

ЕСТЕСТВЕННЫЕ ТЕРМОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПАУЖЕТСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

ВЫХОДЫ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

Естественные термоявления в долине Паужетки сосредоточены на площадке размером 500 X 1000 м, вытянутой в северо-северо-западном направлении. Характер термоявлений и их распределение по площади в значительной мере контролируются геолого-структурными особенностями месторождения.

Основное вмещилище высокотермальных вод на месторождении — толща псефитовых туфов, перекрытая сверху алевропелитовым чехлом, играющим роль относительного водоупора. Сосредоточенные термоявления в виде мощных кипящих источников и паровых струй находятся в южной части термальной площадки, там, где водоупорные отложения разбиты крупными трещинами. В северо-западной части площадки водоупор, как указывалось, отсутствует, и псефитовые туфы перекрыты непосредственно аллювиальными отложениями (рис. 6). В этом месте наблюдается преимущественно рассредоточенная разгрузка, дающая начало большому числу мелких источников, многие из которых пмеют температуру ниже точки кипения, благодаря примеси холодных грунтовых вод (рис.9).

Первые сведения о Паужетских источниках относятся к 30-м годам XVIII столетия. С. П. Крашенинников (1949), посетивший источники в то время, так описывал виденное: «Ключи бьют во многих местах как фонтаны по большей части с великим шумом в вышину на один и на полтора фута. Некоторые стоят как озера в великих ямах, а из них текут маленькие ручейки, которые, соединяясь друг с другом, всю помянутую площадь как на острова разделяют, и нарочитыми речками впадают в означенную Пауджу».

К числу наиболее крупных кипящих источников относятся Парящий I, Парящий II, Пульсирующие, Южный и Грязевое озеро. Все они располагаются в юго-восточной части площадки.

Источник Парящий I расположен на пойме у подножия I правобережной террасы Паужетки. Воронка источника имеет диаметр около 1 м. Она заполнена валунами, между которыми выбивается клокочущая, кипящая вода, поднимая столб брызг на высоту около полуметра. Над источником стоят клубы пара. Валунь вокруг источника сцементированы кремнистыми отложениями, образуя у восточного борта грифона гладкую поверхность. На отдельных камнях гейзерит образует налеты, натеки и друзы. Площадка источника никогда не покрывается снегом.

Дебит источника отличается стабильностью и составляет 10—11 л/сек.

Парящий II—второй по величине источник Паужетской группы. По рассказам старожилов существует с 1947—1948 г. Источник расположен почти у самого русла Правой Паужетки, на правом ее берегу, в 160 м к юго-западу от источника Парящий I. В паводки он заливается речной водой.

Воронка источника не оформлена. Кипящая вода выбивается из речного галечника и поднимает фонтаны брызг на высоту до 0,3 м. Вокруг источника галька покрыта легкими налетами гейзерита. В небольших

