небольшими пульсациями с расходом 2-3 л/с. Излив воды сопровождается интенсивным выделением пара без заметного фонтанирования пароводяной смеси (фото 90). Ниже его по склону в прирусловой части реки можно наблюдать периодическое выплескивание пароводяной смеси из трещины, своего рода мини-гейзер, который часто заливаается рекой при подъеме водного уровня. В 10 м выше по течению реки

of observations, its complete cycle varied from 27 minutes to one hour and more, including stages of spouting, steaming, quietness, outflow and boiling (Photo 91). 100 m up the river course, a boiling spring named *Platchushchii* (Crying) is ejecting its waters from a fissure located 5 m above the river brink. From time to time, the streams of boiling water turn into inclined fountains of steam-water mixture. The debit of the spring ranges from 0.1 to 1 l/s.

40 m up from the previous spring, vent of a small geyser *Ivanushka* is located 30 m above a level of the river. Duration of its cycle is unstable. Water outflow and ejection of steam-water mixture take 2 minutes, followed by a pause in operation for 20-25 seconds, during which the channel chamber is refilled with water.

The right steep slope of the *Geysernaya*, 10 m up from the upper rapids of the *Troinoi* waterfall, hosts geyser *Verkhonii* (Uppermost). Steam-water mixture rushes out of the vent at an angle of 50°, located at the extension of almost vertical fissure, clearly traced in the tuffs of the river-bed. In 1961, V.N. Vinogradov first described it with the complete operation period of 16 minutes, pulsating spouting taking 8 minutes. Our occasional observations (in 1984-1994) showed that boiling water was flowing out almost uninterruptedly, with minor pulsations and debit of 2-3 l/s. Water outflow is accompanied by intensive steaming without any visible spouting of steam-water mixture (Photo 90). Below it, down the slope, periodical outpouring of steam-water mixture can be noticed from a fissure, forming a sort of mini-geyser often sunk by the river when its level rises. 10 m up the current we distinguish three more discharges of steam-water mixture in a fissure stretching perpendicular to the river-bed. Two of them form the channel vent of a geyser we named *Verkhonii V Rusle* (Uppermost at Channel). Steam-water mixture is ejected with irregular periodicity

---

отмечены еще три смещенные к правому берегу выхода пароводяной смеси в трещине, также проходящей перпендикулярно руслу реки. Два крайних из них представляют собой выходное отверстие канала гейзера, названного нами *Верхний в русле*. Пароводяная смесь выбрасывается с нерегулярной периодичностью и расходом. Режим его действия видимо определяется степенью попадания холодной речной воды в канал гейзера. Выше этих гейзеров в долине Гейзерной глубинные термальные хлоридно-натриевые воды разгружаются только в виде источников. Последний и самый высокий по абсолютной высоте встречен в 200 м от Верхнего гейзера на левом берегу. Это кипящий восходящий источник с дебитом 0,2 л/с. По существу источник (*Верхний Хлоридный*) обозначает верхнюю границу VIII участка. Можно сказать, что за ней Долина Гейзеров становится просто долиной реки Гейзерной.

and debit. Its operation mode is apparently conditioned by the volumes of cold river waters injected into the geyser channel. Further up from these geysers in the Geysernaya valley, deep thermal chloride-sodium waters discharge only in the form of springs. The last and the uppermost of them was found 200 m from the Verkhonii geyser on the left bank. It is a boiling ascending spring with debit of 0.2 l/s. Actually, the spring (Verkhonii Chloridnyi, Uppermost Chloride ) marks the upper margin of Site VIII. We could say that from here, the Valley of Geysers becomes merely the basin of the Geysernaya river.

---

## IX, ПОЛЕ ВЕРХНЕ-ГЕЙЗЕРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

## IX, THE FIELD OF VERKHNE-GEYSERNYE (UPPER-GEYSER) SPRINGS

---

Расположено практически только на левом склоне долины р. Гейзерной, в 5 км выше ее устья. Термальное поле обязано своим происхождением выходам на поверхность пара. Характерной его особенностью является отсутствие восходящих кипящих источников и гейзеров, свидетельствующих о разгрузке вод хлоридно-натриевого состава. Основные термопроявления - мощные струи насыщенного пара, кипящие или грязевые бессточные котлы, вода в которых представляет собой конденсат, смешанный с водой поверхностного стока. Почти в са-

This area stretches almost exclusively over the left slope of the Geysernaya river valley, 5 km up from its mouth. This thermal field owes its origin to surface steam discharges. Its peculiarity is absence of ascending boiling springs and geysers that might evidence the discharge of chloride-sodium waters. Major thermal manifestations here – powerful streams of saturated steam, boiling internal-drainage water or mud pots whose waters present condensate mixed with waters of surface drainage. The only discharge of overheated steam (temperature of 110°C) ac-



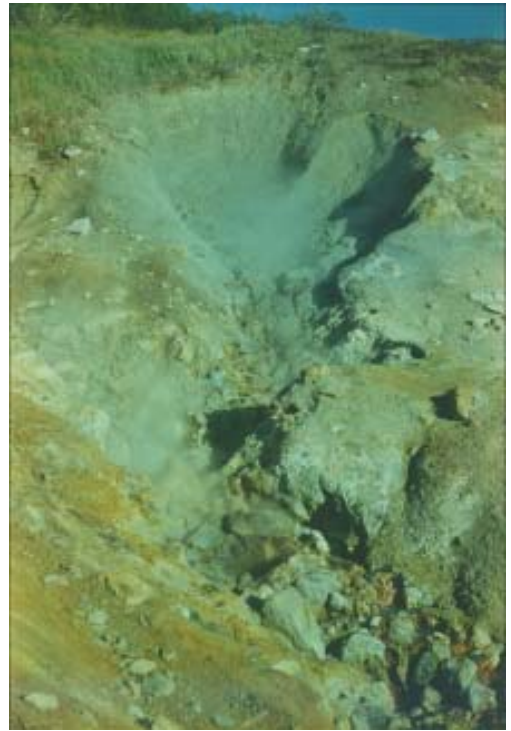


**93. Истоки руч. Горячий, Бурлящий котел после 1986 г.**

***Heads of the Goryachii creek,  
Burlyashchii pot after 1986***

вверх по реке термальное поле опускается вниз почти до самой реки и протягивается по левобережному склону на расстояние в 600 м при ширине 100-200 м. В первой половине термального поля самые примечательные термопроявления приурочены к бассейнам ручьев Теплового и Горячего, в основном - к их верховьям. Ручей Теплый начинается с выхода на поверхность воды с температурой 26-31°C в виде нисходящих источников, прослеживаемых почти на стометровом отрезке ручья. Самый верхний выход воды находится чуть ниже подножья обрывов, сложенных черными андезитодацитовыми и дацитовыми лавами. Источники дают начало небольшим ручейкам (с расходом около 20 л/с), составляющим левый и правый ветви Теплового. Местами ручейки разливаются, образуя теплые крошечные озера среди крупных глыб лавы. В среднем течении ручья Теплового на правом берегу находится мощная паровая струя (фото 92). Расход ручья в устье достигает 180 л/с при средней температуре 25,5°C.

Ручей Горячий также своим истокам обязан теплым источникам. До 1986 г. ручей действительно был горячим, благодаря выходу в его верховье мощной парогазовой струи, расположенной в воронке по форме похожей на чечевицу с длинной осью в 7 м короткой - 3 м. Воронка была заполнена водой стекающего в нее теплового ручейка, холодной водой поверхностного стока и конденсатом пара. Вода в воронке нагревалась паром до температуры 70°C. На поверхности воды в воронке были видны бурлящие грифоны, образованные прорывающимся через воду паром и газом. Отсюда его название "Бурлящий котел". В холодную погоду поднимающийся на высоту 200-300 м столб пар можно было наблюдать даже с центральной части Долины



bank for 600 m, the width being 100-200 m. Within the first part of the thermal field, the most remarkable thermal manifestations are confined to the basins of Teplyi (Warm) and Goryachii (Hot) creeks, mainly to their headwaters. Teplyi creek originates from the surface discharge of water with temperature of 26-31°C in the form of descending springs traced for almost 100 m along the creek. The uppermost water vent is located a bit lower than the foot of the precipices composed of black andesitic-dacitic and dacitic lavas. The springs give rise to small streamlets (with flow rate of about 20 l/s), constituting left and right branches of the Teplyi creek. Here and there, the streamlets flood forming tiny warm lakes among large blocks of lava. In the middle course of the Teplyi creek, on its right side, there is a powerful steam jet (Photo 92). Flow rate of the creek in its mouth reaches 180 l/s, given average temperature of 25.5°C.

Goryachii creek also owes its origin to warm springs. Till 1986 the creek was really hot due to the discharge at its



**94. Выход перегретого пара (температура 110°C) на Верхне-Гейзерном поле - Фумарола.**

***Discharge of overheated steam (temperature 110°C) at the Upper-Geyser field – Fumarole.***

Гейзеров. Скорее всего, именно этот столб пара видели в свое время В.Л. Комаров и Б.И. Пийп, пересекая северное подножье вулкана Кихпиньч. Вытекающая из воронки подземным путем, через узкую (примерно 20 м) перемычку, вода и представляла, в сущности, горячий ручей. Вода в воронке и ручье ниже ее приобретала характерный белесый цвет, мутность и запах сероводорода, связанный с растворением при конденсации кислой сероводородной компоненты. Общий расход ручья составлял 193 л/с, температура воды в приустьевой части - 40-45°C. В 1986 г. Бурлящий котел исчез, Горячий ручей превратился в маленький теплый ручеек, а поверхность термального поля была усеяна обвальными отложениями, в основном обломками лавовых пород верхней части склона (фото 93). Изменение гидротермальной деятельности и обвал, возможно, явились следствием произошедшего незадолго до этого сильного землетрясения.

За ручьем Горячим вверх по течению реки термальное поле подходит к руслу, занимая здесь террасированную поверхность левого берега. Большая часть поля расположена на самом высоком от реки уровне,

headwaters of a powerful steam-gas jet located in a funnel shaped lentil-like with the longer axe of 7 m, and the shorter one of 3 m. The basin was filled with water from a warm streamlet running into it, hot water of surface drainage and steam condensate. Water was heated the to 70°C. Bubbling gryphons formed by steam and gas bursting through the water could be seen on its surface, thus prompting the spring's name "Burlyashchii Kotel, Seething Pot ". In cold weather, steam column rising up to 200-300 m could be observed even from the central part of the Valley of Geysers. Most probably, this very column steam saw in due time V.L. Komarov and

B.I. Piip when crossing the northern foot of the Kikhpinych volcano. The hot stream was actually presented by water leaking from the basin by the underground way, through a narrow (about 20 m) feedthrough. Water in the basin and in the creek below it acquired peculiar whitish color, turbidity and smell of hydrogen sulfide caused by dissolution of hydrogen sulfide component when condensing. Total debit of the creek made 193 l/s, water temperature in the near-mouth part being 40-45°C. In 1986, Burlyashchii Kotel collapsed, Goryachii creek turned into a small warm streamlet, while the surface of the thermal field was littered with crumbling sediments, mainly by the debris of lava rocks of the upper part of the slope (Photo 93). Change of hydrothermal activity and collapse were probably the consequence of a strong earthquake that had taken place shortly before it.

Up the river current from the Goryachii creek, the thermal field approaches the river-bed occupying terraced surface of the left bank. Most part of the field is located at the highest level with respect to the river. Its width is 30-40 m, and

---

имеет ширину 30-40 м и вытянута вдоль реки на 150 м. Своеобразным центром поля является небольшое озерко с кипящей от многочисленных парогазовых струй водой. К концу лета оно выкипает, превращаясь в площадку рассредоточенных выходов пара. Рядом с озерком - холмик гидротермально-измененной глины с корочками серы и пятнами парящего грунта, так называемый "серный бугор". Кроме того, в небольших промоинах наблюдаются грязевые кипящие котлы, отдельные выходы пара. Вода, образующаяся при конденсации пара в котлах и ручейках, обычно, кислая и имеет сульфатно-кальциево-натриевый состав с минерализацией 0,7-1,5 г/л. Отсюда хорошо видны термальные площадки по обоим бортам в верховьях ручья Подъем, выделяющиеся ярким желтым цветом и двумя мощными паровыми струями.

На правом берегу Гейзерной имеется только одно место гидротермальной активности в 250 м выше устья руч. Теплового: выступ-глыба (у самого русла реки) пестро-цветных гидротермально измененных пород с пятнами парящего грунта. Река Гейзерная обходит этот выступ, делая крутой поворот влево. И, наконец, на левобережье реки Гейзерной в 300 м выше упомянутого выступа, в русле малозаметного ручейка в 100 м от его устья, находится примечательный концентрированный выход перегретого пара, названный нами из-за высокой температуры (110°C) *Фумаролой*. Фумарола и окружающие ее кипящие воронки и котлы с температурой 95-98°C и небольшие серные бугорки расположены в воронкообразном понижении верховьев ручейка, стенки которого сложены желтыми гидротермально-измененными глинами (фото 94). Далее вверх по течению реки (до руч. Кровавый) наблюдаются лишь отдельные едва различимые термальные площадки.

Все остальные термопроявления верхней части бассейна Гейзерной кратко охарактеризованы в предыдущих разделах путеводителя.

it stretches along the river for 150 m. Small lake, whose water is boiling due to numerous steam-water streams, forms peculiar center of the field. By the end of summer, it boils away leaving a ground of dispersed steam discharges. Beside the lake, there is a small hill of hydrothermally altered clay with crusts of sulfur and spots of steaming ground, the so-called "sulfur mound". Besides, boiling mud pots and single steam outlets are found within small scours. Water formed in the result of steam condensation in pots and streams is typically acidic and has sulfate-calcium-sodium composition with salinity of 0.7-1.5 g/l. From here, thermal grounds over both sides in the headwaters of the Podjom creek are clearly seen, remarkable for their brisk yellow color and two powerful steam vents.

At the right bank of the Geysernaya river, there exists only one area of hydrothermal activity, 250 m up from the mouth of the Teplyi creek: that is the ledge-block (just by the river-bed) of brightly colored hydrothermally altered rocks with patches of steaming ground. Geysernaya bends round this ledge, steeply turning left. Finally, on the left bank of the Geysernaya river, 300 m away from the mentioned ledge, in the channel of a hardly visible streamlet 100 m away from its mouth, a remarkable concentrated discharge of overheated steam is located. Because of its high temperature (110°C), we called it the Fumarole. Fumarole and surrounding boiling pots with temperature of 95-98°C, as well as small sulfur mounds, are located within the funnel-like depression of the streamlet headwaters whose walls are composed of yellow hydrothermally altered clays (Photo 94). Further up the river course (till the Krovavyi creek), only isolated hardly distinguishable thermal grounds can be found.

All the other thermal manifestations are briefly characterized in previous chapters of the present manual.

---

# ОТЛОЖЕНИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД - ГЕЙЗЕРИТЫ И ТЕРМОФИЛЬНЫЕ ВОДОРОСЛИ

## SEDIMENTS OF THERMAL WATERS – GEYSERITES AND THERMOPHILIC ALGAE

---

*«На земле нет рая.  
Разве что кусочки его,  
разбросанные по свету».  
Жюль Ренар*

*“There is no Heaven on Earth.  
Unless its small pieces  
dissipated all over the World”  
Joule Renar*

---

### ГЕЙЗЕРИТЫ

### GEYSERITES

---

Те счастливицы, которым удалось побывать в Долине Гейзеров на Камчатке и наблюдать, например, извержение гейзера Великана никогда не забудут своих ощущений. Удивительное сочетание двух чувств - восторга и страха одновременно вызывает у людей наблюдение этого буйства природы.

Гейзеры! Уникальные природные кипящие фонтаны. Но в них кипит не пресная вода, а раствор, содержащий до нескольких граммов на литр всевозможных солей, в том числе иногда до полу грамма кремнезема. Кремнезем может находиться в воде в четырёх формах: 1) растворённой - ионной и молекулярной; 2) агрегатной - коллоидной, золе - и гелеобразной, которая может переходить в растворённую; 3) взвеси частиц с адсорбированными на их поверхности силикатами и тех же агрегатов кремния; 4) кремнеорганических соединений. В гейзерных водах кремний присутствует, главным образом, в раство-

Those lucky ones who managed to visit the Valley of Geysers in Kamchatka and see, for example, spouting of the Velikan geyser, will certainly never forget their impressions. Amazing combination of two feelings – delight and fear are simultaneously experienced by people when watching this violence of nature.

Geysers! Unique natural boiling fountains. However, it is not fresh water that boils within them, but solution containing up to a few gram per liter of various salines, among them, sometimes, up to half-gram of silica. Silica may be present in waters in four states: 1) dissolved – ionic and molecular; 2) aggregative – colloid, ashy and gel-like that can transform into dissolved one; 3) dredge of particles with adsorbed on their surfaces silicates and the same silicon aggregates; 4) silica-organic compounds. Silica is present in geyser waters mainly in dissolved and, to a lesser extent, colloid form. As it is



рѐнной и в меньшей степени - в коллоидной форме. Как известно, растворимость большинства солей падает с понижением температуры. При выбросе кипящего раствора с глубины канала гейзера на поверхность земли происходит резкое снижение температуры, давления, интенсивное парообразование и как следствие - потеря растворѐнной углекислоты и некоторое понижение щелочности раствора. Кроме того, с паром уходит порядка 10% дистиллята и остающийся раствор будет более минерализован. Таким образом, охлаждѐнная вода гейзера становится пересыщенной относительно кремнезѐма, и он выпадает из неё в виде своеобразной накипи окислов кремния -гейзерита.

Гейзерит представляет собой коллоидное, аморфное, т.е. ещё не раскристаллизованное вещество, состоящее из кремнезѐма и молекул воды. Кремнистые отложения в природе отлагаются из двух типов вод - субщелочных и щелочных перегретых вод хлоридно-натриевого состава, и из кислых вод, обогащённых кремнекислотой. В областях современного вулканизма практически все гейзериты

known, solubility of most salines decreases with decreasing temperature. when boiling solution is poured out from the depth of geyser channel onto the ground surface, there occurs abrupt decrease of temperature and pressure, as well as intensive steam formation, and consequently, loss of dissolved carbon dioxide and certain decrease of solution alkalinity. Besides, about 10% of distillate is removed together with steam, thus making remaining solution more mineralized. So, cooled geyser water becomes oversaturated with respect to silica, and the latter precipitates in the form of peculiar scales of silica oxides named geyserite.

Geyserite is colloid, amorphous (that is not yet crystallized) substance consisting of silica and water molecules. Siliceous sediments are naturally deposited from two water types – subalkaline and alkaline overheated waters of chloride-sodium composition and acidic waters enriched in silica acid. In the areas of modern volcanism, practically all geyserites are deposited from subalkaline thermal waters, that is, with geyser outflow regime. Geyserite construction of various configurations are usually formed around channels of frequently spouting geysers. They are often presented by coverings or shield-like surfaces coating the slopes (Photo 95) and forming queer towers, pedestals, columns and cones around geyser channels (Photo 96, 97). Sometimes they stick to the slope like “swallow’s nests”.

Of great interest are morphological differences of geyserites. Since silica is precipitated in colloid state, its films typically form spherical micro-nodular structures (Photo 98). In case of flat surface of geyser water drain, geyserites will also be flat. Wavy geyserites are formed if the drain surface is a bit inclined. On steep



**95. Гейзеритовый плащ гейзера Тройной.**

*Geyserite shield of the Troinoi geyser*



**96. Гейзеритовый конус гейзера Сахарный.**

*Geyserite cone of the Sakharnyi geyser*

отлагаются из субщелочных термальных вод с т.н. гейзерным режимом излива. Вокруг каналов часто извергающихся гейзеров обычно образуются гейзеритовые постройки разной конфигурации. Часто это покровы, плащеобразные поверхности, покрывающие склоны (фото 95). Нередко вокруг каналов гейзеров образуются причудливые башни, своеобразные пьедесталы, столбы, конусы гейзерита (фото 96, 97). Иногда они лепятся к склону типа «ласточкиных гнёзд».