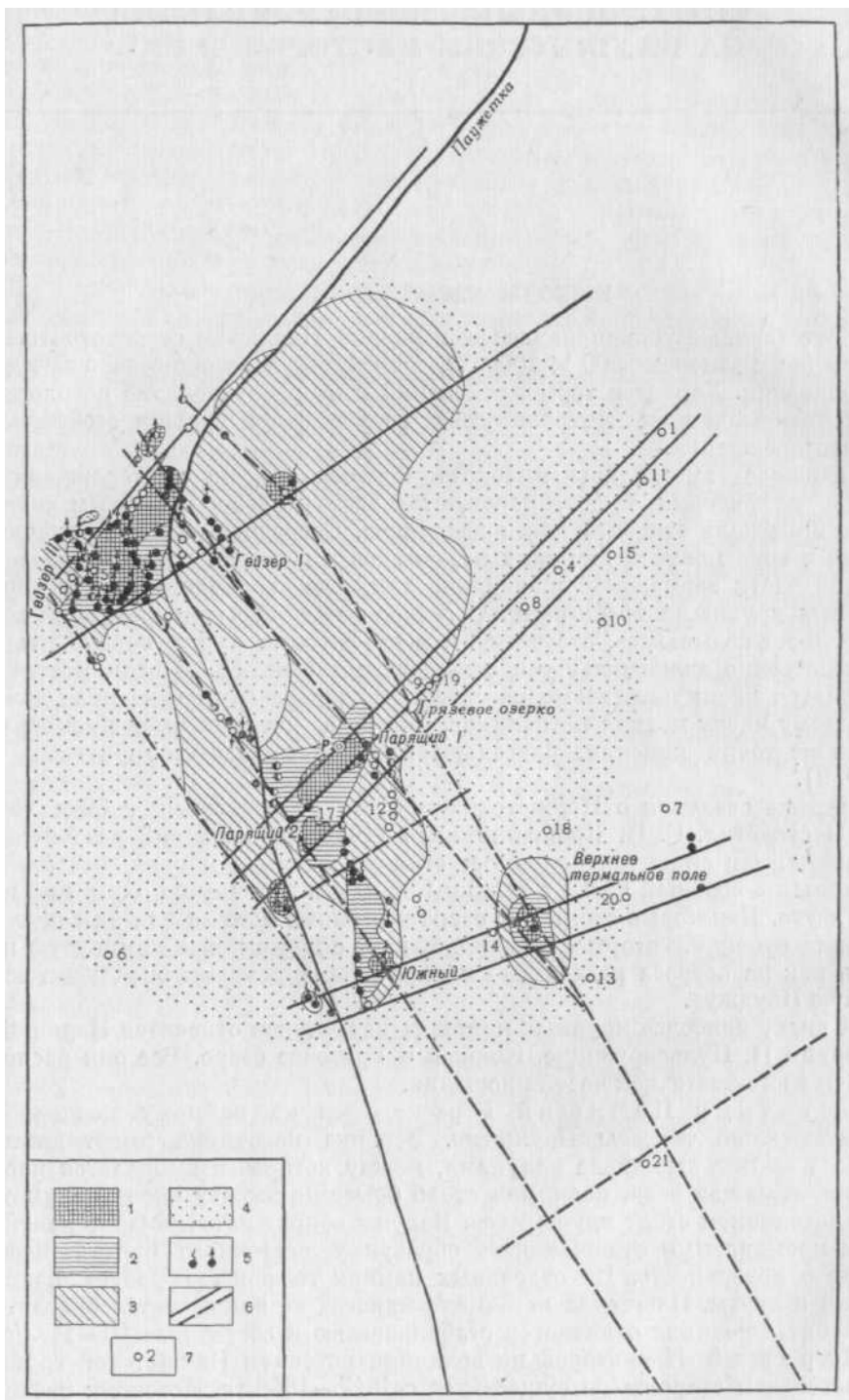


Рис. 9. Гидротермометрическая карта Паужетской термальной площади

Участки с температурой пород на глубине 1 м: 1 — от 70 до 100°; 2 — от 50 до 70°; 3 — от 20 до 50°; 4 — меньше 20°; 5 — термальные источники; 6 — тектонические нарушения; 7 — номера скважин

песчаных лунках из мельчайших отверстий выбиваются паровые струйки. Дебит источника в среднем равен 4,5 л/сек.

Температура в пароводяных источниках соответствует точке кипения при атмосферном давлении, т. е. 99—100°. В этом отношении все кипящие Паужетские источники похожи друг на друга. Однако соотношение между паром и водой в них различное, что указывает на различную температуру поступающих с глубины вод, так как паросодержание строго контролируется исходной температурой воды.

Определение паросодержания и расчет температур были проведены В. В. Аверьевым и К. П. Флоренским в 1957 г. на обоих Парящих источниках. На Парящем I содержание пара составило более 9 вес. % от общего выхода пароводяной смеси, на Парящем II—7%. Это соответствует температуре воды до вскипания в первом случае около 150° С и во втором — 137° С. Меньшая температура воды, питающей грифон Парящего II, по-видимому, не случайна и объясняется влиянием холодных подруслых вод, охлаждающих исходные высокотермальные воды.