Очень интересны морфологические различия гейзеритов. Так как кремнезём выпадает в виде коллоида, то его плёнки обычно образуют сферические микрочковидные структуры (фото 98). В случае гладкой поверхности стока, по которой стекают гейзерные воды, гейзерит также будет иметь гладкую поверхность. При слабом наклоне плоскости стока воды образуются гейзериты с волнистой поверхностью. На крутых склонах вблизи грифона образуются чешуйчатые гейзериты, массивы которых состоят из перекрывающих друг друга тонких слоев, чешуи кремнезёма. Вдали от грифона эти чешуйки приоб-

сlopes, close to the gryphon, scaly geysereites are formed whose masses consist of overlapping thin layers, scales of silica. Away from the gryphon, those scales obtain the form of thin-laminated formations (laminar differences). In the zones of steam-formation, botryoidal geysereites are usually formed at the external walls of geyser gryphons, small-nodular geysereites with velvety surface coating the internal walls. Of special interest are coral-like types of geysereite resembling colonies of sea-corals. Their “branches” and knurls are formed at flat surfaces, at some distance from the vent of the geyser gryphon, within the area of spilling of water ejected during the eruption. Occasionally, given the absence of macro-admixtures or any local colorants, pearl-like geysereite grows under the same conditions. Its spherical pea-like micro-nodular aggregates

of white color with pearly glare make geysereite shield amazingly beautiful. In case of junction of several such big spherules,



**97. Гейзерит гейзера Сосед.**

*Geysereite of the Sosed geyser*



**98. Сферические микропочковидные разности гейзерита. Гейзер Тройной.**

*Spherical micro-nodular differences of geysersite. Troinoi geysersite.*

ретают облик тонко-листоватых наслоений (листовые разности). В лужицах с застойной водой и при редких извержениях образуются корочки с «такыровой» структурой за счёт полигональных трещин. В зоне парообразования на внешних стенках грифона гейзера обычно образуются гейзериты гроздьевидного облика. На внутренней поверхности грифона в этих случаях образуются мелкопочковидный гейзерит с бархатистой поверхностью. Особый интерес представляют кораллоподобные разновидности гейзерита, напоминающие колонии морских кораллов. Их «ветви» и наросты образуются на плоской поверхности, на некотором удалении от устья грифона гейзера, в пределах падения сверху воды, выбрасываемой при извержении. Иногда, при отсутствии в воде макропримесей и каких-либо местных красителей в эти же условиях образуется жемчугоподобный гейзерит. Его сфе-

peculiar “roses” are formed, balls with surfaces resembling cauliflower, and so on (Photo 99). Pigment substances (thin dredge of clay minerals, hydroxides of iron and aluminium, copper oxides and other compounds) dye geysersites in different colors (Photo 100, 101). Water splashes form geysersite with honeycomb, noose-like surface morphology around minor vents – so-called “diminutive geysers” that are, in fact, small pulsating springs.

It has been noted that in the zones of geysersite construction with temperature below 55°C, blue-green algae develop. If water splashes get on wind-

brought onto the construction stems, plant leaves or pieces of moss, the latter are fossilized and, being consolidated by the same silica, take part in the formation of geysersite construction. Geysersite age can be determined by such fragments of buried organics. So, in the basement of the Troinoi geysersite edifice, we found a frag-



**99. Гейзеритовый наплыв в виде “цветной капусты”.**

*Geysersite burl in the form of “cauliflower”*



рические, гороховидные микропочковидные агрегаты белого цвета с жемчужным блеском превращают гейзеритовый покров в образование изумительной красоты. В случае слияния нескольких таких крупных сферул образуются своеобразные «розы», шары с поверхностью типа «цветной капусты» и т.п. (фото 99). Пигментирующие вещества (тонкая взвесь глинистых минералов, гидроокислов железа, алюминия, окислов меди и других соединений) окрашивают гейзерит в разные цвета (фото 100, 101). Вокруг мелких выходов - т.н. «карликовых гейзеров», которые практически являются мелкими пульсирующими источниками, брызги воды формируют гейзерит с сотовидной, петельчатой морфологией поверхности.

Подмечено, что в зонах гейзеритовых построек с температурой менее 55°C развиваются колонии сине-зелёных водорослей. Если брызги воды попадают на занесённые на постройку ветром стебли, листочки растений, кусочки мха, то последние фоссилируются, и, цементируясь тем же кремнезёмом, участвуют в формировании постройки гейзерита. Благодаря таким кусочкам захороненной органики удаётся определить возраст гейзерита. Так, в основании гейзеритовой постройки гейзера «Тройной» нами был обнаружен обломок фоссилизированной ветки кедрового стланика с ещё сохранившимися органическими волокнами. Радиоуглеродный метод датировки позволил определить возраст этой гейзеритовой постройки. Он

ment of fossilized branch of cedar with still preserved organic filaments. Radiocarbon dating method revealed that the construction was about 800 years of age. Thickness of lamellar geysierite reached in that site 30 cm. It appears, that formation of 1 mm of geysierite layer takes 2.5 years. Consequently, crystallization processes should have inevitably taken place within the geysierite construction for such a long period of its existence. Really, in the mass of silica, quite inhomogeneous in its structure, texture and chemical composition, assemblages of various minerals' crystals appear in the course of time.

By now, within geysierites of the Valley of Geysers, 13 kinds of minerals and amorphous formations have been discovered. Among them, first of all, silica-gel – amorphous silica of white or grey color, abundantly enriched in water. Radiographic analysis does not determine any ordered structure in this substance. Elements of orderliness associated with the



**100. Ручеек, русло которого устлано кремнистыми натекми и гейзеритом, окрашенных гидроокислами железа в красный цвет.**

*Streamlet whose channel is laid out with siliceous sediments and geysierite, red-colored by iron hydroxides*



оказался около 800 лет. Мощность слоистого гейзерита в этом месте достигала 30 см. Получается, что на формирование слоя гейзерита толщиной в 1 мм требуется около 2,5 лет времени. Следовательно, в постройке гейзерита за такое большое время существования неизбежно должны происходить процессы раскristализации. Действительно, в массе кремнезёма, очень неоднородной по своей структуре, текстуре и химическому составу, со временем возникают скопления кристаллов различных минералов.

К настоящему времени выявлено 13 разновидностей минералов и аморфных образований кремнезёма в гейзеритах Долины Гейзеров. Это, прежде всего, - силикагель - аморфный кремнезём белого, серого цвета, сильно обогащённый водой. Рентгенографический анализ не выявляет в этом веществе никакой упорядоченности структуры. Элементы упорядоченности, связанные с присутствием минерала  $\alpha$ -кristобалита, наблюдаются в опале, который в Долине Гейзеров имеет следующие разновидности: молочный опал (белый, серый, светло-фиолетовый или розовый опал); гиалит (стекловатый, бесцветный, прозрачный в тонких сколах); кахчолонг (непрозрачный фарфоровидный опал); фиорит (перламутровая или жемчужная накипь); гидрофан (опал белого или светло-голубого цвета, который при поглощении воды становится прозрачным).

В кислых водах образуется благородный опал (джиразоль), имеющий голубоватый, голубовато-белый цвет, с лёгкой опалесценцией, при ярком свете просвечивающий с красноватыми рефlekсами. На участках проявления и щелочных, и кислых вод часто наблюдается т.н. «опаловая мука». Это порошокватый опал мучнистого облика разных цветовых оттенков, в зависимости от которых он называется как виерцолит, просеувреит, миловит. В полостях массивных гейзеритов нередко встречаются мельчайшие кристаллики короткопризматического кварца, пластинки  $\alpha$ -тридимита и иголки  $\alpha$ -кristобалита.



**101. Красный гейзерит (с примесью гидроокислов железа).**

***Red geysericite (with admixture of iron hydroxides)***

presence of  $\beta$ -cristobalite occur in opal. The following kinds of opal are found in the Valley of Geysers: lactic opal (white, grey, light-violet, pink); hyalite (vitreous, colorless, transient in thin chips); cacholong (opaque porcelain-like opal); fiorite (nacreous or pearly scale); hydrophane (white or light-blue opal turning transient when absorbing water).

In acidic waters, there forms noble opal of bluish or bluish-white color, with slight opalescence, shining with red reflexes under bright light. So-called "opal flour" is often observed in the areas of manifestation of both alkaline and acidic waters. That is powdered opal of various color shades, depending on which it is called vierzolute, proceuvreite, milovite. Tiniest crystals of short-prismatic quartz, blades of  $\beta$ -tridymite and aciculae of  $\beta$ -cristobalite are often found within the hollows of massif geysericites.

Первое, что бросается в глаза при взгляде, например, на склон в Долине Гейзеров, носящий красивое название «Витраж» - это разноцветные полосы от ручейков воды, стекающей от многочисленных крупных и мелких гейзеров и пульсирующих горячих источников (фото 102). В этом многоцветье большая роль принадлежит термофильным микроорганизмам и водорослям. Преимущественным развитием в Долине Гейзеров пользуются сине-зелёные водоросли. Их сочные разной толщины плёнки выстилают дно почти всех водотоков с умеренной температурой, инкрустируют берега ручьёв с температурой не выше 65° С. Встречаются сине-зелёные водоросли в виде длинных нитей, их агрегатов, прикреплённых к камням и прихотливо струящихся в стоке воды (фото 103, 104).

Сине-зелёные водоросли — древнейшие организмы Земли. Они заселили водоёмы ещё в докембрии, т.е. почти миллиард лет назад. Науке известно более 100 видов сине-зелёных водорослей, обитающих в горячих источниках. Принято называть термофильными, т.е. теплолюбивы-

When you glance, for instance, at a slope in the Valley of Geysers bearing a beautiful name of “Vitrazh”, the first thing striking your eyes is multicolored stripes of water streamlets running from numerous large and small geysers and pulsating hot springs (Photo 102). Thermophilic microorganisms and algae play a great part within this polychromy. Blue-green algae are the most widely-spread in the Valley of Geysers. Their rich films of various thicknesses cover the bottoms of almost all water flows with moderate temperature and purfle the banks of creeks with temperature below 65°C. Blue-green algae occur in the form of long threads, their assemblages attached to stones and purling within the water flow (Photo 102, 103).



**102. Разноцветные полосы в ручейках, образованные термофильными водорослями и гейзеритом на склоне “Витраж”. Слева вверху гейзер Новый Фонтан.**

*Multicolored stripes in the streams, formed by thermophilic algae and geysersite at the “Vitrazh” slope. Above, to the left – Novy Fontan geyser*

ми, водоросли, которые имеют оптимум развития в диапазоне 45°C и выше. Подмечено, что термофильные водоросли лучше развиваются в источниках с повышенным содержанием растворённых минеральных веществ, содержащих Na, K, Ca, Cl и др. и имеющих первостепенное значение для жизни организмов. Кроме того, в горячих источниках обычно наблюдается повышенное, по сравнению с пресноводными, содержание таких элементов как F, Br, Mn, Mg, Si, Fe, Cu и др. металлов.

В термах Долины Гейзеров преимущественным развитием пользуются такие виды как *Mastigocladys laminosus*, с его многочисленными морфологическими формами (плёнки, нити, губчатые образования); *Synechococcus lividus*; *S. elongatus*; *Phormidium laminosum*; *Oscillatoria terebriformis*. Нитчатые, ячеистые и ветвистые плёнки, иногда студенистые массы тёмно-зелёного цвета водоросли *Phormidium laminosum* обнаруживаются во многих нейтральных и щелочных источниках в интервале температур 40-65 и даже 78°C. Особенно обильно он развивается при 40-50°C, иногда полностью покрывая поверхность водоёма толстой кожистой плёнкой (матом). При температуре более 50°C он формирует короткие нити. Наиболее пышно *Phormidium laminosum* развивается в слабощелочной воде с pH = 7-8,5, хотя может присутствовать в ассоциации с другими микроорганизмами в интервале pH = 5-9,5.

Многие сине-зелёные водоросли могут интенсивно развиваться в водах, содержащих такие токсичные элементы как ртуть, мышьяк, сурьма. Исключительно высока роль сине-зелёных водорослей в производстве кислорода и, соответственно, хлорофилла в результате фотосинтеза на свету. Так, по данным экспериментальных исследований Института микробиологии РАН, проведённым на термальных полях Камчатки, экстракция хлорофилла из гравелитов, на которых визуальное не отмечалось развитие микроорганизмов, обнаружила

Blue-green algae are the most ancient organisms of the Earth. They inhabited water pools already in Precambrian age, that is, almost a billion years ago. More than 100 kinds of blue-green algae living in hot springs are known to the science nowadays. Thermophilic (or heat-loving) are conventionally called algae whose development optimum varies within the temperature range of 45°C and more. It has been noted that thermophilic algae are better developed in springs with increased content of dissolved mineral substances, containing Na, K, Ca, Cl, etc., and being of prime importance for the existence of the organisms. Besides, contents of such elements as F, Br, Mn, Mg, Si, Fe, Cu and other metals are usually higher in hot springs, in comparison to freshwater ones.

Such kinds as *Mastigocladys laminosus* with its numerous morphological forms (films, threads, sponges), *Synechococcus lividus*, *S. elongatus*, *Phormidium laminosum*, *Oscillatoria terebriformis* are predominantly developed in the therms of the Valley of Geysers. Filiform, cellular and ramified films, as well as sometimes jelly-like masses of dark-green algae of *Phormidium laminosum*, occur in many neutral and alkaline springs within the temperature range of 40-65°C, and even at 78°C. Especially abundantly it grows at 40-50°C, occasionally completely coverings the surface of the pool by thick coriaceous film (mat). At temperatures above 50°C, it forms short filaments. *Phormidium laminosum* is most rapidly developed in slightly alkaline water with pH = 7-8.5, though it can be present in association with other microorganisms within pH range of 5-9.5.

Lots of blue-green algae can intensively develop in waters containing such toxics as mercury, arsenic and antimony. Blue-green algae take an exclusive part in the production of oxygen in the result of photosynthesis in the light. Thus, by the data of experimental studies of the Microbiology Institute of RAS carried out on



**103. Длинные нити термофильных водорослей прихотливо струящихся в токе воды.**

*Long threads of thermophilic algae intricately streaming within the water flow*

Kamchatka thermal fields, chlorophyll extraction from gritstones (on which no microorganisms' development was visually discovered) revealed up to 40 mg of chlorophyll per 1 square meter of area. In cases where blue-green algae were visible, 40-300 mg/m<sup>2</sup> of chlorophyll was extracted, whereas from the area with grasses and bushes – only 30-100 mg/m<sup>2</sup>.

Optimal conditions for the growth of blue-green algae are as follows: temperature not exceeding 70°C, pH ~ 7-7.5, and given that their surface is abundantly

до 40 мг хлорофилла с квадратного метра площади. Там, где были видимые сине-зелёные водоросли, выделилось от 40 до 300 мг/м<sup>2</sup> хлорофилла, а с площади с зарослями травы и кустарника - всего 30-100 мг/м<sup>2</sup>.

Оптимальными условиями для роста сине-зелёных водорослей являются такие, когда температура водоёма не превышает 70°C, pH ~ 7-7,5 и поверхность водорослей обильно смачивается термальной водой, поток которой имеет толщину не более 2-3 мм. Скорость роста сине-зелёных водорослей в



**104. Ветвистые студенистые пленки темно-зеленых термофильных водорослей свисают вместе с падающей термальной водой на склонах Долины Гейзеров.**

*Ramified jelly-like films of dark-green thermophilic algae hang down together with the falling thermal water at the slopes of the Valley of Geysers*



---

этих условиях достигает 0,5-1 мм<sup>2</sup> в сутки. Если поток воды ослабевает, то водоросли подсыхают и погибают. По последним исследованиям сине-зелёные водоросли участвуют в формировании построек гейзерита. Под электронным микроскопом в гейзерите иногда обнаруживаются их окремненные нити и трубчатые образования. Классическим объектом развития колоний сине-зелёных водорослей в Долине Гейзеров является постройка гейзера (точнее - пульсирующего источника) Малахитовый Грот. Своё название он получил как раз из-за обильного обрастания гейзерита сине-зелёными водорослями малахитовой расцветки. Конечно, никакого медного минерала малахита в его постройке нет. Но именно водоросли делают его сказочно-прекрасным.

Помимо аэробных сине-зелёных водорослей в Долине Гейзеров обнаружены анаэробные так называемые литотрофные микроорганизмы. Для своего жизненного процесса они используют не энергию солнечного света или другую органику, а минеральные соединения из пород или воды - сульфат, серу, окислы железа, водород, окислы углерода и т.д. При этом обычно образуются газы - водород, метан, сероводород. Так, в районе гейзеров Сахарный и Сосед микробиологами выделен новый литотрофный микроорганизм - метаноген с температурным оптимумом 60°C. А при 55°C выявлен другой микроорганизм, который производил водород при анаэробном окислении угарного газа. В районе гейзера Великан обнаружены участки тёплого грунта, где за счёт литотрофных термофильных бактерий идёт процесс восстановления окисного железа с образованием магнетита. Эти микроорганизмы, конечно, не видны глазом, но деятельность их очень велика.

moistened by thermal water flow not more than 2-3 mm thick. Their growth rate under such conditions reaches 0.5-1 mm<sup>2</sup> per a day. If the water flow reduces, algae get dry and die. Recent researches have revealed that blue-green algae also participate in the formation of geysers construction. Electronic microscope sometimes shows their silicified threads and tabular formations within geysers. Typical object of the development of blue-green colonies in Valley of Geysers is geysers edifice of geysers (to put it more precisely, pulsating spring) of Malakhitovyi Grot that had got its name for abundant enveloping of malachite colored blue-green algae. There is surely no copper mineral of malachite in its edifice, but the algae themselves make it magnificent.

Beside aerobic blue-green algae, so-called lithotrophic anaerobic microorganisms were found in the Valley of Geysers. For their living process, they use neither energy of the sunlight nor any other organics, but mineral compounds from rocks or waters - sulphate, sulfur, iron oxides, hydrogen, carbon oxides, etc.; at that usually emitting such gases as hydrogen, methane and hydrogen sulfide. Thus, in the vicinity of geysers Sakharnyi and Sosed, microbiologists distinguished a new lithotrophic microorganism - methanogene, with temperature optimum of 60°C. At temperature of 55°C, another microorganism was revealed producing oxygen while anaerobic oxidation of carbon monoxide. In the vicinity of the Velikan geysers, areas of warm ground were found, where reduction of oxide iron with the formation of magnetite occurs due to lithotrophic thermophilic bacteria. These microorganisms can not naturally be recognized by naked eye, but their activity is great.

---

# СВЯЗЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГЕЙЗЕРОВ С ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ, МЕХАНИЗМ ИХ ДЕЙСТВИЯ

## CONNECTION OF ACTIVITY OF GEYSERS WITH HYDROTHERMAL SYSTEM. THE MECHANISM ACTION OF GEYSERS.

---

Схема Гейзерной гидротермальной системы (рис. 4), иллюстрирует вышеизложенное представление о формировании потока высокотемпературных напорных вод. В зоне их разгрузки, там где, благодаря врезу реки Гейзерной, напорный уровень превышает отметки рельефа, подземные воды поднимаются по трещинам к поверхности. По мере их движения вверх уменьшается гидростатическое давление. Поскольку температура воды превышает  $100^{\circ}\text{C}$ , на некоторой глубине начинают появляться пузырьки пара, количество которого все более возрастает, чем ближе вода подходит к поверхности и чем меньше становится давление. Достигнув точки кипения, вода при дальнейшем подъеме «держит» температуру кипения, а избыток тепла, приносимого свежими ее порциями, превращает часть воды в пар. В результате на поверхности появляются пароводяные, кипящие источники, характеризующиеся не только изливом воды, но и выходом пара, и гейзеры, имеющие прерывистый характер извержения пароводяной смеси. Очевидно, что кипящие источники и гейзеры занимают верхнюю и небольшую часть всей системы, движение высокотемпературной воды (температура более  $100^{\circ}\text{C}$ ) в которой есть обязательное условие для их существования. Только вода, с температурой значительно превышающей точку кипения при атмосферном давлении, может вскипать еще до выхода

Scheme of the Geysernaya hydrothermal system (Fig. 4) illustrates the above notion of the formation of the flow of high-temperature pressure waters. In the zone of their discharge, where the pressure level goes beyond the relief marks due to the inset of the Geysernaya river, ground waters ascend to the surface along the fissures. As they are going up, hydrostatic pressure decreases. Since water temperature exceeds  $100^{\circ}\text{C}$ , at a certain depth steam bubbles appear, whose amounts increase the closer water comes to the surface and the lower pressure gets. Once having reached its boiling-point, water “keeps” its boiling temperature when ascending further on, whereas the excess heat supplied by new portions of water turns it partially into steam. In the result, steam-water boiling springs emerge on the surface, characterized not only by water outflow, but also by steam releases, as well as geysers characterized by a kind of broken manner of steam-water mixture outpouring. Obviously, boiling springs and geysers occupy the upper and minor part of the whole system, in which movement of high-temperature (above  $100^{\circ}\text{C}$ ) waters is the indispensable condition for their existence. Only water with temperature exceeding the boiling-point at atmospheric pressure can boil up before its discharge onto the surface. Pressure of the formed steam thus can be higher than

---

на поверхность. Давление образующегося пара при этом может быть выше давления водного столба и привести к выбросу пароводяной смеси.

По аналогии с гидротермальными системами, изученными с помощью буровых скважин, и, учитывая рассчитанную по данным геотермометров температуру в недрах Гейзерной системы, можно полагать, что вскипание, поднимающейся по трещинам и затем каналам гейзеров воды, начинается на глубине, намного превышающей глубину видимой части каналов гейзеров. Например, в скважинах Паужетского геотермального месторождения, уровень начала парообразования в зависимости от конкретных гидрогеологических условий изменялся от 50 до 200 м при температуре резервуара 150-200°C. Трещины, по которым высокотемпературная вода поднимается вверх на участках развития гейзеров, как показывают наблюдения, представляют собой направленные вниз каналы, открытые к поверхности. Форма и площадь их верхнего сечения разнообразны: от круглого до щелевидного, от нескольких квадратных сантиметров до первых квадратных метров. Глубину их заложения удается проследить на небольшом расстоянии от поверхности, так как с удалением эти необычные жерла, заметно сужаясь, теряются в глубине, где соединяются с питающим гейзеры водоносным горизонтом (резервуаром). Некоторые детали строения выходного канала можно наблюдать в перерыве между извержениями. Точную форму и размеры каналов гейзеров на глубине узнать практически невозможно. Более или менее просто можно определить объем канала сразу после извержения. Нам удалось это сделать, закачивая в опустошенный канал холодную воду и измеряя ее расход. Как и следовало ожидать наибольший объем каналов (вернее верхних их частей) оказались у гейзеров, характеризующихся мощными извержениями: Великан (25 м<sup>3</sup>), Большой (20 м<sup>3</sup>), Малый (18 м<sup>3</sup>).

Действие гейзера, как уже упоминалось выше, начинается с излива воды, ох-

pressure of a water column and lead to the ejection of steam-water mixture.

By analogy with hydrothermal systems studied by means of drill holes, and given the deep temperature of the Geysernaya system calculated by the data from geothermometers, we can suggest that boiling of waters (first ascending along fissures and then by geyser channels) starts at depth a bit exceeding that of the visible part of geyser channels. For example, within the wells of Pauzhetka geothermal field, level of the beginning of steam-formation (depending on certain hydrogeological conditions) ranged from 50 to 200 m at reservoir temperature of 150-200°C. Observations show that fissures, along which high-temperature water comes up at the areas of geysers' activity, present downward channels open at the surface. Shape and area of their upper section are quite variable: from round to slot-like, from a few square centimeters up to the first square meters. Their depth can be traced at a small distance from the surface, because the more the distance is, the more these unusual vents, becoming narrower, get lost in the depth where they join aquiferous horizon (reservoir) feeding the geysers. Some details of the channel structure can be observed during the interval between the eruptions. It is almost impossible to learn the exact shape and sizes of geyser channels at depth. More or less simply it is possible to define volume of the channel right after eruption. We managed to do that pumping cold water into the emptied channel and measuring its flow rate. As one would expect the greatest volume of channels (is more true than their top parts) appeared at geysers characterized by the most powerful eruptions: Velikan (25 m<sup>3</sup>), Bolshoi (20 m<sup>3</sup>), Malyi (18 m<sup>3</sup>).

As mentioned above, geyser's operation starts with the outflow of water cooled in the course of the previous eruption. Certain regularity of the outflow gradually starts being interrupted by separate water splashes and emission of

---

лажденной в ходе предыдущего извержения гейзера. Постепенно некоторая равномерность в изливе нарушается отдельными выплесками воды и выделением пузырей пара, которые иногда сопровождаются короткими перерывами в изливе, хотя с течением времени в целом наблюдается его усиление. Момент появления пузырьков пара в изливающейся воде свидетельствует о начале парообразования в более глубоких частях подводящей гидротермы трещине или канале гейзера. Постепенно количество пузырьков пара в канале возрастает, так как продолжающийся излив воды, вызывает приток все более нагретой ее порции. Соответственно, постепенно уменьшается гидростатическое давление в канале, поскольку вес столба воды с паром значительно меньше веса столба незатронутой кипением воды.

Следует иметь в виду также, что пар занимает значительно больший объем. Например, при температуре 150°C и избыточном давлении 1 бар, один килограмм пароводяной смеси содержит всего 5,6 весовых процентов пара, но занимает объем 50 л. При нормальном атмосферном давлении весовая доля пара возрастает до 9,3 %, а объем – до 157 л. То есть пар приблизительно в 50 и соответственно в 150 раз занимает больший объем, чем вода. Можно сказать в этом случае, что увеличивающийся в объеме пар как бы выталкивает воду из канала гейзера. Чем больше изливается или уже выбрасывается воды и пароводяной смеси из канала и интенсивнее поступает в него все более нагретая вода, тем больше образуется пара на все более глубоких уровнях. Кипение охватывает весь столб воды в канале и в подводящей трещине. В результате начинается бурное фонтанирование пароводяной смеси, что и называется извержением гейзера. В этот момент за короткое время выбрасывается огромное количество воды и пара по сравнению с расходом при изливе до начала кипения. Эффектное извержение гейзера довольно быстро прекращается, видимая деятельность гейзера затухает и часто над

steam bubbles, sometimes accompanied by short pauses in the outflow, though, on the whole, its intensity increases with time. The moment of steam bubbles' appearance in the flowing water indicates the beginning of steam-formation in deeper parts of the feeding hydrotherm fissure or in the geyser channel. Progressively, the number of bubbles in the channel increases, since the continuing water outflow causes the supply of its more and more heated portions. Accordingly, hydrostatic pressure within the channel decreases, because the weight of steam-water column is much lower than that of water column unaffected by boiling.

It should be also taken into consideration that steam takes much greater volume. For instance, at a temperature of 150°C and pressure of 1 bar, 1 kg of steam-water mixture contains only 5,6 weight percent of steam, but its volume is 50 l; at atmospheric pressure, steam portion grows up to 9.3 %, and volume – up to 157 l. That is steam approximately in 50 and accordingly in 150 times the greater volume, than water occupies. In this case, we can state that increasing volume of steam as if pushes water out of the geyser channel. The more water and steam-water mixture flows or bursts out of the channel and the more intensively heated water is supplied into it, the more steam is formed at still deeper levels. Boiling creeps all over the water column within the channel and feeding fissure. In the result, violent spouting of steam-water mixture starts that is called the geyser eruption. At that moment, great volumes of steam and water are ejected if compare to the flow rate during the outflow prior to the beginning of boiling. Spectacular geyser eruption stops quite quickly, visible geyser activity fades down and moderate steaming can be often observed over the channel. At last, steaming ceases as well, indicating the beginning of the period of relative quietness before the new eruption, during which the emptied channel is gradually

---



каналом наблюдается слабое выделение пара. Наконец, прекращается и парение. Наступает относительный покой до нового извержения, в течение которого опустошенный канал постепенно заполняется новыми порциями высокотемпературной воды, поступающей из водоносного пласта. Далее можно наблюдать повторение описанной картины работы гейзера, в которой заметно выделяются четыре основные стадии, составляющие один полный цикл. Их условные названия: стадия излива, стадия фонтанирования, стадия парения и стадия наполнения или восстановления уровня воды в канале (рис. 7). Полный период работы гейзера, включающий все стадии, называют периодичностью гейзера и измеряют ее временем, проходящим от одной стадии до другой такой же стадии следующего цикла, например, временем между стадиями фонтанирования (извержения).

Из многих гипотез, объясняющих причины прерывистого и разнообразного характера действия гейзеров, большая часть опирается на фактор возможного поступления холодной воды в канал и сложность его строения. Г. Маккензи, впервые (в 1811 г.) затронувший вопрос о механизме действия гейзеров, пришел к заключению о большой роли подземных камер, где происходит образование пара, участвующего в извержении гейзеров. Затем эти представления развил Круг фон Нида в 1883 г., добавив рассуждения об условиях прохождения пара через столб воды и его скопление в подземных камерах, обуславливающих различие между кипящим источником и гейзером. В 1846 г. Р. Бунзен и А. Деклаузо, чтобы объяснить действие гейзеров Исландии, разработали теорию их извержений. В ее основу положены данные распределения температуры в водном столбе канала гейзера, показавшего перегрев воды и соответственно возможность образования пара в канале. Это и приводит в конечном итоге к извержению пароводяной смеси. По сути правильный подход, к сожалению, не

filled with new portions of high-temperature water supplied from the aquiferous stratum. Further on, one can observe recurrence of the described picture of work of a geyser, in which four basic stages making one full cycle are appreciably allocated: water outflow, spouting, steaming and filling or replenishment of water in the channel (Fig. 7). Complete period of geyser operation, including all the above stages, is called geyser periodicity and is measured by the time passing from one stage till the same stage of the next cycle, for instance, by the time interval between two stages of spouting (eruptions).

Most of hypotheses explaining the causes of broken and variable character of geyser operation, are based upon the factor of probable supply of cold water into the channel, as well as upon the complexity of its structure. G. Maccenzi, who was the first (in 1811) to put a question on geyser action mechanism, came to a conclusion about the great role of underground chambers where the steam is formed that participates in geyser eruptions. These notions were further developed by Krug fon Nida in 1883, having added his ideas about conditions of steam passing through water column and its accumulation in underground chambers accounting for the difference between a boiling spring and a geyser. In 1846, R. Bunzen and A. Declauzo worked out a theory of the eruptions of Icelandic geysers, in order to explain their operation. The theory was based upon the data on temperature distribution within water column of geyser channel, which had shown water overheating and, accordingly, possibility of steam formation within the channel that leads to the ejection of steam-water mixture. Unfortunately, this approach did not find its further development at that time to explain periodicity of geyser operation. H. Lang (1880) associated interrupted geyser operation to the supply of cold water. Quite realistic notions of geyser activity were given by E. Allen and A.

---

**Рис. 7. Принципиальная схема действия гейзера.**

I – Стадия излива воды, охлажденной в ходе предыдущего извержения гейзера ( $T < 100^{\circ}\text{C}$ ). Равномерность излива нарушается отдельными выплесками воды и выделением пузырей пара, которые иногда сопровождаются короткими перерывами в изливе, хотя в целом наблюдается его усиление за счет притока высокотемпературной воды ( $T > 100^{\circ}\text{C}$ );

II – Стадия извержения. Приток все более нагретой порции высокотемпературной воды ( $T > 100^{\circ}\text{C}$ ) приводит к увеличению пузырьков пара, уменьшая гидростатическое давление в канале, поскольку вес столба воды с паром значительно меньше веса столба незатронутой кипением воды. Кипение, наконец, охватывает весь столб воды в канале и в подводящей трещине. В результате начинается бурное фонтанирование пароводяной смеси, что и называется извержением гейзера;

III – Стадия парения. После эффектного извержения гейзера часто над каналом наблюдается слабое парение, с прекращением которого заканчивается видимая деятельность гейзера (температура на поверхности воды в канале и его устье равна или менее  $100^{\circ}\text{C}$ );

IV – Стадия наполнения или восстановления уровня воды в канале. Период относительного покоя до нового извержения, в течение которого опустошенный канал (температура на поверхности воды в канале менее  $100^{\circ}\text{C}$  –  $T < 100^{\circ}\text{C}$ ) постепенно заполняется новыми порциями высокотемпературной воды, поступающей из водоносного пласта.

1 – водоупорные породы; 2 – породы, содержащие подземные воды с температурой более  $100^{\circ}\text{C}$ ; 3 – пьезометрический уровень; 4 – направление движения горячих вод; 5 – положение воды в канале гейзера и подводящей трещине в различные стадии цикла.

**Fig. 7. Principal scheme of action of a geyser**

I – Stage of water outflow, cooled in the course of previous eruption of the geyser ( $T < 100^{\circ}\text{C}$ ). Steadiness of the water outflow is broken by separate splashes of water and emission of vapor bubbles sometimes accompanied by short pauses of the outflow, though on the whole, its intensification is observed due to the supply of high-temperature waters ( $T > 100^{\circ}\text{C}$ );

II – Stage of eruption. Supply of more and more heated portions of high-temperature waters ( $T > 100^{\circ}\text{C}$ ) results in the enlargement of steam bubbles, thus decreasing hydrostatic pressure within the channel, since the weight of water column with steam is significantly less than that of column unaffected by boiling of water. Finally, boiling spans all over the water column in the channel and in the intake fissure. As a result, vigorous spouting of steam-water mixture starts, with is called the eruption of a geyser;

III – Steaming stage. After an effective geyser eruption, light steaming is observed beneath the channel, with the seizure of which visible activity of the geyser ends up (temperature of water surface in the channel and its mouth is  $< 100^{\circ}\text{C}$ );

IV – Stage filling or replenishment of water level in the channel. It is the period of relative quiescence before a new eruption, during which the emptied channel (temperature of water surface in the channel less than  $100^{\circ}\text{C}$ ) is being gradually filled with new portions of high-temperature water arriving from the aquiferous stratum.

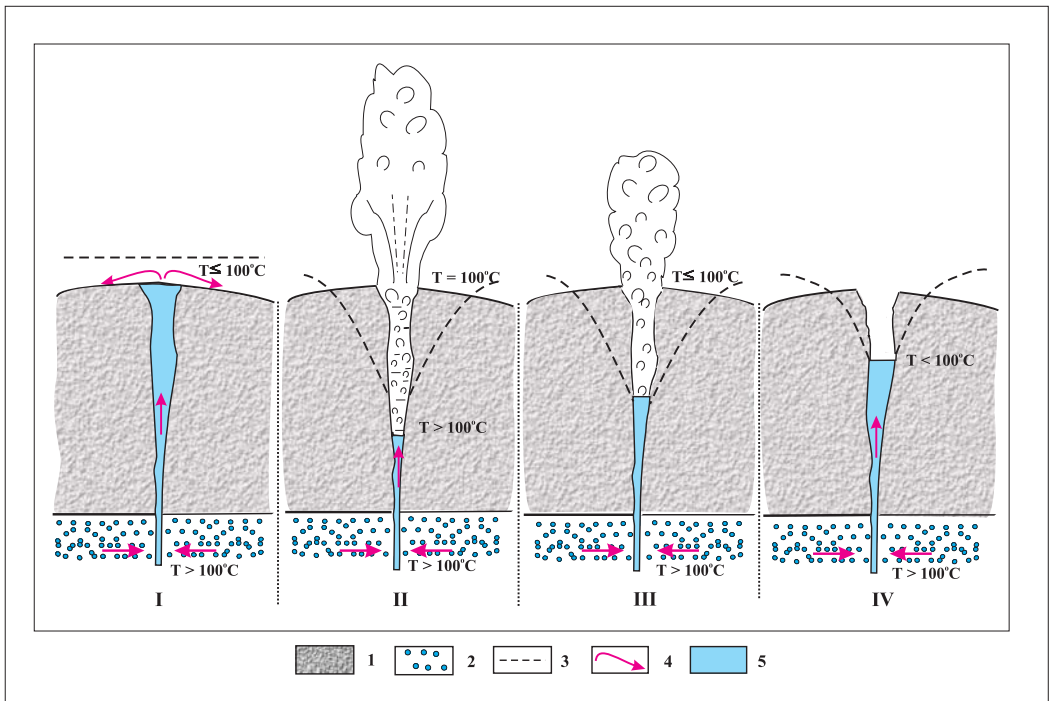
1 – waterproof rocks; 2 – rocks containing underground waters with temperature above  $100^{\circ}\text{C}$ ; piezometric level; 4 – direction of hot water movement; 5 – position of water within the geyser channel and intake fissure at different stages of the cycle.

нашел в то время дальнейшего развития для объяснения периодической работы гейзеров. Х. Ланг (1880 г.) прерывистое действие гейзеров связывал с притоком холодной воды. Достаточно реалистические представления о действии гейзеров изложили Е. Аллен и А. Дэй (1935 г.), опиравшиеся в своей работе на 65-тилетние наблюдения за гейзерами Йеллоустонского национального парка. Однако и они считали, что приток холодной воды в канал гейзера является необходимым условием их периодического действия. В общем, правильное объяснение действия гейзеров и необходимых условий их существования сделано Т.И. Устиновой. Хотя и она привлекает, как обязательное условие перерыва в работе гейзеров, поступление в канал холодной воды.

Многое в реализации гейзерного режима прояснилось в ходе изучения геотермальных месторождений с помощью бурения скважин, продукция которых, в частности, представляет собой пароводяную смесь (фото 105). Некоторые скважины,

Day (1935), who based their work on 65-year surveys of geysers in Yellowstone National Park. However, they also considered supply of cold water into the geyser channel to be the necessary condition for their periodical operation. In general, correct explanation of geyser operation and requirements for their existence was made by T.I. Ustinova, though she involves, as a necessary condition of the break in geyser activity, entry of cold water into the channel.

Much in realization of geyser regime has cleared up during studying geothermal fields with the help of drilling of wells which production, in particular, represents a steam-water mixture (Photo 105). Some wells, like ones at the Puzhetka field (Kamchatka), were characterized by broken (geyser-type) regime of steam-water mixture outflow. Steam-water drill hole is well isolated in the upper part of the casing tube, which prevents it from entry of cold surface and ground waters. In contrast to natural geysers, in this case the role of the channel was taken



как, например на Паужетском месторождении (Камчатка), характеризовались прерывистым (гейзерным) режимом истечения пароводяной смеси. Пароводяная скважина хорошо изолирована в верхней части обсадной трубой, что исключает приток в нее холодных поверхностных и грунтовых вод. В отличие от природных гейзеров в данном случае роль канала выполняет обсадная труба с известным и постоянным сечением и правильной геометрией. Возникновение гейзерного режима в такого рода скважинах опровергает как главные факторы влияния на прерывистый режим работы гейзеров периодическое попадание холодной воды или изменяющуюся геометрию канала.

Принципиально верный механизм действия гейзеров стал понятен при анализе работы пароводяных скважин, показавшем что процессы, приводящие к гейзерному режиму, связаны с системой скважина (канал гейзера) – водоносный пласт. В 1959 г. А.С. Нехорошев и В.В. Аверьев одновременно показали, что эффект опережающего движения пара в стволе скважины (канала гейзера) является ведущим в возникновении гейзерного режима. Из-за различных физических свойств вода и пар в стволе пароводяной скважины и канале гейзера движутся с различными скоростями, причем пар, обладающий меньшими объемным весом и вязкостью, движется значительно быстрее воды. В результате, за счет постоянного кипения и отделения пара, температура воды понижается ниже точки кипения при данном давлении (в канале гейзера до 100°C). Кипение прекращается,

by the casing tube with known and constant section and regular geometry. Occurrence of geyser regime in drill holes of this kind denies periodical entrance of cold water or changing geometry of the channel to be the major factors affecting the broken manner of geyser operation.

Principally true mechanism of action of geysers became clear at the analysis of work of steam-water wells, shown that the processes leading to geyser regime are connected to the system “well (geyser channel) – aquiferous stratum”. In 1959, A.S. Nekhoroshev and V.V. Averiiev concurrently demonstrated that the effect of advanced movement of steam



**105. Вертикальный выпуск пароводяной смеси из скважин на Больше-Банном геотермальном месторождении (Камчатка).**

*Vertical discharge of steam-water mixture from the wells at the Bolshe-Bannoye geothermal field (Kamchatka).*



---

соответственно прекращается выделение пара и депарированная вода остается в канале. Наступает перерыв в извержении гейзера.