При определении паросодержания был применен метод заливки грифонов кипящих источников холодной водой. Холодная вода подводилась к источнику и заливала его тонким слоем так, чтобы пузырьки пара оказывались полностью сконденсированными. В процессе измерений велся контроль за расходом холодной воды и за расходом смешанной воды на выходе из воронки источника, которая представляла собой сумму расходов холодной и горячей воды и сконденсированного пара. Кроме того, измерялась температура холодной воды и температура на выходе из воронки источника. Дополнительно велся гидрохимический контроль.

Расход пара — Dn (в весовом выражении) можно было рассчитать по прямому приросту расхода:

$$Dn = D \text{ суммарный } (D \text{ холодной воды} + D \text{ горячей воды до залива}).$$

Этот расчет, однако, дает заниженные значения паросодержания, так как при наливе холодной воды кипящий источник, как правило, немного «задавливается», и выход горячей воды из грифона в момент замера в действительности бывает меньше того значения, которое подставляется в расчет.

Чтобы исключить из расчетов эффект «задавливания», более правильно пользоваться уравнениями теплового или химического баланса. В первом случае рассчитывается непосредственно энтальпия пароводяной смеси и соответствующая ей температура воды до вскипания

$$i_{\text{пвс}} = \frac{Q_{\text{сум}} - Q_{\text{хол}}}{D_{\text{сум}} - D_{\text{хол}}},$$

где i — энтальпия пароводяной смеси; Q — вынос тепла.

Во втором случае по уравнению химического баланса определяется концентрация какого-либо химического компонента в пароводяной смеси. В условиях Паужетки был выбран хлор-ион, так как он содержится в минимальном количестве в холодной воде и в максимальном — в горячей

$$CCl'_{\text{пвс}} = \frac{\Sigma Cl'_{\text{сум}} - \Sigma Cl'_{\text{хол}}}{D_{\text{сум}} - D_{\text{хол}}},$$

где CCl — концентрация хлор-иона в пароводяной смеси; Cl' — вынос хлор-иона.

Найденная концентрация хлор-иона в пароводяной смеси была меньше, чем его концентрация в горячей воде, так как пар при низком давлении практически не содержит солей. Последнее обстоятельство бралось за основу при расчете

$$X = \frac{CCl'_{\text{гор}} - CCl'_{\text{пвс}}}{CCl'_{\text{гор}}} \cdot 100,$$

где X — паросодержание в вес. %.

Поскольку паросодержание в кипящих источниках относительно невелико (до 10, редко до 20%), контроль за всеми компонентами, входящими в расчет, должен вестись с большой тщательностью, и ошибка в измерениях не должна превышать 1—2%.

Пульсирующие источники находятся в 30 м к югу от Парящего I в протоке Паужетки. Источники представляют собой две воронки, вытянутые вдоль правого берега протоки, разделенные тонкой стенкой уступа I надпойменной террасы. Диаметр каждой воронки около 6 м. Ва-