Напомним важное обстоятельство. Из-за превосходящего объёма пара по сравнению с тем же по весу объёмом воды, опережающее движение пара возможно по каналам достаточно большого сечения. В противном случае значительное гидравлическое сопротивление существенно ограничит “свободное” его движение. Поэтому выходные отверстия каналов гейзеров представляют часто обширные бассейны (ванны), а сами каналы достигают в сечении первые квадратные метры. В практических работах по испытанию пароводяных скважин на Паужетском геотермальном месторождении их гейзерный или пульсирующий режим удалось переводить в непрерывный режим истечения пароводяной смеси за счет уменьшения сечения выходного отверстия регулируемым вентилем. Уменьшение сечения отверстия приводит к ограничению выхода пара, вследствие чего вода уже не отстаёт от него, они движутся вместе и одновременно выбрасываются из скважины. Это же происходит при работе кипящих (пароводяных) источников с постоянным или пульсирующим режимом.

Сходные представления о действии гейзеров были изложены также Дональдом Е. Уайтом (США).

А какова же роль водоносного пласта?

Выше говорилось о том, что после прекращения извержения гейзера его действие может возобновиться тогда, когда охлажденная кипением вода нагреется до температуры выше точки кипения при данном давлении. Это происходит, как правило, за счет поступления в канал новых порций нагретой воды из водоносного пласта. Скорость (расход) этого поступления зависит от фильтрационных свойств водо-вмещающих пород, а точнее – от конкретной гидрогеологической обстановки на участке расположения гейзеров. Если во-

within the drill hole (geyser channel) is prevalent in the occurrence of geyser regime. Because of different physical properties, water and steam within the drill hole and geyser channel move on with different velocities, where steam moves much faster having lower volume weight and viscosity. In the result, due to continuous boiling and steam release, water temperature goes below the boiling-point at a given pressure (up to 100°C within the geyser channel). Boiling ceases, as well as steam emission and the water remains in the channel. There comes a break in eruption of a geyser. Let us recall an important fact. Due to the larger volume of steam if compared to that of water, anticipatory movement of steam is possible along the channels with quite a large-scale section. Otherwise, hydraulic resistivity will considerably restrict its “free” movement. That is why geyser channel vents often present vast baths, while the channels themselves reach first square meters in their sections. In the course of applied works on testing steam-water wells at the Puzhetka geothermal field, their geyser or pulsating regime was switched to the uninterrupted manner of steam-water mixture outflow due to reduction of vent diameter by means of controlled valve. Reduction of vent section allows limiting of steam emission, due to which water is not retarded, they move together and are simultaneously ejected out of the well. The same occurs in the course of operation of boiling (steam-water) springs with constant or pulsating regime.

Similar representations about action of geysers have been stated also to Donald E. White (USA).

So, what is the role of aquiferous stratum?

As mentioned above, after the geyser eruption, its operation may recommence provided that cooled water will be heated up to the temperature above the boiling-point at a given pressure. That occurs, as a rule, due to supply of new por-

---

доприток в канал (скважину) ограничен, то неизбежен более или менее длительный перерыв в извержении, так как значительный расход пароводяной смеси в момент извержения не компенсируется поступлением воды. Поэтому можно сказать также, что причины гейзерного режима кроются в несоответствии между недостаточным питанием гейзера и выбросом большого объёма пароводяной смеси, определяемым обширным диаметром канала гейзера. Математическими расчетами это подтвердил позднее известный исследователь гейзерного процесса В.А. Дрознин.

Постоянно действующие и пульсирующие кипящие (пароводяные) источники характеризуются установившимся равновесием между притоком воды и истечением пароводяной смеси. Не случайно пароводяная смесь в них выходит из узких трещин или небольших отверстий в породах. А сами источники располагаются вблизи уреза реки Гейзерная или в руслах ручьев, где имеются более благоприятные условия для поступления высокотемпературной воды на поверхность. В отличие от источников, гейзеры, как отметила ещё Т.И. Устинова, отмечаются в среднем на более высоких гипсометрических уровнях.

Итак, можно назвать необходимые условия существования гейзеров:

1. Наличие водоносного пласта, содержащего воду с температурой более 100°C;

2. Возможность кипения в канале или подводящей трещине за счет притока высокотемпературной воды и достаточно большого сечения (объёма) канала;

3. Замена охлажденной воды в канале более высокотемпературными ее порциями либо путем излива (чаще всего), либо нагрева за счет конвекции. В целом это выражается в возможности выброса большого количества высокотемпературной воды в виде пароводяной смеси и несбалансированным её притоком в канал. Следует отметить, что холодная вода может или попадает в выходное отверстие гейзера в

tions of heated water from the aquifer into the channel. Rate (flow rate) of this supply depends upon filtrational properties of water-bearing rocks, to be more precise, upon certain hydrogeological conditions at the area of geyser location. If water influx into the channel (well) is limited, more or less continuous pause in the eruption is inevitable, since considerable discharge of steam-water mixture at the moment of eruption is not compensated by water supply. Thus, it can be also stated that causes of geyser regime occurrence lay in the disagreement between insufficient geyser feeding and ejection of great volume of steam-water mixture determined by great diameter of geyser channel. This was later confirmed by mathematic calculations carried out by a famous explorer of the geyser process V.A. Droznin.

Continuously operating and pulsating boiling (steam-water) springs are characterized by stable equilibrium between water influx and outflow of steam-water mixture. It is not accidental that steam-water mixture in them comes out of narrow fissures or small pores in rocks. Springs themselves are located close to the Geysernaya river brink or at stream beds where conditions are more favorable for the supply of high-temperature waters onto the surface. T.I. Ustinova noted that in contrast to springs, geysers are generally found at higher hypsometric levels.

So, we can enumerate the necessary conditions for the existence of geysers:

1. Presence of aquiferous stratum containing water with temperature above 100°C;

2. Possibility of boiling in the channel or feeding fissure due to inflow of high-temperature water and rather large volume of the channel;

3. replacement of cooled water in the channel by its more high-temperature portions either by means of water outflow (more often) or heating due to convection. In general, it is manifested in the possi-

---

виде осадков или охлажденной, извергнутой воды самого гейзера. Но это может сказаться только на кратковременном изменении длительности цикла и не может повлиять на прерывистое действие гейзера в целом.

Изложенные представления об общем механизме действия гейзеров не всегда можно применить для объяснения действия конкретных гейзеров, настолько разнообразен их режим. Многие исследователи даже полагают, что необходима разработка механизма действия для каждого гейзера. На самом деле разнообразный характер действия гейзеров укладывается в рамки рассмотренной схемы, но требует для его объяснения привлечения второстепенных факторов, также влияющих на действие конкретного гейзера в реальной обстановке. Различный характер деятельности определяется, прежде всего, гидрогеологическими условиями: положением пьезометрического уровня термального водоносного комплекса, фильтрационными свойствами водосодержащих пород, а также сечением и формой верхней части канала и его объемом. Наряду с крупными известными гейзерами, в действии которых ясно выделяются упоминавшиеся четыре стадии, существуют небольшие гейзеры с нечетко выраженными стадиями излива и парения или даже их отсутствием. Пропуск стадии излива, обычно наблюдаемый у гейзеров с малыми расходом воды и продолжительностью цикла, можно объяснить тем, что канал гейзера хорошо изолирован и прогреет близ расположенными выходами горячей воды и пара. После прекращения извержения вода, оставшаяся в канале, нагревается не только за счет поступления перегретой воды из глубины, но и при контакте с нагретыми стенками канала, и, едва поднявшись к поверхности, вскипает, начиная новое извержение. Напротив, для гейзеров с такими же характеристиками отсутствие стадии парения, объясняется охлаждением верхней части канала гейзера (напри-

мости of ejection of great portions of high-temperature waters in the form of steam-water mixture, as well as its non-balanced entry into the channel. It should be noted that cold water may or doe enter the geyser outlet vent in the form of precipitates or cooled ejected water of the geyser itself. But this may affect only a short-term change of cycle duration and can not influence the broken manner of geyser operation on the whole.

The stated representations about the general mechanism of action of geysers not always can be applied to an explanation of action of concrete geysers, since their regimes are quite diverse. Many researchers believe that it is necessary to work out operation mechanisms for each given geyser. In fact, variable character of action of geysers fits the frameworks of the scheme considered, but requires for its explanation involvement of minor factors also influencing the regime of any given geyser in reality. Variable character of activity is first of all accounted for by hydrogeological conditions: location of piezometric level of thermal aquiferous complex, filtrational properties of water-bearing rocks, as well as the section and shape of the upper part of the channel and its volume. Beside the large well-known geysers in whose operation the abovementioned four stages can be clearly distinguished, there exist smaller geysers with unclearly expressed stages of water outflow and steaming, or even ones missing those stages. Omission of the outflow stage, usually observed in geysers with small debit rate and short cycle, can be explained by the fact that the geyser channel is well isolated and heated by nearby discharges of hot water and steam. After the eruption, water remaining in the channel is heated not only due to the supply of its overheated portions from the depth, but also due to the contact with heated sides of the channel and, having hardly reached the surface, it boils up thus giving start to a new eruption. On

---

мер, попаданием холодной воды) и быстрой конденсацией пара в канале. В некоторых случаях парение просто незаметно, если расход пара ничтожно мал.

Уже в результате обработки первых систематических записей периодичности основных гейзеров в Долине Гейзеров Н.Г. Сугробовой были выделены гейзеры с относительно постоянным ритмом деятельности и гейзеры с нестабильным режимом, характеризующимся значительными изменениями продолжительности циклов. Первые, как и следовало ожидать, характеризуются небольшой площадью выходного отверстия канала, коротким циклом действия (в среднем до 35 минут) и сравнительно небольшими объемами каналов. К ним можно отнести гейзеры Щель, Малый, Конус, Фонтан, Розовый Конус и др. Площадь воронки этих гейзеров, как правило, не превышает  $1 \text{ м}^2$ , а объем воронки и канала обычно меньше  $10 \text{ м}^3$ . Режим этой группы гейзеров в меньшей степени зависит от вариаций гидрометеорологических факторов. Гейзеры второй группы (Великан, Горизонтальный, Большой, Тройной, Первенец) характерны тем, что они имеют большие объемы каналов, а их выходные отверстия представляют большие воронки - ванны. Продолжительность циклов достигает нескольких часов, наблюдается длительный перерыв между извержениями и большие амплитуды колебания продолжительности цикла во времени. Режим гейзеров этой группы характеризуется в целом большей взаимосвязью с гидрометеорологическими условиями. В этой связи можно сказать, что чем ближе устройство канала гейзера к скважине (небольшое правильной формы сечение канала и такое же выходное его отверстие), тем стабильнее цикличность гейзера. В противном случае, когда отмечается несоизмерно большое выходное отверстие в виде бассейна - ванны, а канал далек от цилиндрической формы, свойственной скважине, отмечаются заметные отклонения в регулярном ритме действия.

the contrary, for geysers with similar characteristics, absence of the steaming stage is accounted for by cooling of the upper part of the geyser channel (for instance, due to cold water occurrence) and rapid steam condensation in the channel. In some cases, steaming is simply invisible, if steam emission rate is negligibly small.

In the result of interpretation of first systematic records periodicity of major geysers in the Valley of Geysers, N.S. Sugrobova distinguished geysers with constant operation mode and ones with unstable regime characterized by significant changes of cycle duration. For geysers of the first type, as it could be expected, typical is small area of the channel vent, short operation cycle (up to 35 minutes, on the average) and comparatively small volume of channels. Such geysers as Shchel, Malyi, Konus, Fontan, Rozovyi Konus, etc., can be referred to this group. Crater of such geysers does not typically exceed  $1 \text{ m}^2$ , while the volume of the geyser crater and channel is usually less than  $10 \text{ m}^3$ . Their regime is to a lesser degree dependent upon variations of hydrometeorological factors. Geysers of the second type (Velikan, Gorizontalnyi, Bolshoi, Troinoi, Pervenets) are characterized by greater volumes of channels, and their vents present large geyser crater - baths. Duration of their cycles is up to several hours, with long interval between the eruptions and wide range of variations of cycle duration in time. In general, regime of such geysers much more depends on hydrometeorological conditions. In this connection it is possible to tell that the more the geyser structure resembles that of a well (small regularly-shaped channel section and the same its vent), the more stable cyclicity of a geyser. Otherwise, when the discharge vent is disproportionally big and has the form of basin - bath, and the channel is far not cylindrical (which would be typical for a well), significant deviations of regular operation mode are recorded.

---



---

# **РЕЖИМ ГЕЙЗЕРОВ. ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ ГЕЙЗЕРОВ.**

## **REGIME OF GEYSERS. CHANGE OF HYDROTHERMAL ACTIVITY. DURATION OF A LIFE OF GEYSERS.**

---

---

### **РЕЖИМ ГЕЙЗЕРОВ.**

### **REGIME OF GEYSERS**

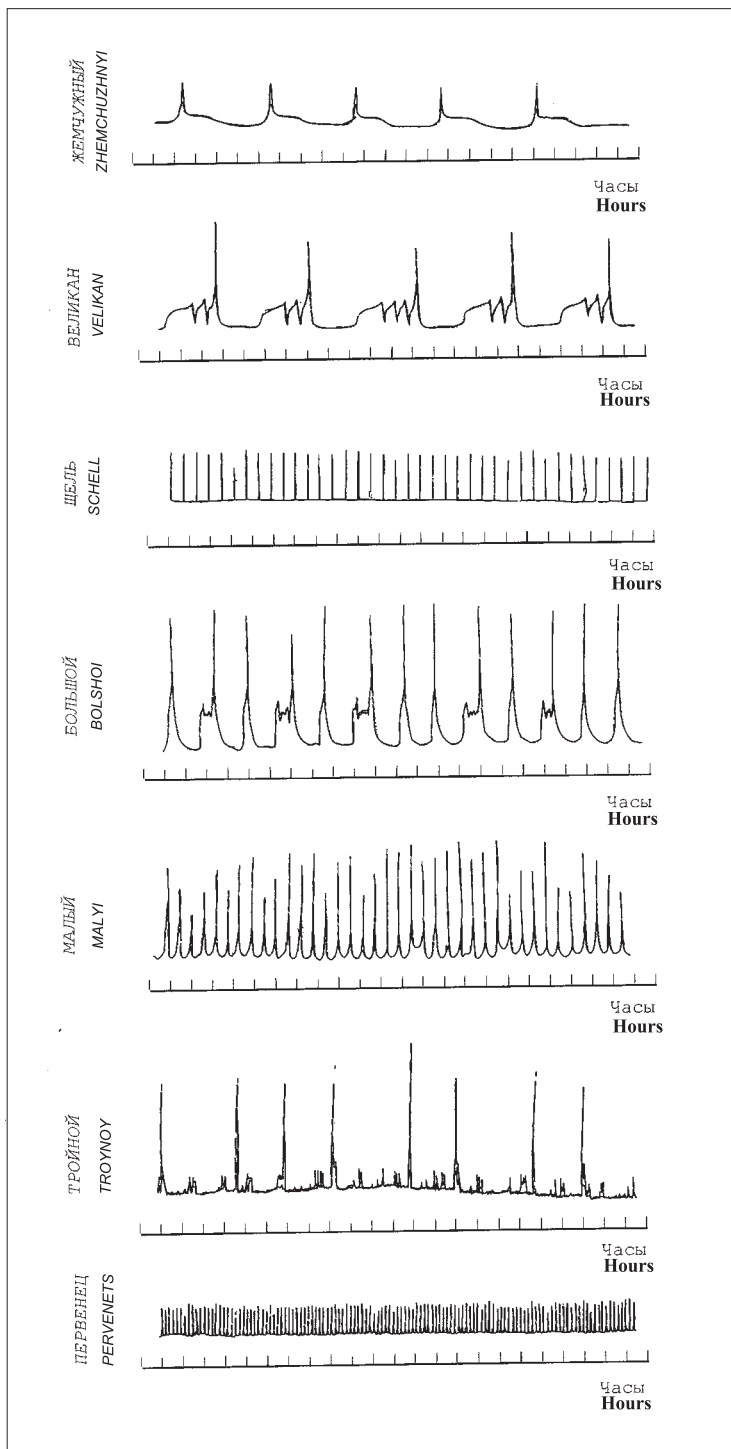
---

О режиме гейзеров в Долине гейзеров сейчас мы можем судить по данным наблюдений более чем за полвека, начиная от первых записей, сделанных в 1941 г. Т.И. Устиновой. Понятно, что предметом наблюдений за режимом действия гейзеров были, прежде всего: продолжительность полного цикла - главная особенность, отличающая один гейзер от другого, отдельных его стадий, химический состав воды, общее состояние гейзеритовой постройки.

На первом этапе (1941-1972 гг.) наблюдения за деятельностью гейзеров носили эпизодический и разноплановый и часто случайный характер. Это касалось и выбора гейзеров для наблюдений, и времени года (как правило, лето, осень), и выделения и описания отдельных стадий, и длительности наблюдений. Тем не менее, все данные, касающиеся режима гейзеров, представляют большую ценность, как своего рода отправные точки для сравнения с последующими результатами. С 1972 г. нами и другими сотрудниками Института вулканологии проводилась систематическая регистрация периодичности основных

Nowadays, we can judge about regime of geysers in the Valley of Geysers basing upon the data of over 50 years' observations, starting from the first records made by T.I. Ustinova in 1941. Clearly that the subject of observations over a regime of action of geyser were first of all, duration of the complete cycle – major peculiarity in which one geyser differs from another one, as well as duration of its separate stages, chemical composition of water, general state of the geyserite construction.

At the first stage (1941-1972), observations of geyser activity were occasional and sporadic. The same concerned the choice of geysers to be studied, time of the year (as a rule, summer and autumn), recognition and description of separate stages and duration of the surveys. Nevertheless, all the data on regime of geysers are of a great value as a sort of starting points for the comparison of the following results. Since 1972, members of the Institute of Volcanology have been carrying out systematic recording of pe-



**Рис. 8. Диаграммы записи режима гейзеров самописцем уровня воды "Валдай".**

**Fig. 8. Diagrams of record of regime of geysers a recorder of water level "Valdai"**

гейзеров с помощью самопишущего уровнемера типа “Валдай”. Запись производится на бумажной ленте, закрепленной на барабане, который шнуром соединен с поплавком, опущенным в водоток, по которому стекает вода из выходного отверстия канала гейзера. Колебания поплавка заставляют синхронно вращаться барабан, а закрепленное по горизонтали перо с чернилами, протаскиваемое часовым механизмом уровнемера с суточным или с недельным заводом, фиксирует, таким образом, на бумажной ленте положение уровня воды. Горизонтальная запись самописца на диаграмме соответствует периоду, когда воды на поверхности нет, т. е. стадии наполнения воронки гейзера. Вертикальный подъем линии на диаграмме означает начало стадии излива и фонтанирования. Моменты фонтанирования особенно четко отражены на диаграммах всех гейзеров характерным пиком, соответствующему резкому подъему уровня из-за увеличения расхода воды. Продолжительность цикла наиболее точно определяется по расстоянию между двумя пиками или серии таких пиков. Период отдельных стадий удавалось установить для гейзеров с большой продолжительностью цикла и стадий, как, например, для гейзера Великан, на диаграмме которого хорошо фиксируется стадия излива и периодическое усиление излива. Примеры записи режима некоторых гейзеров уровнемером “Валдай” показаны на рис. 8.

В последние годы запись режима гейзеров осуществляется автоматической системой регистрации, основанной на фиксировании электрического сигнала, возникающего после замыкания цепи изливающейся водой. Преимущество системы, внедренной В.А. Дрозниным, заключается в возможности более точной отметки начала излива воды, автономного длительного сбора, хранения и передачи непосредственно в компьютер для дальнейшей обработки.

Для полной картины исследования режима гейзеров данные наблюдений за периодичностью дополнялись сведениями

periodicity of major geysers by means of self-recording level-gage of the “Valdai” type. Recording is made on paper stripes fixed at reel connected by a cord to the floater that is placed in the water flow by which water runs out of the geyser channel vent. Fluctuations of the floater make the reel rotate synchronically, while the horizontally fixed fountain-pen dragged by the clockwork of the level-gage thus records the water level on the paper stripe. Horizontal record of the self-recorder in the diagram corresponds to the period when there is no water on the surface, that is, to the stage filling or replenishment of water in the channel of geyser. Vertical rise of the diagram line marks the beginning of the water outflow and spouting stages. Moments of eruption are clearly marked in the diagrams from all the geysers by a typical peak corresponding to the abrupt rise of water level due to the increasing water flow rate. Cycle duration is most precisely determined by the distance between two of such peaks or the series of them. Period of separate stages could be determined for geysers with long cycles as, for instance, geyser Velikan, in whose diagram water outflow stage itself and periodical enlargements of the outflow are well distinguished and recorded. Examples of records made by the “Valdai” level-gage are depicted in Fig. 8.

During the recent years, regime of geysers has been recorded by means of automatic recording system based on fixing the electric signal that appears right after the circuit closing by outpouring water. Advantage of the system introduced by V.A. Droznin is the ability of more precise fixing of the beginning of water outflow, independent long-term recording, storage and transmission of the data to the computer for further interpretation.

To complete the picture of regime of geysers studies, periodicity survey data were supplemented by information on chemical composition of major geysers’ waters, obtained by means of sys-

**Таблица 4. Характеристика основных гейзеров (период наблюдений 1941–1993 годы).**  
**Table 4. Characteristics of major geysers (observation period: 1941–1993)**

Гейзеры. Geysers	Продолжительность полного цикла, минуты Complete cycle duration, min.			Общая минерализация воды, г/л Total water salinity, g/l	Характерные компоненты химического состава воды, мг/л Typical components of water's chemical composition, mg/l							
	Мини- мальная minimum	Макси- мальная maximum	средняя average		Продолжи- тельность извержения, минуты eruption duration, minutes	Хлор (Cl <sup>-</sup> )	Сульфат (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	Гидрокар- бонаты (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> )	Натрий (Na <sup>+</sup> )	Калий (K <sup>+</sup> )	Кальций (Ca <sup>++</sup> )	Двуокись кремния (SiO <sub>2</sub> )
Перевец Perepets	11	138	33	1,4	440	115	70,6	330	26	18	192,5	11,4
Тройной Troinoy	110	270	160	1,9	659	138	77,6	460	46	13	248,7	18,0
Конус Konus	18	37	24	1,6	596	125		436	32	16	169,4	15,4
Малый Mal'yi	32	41	36	1,6	567	106	73,7	412	25	14	187,5	13,8
Большой Bolshoi	60	170	100	2,1	794	163	59,1	555	37	23	231,2	22,0
Щель Shehel	35	40	36	2,1	823	144	60,8	546	44	18	230,0	16,8
Фонтан Fontan	10	24	16	1,9	780	92	68,6	488	57	18	173,8	20,0
Великан Velikan	140	1090	320	2,2	831	154	76,5	572	55	23	236,2	18,2
Жемчужный Zhemchuzhnyi	150	340	240	2,4	868	154	79	600	51	22	291,2	26,1
Горизонтальный Gorizontalnyy	90	111	100	2,1	809	131	64	541	57	19	228,8	19,8
Розовый Конус Rozovyy Konus	14	16	15	1,9	702	106	69,6	482	36	18	223,1	17,7
Бурлящий Burl'yashchiy	10	20	15	1,4	486	115	54,6	345	20	23	173,8	13,1
Восьмерка Vos'merka	8	68	37	1,9	702	144	63,3	482	29	30	238,1	21



---

о химическом составе воды основных гейзеров, контролируемом систематическим (примерно один раз в месяц) анализом проб. Усредненная характеристика гейзеров с наибольшим периодом наблюдений приведена в таблице 4.

Выше мы говорили о том, что периодичность гейзеров заметно изменяется, прежде всего, под воздействием гидрометеорологических условий. Отклонения в режиме гейзеров под влиянием изменений гидрометеорологических условий, как показали наши исследования, краткосрочны и относятся к временным кажущимся изменениям режима. Режим быстро восстанавливается, то есть продолжительность всего цикла и его отдельных стадий приближается к средним значениям, характерным для данного времени года. Так, например, частота извержений гейзера Великан значительно изменялась в разные годы и месяцы. В 1974 г. диапазон величин полного цикла изменялся от 1 час 30 мин до 10 часов и более; в 1976 г. - от 2 час 20 мин до 9 часов; в 1978 г. - от 2 час 30 мин до 8 час 30 мин. Средняя продолжительность цикла при этом сохранялась и равнялась 5 часам. Наиболее показательны вариации цикла были в 1974-1975 годах, когда запись режима гейзеров проводилась непрерывно целый год. Наибольший разброс величин наблюдался в "неспокойные" по метеоусловиям периоды, - в январе, феврале, декабре месяцах. Стабильностью режима отмечены июнь, июль 1974 г., когда циклы одной продолжительности (4-5 часов) встречались в 80% случаев от всего числа наблюдаемых в течение месяца.

Поскольку гидрометеорологические факторы (атмосферное давление, уровень воды в реке, количества осадков, скорость ветра, температура воздуха) действуют одновременно и в каждый момент с различной интенсивностью, очень трудно выявить влияние каждого из них на режим того или иного гейзера. Только анализ большого ряда наблюдений, проведенный Н.Г. Сугробовой, позволил охарактеризовать линейную связь между среднесуточ-

tematic (once a month) probe analysis. Averaged characteristic of geysers with the greatest observation period is given in Table 4.

As mentioned above, geyser periodicity is undergoes notable changes, first of all, due to the effect of hydrometeorological conditions. Our surveys have shown that deviations of regime of geysers subjected to the changes of hydrometeorological conditions are short-term one and are referred to temporal apparent changes of the regime that is quickly restored and duration of the whole cycle and its separate stages reaches its average values typical for the given time of year. Thus, periodicity of the Velikan geyser eruptions varied significantly from year to year and from month to month: in 1974, complete cycle ranged from 1.5 hour to 10 hours and more; in 1976 – from 140 minutes to 9 hours; in 1978 – from 2.5 hours to 8.5 hours, whereas average duration of the cycle was quite constant (5 hours). The most indicative cycle variations were in 1974-1975, when regime of geysers was recorded continuously full year. Greatest dispersion of values was observed in "unquiet" meteorological periods – in December, January and February. June and July of 1974 were marked by the stability of the regime, when cycles of the same duration (4-5 hours) made up 80% of all observed within a month.

Since hydrometeorological factors (atmospheric pressure, water level in the river, rain capacity, wind velocity and air temperature) come into effect simultaneously and with various intensity every next moment, it is quite difficult to determine how every one of them affects the regime of each given geyser. Only the analysis of a great series of observations carried out by N.G. Sugrobova allowed to characterize the linear connection between the daily average cycle duration and corresponding daily parameters of the mentioned hydrometeorological factors.

---

ной продолжительностью цикла и соответствующими среднесуточными параметрами названных гидрометеофакторов.

Исследование влияния на периодичность гейзеров отдельных факторов, ограничивалась анализом данных по гейзерам Великан, Большой, Жемчужный, Тройной, Первенец, Щель, Малый, Конус, а также в отдельные периоды Грот, Аверьевский, Горизонтальный. Выбор этих гейзеров не случаен. Великан, например, и Большой несли характерные черты гейзеров с большой продолжительностью цикла. Для них заметна связь своего режима с гидрометеорологической обстановкой вследствие больших площадей выходящего отверстия и объемов канала. Гейзеры Щель, Конус, Малый характеризовали многочисленные гейзеры, имеющие короткий период (до 37 минут), с меньшей реакцией на изменение гидрометеообстановки.

Наиболее действенными факторами являются атмосферное давление, уровень реки, для некоторых гейзеров (Великан) - сила ветра, температура, осадки. Изменение атмосферного давления, особенно резкий его скачок, практически отражается на режиме всех гейзеров. Причем для гейзеров с коротким циклом (Щель, Конус и др.) связь с давлением обратно пропорциональна. Обратная реакция на изменение давления, то есть уменьшение цикла при увеличении давления, закономерна. При увеличении давления кипение внутри канала происходит при более высокой температуре, значит, уровень парообразования соответственно смещается на большую глубину. Чем ниже уровень парообразования, тем больше перепад между давлением в водоносном пласте и канале, и соответственно больше приток высокотемпературной воды. Извержение гейзера учащается, то есть интервал между извержениями стремится к уменьшению. Подобная связь характеризует влияние колебания уровня реки на режим гейзеров, расположенных вблизи уреза реки, в частности, Великана и Первенца.

Исключение составляет гейзер Пер-

Studies of certain factors' influence on geyser periodicity were restricted to the analysis of the data on geysers Velikan, Bolshoi, Zhemchuzhnyi, Troinoi, Pervenets, Shchel, Malyi, Konus, as well as in some periods geysers Grot, Averiievskii and Gorizontalnyi. The choice of these geysers was not random. For instance, Velikan and Bolshoi bore characteristic features of geysers with great cycle duration manifesting notable connection of their regime with hydrometeorological conditions due to great areas of outlet of the channel and volumes of the channels of a geysers. Geysers Shchel, Konus and Malyi gave characteristics to numerous geysers with short period (up to 37 minutes), manifesting less demonstrative reaction to the changes of hydrometeorological situation.

The most effective factors are atmospheric pressure, river level, for some geysers (like Velikan) – power of wind, temperature and rainfall. Practically all geysers are remarkably affected by the changes of atmospheric pressure, especially by its abrupt variations; while for short-period geysers (Shchel, Konus), this connection with the pressure is in inverse proportion. Reverse reaction to changes of pressure, that is, shortening of the cycle at pressure increasing, is natural. When pressure increases, boiling within the channel occurs at higher temperatures, and level of steam formation shifts to a greater depth, accordingly. The lower the steam formation level is, the greater is the difference of pressure in the aquifer and channel, and, correspondingly, the greater is the inflow of high-temperature water. Eruption of geyser become more frequent, that is, the interval between the eruptions tends to becoming shorter. Such a connection characterizes the effect of river level variations on the regime of the geysers located close to the river brink (in particular, that of geysers Velikan and Pervenets).

Geyser Pervenets is an exception, for which, on the contrary, prolongation

---

венец, для которого отмечено напротив удлинение цикла в период подъема уровня грунтовых вод, обусловленного интенсивным выпадением осадков, особенно в циклонические периоды. Объясняется это тем, что в верхнюю часть канала гейзера, расположенного практически у самого уреза воды в реке, попадает холодная грунтовая и поверхностная вода, охлаждает термальную воду, замедляя процесс кипения. Разбавление холодной водой видно по изменению химического состава воды гейзера. В момент прохождения циклона “Эльза”, сопровождаемого высоким подъемом уровня реки, оно достигало 40 %.

Выпадающие осадки оказывают как косвенное воздействие на режим гейзеров, влияя на подъем уровня реки и грунтовых вод, так и прямое в период сильных дождей. Образующиеся при этом временные водотоки доставляют холодную воду к выходному отверстию канала гейзеров, удлиняя кипение и, следовательно, продолжительность цикла их работы. Влияние температуры воздуха обычно затушевывается более сильным воздействием других гидрометеорологических факторов. Можно только заметить, что для гейзеров Великан и Большой, значительное снижение температуры, усиливающее испарение с приустьевых ванн, приводит к увеличению периодичности.

В реальной обстановке, как уже отмечалось выше, гидрометеорологические факторы действуют одновременно и поэтому в разные моменты времени влияние на режим гейзеров одного и того же из гидрометеорологических факторов не бывает одинаковым, даже при одинаковой его абсолютной величине. Видимо заметные изменения режима того или иного гейзера происходят под воздействием преобладающего в данный момент гидрометеорологического фактора. Общий же эффект воздействия достигается комплексом факторов, с разной долей участия каждого. Комбинации могут быть многочисленными и редко повторяемыми, соответственно различны и изменения режима.

of the cycle was observed in case of increasing level of ground waters due to abundant rainfall, especially in cyclonic periods. This is accounted for by the fact that cold ground and surface waters enter the upper part of the geyser channel located at the very river brink, cool thermal water thus reducing the boiling process. Dilution by cold water is manifested in changes of chemical composition of water in the geyser. During the “Elza” cyclone activity, accompanied by high rise of the river level, dilution reached 40%.

Dropping out precipitation render as indirect influence upon regime of geysers, influencing on rise of a level of the river and groundwaters, and direct during strong rains. Temporal water flows appearing in such periods bring cold water to the discharge vents of the geyser channels, thus prolonging the process of boiling and, consequently, the duration of their operation cycles. Effect of air temperature is typically faded by much stronger effect of other hydrometeorological factors. We can only note that for the geysers Velikan and Bolshoi, significant temperature decrease intensifying evaporation from the near-mouth baths, leads to the increasing periodicity.

As mentioned above, in reality, hydrometeorological factors operate simultaneously, hence, in different moments of time, influence of one and the same factor onto the regime of geysers is never equal, even given the equality of its absolute magnitude. Evidently, appreciable changes of a regime of this or that geyser take place under the effect of hydrometeorological factor prevailing at present. Total effect of all the factors is produced by their complex action. Combinations can be numerous and seldom repeated, changes of regime are accordingly various also.

In the course of regime of geysers studies, certain link of the regime with earthquakes was noticed, in particular, the

---

В ходе исследований режима гейзеров была подмечена определенная связь режима гейзеров с землетрясениями, в частности, тенденция к уменьшению их периодичности перед сейсмическими событиями. Напомним, что впервые такую реакцию поведения гейзеров на землетрясения описал американский исследователь И. Ринехарт. Можно надеяться, что наблюдения за режимом гейзеров Долины Гейзеров в будущем помогут найти необычные предвестники, сильных землетрясений на Камчатке, которые могут быть использованы для их предсказания.

Несмотря на выше отмеченные кратковременные, иногда довольно значительные, отклонения в режиме гейзеров, вызванные воздействием внешних (гидрометеорологических) факторов, их режим в многолетнем периоде наблюдений остается относительно постоянным. Это заключается, прежде всего, в практически неизменных периодичности и химическом составе воды. Для подтверждения сказанного приводим таблицу данных о продолжительности циклов гейзеров за многолетний период, включая эпизодические измерения 1941-1969 годов (табл. 5). В таблицу для сравнения включены сведения о продолжительности циклов гейзеров, зафиксированных в одинаковых по метеобстановке условиях, в данном случае в августе или близких к нему днях. Как видно из таблицы периодичность только двух гейзеров (Великана и Первенца) значительно изменилась за это время. Причем цикл Великана изменялся постепенно, увеличившись с 2,5-3 часов до 5,5-6,5 часов, в то время как изменение режима Первенца было более "капризным". В 1960 г. продолжительность цикла составила 2,5 часа (в 1941-1945 гг. - около часа), в 1961 г. гейзер работал как пульсирующий источник, а в последующие годы цикл гейзера почти сравнялся с продолжительностью, отмеченной Т.И. Устиновой (50-60 минут). Признаки "неустойчивости" режима наблюдались также у гейзера Большой.

Хотя приведенные в таблице данные

tendency to decreasing periodicity prior to seismic events. Let us recall that first such reaction of geysers to earthquakes was reported by American researcher I. Rinehart. It is possible to hope that future observations of regime of geysers of the Valley of Geysers will help to discover some unusual precursors of strong earthquakes in Kamchatka that can be used for their prediction.

In spite of the above short-term (sometimes quite significant) deviations of regime of geysers due to the effect of external (hydrometeorological) factors, still their operation mode remains quite stable, as it has been revealed in the course of many-year monitoring. This lies, first of all, in almost unchanged periodicity and chemical compositions of water. To confirm this statement, Table 5 gives you the long-term data on the duration of geyser cycles, including occasional measurements of 1941-1969. For comparison, the Table contains some information on geysers cycle durations recorded under similar meteorological conditions, in the given case, in August and nearby days. As it is seen from the Table presented, periodicity of only two geysers (Velikan and Pervenets) has undergone significant changes for that period. Cycle of the Velikan geyser was changing gradually, increasing from 2.5-3 hours to 5.5-6.5 hours, whereas deviations of the Pervenets regime was much more "capricious". In 1960 duration of a cycle has made 2,5 hours (in 1941-1945 - about one hour), in 1961 the geyser worked as a pulsing spring, and the next years the cycle of a geyser was almost made even to the duration marked by T.I. Ustinova (50-60 minutes). Attributes of "instability" of regime were observed also at geyser Bolshoi.

Though the data presented in the Table differ in the number of observations, on the whole they reflect general behavior of geysers in the named interval of time. This allows coming to a conclusion



---

различны по числу наблюдений, в целом они отражают общее поведение гейзеров в названный отрезок времени. Оно позволяет сделать вывод о том, что режим исследованных гейзеров за многолетний (более чем 50-ти летний) период не претерпел существенных изменений. Заметим также, что за этот же период общая разгрузка термальной воды, то есть ее количество, выходящее по трещинам на поверхность, практически оставалось постоянным. Этот расход термальной воды определялся так называемом гидрохимическим методом (о нем упоминалось выше) один-два раза в год, начиная с 1962 г. Соответственно не изменилась и тепловая мощность гидротермальной системы. Это и постоянство химического состава воды гейзеров может косвенно свидетельствовать о неизменности температуры воды на глубине. То есть все говорит о постоянстве основных показателей гидротермальной системы (в том числе относительное постоянство режима гейзеров). Очевидно, слишком мал период наших наблюдений в масштабе геологического времени, чтобы заметить, возможные в принципе, существенные изменения гидротермальной деятельности. Вместе с тем, в этот же период видимые изменения произошли в поверхностной гидротермальной активности.

that regime of the geysers studied did not undergo any significant changes for quite an extended (over 50 years) period of time. We can also note that for the same period, practically stable remained total discharge rate of thermal waters, that is, its volumes discharged onto the surface by fissures. This discharge of thermal water was determined by the so-called hydrochemical method (it was mentioned above) once or twice a year, starting from 1962. Accordingly, natural heat discharge of hydrothermal system did not change much as well. It and the constancy of a chemical composition of water of geysers can indirectly testify to an invariance of temperature of water on depth. That is, everything points to the stability of basic parameters of the hydrothermal system (including the relative stability of regime of geysers). Obviously the period of our observations in scale of geological time is too small to notice, possible in principle, essential changes of hydrothermal activity. However, during the same period, certain notable changes of surface hydrothermal activity did occur.

**ТАБЛИЦА 5 ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЦИКЛОВ ДЕЙСТВИЯ ГЕЙЗЕРОВ В МНОГОЛЕТНЕМ ПЕРИОДЕ НАБЛЮДЕНИЙ.**  
**TABLE 5. DURATION OF CYCLES OF ACTION OF GEYSERS IN THE LONG-TERM PERIOD OF OBSERVATIONS**

Гейзеры Geysers	Продолжительность циклов (в минутах) в августе за различные годы. Cycle duration (minutes) in August of different years																		
	1941	1945	1951	1960	1961	1969	1970	1972	1974	1975	1976	1978	1980	1982	1985	1986	1988	1990	1993
Первенец Pervenets	46	65	138	150	-	12	14	12	11	12	16	24	30	57	77	64	-	50	57
Тройной. Troynoi	-	153	145	145	150	169	150	145	148	145	162	175	177	170	140	154	-	144	154
Конус. Konus	-	20	18	22	24	22	22	24	24	23	23	23	24	24	26	26	26	28	22
Малый. Malui	32	32	31	32	33	33	36	36	36	34	33	35	37	37	38	-	39	38	40
Большой. Bolshoi	107	97	87	88	87	74	99	92	115	111	124	142	134	95	83	85	86	85	120
Щель. Shchel	-	38	35	37	33	-	37	37	36	38	35	39	37	37	36	37	36	36	36
Фонтан. Fontan	16	16	23	16	21	17	13	15	-	-	17	-	18	-	-	-	-	17	-
Великан. Velikan	172	-	190	253	278	306	320	292	297	298	306	345	281	297	312	291	329	320	411
Жемчужный. Zhemchuzhnyi	-	328	264	260	268	254	272	264	249	259	265	293	232	244	218	219	212	190	211
Горизонтальный. Gorizontalny	-	-	98	93	95	96	96	93	-	-	93	111	94	-	-	-	-	-	98

Примечание: Данные за 1941,1945,1951 годы Т.И. Устиновой; за 1960 год – А.А. Райк; за 1961 год – В.И. Виноградова; за остальные годы – Н.Г. Сугробовой, В.М. Сугрובה.