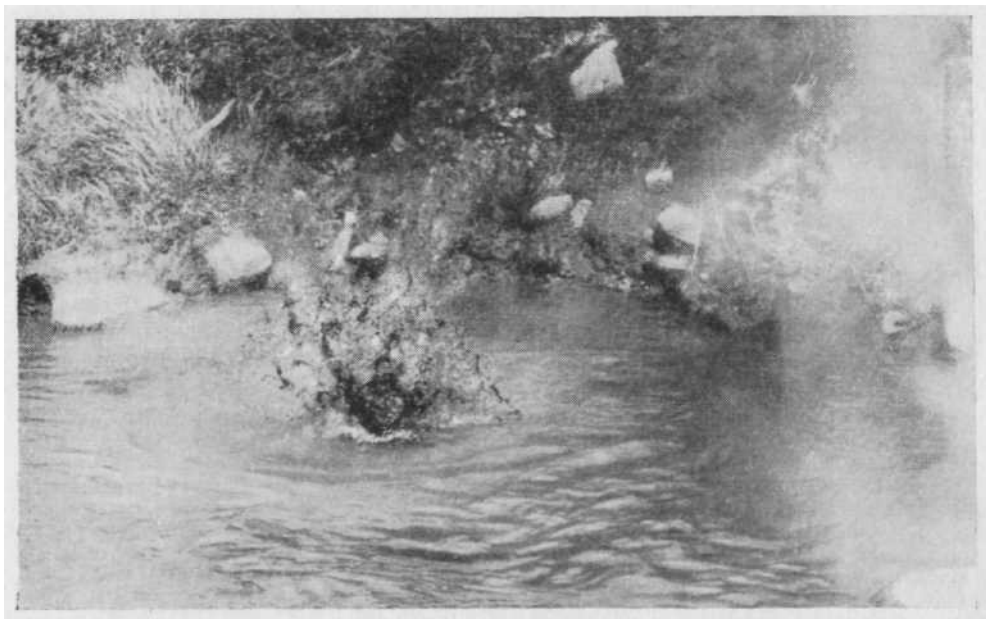


Рис. 10. Источник Пульсирующий

Фото В. М. Сугрובה

лунно-галечниковые отложения, окружающие источники, превращены в цветные глины.

Оба пульсирующих источника представляют собой кипящие котлы. Верхний по течению протоки котел не обнаруживает бурного кипения и выбросов, но характеризуется частыми периодическими пульсациями всего объема воды, что свидетельствует о периодическом образовании в его подводящем канале больших паровых пробок. В нижней по течению воронке почти непрерывно со дна поднимаются струи горячей воды, неся за собой песок, в результате чего воронка имеет вид грязевого котла. Над поверхностью котла периодически выбрасывается грязная вода в виде небольшого фонтана (рис. 10).

В августе-сентябре 1955 г. А. С. Нехорошевым были проделаны опыты по определению дебита верхнего и нижнего Пульсирующих источников. После отвода холодной воды ручья дебит верхней воронки был равен 2,26 л/сек (в августе) — 2,46 л/сек (в сентябре), дебит нижней воронки 4,58—5,31 л/сек. Средний дебит верхнего источника в 1957 г., рассчитанный по непосредственным наблюдениям с июля по ноябрь, оказался равным 3,4 л/сек.

При наблюдениях за Пульсирующими источниками в 1959 г. впервые было установлено прямое взаимодействие источников со скважинами. После того, как на скв. К-2 произошел выброс с глубины 38 м, продолжавшийся несколько суток, уровень воды в Пульсирующем источнике резко понизился, и источник прекратил свою деятельность. Когда скважина кончила работать, источник быстро вошел в свой прежний режим. Такая прямая связь ствола скважины с источником, безусловно, свидетельствует о трещинном характере его питания. Можно предполагать, что и другие многодебитные концентрированные выходы также имеют трещинное питание, тем более что фильтрационные свойства пород на Паужетке, как будет показано ниже, явно не достаточны, чтобы обеспечить большие дебиты источников только за счет порового питания.

На Паужетской термальной площадке в числе многих источников имеются два небольших гейзера. Дебит их не велик, однако они заслуживают отдельного рассмотрения как яркое доказательство перегретости вод на глубине.

Гейзер I расположен на правом берегу Правой Паужетки, на ровной пойменной площадке. Он представляет собой воронку диаметром 1,5 м, образованную в валунно-галечниковых отложениях. Вокруг воронки — измененная порода, красноватая глина. Воронка наполнена водой, которая через определенные промежутки времени начинает пузыриться, кипеть, выбрасывая фонтаны брызг.