Note: Data on 1941, 1945, 1951 – by T.I. Ustinova; on 1960 – A.A. Raik; on 1961 – V.I. Vinogradov; all the others – N.G. Sugrobova, V.M. Sugrobov

---

## ИЗМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ.

## CHANGE OF SURFACE HYDROTHERMAL ACTIVITY

---

Все отмеченные изменения были обусловлены внешними, прямо не связанными с функционированием гидротермальной системы, причинами. Самое большое воздействие оказал мощный циклон “Эльза”, пронесшийся над Камчаткой 4-6 октября 1981 г. По данным ГМС Петропавловска и Семячика в те дни сила ветра достигала 40 м/с, а сумма осадков 92 мм. Выпавшие осадки привели к подъему уровня в реке на 2,5 м и выше. Расход реки (по расчету) достигал 20-25 м<sup>3</sup>/с, то есть увеличился примерно в 10 раз по сравнению с обычным для этого времени года. Река несла глыбы пород размером более 1 м в поперечнике. Она размывала берега, образуя крутые обрывистые склоны с одной стороны и отмели - с другой. Наибольшим эродирующим действием разбушевавшийся поток обладал в местах резких поворотов реки и увеличенных уклонов русла. Были срезаны уступы в самом русле реки, создававшие небольшие водопады близ площадки гейзера Великан.

В результате произошел врез русла на 3,5 м, оно расширилось, а продольный профиль заметно сгладился. Естественно, уменьшилась скорость течения. Была разрушена нижняя часть постройки пульсирующего источника Малахитовый Грот, а на участке гейзеров Большого и Малого срезаны нижние прирусловые части гейзеритовых натеков. Значительно изменилось русло близ гейзеров Конус и Большая Печка. Оно сузилось. Нижняя часть склона у гейзера Конус была обрывистой. В настоящее время берег здесь расширился на несколько метров, образуя пологий склон с крупно галечниковой отмелью. Бурная река заливала гейзеры, расположенные

All the abovementioned changes were conditioned by external factors having no direct connection with functioning of the hydrothermal system. The greatest effect was produced by the powerful typhoon “Elza” that had rushed over the Kamchatka Peninsular on October 4-6, 1981. According to the data of the Hydrometeorological Center of Petropavlovsk and Semyachik, wind speed on those days reached 40 m/s, the precipitation total being up to 92 mm, which resulted in the rise of water level in the river for 2.5 meters and even more. The river flow rate (as calculated) made up to 20-25 m<sup>3</sup>/s, that is, about 10 times greater than that typical for this time of year. The river was carrying rock blocks over 1 m in diameter. It washed out its banks, leaving steep precipitous slopes on one side and shallows on the other. Eroding action the raged stream possessed the greatest in places of sharp turns of the river and and the increased inclines of a channel. In the very river-bed, ledges were cut down that used to form small waterfalls in the vicinity of the Velikan geyser.

As a result, the river-bed had cut in for 3.5 m, widened and its longitudinal profile got notably smoother. Naturally, speed of current has decreased. Lower part of the construction of the pulsating spring Malakhitovyi Grot was destroyed; in the area of geysers Bolshoi and Malyi lower (near-bed) parts of geyserite's sinter were cut off. The river-bed got notably changed in the vicinity of geysers Konus and Bolshaya Pechka – it became narrower. Foot of the slope beside the Konus geyser

близко к урезу реки, выходное же отверстие гейзера Большая печка было забито гравийно-галечниковым материалом настолько, что после циклона он прекратил свою деятельность. По этой же причине не работал источник Многоструйный, возродившийся в измененном виде 2 года спустя. Стекавшая по склонам вода заливала ванну гейзера Великан, а его гейзеритовая площадка была усеяна мелкими обломками пород, кусками дерна, глиной, снесенных временными водотоками. С крутого склона на площадку обрушилась вырванная с корнем береза.

Циклон оказал и непосредственное воздействие на режим гейзеров, и более всего оно коснулось, как и следовало ожидать, Великана и Первенца. У Великана до циклона средняя величина продолжительности цикла составляла 5-5,5 часов. Во время действия циклона (по свидетельству наблюдателя В. Н. Нечаева), со 2 по 5 октября гейзер, будучи залитым холодными водами ручьев со склонов, не работал. В первые дни после циклона гейзер Великан стал фонтанировать через 3,5—4,5 часа. Для гейзера Первенец было зафиксировано увеличение цикла деятельности от средней, равной 30 минутам, до 1 часа 5 минут. Непосредственной причиной изменения режима этих гейзеров, вероятно, явилась попадание в каналы грунтовой слабоминерализованной воды и вод поверхностного стока. На это указывают химические анализы проб воды гейзеров, взятые за две недели до циклона и через неделю после его прохождения. Например, в воде гейзера Первенец концентрация хлора уменьшилась с 415 мг/л до 280 мг/л. Доля разбавляющей холодной воды составила (по расчету) - 30% для Первенца и 5% для гейзера Великан. В поведении других гейзеров наблюдалась тенденция в сторону уменьшения продолжительности цикла. Наблюдения в летние месяцы следующего после циклона года показали, что режим большинства гейзеров (в том числе и химический состав воды) восстановился. Сохранил удлинённый цикл одни лишь гейзер Первенец. Не возобновил своей дея-

used to be quite precipitous. At present, the bank here is a few meters wider, forming a gentle slope with a large-pebbled shallow. Violent river flooded geysers located close to the river brink; discharge vent of the Bolshaya Pechka geyser was so much stuffed with gravel and pebbles that after the cyclone its operation stopped as well. The same reason made the Mnogostruynyi spring remain inactive for 2 years. Water running down the slopes flooded the bath of the Velikan geyser, while its geysersite ground was littered with small debris, sod, and clays brought by temporal waterflows. From an abrupt slope the uprooted birch has fallen upon a platform.

The cyclone rendered also direct influence on a regime of geysers, and the most striking that effect was for geysers Velikan and Pervenets. Average cycle duration of Velikan used to be 5-5.5 hours before the cyclone. In the course of the event itself (evidenced by an observer V.N. Nechaev), being all flooded with clod waters of the streamlets running down the slopes, the geyser did not operate at all from October 2 till 5. In first days after the cyclone, Velikan began spouting with the intervals of 3.5-4.5 hours, whereas for the Pervenets geyser prolongation of the cycle was recorded from the average of 30 minutes to 65 minutes. Immediate cause of those regime changes was evidently the entry of ground slightly-mineralized water and waters of surface drainage into the geyser channels. This fact is evidenced by chemical analyses of geyser water probes sampled two weeks prior to the hurricane and one week after its passage. For instance, chlorine concentration in the water from the Pervenets geyser reduced from 415 mg/l to 280 mg/l. Portion of diluent cold water made up (as calculated) 30% for Pervenets, and 5% for Velikan. Behavior of other geysers tended to shortening of the operation cycle. Summer observations after the cyclone showed that regime of most geysers (as well as their chemical compositions) was restored. Geyser Pervenets



---

тельности гейзер Большая Печка. В целом, как видно, собственно режим гейзеров изменился мало и только на короткий период прохождения циклона.

Циклон “Эльза” подчеркнул еще одно следствие гидротермальной деятельности, влияющей на состояние Долины Гейзеров, а точнее на изменение рельефа поверхности - образование оползней. В местах выхода пара твердые (скальные) горные породы постепенно под воздействием кислых растворов, образующихся при конденсации пара и растворения газов, превращаются в относительно мягкие глины. Глины легко размываются водами поверхностного стока. На таких участках образуются выположенные площадки, рельеф изменяется. На крутых склонах этот процесс идет более интенсивно за счет оползневых явлений, развитие которых связано с увлажнением глин при выпадении атмосферных осадков и снеготаянии. Дополнительным фактором образования оползней в весеннее время в условиях Долины является нагрузка на глинистую массу многометровых снежников. В циклонический же период сильные дожди переувлажняют глинистое тело будущего оползня, нагружая дополнительным весом воды.

В результате - усиление срывов и оползней больших масс пород на склонах долины во время циклона. Один такой оползень произошел на левом склоне р. Гейзерной, в 300 м от источника Малахитовый Грот, на высоте 80 м от реки. Он был приурочен к местам развития измененных пород и парящих участков. Глубина отрыва тела оползня достигала 6 м, ширина 4,5 м. Развитие оползней в условиях: непрерывного процесса гидротермального изменения скальных горных пород, превращающих их в глины, переувлажнения при таянии снега и интенсивных осадков, дополнительной нагрузки на глинистый массив снежников и массы жидких осадков, существенно влияют на рельефообразование.

Не случайно заметные изменения поверхности наблюдаются на участках рас-

was the only one whose cycle remained prolonged. Geyser Bolshaya Pechka has never come to operation again. In general, regime of geysers itself changed insignificantly and only for the short period of the passage of cyclone.

“Elza” cyclone stressed one more consequence of hydrothermal activity affecting the state of the whole Valley of Geysers, in particular, to the change of surface relief – formation of landslips. In the areas of steam discharge, solid rocks exposed to the action of acidic solutions (formed in the result of steam condensation and gas dissolution) gradually turn into relatively soft clays that can be easily washed out by waters of surface runoff. Flattened plateaus are formed in such areas, thus changing the relief. This process is more intensive at the steep slopes due to the landslide events whose occurrence is associated with clays’ watering during rainfalls and snowmelts. Additional factor for slide occurrence in spring is the stress on the clay mass of many-meters’ thick snowfields. In cyclonic period, heavy rains oversaturate the clay body of the future landslide loading it with extra weight of water.

The above results in shifts and slides of huge rock bodies from the slopes of the valley during the cyclone. One of such slides took place at the left slope of the Geysernaya river, 300 m away from the spring of Malakhitovi Grot, 80 m above the river. It was confined to the area of evolution of altered rocks and steaming grounds. Depth of alienation a body of a landslide would reach 6 m, width of 4,5 m.

Development of landslips in conditions: continuous process of hydrothermal alteration of the rocky rocks transforming them in clay, oversaturation due to rainfalls and snowmelts, additional loading on a clay file of snowfields and weights of liquid precipitates, essentially influence on relief-formation.

---

пространения глин и выходов пара в виде отдельных струй или площадного парения. К таким участкам привязаны и расширенные части долины Гейзерной и ее притоков, например, долины ручьев Водопадный и Щелевой.

Там же, где гидротермальная активность проявляется в виде горячих и кипящих источников, участки склонов и берега реки и ручьев наоборот более устойчивы, так как укреплены обломками и глыбами горных пород, сцементированных осадками горячих кремний содержащих вод. Примером подобного рода участков являются описанные выше “стенки карликовых гейзеров”.

К наиболее существенным переменам в районе Долины Гейзеров за наблюдаемый период относятся также исчезновение Бурлящего котла на Верхне-Гейзерном поле, и обрушение здесь части обрывистого склона. Материал обрушения, глыбы пород различного размера, усеяли поверхность термального поля, заметно нарушив вид поверхностных термопроявлений. Поскольку это произошло после серии ощутимых сейсмических толчков (в 1986 г.), наблюдавшая первой результаты произошедшего научный сотрудник Института вулканологии О.Ф. Карданова, справедливо называет причиной обвала сильное землетрясение. В этот же период исчез Бурлящий котел. Вероятнее всего причина та же - сейсмические толчки, следствием которых явилась перестройка (сжатие) подводящей трещины или системы трещин. Практически перестал существовать также ручей Горячий, питавшийся преимущественно водой “Бурлящего котла”. Можно заключить, оценивая в целом рассмотренные изменения гидротермальной деятельности, что циклонические воздействия, повторяемые, неоднократно в течение длительного периода, а также сильные землетрясения, оказывают существенное влияние на изменение ландшафта Долины гейзеров, в частности на изменения поверхностной гидротермальной активности.

It is not occasional that significant surface changes can be observed in the areas of occurrence of clays and steam discharges in the form of separate streams or pattern steaming. Extended parts of the Geysernaya river valley and its tributaries are confined to such areas.

In the zones, where hydrothermal activity is manifested by hot and boiling springs, slopes and sides of the river and creeks are, on the contrary, much firmer, because they are strengthened by debris and large blocks of rocks consolidated by the sediments from hot siliceous waters. Example of this sort of zones is the above described “Wall of Diminutive Geysers”.

The most significant changes within the Valley of Geysers can be also considered the collapse of the Burlyashchii (Bubbling) pot at the Upper-Geysers Field and failure of a part of the precipitous slope here. Collapsed material and rock blocks of different dimensions were littered over the surface of the thermal field thus having considerably changed the picture of surface thermal manifestations. Since the above events occurred right after a series of quite perceptible seismic impacts (in 1986), a member of the Institute of Volcanology O.F. Kardanova who was the first to observe the results of what had happened, justly states the reason of the collapse to be an earthquake. Disappearance of the Burlyashchii pot took place in the same period, which was most probably caused by the same fact – seismic impacts resulted in the reconstruction (compression) of the feeding fissure or the system of fissures. Goryachii creek fed mostly by the waters from the Burlyashchii pot, in fact, also vanished. Generally evaluating the described changes of hydrothermal activity, we can conclude that cyclonic effects occurring repeatedly during a long period of time, as well as strong earthquakes, essentially influence the changes of the landscape of the Valley of Geysers, particularly changes of the surface hydrothermal activity.

Существование и развитие гейзеров, как следует из предыдущего изложения, связано с развитием гидротермальной деятельности в пределах высокотемпературных гидротермальных систем. Формирование Гейзерной системы, с которой связаны гейзеры Долины Гейзеров, началось около 10 тыс. лет назад после последнего оледенения. Очевидно, в течение всего или части этого периода развивалась и поверхностная гидротермальная активность, проявления конкретных видов которой определенно установить трудно. Можно предположить, что в начале термопроявления были представлены газопаровыми струями и затем по мере вскрытия рекой Гейзерной перекрывающих геотермальный резервуар отложений, пьезометрический уровень термальных вод превысил дневную поверхность, и появились условия для образования источников и гейзеров. То есть гейзеры, скорее всего, могли появиться на самом близком к настоящему времени этапе существования гидротермальной системы. Хотя теоретически источники и гейзеры могли возникнуть, по-видимому, на любом этапе ее становления. П р я м ы х данных, определяющих возраст, продолжительность жизни гейзеров, конечно нет. В.В. Аверьев подошел к оценке времени существования гейзера Великан, опираясь на скорость роста гейзерита. Толщина слоистой гейзеритовой корки на площадке Великана достигла 10 см. Из предположения, что каждый слой также как и зафиксированный, современный, толщиной 0.1 мм создавался за один год, легко определяется время образования корки в 1000 лет. Следовательно, гейзер Великан или его предшественник могли возникнуть приблизительно 1000 лет тому назад. Такой же возрастной порядок для гейзера Тройной приводит Г.А. Карпов, опи-

As it follows from the above presentation, existence and evolution of geysers is connected with evolution of hydrothermal activity within the boundaries of high-temperature hydrothermal systems. Formation of the Geysernaya system, to which geysers of the Valley of Geysers are confined, started about 10 thousand years ago after the last period of glaciation. Evidently, during the whole period or its part, surface hydrothermal activity evolved as well. We can suggest that at the beginning, thermal manifestations were presented by steam-gas jets, and then, as the Geysernaya river was exposing the sediments overlapping the hydrothermal reservoir, piezometric level of thermal waters exceeded the original ground, thus creating the conditions for the formation of springs and geysers. In other words, geysers might more probably appear immediately prior to the present-day stage of the hydrothermal system evolution, though, theoretically, springs and geysers could come into life at any stage of its formation. The direct data determining age, life expectancy of geysers, certainly are not present. V.V. Averiev came to the estimation of the Velikan geyser age based on the rate of geyselite growth. Layered geyselite shield over the Velikan construction reached 10 cm in thickness. Assuming that each layer' formation took one year (according to the recorded present-day one, 0.1 mm thick), period of the shield formation is easily determined to be 1000 years. Consequently, Velikan or its predecessor might appear about 1 thousand years ago. The same age order for the Troinoi geyser is presented in this manual by G.A. Karpov. Resulting the estimation of time of continuous work of

---

сывая гейзериты на страницах этого путеводителя. Полученная оценка времени непрерывной работы гейзеров подтверждается, в какой то мере, малой изменчивостью состояния и режима гейзеров Долины Гейзеров за почти 60-тилетний период наблюдений.

К сожалению мало сведений о продолжительности деятельности гейзеров и в других регионах их существования. Самое раннее упоминание (1294 г) о гейзерах относится к Исландии, где впервые было отмечено извержение гейзера, который дал имя всем другим гейзерам мира - *Geysir*. Он действует и ныне, то есть 700 лет. Знаменитые гейзеры Йеллоустона в США и Новой Зеландии существуют не менее 150 лет, о чем свидетельствуют их первые описания в середине XIX века. Правда, в одном из мест современной гидротермальной активности Новой Зеландии - Оракейкорако по легендам коренных жителей, маори, горячие источники (гейзеры?) были уже в 1600 г., то есть возраст их никак не меньше 400 лет. На Камчатке деятельность кипящих источников и гейзеров документально зафиксирована в долине реки Паужетки 260 лет тому назад С.П. Крашенинниковым.

Таким образом, если принять во внимание прямые и косвенные данные о длительности существования гейзеров, то становится очевидным, что они могут функционировать в течение первых сотен лет и предположительно, - на протяжении 2-3 тысячелетий. Разумеется, это относится к продолжительности деятельности гейзеров вообще. Индивидуальные гейзеры рождаются и живут в значительно меньшем временном интервале. Это и понятно, так как в более короткий период времени изменяются внешние условия, влияющие на работу гейзеров, по сравнению с основными показателями гидротермальной деятельности в целом, о чем говорилось выше. Речь идет, прежде всего, об изменении условий выхода термальной воды, то есть геометрии канала и выходного отверстия, морфологии и расположении канала гейзера в трещиноватой среде. Они во мно-

geysers is to some extent confirmed by insignificant changeability of geysers' state and regime in the Valley of Geysers during almost 60 years of observations.

Unfortunately, there is quite few information about the duration of life of geysers in other areas of their occurrence either. The earliest mention (1294) about geysers refers to Iceland, where geyser eruption was first reported, which gave the name for all the geysers of the World – that of Geysir. That one is still operating, that is, its age is at least 700 years. Famous geysers of Yellowstone in USA and in New Zealand have existed for at least 150 years already, which is evidenced by their first descriptions given in the middle of the nineteenth century. However, in one of the zones of modern hydrothermal activity – Orakeikorako (New Zealand), according to the legends of the natives (Maori), hot springs (geysers?) already occurred in 1600, that is, they are certainly over 400 years of age. In Kamchatka, activity of boiling springs and geysers was reported in the valley of the Puzhetka river 260 years ago by S.P. Krasheninnikov.

Thus, if to take into consideration all the direct and minor data on the duration of life of geysers, it becomes obvious that they can operate for a few hundred years, and, presumably up to 2-3 thousand years. This naturally refers to the duration of geyser operation in general. Individual geysers are born and live in much smaller time interval. It and is clear, as during shorter period of time the external conditions influencing for work of geysers change, in comparison with the basic parameters of hydrothermal activity as a whole about what it was spoken above. The question is, first of all, change of conditions for thermal water discharge, that is geometry of the channel and an exhaust outlet, morphology and an dislocation of the channel of a geyser in the fractured environment. They in many respects defines an opportunity of hit in system of a



---

гом определяет возможность попадания в систему гейзера холодной грунтовой и поверхностной воды или охлажденной извергнутой воды самого гейзера. Могут повлиять на эти условия и землетрясения.

Есть замечательные примеры поведения индивидуальных гейзеров по данным наблюдений в других странах, в которых действуют гейзеры. Самым коротким по времени существования из известных гейзеров - был великий Ваймангу в Новой Зеландии. Он возник в 1900 г. и действовал всего 4 года. Гейзер прекратил свою деятельность из-за резкого падения уровня воды в близрасположенном озере. Примечательно, что исчезновение этого гейзера не было окончанием гейзерной активности как таковой. До сих пор здесь работают 2-3 небольших гейзера. Другой новозеландский гейзер Тетарета вместе с двумя красивейшими гейзеритовыми террасами были полностью засыпаны при извержении вулкана Таравера в 1886 г. Но даже извержение вулкана не смогло остановить гидротермальную деятельность: спустя некоторое время на месте террас и гейзера появились на поверхности новые термопроявления. Описан случай активизации гейзерной деятельности, и даже образование нового гейзера (Seismic - сейсмического) на гейзерном поле "Верхний бассейн" Йеллоустонского национального парка в результате сильного землетрясения 1959 г., эпицентр которого находился вблизи западной границы парка.

Следует особо отметить об исчезновении гейзеров под влиянием искусственных факторов. Так извлечение большого объема высокотемпературной воды из геотермальных скважин, пробуренных в последние годы вблизи гейзерных полей для работы геотермальных электростанций, существенно понижает пьезометрический уровень водоносного пласта. В результате горячие подземные воды не могут подняться на поверхность, чтобы образовать источники и гейзеры. В большинстве случаев при этом исчезают и другие виды поверхностной гидротермальной активности. Например, в районе Пау-

geyser of cold ground and surface water or cooled waters ejected by the geyser itself. Can affect these conditions and earthquakes.

There are remarkable examples of behaviour of individual geysers according to supervision in other countries in which geysers operate. The shortest period of operation was reported for the geyser Waimangu in New Zealand. It emerged in 1900, operated for 4 years only and died out due to sudden drop of water level in the nearby lake. Notable is that collapse of this geyser did not indicate the seizure of geyser activity as such. 2-3 smaller geysers are still operating in this area. In 1886, another New Zealand geyser named Tetareta was completely buried during the eruption of the Taravera volcano, as well as two magnificent geyserite terraces. But even volcanic eruption failed to stop hydrothermal activity: some time after, new thermal manifestations appeared at the sites of the terraces and geyser. Described is the case of geyser activity restoration and even formation of a new geyser (Seismic) at the geyser field "Upper Basin" in Yellowstone National Park in the result of a strong earthquake in 1959 with epicenter located in the vicinity of the western border of the Park.

It is necessary to note especially about disappearance of geysers under influence of artificial factors. Thus, sampling of great volumes of high-temperature waters from geothermal wells recently drilled around geyser fields for the operation of geothermal electric power plants essentially reduces piezometric level of the aquiferous stratum. In result hot ground waters can not reach the surface to form springs and geysers. In most cases, this leads to disappearance of other kinds of surface hydrothermal activity as well. For instance, in the area of the Puzhetka boiling springs in Kamchatka, work of a geothermal electric power station became the reason of disappearance of small geysers, boiling springs and other thermal mani-

---

жетских кипящих источников на Камчатке работа геотермальной электростанции стала причиной исчезновения небольших гейзеров, кипящих источников и прочих термопроявлений, некогда украшавших Паужетское термальное поле. Подобное наблюдалось на термальных полях Новой Зеландии и Исландии. В Новой Зеландии, на упоминавшемся выше гейзерном поле Оракейкорако большинство гейзеров было просто затоплены, оказавшись под водой водохранилища, возникшего после строительства плотины на р. Вайкато.

И все же, на наш взгляд, большинство индивидуальных гейзеров появляется, преобразуется, или исчезает не в силу рассмотренных выше исключительных, естественных или искусственных причин, но вследствие изменений морфологии выходов воды в точке гейзера и изменений канала. При этом велика роль самого гейзера, который разрабатывает или “залечивает” канал и систему подводящих трещин. Увидеть такого рода преобразования можно только в ходе длительных систематических наблюдений за деятельностью конкретных гейзеров. К сожалению их мало и соответственно скудны зафиксированные примеры изменений гейзерной активности.

В Долине Гейзеров, где период систематических наблюдений не велик, были замечены случаи перехода кипящих источников в гейзерный режим работы и наоборот. На правом берегу руч. Водопадный в 1975 г. в круглой воронке образовался гейзер с незначительным расходом. Уже на следующий год из-за отсутствия слива воды ее температура в воронке перестала достигать точки кипения, и она лишь слабо парила за счет пара, поступающего в дно понижения, заполненного водой поверхностного стока. Достаточно было появиться небольшой щели для стока воды, как вновь получился источник с гейзерным режимом. В данном случае причиной исчезновения, а затем появления гейзера стало изменение перепада давлений в канале, вызванного изменением морфологии места разгрузки. Произошел также переход

festations, once decorating the Pauzhetka thermal field. The same phenomenon was observed at thermal fields of New Zealand and Iceland. In New Zealand, at the abovementioned geyser field of Orakeikorako, most geysers were simply flooded by the waters of a water reservoir that had formed after the construction of the dam on the Waikato river.

However, we believe that most individual geysers appear, transform or collapse not due to the above natural or artificial reasons, but because of changes of the morphology of water discharges at the site of a geyser, or changes of the geyser channel. At the same time, significant is the role of the geyser itself, whose operation develops or “heals” the channel and the system of feeding fissures. Watching such transformations is possible only in the course of long-term systematic observations of the certain geysers’ operation. Such observations are not numerous, and hence, the examples of geyser operation changes are quite poor.

In the Valley of Geysers, where the period of systematic surveys is not large, cases of transformation of boiling springs to the geyser operation mode and vice versa have been reported. In 1975, at the right side of the Vodopadnyi creek, a geyser had emerged in a round funnel with small flow rate. Next year, having no drainage, water temperature within the funnel stopped reaching the boiling-point and went on slightly steaming due to the steam supplied to the fall-bottom filled with water of surface run-off. Appearance of a small fissure for water outflow was enough to give rise to a spring with geyser operation mode. In the case considered, the reason or the geyser collapse and restoration was the change of pressure differences in the channel due to the change of morphology of the discharge site. Boiling springs Paryashchii and Averievskii passed to the geyser operation regime as well. In 1987, a new geyser (Kotly) appeared at the VII (Lagernyi) Site, beside

---

---

кипящих источников Парящего и Аверьевского, в гейзерный режим работы. В 1987 г. было отмечено появление нового гейзера на VII, Лагерном, участке вблизи Голубого озера (гейзер Котлы). Намечившаяся на центральном участке Долины Гейзеров тенденция к переходу в гейзерный режим ряда постоянно действующих источников и появление нового гейзера, связаны с развитием трещиноватости, расширением каналов гейзеров и возможно со снижением отметки напорного уровня термального комплекса, вследствие углубившегося здесь вреза реки. Косвенно это подтверждает и упоминавшееся ранее увеличение периодичности гейзера Великан.

Превращение гейзеров в кипящие водные котлы или их исчезновение в результате закрытия трещин затвердевшими кремнистыми отложениями, описано для гейзерных полей Исландии, Новой Зеландии и Йеллоустонского национального парка в США. В Долине Гейзеров такое "самозалечивание" трещин и каналов небольших гейзеров отложениями кремнезема, и вследствие этого их исчезновение, прекрасно видно на участках "карликовых гейзеров". Зафиксированных фактов такого преобразования гейзеров и кипящих источников, к сожалению, мало, так как многочисленные мелкие термопроявления зачастую оказывались вне поля зрения исследователей. Вполне вероятно, что в Долине Гейзеров имеющиеся воронки (котлы) округлой формы, заполненные водой хлоридно-натриевого (гейзерного) состава с температурой близкой к точке кипения, ничто иное, как бывшие большие гейзеры. К ним, видимо, относятся изометричной формы водный котел ("Круглый"), напротив пульсирующих источников в ямах, и котел "Голубой".

Итак, возвращаясь к продолжительности жизни гейзеров, можно с определенными допущениями говорить об относительной кратковременности действия отдельных гейзеров и изменения их режима в пределах сотен и десятков лет и о

the Blue Lake. Tendency for changing the regime to the geyser one manifested by a number of constantly active geysers at the Central Site of the Valley of Geysers, as well as the birth of a new geyser, is associated with the spreading fissuring, extension of geyser channels and, possibly, with the lowering of the pressure level of the thermal complex due to the sunken level of the river. This fact also contributes to the abovementioned prolongation of the Velikan geyser periodicity.

Transformation of geysers to boiling water pots and their disappearance due to fissure closure by solid siliceous sediments have been reported for geyser fields of Iceland, New Zealand and Yellowstone national Park in USA. In the Valley of Geysers, this sort of "self-curing" of fissures and channels of small geysers by silica deposits and their consequent disappearance is clearly traced at the sites of "Diminutive Geysers". Unfortunately, there is no many recorded cases of such transformation of geysers and boiling springs, since numerous minor thermal manifestations often appeared outside of a field of vision of researchers. Quite probably, rounded pots filled with water of chloride-sodium (geyser) composition with temperature close to the boiling-point are nothing but the former large geysers. Isometric water pool (Kruglyi), located opposite to pulsing springs in holes, and the "Blue" pot can be evidently referred to that group.

So, coming back to the duration of life of geysers, we can with some certainty state relatively short-term activity of individual geysers and changes of their regime within hundreds and dozens of years, as well as more durable existence of geyser fields (hundreds and few thousand years). Duration of life of individual geysers is much shorter, because much more various external factors affect their operation, to which refer the "self-destroying" action of the geyser itself that enlarges or

---

более длительном существовании гейзерного поля (сотни лет и первые тысячи лет). Индивидуальные гейзеры существуют более короткое время потому, что на их деятельность влияет больше разнообразных внешних факторов, к числу которых относится и “саморазрушающее” действие самого гейзера, увеличивающего или уменьшающего сечение и изменяющего форму канала. Разумеется, определить время преобразования или исчезновения конкретных гейзеров невозможно. Можно лишь предположить, основываясь на наших знаниях о гейзерах и вышеприведенных скудных данных о продолжительности их жизни, что гейзеры в Долине Гейзеров, вероятно, будут действовать в течение ближайших сотен лет. Что же касается индивидуальных гейзеров, то их преобразование или даже исчезновение возможно и в текущем столетии. Как это не печально, в ряду крупных гейзеров Долины Гейзеров, вероятность исчезновения которых велика, стоят первыми Великан и Грот. Дело в том, что Великан, имея небольшой средний расход и большую поверхность ванны в верхней части канала, практически достиг баланса между привносимой из недр системы энергией и ее потерей в результате извержения, испарения воды и теплоотдачей через стенки канала. Дальнейшее незначительное расширение ванны и канала и возможное к тому же уменьшение притока высокотемпературной воды за счет снижения пьезометрического уровня может привести к необратимому преобразованию гейзера вначале в пульсирующий источник и затем - в водный котел. У гейзера Грот - сходное состояние, но в отличие от Великана он более защищен стенами пещеры от интенсивного испарения с поверхности бассейна-ванны и, кроме того, характеризуется большим средним секундным расходом. Зато Грот, располагаясь гипсометрически выше Великана, находится как бы на пределе возможного подъема высокотемпературной воды на поверхность, что, конечно, ослабляет действие гейзера.

reduces the diameter of the channel and changes its form.

It is surely impossible to determine the time of transformation or collapse of certain individual geysers. Based upon our knowledge of geysers and the above poor data on their duration of life, we can only suggest that geysers in the Valley of Geysers will go on operating for the nearest hundreds of years. As for individual geysers, their transformation or even collapse is possible already in our century. As it is not sad, geysers Velikan and Grot are the first in the list of large geysers of the Valley of Geysers, whose disappearance is the most probable. The matter is that Velikan, having quite small average flow rate and vast bath surface in the upper part of the channel, has almost reached the balance between the energy supplied from the system's depths and that lost due to eruption, water evaporation and heat emission through the channel walls. Further insignificant widening of the bath and probable reducing of high-temperature water influx due to the lowering piezometric level may result in the irreversible transformation of the geyser first to the pulsating spring, and then - to the water pot. Geyser Grot is now in the similar state, but, in contrast to Velikan, it is more defended by the walls of the grave from intensive evaporation from the bath surface; besides, it is characterized by greater average flow rate per second. On the other hand, being located hypsometrically higher than Velikan, Grot stays as if at the breaking point of possible ascend of high-temperature waters to the surface, which naturally weakens the action of geyser.



---

# ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОХРАНЫ ГЕЙЗЕРОВ - УНИКАЛЬНОГО ЯВЛЕНИЯ ПРИРОДЫ

## ON THE STUDIES AND PRESERVATION OF GEYSERS AS THE UNIQUE NATURAL PHENOMENON.

---

Необходимость дальнейшего изучения гейзеров, несмотря на полученные некоторые результаты, объясняющие их деятельность, нам представляется очевидной. Одним из основных методов исследования деятельности гейзеров является систематические наблюдения за их режимом. Слежение (мониторинг) будет бессмысленным, во всяком случае, мало эффективным, если естественное состояние гейзеров может изменяться каким либо вмешательством человека. Поэтому важно обеспечить сохранность гейзеров и в целом природного комплекса зоны их проявления. Разумеется, организация охраны гейзеров должна учитывать интересы туристов, число которых со временем вряд ли будет уменьшаться. Иными словами нужен разумный компромисс при решении экологических проблем Долины Гейзеров, обеспечивающий сохранность гейзеров, их изучение и активный туризм.

Среди вопросов, касающихся изучения Долины Гейзеров, наиболее важным нам представляется продолжение систематических наблюдений за режимом основных гейзеров и гидротермальной деятельностью в целом. На основе данных наблюдений и измерения параметров конкретных гейзеров возможно выявление особенностей механизма действия каждого крупного гейзера. Это в свою очередь позволит в перспективе прогнозировать поведе-

To our viewpoint, the necessity of further investigation of geysers, in spite of all the already obtained results, is obvious. One of the major methods for the studies of activity of geysers is systematic monitoring of their regime. Observation will be useless or, in any case, not effective, if natural state of geysers can be changed due to any human factor. That is why it is important to preserve both geysers themselves and the whole environmental complex of the zone of their occurrence. It is also clear, that organization of geyser preservation should take into account interests of tourists whose number will hardly reduce with time. In other words, we need to find a reasonable compromise when solving the environmental problems of the Valley of Geysers, which would guarantee the undamaged state of geysers, as well as their studies and active tourism.

Among the problems concerning the studies of the Valley of Geysers, we consider the most important continuation of systematic observations of the regime of major geysers, as well as hydrothermal activity in general. Based on the observation data and measurements of individual geysers' parameters, we can determine peculiarities of operation mechanism of every large geyser. This, in its turn, will allow to predict geyser

---

ние гейзеров, в частности абсолютное время и длительность извержения. Знание точного времени действия гейзера предоставит возможность всем посетителям при ограниченном времени пребывания среди гейзеров увидеть наиболее интересные и эффектные извержения. Например, гейзеры Великан, Тройной, Большой, Горизонтальный расположены на некотором удалении друг от друга и извергаются не так часто, чтобы успеть, без предупреждения, полюбоваться каждым из них.

Следует назвать также в числе дальнейших исследований изучение минеральных новообразований, осадков из термальных вод и гейзеритов, прежде всего. С этим направлением косвенно связано изучение сине-зеленых водорослей, участвующих в формировании построек гейзерита своими кремневыми нитями или трубчатыми образованиями. Многие предстоит выяснить и в деятельности литотрофных термофильных бактерий, также обнаруженных на термальных площадках Долины Гейзеров. Отдельный блок научных исследований связан с изучением эталонных биогеоценозов и экологии растительности в специфических условиях термопроявлений и термальных полей.

Необходимо подчеркнуть, что проведение практически всех названных научных исследований возможно только на охраняемой заповедной территории. В первую очередь это относится к слежению за основными показателями Гейзерной гидротермальной системы и их изменениями в естественных условиях, основанному на режиме поверхностных термопроявлений, в том числе гейзеров. В других случаях можно исследовать гидротермальные системы в искусственно созданных условиях, так как рано или поздно, они становятся объектами промышленного использования, обеспечивая своими запасами горячей воды и пара работу геотермальных электростанций и комплексов теплоснабжения.

С задачей сохранения природного комплекса Долины Гейзеров напрямую связан и контроль соблюдения правил бе-

havior, in particular, absolute time and duration of the eruption. Knowledge of exact time of geyser operation will provide an opportunity for all the visitors to see the most exciting and effective eruptions.

Further studies are necessary for new mineral formations, sediments from thermal waters and geysers. Here also refer the examination of blue-green algae participating in the formation of geyserite construction. There is still much to learn in the activity of lithotrophic thermophilic bacteria also found at the thermal fields of the Valley of Geysers. Separate branch of scientific researches is related to the study of etalon biogeocenoses and plant ecology under the specific conditions of thermal manifestations and thermal fields.

It should be stressed that carrying out of almost all the named scientific surveys is possible exclusively at the preserved territory. First of all, this refers to the monitoring of basic parameters of the Geysernaya hydrothermal system and their variations in natural conditions, based on the regime of surface thermal manifestations, including that of geysers. In other cases, it is possible to study hydrothermal systems in artificial conditions, since, sooner or later, they become the objects of industrial usage, providing the operation of geothermal electric power plants and heat supply complexes with their hot water and steam resources.

The task of preserving the natural complex of the Valley of Geysers includes the control over observance of regulations for safe tourists' visits. For example, dangerous might be the sites of evolution of bubbling mud pots, where the process of hydrothermal alteration (softening) of rocks is constantly going on. As a result, apparently solid heated grounds might collapse at pressure. One should also beware of landslip and screes from the steep slopes of the Geysernaya river valley,

---

зопасного нахождения здесь туристов. Опасными, например, могут быть места развития грязевых кипящих котлов, где постоянно идет процесс гидротермального изменения (размягчения) горных пород, о чем говорилось выше. В результате прочные по внешнему виду участки нагретого грунта могут провалиться при нагрузке. Следует опасаться также оползней и осыпей на крутых склонах долины Гейзерной, особенно активизирующихся в период циклонических дождей.

Долина Гейзеров, располагаясь на территории Кроноцкого государственного заповедника, автоматически попала в разряд охраняемых объектов. В настоящее время она включена в Семьячинское лесничество, относящееся к участкам особого научного значения с ограниченной посещаемостью и усиленным режимом охраны. Последнее для Долины Гейзеров особенно важно, поскольку велико желание многих любителей природы побывать в этих местах. К сожалению, неконтролируемое пребывание туристов здесь, ведет к существенным нарушениям экологии и деятельности гейзеров. Например, за период "открытого" туризма (1967-1975 гг.) были неоправданно проложены многочисленные новые тропы и смотровые площадки, которые из-за эрозии в глинистом покрове превратились в глубокие канавы. Большой урон был нанесен непосредственно гейзерам. На многих из них были отбиты гейзериты. Особенно пострадали Великан, Сахарный, Жемчужный, Тройной. А ведь все посетители могли видеть, как красивы гейзериты, сверкающие в свете солнечных лучей под тонкой пленкой омывающей их воды. Досадно, что некогда бывшие украшениям унесенные гейзериты, скорее всего, бесполезно пылятся в уголках квартир, превратившись вдали от материнской среды в неприметный ничем серый камень.

Были попытки изменить и режим некоторых гейзеров. Для этого забрасывали камнями выходное отверстие гейзера, уменьшая его сечение, или понижали уро-

which become especially frequent in the period of cyclonic rainfalls.

Located within the territory of the Kronotsky State Reserve, Geyser Valley was automatically referred to the category of the secured objects. Nowadays, it is included into the Semiatchinskoye Forestry, which, in its turn, refers to the areas of special scientific value with limited attendance and medium security regime. The latter is of vital importance for the Valley of Geysers, since great number of nature amateurs strive for visiting this area. Unfortunately, uncontrolled visits of tourists essentially impact local environment and geyser activity. For instance, for the period of "free" tourism (1967-1975), unreasonable new pathways and observation grounds were settled, which turned into deep earth trenches due to erosion of the clayey shield. Geysers themselves were dramatically damaged. Geyserites were removed from many of them. Mostly harmed were geysers Velikan, Sakharnyi, Zhemchuzhnyi and Troinoi. How sorrowful is that the geyserites taken, which used to be a magnificent ornament in their original environment, are now, most probably, covered by dust in some forgotten corner of somebody's apartment.