О существовании гейзера известно со времени посещения его С. П. Крашенинниковым. Характер деятельности гейзера с того времени значительно изменился. По описанию Д. И. Александрова в 1934 г., Б. И. Пийпа в 1937 г., В. В. Иванова в 1950 г., Г. А. Гонсовской в 1951 г. и С. И. Набоко в 1953 г. после фонтанирования следовал период понижения уровня воды в котле, ее ухода вниз, а затем наполнения. В настоящее время вода не уходит из воронки после фонтанирования и очень незначительно меняет свой уровень. В настоящее время в деятельности гейзера отмечаются два периода: фонтанирования и покоя. Периодичность работы гейзера со временем также существенно изменилась, о чем свидетельствует приводимая ниже таблица 2:

Таблица 2
Изменения в режиме извержений Гейзера I

Год обследования	Исследователь	Продолжительность цикла, мин
1934	Д. И. Александров	16—17
1937	Б. И. Пийп	16—17
1950	В. В. Иванов	4 мин 50 сек
1951	Г. А. Гонсовская	4 мин 54 сек
1953	С. И. Набоко	4 мин 40 сек
1955	А. С. Нехорошев	2 мин 29 сек
1961	В. М. Сугробов	2 мин

В настоящее время средняя продолжительность цикла равна 2 мин. Причем около 1 мин 10 сек приходится на период покоя и 50 сек — на извержение. Средний дебит, рассчитанный по времени наполнения емкости в 180 л (с учетом и времени покоя), равен 0,39—0,40 л/сек. Существенных изменений в среднем дебите за последние 5 лет не отмечено.

Гейзер II расположен на правобережной поймелевой Паужетки, в 30 м от берега. Место выхода имеет вид блюдцеобразного углубления диаметром 1,0—1,5 м и глубиной 30 см. Канал гейзера завален; по данным предыдущих исследований, он имел глубину несколько метров.

Гейзер был посещен и описан рядом исследователей. С. И. Набоко наблюдала действие гейзера с 18 по 21 августа 1953 г. За это время произошло 5 извержений. Длительность каждого цикла менялась: 15 час 45 мин, 22 час 15 мин, 11 час 30 мин, 18 час 10 мин, больше 26 час. Работа гейзера происходила при этом по стадиям: фонтанирование, бурное выделение пара, спокойное выделение пара, покой, наполнение, нагрев воды. В 1955 г. за периодичностью действия гейзера проводил наблюдения А. С. Нехорошев.

В настоящее время замечено, что в работе гейзера большие периоды покоя, исчисляющиеся несколькими сутками, сменяются периодами активной деятельности. Последняя продолжается от нескольких часов до суток

и состоит из ряда циклов. Каждый цикл работы гейзера имеет все выше-названные стадии. Максимальный расход во время фонтанирования составляет 2 л/сек.

Рассредоточенные выходы термальных вод приурочены в основном к пониженным частям рельефа. Их многочисленные проявления наблюдаются по берегам Лево́й и Право́й Паужеток. Воды разгружаются и в русле Паужетки, но не заметны из-за большого по сравнению с источниками расхода реки. Однако в случаях, когда река после сильного половодья изменяет несколько русло, или в летнюю межень падает уровень воды в реке, на обнаженных участках дна наблюдаются мелкие источники с горячей водой и паровые струи.

Наибольшее число источников приурочено к краевым частям площадки: северо-западной и юго-восточной. Северо-западная часть площадки расположена близ слияния Лево́й и Право́й Паужеток. Вся площадка, представляющая собой поверхность высокой поймы, сильно прогрета и изобилует многочисленными выходами вод и паровых струй. На водораздельных участках ручьев и реки площадка покрыта глинами красного цвета.