Attempts were undertaken even to change the regime of some geysers, for which people were throwing stones into the geyser vent thus reducing its diameter, or tried to lower the water level in the bath making new drainage-trenches in its walls. It was quite a surprise afterwards to read in different publications the ecstatic narrations about easy changeability of regime of geysers. In fact, our nowadays' knowledge about geysers' regime and mechanisms of their operation does confirm the possibility of artificial change of the regime of some geysers, even without any tremendous efforts. The question is whether we need to do that.

вень в бассейне-ванне, сделав в его стенке новые желобки, увеличивающие слив воды. С удивлением потом приходилось читать в различных публикациях восторженные рассказы “авторов” таких попыток о легкости изменения режима гейзеров. То, что мы теперь знаем о режиме гейзеров и механизме их действия, действительно,



подтверждают возможность искусственного изменения режима некоторых гейзеров. Причем без особых усилий. Вопрос только в том надо ли это делать.

На наш взгляд любое вмешательство человека в поведение гейзеров не допустимо. Выше говорилось, что деятельность гейзеров зависит от влияния многих факторов. Они ранимы. Гейзеры рождаются, живут и исчезают. На каждом этапе деятельности, зимой и летом, осенью и весной - они прекрасны (фото 105). Не будем своими неосторожными действиями влиять на естественное развитие гейзеров. Пусть этим распорядится сама Природа. И тогда нынешнему поколению посетителей Долины Гейзеров и тем, кто придет следом, гейзеры предстанут во всем великолепии мощи ки-

To our viewpoint, any human meddling in geyser behavior is inadmissible. As mentioned above, geysers are quite vulnerable and their life depends upon the influence of many factors. Geysers are born, live for some time and then they die. The Geysers are magnificent at every stage of their life (Photo 105). Let us not affect their natural evolution by our careless interventions. Let the Nature itself take care of them. And then, both present generation of visitors of the Valley of Geysers, and those who will come after them, will have a chance to watch the geysers in all their beauty and power of boiling fountains, mystery of operation, uniqueness and excitement of their eruptions.

---

**105. И в суровые зимние дни кипят фонтаны гейзеров.**

*Geyser fountains are still boiling even in severe winter days.  
Eruption of the Velikan geyser*

---



---

пящих фонтанов, таинстве действия, неповторимости и красоте извержения.

С удовлетворением можно отметить, что в настоящее время много сделано для обеспечения сохранности гейзеров и создания условий для осмотра Долины Гейзеров туристами. Это и тропы из дощатого настила и оборудованные смотровые площадки, и вертолетная площадка, и небольшой приют с санитарными удобствами и др. Важно только в дальнейшем, особенно в случае роста массового туризма, базу для его обеспечения создать за пределами Долины Гейзеров. Можно надеяться также на сохранение или улучшение условий для работы научных сотрудников заповедника и других учреждений, занимающихся изучением природного комплекса Долины Гейзеров.

We are pleased to note that, at present, great works have been carried out to provide the security of geysers and to create the conditions for tourists' visits to the Valley of Geysers. Planked pathways and observation grounds have been settled, as well as helipad and even small hostel with sanitary equipment. In future, especially in case of mass tourism, it is important to create the base for its maintenance somewhere outside the Valley of Geysers. We can also hope for the preservation and improving the conditions for scientific assistants of the reserve and other institutions studying the natural complex of the Valley of Geysers.

---

## СЛОВАРЬ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ

---

**Андезит** – эффузивная, образовавшаяся при излиянии на поверхность магмы горная порода среднего состава, состоящая в основном из плагиоклаза и одного или нескольких цветных минералов (амфибола, пироксена, биотита).

**Базальт** - эффузивная горная порода основного состава с невысоким (до 52%) содержанием кремнезема.

**Вулкан** – конусовидной или иной формы образование, возникающее при извержении глубинных магматических расплавов на дневную поверхность. В процессе вулканических извержений образуются главным образом конусовидные горы.

**Вулкан действующий** - вулкан, извержения которого происходят в настоящее время или происходили в течение исторического времени, а также вулкан, который обнаруживает постоянную фумарольную деятельность.

**Гидротермальная деятельность** - совокупное проявление процессов минералообразования, переноса тепла и вещества в условиях термоаномалий в верхних частях земной коры. Тесно связана с магматизмом. Конкретными формами являются современные гидротермальные системы и поствулканическая деятельность на действующих вулканах.

**Голоцен** - послеледниковый период или послеледниковая эпоха. Начало (нижняя граница) - 10 тыс. лет назад.

**Горная порода** – естественная ассоциация минералов, возникающая в результате физико-химических и геологических процессов. Горные породы могут быть плотными (гранит, диорит, липарит, базальт и др.) или рыхлыми (песок, лёсс, глина, гравий и др.).

**Дайка** - плитообразное, вертикальное или крутопадающее тело, имеющее большую протяженность по простиранию и падению при относительно небольшой толщине. Образуются чаще всего путем выполнения трещин магматическим расплавом.

**Дацит** – эффузивная горная порода светлого цвета с высоким (до 70%) содержанием кремнезема.

**Депрессия вулканотектоническая** - обширное понижение в рельефе кольцевое или овальное, образованное в результате сильных излияний лавы из магматических очагов и опускания по сбросам. Диаметр вулканотектонических депрессий колеблется от 12-15 до 100 км. Видимая амплитуда опускания составляет от 300 до 1000 м.

**Игнимбрит** – вулканическая порода кислого состава (обогащенная кремнеземом), образовавшаяся в результате спекания горячих, полужидких обломков изверженных пород, ориентированных в одном направлении.

**Кальдера** - кольцеобразная впадина с крутыми стенками и плоским дном, образовавшаяся в результате провала вершины вулкана, а иногда и прилегающей к нему местности, в ходе активной деятельности вулкана.

**Кратер** – впадина в виде чаши или воронки, расположенная на вершине конусовидной горы. Образуется в результате взрывных вулканических извержений.

**Лава** – магматический расплав, достигший дневной поверхности при извержении вулканов. Постепенно теряя пар и газ (летучие), расплав образует различной мощности и протяженности лавовые потоки и покровы.

---

**Магма** — огненно-жидкий расплав, возникающий в глубинных горизонтах Земли. В отличие от лавы магма в большей степени насыщена летучими (газом и паром).

**Магматический очаг** - резервуар магмы, расположенный в неглубоких частях литосферы (до глубины нескольких тысяч метров).

**Пемза** — вспенившееся стекло (или каменная пена) кислых и средних по составу расплавов (лав). Пена базальтовая — сплетение тонких волосовидных стеклянных нитей.

**Пирокластика**, или пирокластический материал, — различные по размеру и форме обломки, выброшенные в раскаленном состоянии взрывными, или эксплозивными, вулканическими извержениями. К ним относятся шлаки, бомбы, лапилли, пемза, пепел.

**Плейстоцен** - период в геологической истории, включающий большую часть четвертичного, современного периода развития Земли, кроме голоцена, и продолжающийся около 1 млн. лет.

**Пьезометрический (напорный) уровень** - уровень, до которого поднимаются или могут подняться напорные (артезианские) воды в буровой скважине, колодце или на дневную поверхность.

**Рифт** - расщелина, открытые трещины, по которым происходит излияние обычно базальтовых лав

**Стратовулкан** — вулканический конус, сложенный чередованием рыхлых, или эксплозивных (шлаки, песок, пепел и др.), продуктов и лавовых потоков, поступающих из жерла вулкана, наиболее характерная форма вулканов.

**Туф** — порода вулканического происхождения, состоящая из обломочного, большей частью несортированного материала, впоследствии сцементированная и отвердевшая.

**Туфолава** - горная порода, занимающая промежуточное положение между туфом и лавой. Часто туфолавой называют лавокластические породы, природа которых не ясна.

**Фильтрационные свойства пород** - способность горных пород пропускать жидкость через пористую среду (капиллярные поры, трещины и др. пустоты) под влиянием силы тяжести и капиллярных сил.

**Фумарола** — выход горячего вулканического газа и пара в виде струй или спокойно парящих масс из трещин или каналов на поверхности вулкана или из неостывших лавовых потоков. По составу газов различают сернистые фумаролы — сольфатары и углекислые — мофетты.

**Шлак** — куски лавы разной величины — один из главных продуктов выброса при взрывных извержениях вулканов. Образуется шлак и на поверхности лавовых потоков.

**Эксплозия** - явление вулканического взрыва, обычно сопровождающееся выбросами большого количества пирокластического материала и газов.

**Экструзия** — выжимание или выдавливание на поверхность преимущественно вязкого магматического расплава, в результате чего образуются куполовидные (**экструзивные**) тела главным образом изометричной формы.

---

<sup>1</sup> При составлении словаря геологических терминов использованы:

1. Геологический словарь, т.1 . 2 под редакцией А.Н. Криштофовича. М., 1955
2. В.И. Влодавец. Справочник по вулканологии. М., Наука, 1984

---

## VOCABULARY OF GEOLOGICAL TERMS

---

Active volcano – volcano whose eruptions take place at present or occurred during the historical time, as well as volcano manifesting constant fumarole activity

Andesite – effusive rock of medium composition consisting mostly of plagioclase and one or several colored minerals (amphibole, pyroxene, biotite)

Basalt – effusive rock of basic composition with not high (up to 52%) silica content

Caldera – ring-shaped depression with steep sides and flat bottom formed in the result of the collapse of a volcano top and sometime of its vicinities in the course of intensive activity of the volcano

Cinder – lava fragments of various sizes – one of the major erupted products of explosive volcanic eruptions. Cinder can be also formed on the surface of lava flows

Crater – cavity in the form of a bowl or a funnel, located at the top of a cone-shaped mount. Craters are formed in the result of explosive volcanic eruptions

Dacite – light-colored effusive rock with high (up to 70%) silica content

Dyke – plate-like, vertical or steeply-dipping body having great stretching and dipping extension at rather small thickness. Dykes are formed more often by filling of the fissures by magmatic melt

Explosion – phenomenon of volcanic eruption, usually accompanied by ejection of great amounts of pyroclastic material and gases

Extrusion – squeezing or expression of mostly viscous magmatic melt onto the surface, in the result of which dome-like (extrusive) bodies of usually isometric form are formed

Filtration properties of rocks – ability of rocks to let the liquid pass through porous media (capillary pores, fissures and other hollows) under the effect of gravity force and capillary forces

Fumarole – discharge of hot volcanic gas and steam in the form of jets or quietly steaming masses from fissures or channels over the volcano surface, or from non-cooled lava flows. By their gas composition, we distinguish sulphury fumaroles – solfataras and carbonic – mofettes

Holocene – post-glacial period or post-ice epoch. Beginning (lower margin) – 10 thousand years ago

Hydrothermal activity – combined manifestation of the processes of mineral-formation and transport of heat and substance under the conditions of thermal anomalies within the upper parts of the Earth's crust. Closely connected to magmatism. Particular forms of hydrothermal activity are recent hydrothermal systems and post-volcanic activity at active volcanoes

Ignimbrite – volcanic rock of acidic composition (enriched in silica), formed in the result of sintering of hot half-liquid debris of erupted rocks, oriented in the same direction

Lava – magmatic melt reaching the original ground during volcanic eruptions. Gradually losing steam and gas (volatiles) the melt forms lava flows and sheets of various thickness and extension

Magma – flaming-liquid melt originating in the deeper horizons of the Earth. In contrast to lava, magma is much more saturated with volatiles (steam and gas)



---

Magmatic chamber – magma reservoir located in shallow parts of the lithosphere (to the depth of a few thousand meters)

Piezometric (ascending) level – level to which pressurized (artesian) waters ascend or may ascend in the drill well, draw-well or up to the original ground

Pleistocene – period of geological history including most part of Quaternary (modern) period of the Earth's evolution except for Holocene, and lasting for about 1 mln years

Pumice – foamed glass (or stone foam) of melts (lavas) of acidic and medium compositions. Basalt foam – texture of thin hair-like glass threads

Pyroclastics, or pyroclastic material – various in size and shape debris incandescently thrown out in the course of explosive volcanic eruptions. Here belong cinders, bombs, lapilli, pumice, ash.

Rift – crevasses, open fissures, along which mostly basaltic lavas outflow takes place

Rock – natural assemblage of minerals having appeared in the result of physical-chemical and geological processes. Rocks can be dense (granite, diorite, liparite, basalt, etc.) or loose (sand, loess, clay, grail)

Stratovolcano – volcanic cone composed of alternating loose or explosive (cinder, sand, ash, etc.) products and lava flows arriving from the volcano crater. The most characteristic type of volcanoes

Tuff – rock of volcanic origin, consisting of detrital, mostly unsorted, material consolidated and hardened afterwards

Tuff-lava - intermediate rock between tuff and lava. Often used to define lava-clastic rocks of unclear origin

Volcanic-tectonic depression – vast lowering of the relief, ring-shaped or oval, formed in the result of great lava flows out of magmatic chambers and sinking at the fault sites. Diameter of volcanic depressions ranges from 12-15 to 100 km. Apparent amplitude of the lowering makes 300-1000m

Volcano – cone-shaped (or having some other form) construction appearing in the result of the eruption of deeper magmatic melts onto the original ground. In the process of volcanic eruptions, cone-shaped mounts are mostly formed

When compiling the vocabulary of geological terms, the following references were used:

1. Geological dictionary, v.1, 2, editor – A.N. Krishtofovitch. Moscow, 1955 (in Russian)
2. V.I. Vlodayets. Reference book on Volcanology// Moscow, Nauka, 1984 (in Russian)

---

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

---

- Виноградов В.Н.* О режиме камчатских гейзеров. “Вопросы географии Камчатки”, вып. 2, Петропавловск-Камчатский, 1964, с. 70-81.
- Влодавец В. И.* Вулканы Земли. М.: Наука, 1973.
- Действующие вулканы Камчатки.* М., Наука. 1991. Том II. С. 94-141.
- Жилин М.Я.* Тропа к гейзерам. Дальневосточные путешествия и приключения, вып. 12, Хабаровск: Кн. изд-во, 1989, с. 162-187.
- Карпов Г.А.* В кальдере вулкана. М.: Наука, 1980.
- Карпов Г.А.* Узон - земля заповедная. М.: ЛОГАТА, 1998, 64 с.
- Крашенинников С.П.* Описание земли Камчатки, сочиненное Степаном Крашенинниковым, Академии Наук Профессором, 2-ое издание, т. 2, Спб, 1786.
- Леонов В.Л.* Структурные условия локализации высокотемпературных гидротерм. М.: Наука, 1989.
- Лодис Ф.А., Семенов В.И.* Камчатка - край лечебный. Петропавловск-Камчатский: Дальневосточное кн. изд-во, Камчат. отделение, 1993, 152 с.
- Набоко С.И.* Гейзеры Камчатки. Тр. Лаборатории вулканологии, вып. 8, изд. АН СССР, 1954, с. 126-209.
- Науменко А. Т., Лобков Е.Г., Никаноров А.П.* Кроноцкий заповедник. М.: Агропромиздат, 1986.
- Паужетские горячие воды на Камчатке.* Ред. Б.И.Пийп. М., Наука. 1965. 208 с.
- Пийп Б.И.* Термальные ключи Камчатки. Изд-во АН СССР, 1937.
- Райк А.А.* О режиме гейзеров Камчатки. В кн. “Исследование природы Дальнего Востока”, Таллинн, 1963, с. 39-90.
- Семенов В. И.* В краю вулканов и гейзеров. М.: Физкультура и спорт, 1973.
- Сугрובה Н.Г.* Некоторые закономерности режима гейзеров Камчатки. “Вулканология и сейсмология”, № 5, 1982, с. 35-48.
- Сугрובה Н.Г., Сугробов В.М.* Изменение режима термопроявлений Долины Гейзеров под влиянием циклона “Эльза”. “Вопросы географии Камчатки”. Вып. 8. 1985. Петропавловск-Камчатский. С. 88-94.
- Устинова Т.И.* Камчатские гейзеры. М., Географгиз, 1955.
- Allen E.T. and Day A.L.* Hot springs of Yellowstone National Park. Carnegie Inst., 1935
- Keefe W.R.* The geologic story of Yellowstone National Park. Lincoln: University of Nebraska Press, 1972, 92 p.

---

## RECOMMENDED REFERENCE LIST

---

- Active volcanoes of Kamchatka.// Moscow, Nauka, 1991, vol.II, pp. 94-141 (in Russian).
- Allen E.T. and Day A.L. Hot springs of Yellowstone National Park.// Carnegie Inst., 1935
- Karpov G.A. In the caldera of a volcano.// Moscow, Nauka, 1980 (in Russian).
- Karpov G.A. Uzon – the protected land.// Moscow, LOGATA, 1998, 64 pp.
- Keefer W.R. The geologic story of Yellowstone National Park.// Lincoln: University of Nebraska Press, 1972, 92 pp.
- Krashennnikov S.P. Description of the Kamchatka Land, created by Stepan Krashennnikov, Professor of the academy of Sciences.// Saint-Petersburg, 1786, issue 2, vol.2. (in Russian).
- Leonov V.L. Structural conditions of high-temperature hydrotherms' localization.// Moscow, Nauka, 1989 (in Russian).
- Lodis F.A., Semeonov V.I. Kamchatka – the land of cure.// Petropavlovsk-Kamchatsky: Far-Eastern Publishing House, Kamchatka Division, 1993, 152 pp. (in Russian).
- Naboko S.I. Kamchatka geysers.// Papers of the Volcanology Laboratory, issue 8, publ. AS USSR, 1954, pp. 126-209 (in Russian).
- Naumenko A.T., Lobkov E.G., Nikanorov A.P. Kronotsky Reserve.// Moscow, Agropromizdat, 1986 (in Russian).
- Pauzhetka hot waters in Kamchatka.// Editor – B.I. Piip// Moscow, Nauka, 1965, 208 pp. (in Russian).
- Piip B.I. Thermal springs of kamchatka.// publ. AS USSR, 1937 (in Russian).
- Raik A.A. On the regime of Kamchatka geysers.// In the book “Exploration of Far-East nature”// Tallin, 1963, pp. 39-90 (in Russian).
- Semeonov V.I. In the land of volcanoes and geysers.// Moscow, Physical Culture and Sports, 1973 (in Russian).
- Sugrobova N.G. Some patterns of Kamchatka geysers regime.// Volcanology and Seismology, №5, 1985, pp.35-48 (in Russian).
- Sugrobova N.G., Sugrobov V.M. Changes of the regime of thermal manifestations of the Valley of Geysers under the effect of the Elza cyclon.// Questions of the Kamchatka Geography// Petropavlovsk-Kamchatsky, issue 8, 1985, pp. 88-94 (in Russian).
- Ustinova T.I. Kamchatka geysers.// Moscow, Geographizdat, 1955 (in Russian).
- Vinogradov V.N. On the regime of Kamchatka geysers.// Questions on Kamchatka Geography, issue 2, Petropavlovsk-Kamchatsky, 1964, pp.70-81 (in Russian).
- Vlodavets V.I. Volcanoes of the Earth.// Moscow, Nauka, 1973 (in Russian).
- Zhilin M.Ya. Pathway to geysers.// Far-East travels and adventures, issue 12, Khabarovsk: Publishing House, 1989, pp. 162-187 (in Russian).

---

## АВТОРЫ РАЗДЕЛОВ

В.М.СУГРОБОВ:

- Введение
- Краткая история открытия и изучения Долины Гейзеров
- Краткий физико-географический очерк района и общая характеристика поверхностных термопроявлений
- Общая характеристика Долины Гейзеров
- Гидрогеология и модель Гейзерной гидротермальной системы
- Гейзеры и другие термопроявления долины реки Гейзерной
- Связь деятельности гейзеров с гидротермальной системой, механизм их действия
- Режим гейзеров, изменение гидротермальной активности, продолжительность жизни гейзеров
- Вопросы изучения и охраны гейзеров - уникального явления природы

Н.Г.СУГРОБОВА:

- Общая характеристика Долины Гейзеров
- Гейзеры и другие термопроявления долины реки Гейзерной
- Режим гейзеров, изменение гидротермальной активности, продолжительность жизни гейзеров

Г.А.КАРПОВ:

- Долина Смерти и причины гибели животных в верховьях р. Гейзерной
- Отложения термальных вод - гейзериты и термофильные водоросли

В.Л.ЛЕОНОВ:

- Краткий физико-географический очерк района и общая характеристика поверхностных термопроявлений
  - Геологическое строение и история Долины Гейзеров
-