Большая часть источников имеет вид мелких, диаметром в несколько миллиметров, грифончиков с температурой от 80 до 100°. Дебит их замерить трудно. Сток отдельных источников ничтожный, но в сумме они дают начало теплым ручьям со значительным дебитом — до 10—12 л/сек. Почти всюду вокруг источников кремнистые натёки. Кремнистые выделения цементируют пароду вокруг источников, образуя гейзерные площадки, кальматируют выходные каналы, вызывая миграцию источников. В отдельных местах натёки гейзерита изолируют источник, ранее сообщавшийся с водами реки или ручья. Так, например, на правом берегу Лево́й Паужетки, в русле реки кремнистыми отложениями была цементирована глыба из валунов и изолированы источники, находящиеся под ней. На вершине глыбы действует восходящий источник с температурой 75°, в нижней части глыбы, выше уровня воды в реке — другой источник с температурой 32°. На правом берегу Право́й Паужетки, близ слияния ее с Лево́й Паужеткой, — аналогичные выходы термальной [воды с температурой 72—97°] находятся на выступе, далеко выдающемся в русло, и изолированные от реки. Сам выступ сложен валунно-галечниковым материалом, цементированным кремнистыми отложениями.

Источники, расположенные по берегам рек у уреза воды, имеют обычно температуру меньшую 70°, вследствие того, что заливаются водой реки. Обнаруживаются они часто лишь по клочкам зеленых водорослей. Почти все источники восходящего типа. Среди источников часто встречаются паровые струи, выходящие из отверстий диаметром до 0,5 см или из мелких воронок, заполненных конденсатом пара.

В юго-восточной части площадки расположен второй участок с интенсивной гидротермальной деятельностью. Вся площадка пронизана большим количеством выходов термальных вод в виде мелких источников, но их все-таки меньше, чем на северо-западном участке. Основная часть источников расположена в правобережной протоке Паужетки. По сравнению с северо-западом здесь больше паровых струй. Вся площадка сильно прогрета и ее валунно-галечниковая суглинистая почва во многих местах превратилась в глинистую массу красного цвета. Зимой площадка почти не покрывается снегом.

Кроме двух описанных больших участков в пределах термальной площадки имеются относительно изолированные небольшие пятна с проявлениями гидротермальной деятельности. Так, на левом берегу Право́й Паужетки, к югу от Парящего II источника, расположена группа восходящих очень мелких источников с температурой 99°. Вода из-за ничтожного расхода вся испаряется, сток отсутствует. Здесь же выходят несколько паро-

вых струй. Выходы воды и пара образовали гейзеритовую площадку. В 150—170 м ниже по течению, «а том же берегу,— еще одна группа восходящих источников с температурой 92°.

Особо должны быть охарактеризованы выходы паровых струй на термальной площадке, сконцентрированные в трех пунктах. В настоящее время, после проведенных разведочных работ, можно с полным основанием говорить о том, что они представляют собой паровые дериваты, отделившиеся от горячих паужетских вод при подземном кипении.

Южный источник расположен в 330 м к югу от Парящего I, в основании склона высокой правобережной террасы. Источник представляет собой группу паровых струй. Пар вырывается из рыгвин, расположенных ступенчатообразно на склоне. Из многочисленных отверстий в небольших лунках, заполненных конденсатом, пробиваются паровые струи. Температура у выхода их составляет 97°. Конденсат пара здесь непрерывно кипит, что создает видимость мощного излива воды, вероятно поэтому этот выход пара назвали источником. На самом деле стока воды почти нет, из-за ничтожного расхода пара. Поверхность террасы близ выходов пара сильно заболочена и покрыта воронками с конденсатом пара. Температура воды в них 95°.

Паровые струи Грязевого озера. Грязевое озеро расположено на поверхности I надпойменной террасы в 100 м к северо-востоку от источника Парящего I. Озеро представляет собой вытянутую вдоль склона пару воронок, разделенных перемычкой, и имеет общую длину 25 м и ширину 7—8 м. Глубина воронок 2—5,5 м. Вода озера представляет собой конденсат паровых струй, смешанный с дождевыми и снеговыми водами. Излива воды из озера никогда не происходит вследствие малого притока ее. В летнее время озеро сильно мелеет. Зимой от таяния снега, окружающего его, вода стоит на уровне с краями. Температура при этом сильно понижается и достигает в центре озера 35—40°. Летом температура на дне воронки достигает 100° С. Почва вокруг озера глинистая, вязкая, топкая.

Паровые струи Верхнего термального поля. В 350 м к юго-востоку от источника Парящий I, на поверхности высокой правобережной террасы, расположено еще одно термальное поле площадью 100×200 м (рис. 9). Гидротермальная деятельность проявляется здесь в виде паровых струй. Поверхность поля покрыта красными глинами, на глубине пестрыми, образовавшимися под воздействием газов, паров и их конденсатов. В настоящее время паровые струи сосредоточены на восточном краю поля. В дождливое время и при таянии снега вся площадка покрывается водой, в сухое время — площадка сухая, покрыта трещинами усыхания.

Глины, покрывающие площадку,— своего рода покрытия, под которыми находится небольшая залежь пара. В 1957 г. К. П. Флоренским здесь были пробурены две ручные скважины, которые, пройдя 2-метровую толщу глин, вывели струи пара со значительно большим расходом, чем в естественных выходах.

Выход пара в долине ручья Быстрого. На левом крутом склоне долины — группа высокотемпературных источников нисходящего типа, с температурами 89—93°. Источники являются дериватами пара, смешивающимися иногда с поверхностными водами.

У основания склона — кипящие котлы с паровыми струями. Длина термального поля — 35 м. Зимой площадка не покрывается снегом и парит.

Химические анализы воды источников

Место и дата отбора пробы	Катионы, г/л, мг/эке, мг/эке %					Анионы, г/л, мг/эке, мг/эке %				Недиссоциированные молекулы		рН	Общая минерализация г/л	Формула солевого состава	Аналитик
	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	H ₂ SiO ₃	HBO ₂				
Парящий I, 31.III 1961	0,0002 0,01 0,02	0,9699 42,47 89,61	0,0737 1,89 4,02	0,0560 2,80 5,95	0,0023 0,19 0,40	1,5846 44,69 94,97	0,0767 1,60 3,40	0,0018 0,03 0,06	0,0222 0,74 1,57	0,2275	0,1548	8,2	3,1697	M _{3,2} $\frac{Cl_{95}SO_3^4}{Na_{90}Ca_6K_4}$	Т. В. Ренне
Парящий II, 31.III 1961	0,0002 0,01 0,02	0,9740 42,35 89,64	0,0740 1,90 4,02	0,0540 2,70 5,71	0,0035 0,29 0,71	1,5916 44,88 94,99	0,0782 1,63 3,45	0,0037 0,06 0,12	0,0204 0,68 1,44	0,2457	0,1548	8,2	3,2001	M _{3,2} $\frac{Cl_{95}SO_3^4}{Na_{90}Ca_6K_4}$	Т. В. Ренне
Пульсирующие, 31.III 1961	0,0002 0,01 0,02	0,5044 21,93 90,48	0,0258 0,66 2,72	0,0290 1,45 5,98	0,0023 0,19 0,78	0,7854 22,15 91,38	0,0591 1,23 5,07	0,0525 0,86 3,55	Не обн.	0,1579	0,0769	7,3	1,6935	M _{1,7} $\frac{Cl_{19}SO_5^4HCO_3^4}{Na_{90}Ca_6K_3}$	Т. В. Ренне
Гейзер I, 31.III 1961	0,0002 0,01 0,02	0,9837 42,77 89,49	0,0747 1,92 4,02	0,0560 2,80 5,86	0,0035 0,29 0,61	1,6124 45,48 95,17	0,0800 1,67 3,49	0,0073 0,12 0,25	0,0156 0,52 1,09	0,2164	0,1573	8,1	3,2071	M _{3,2} $\frac{Cl_{95}SO_3^4}{Na_{89}Ca_6K_4}$	Т. В. Ренне
Скважина верхнего термального поля (конденсат), 25.X 1957	0,0100 0,55 48,30	0,0069 0,30 26,30	0,0058 0,29 25,40	Не опред.	0,0050 0,14 12,20	Не обн.	0,061 1,00 87,80	—	—	Не обн.	—	8	0,0887	M _{0,99} $\frac{HCO_{88}^3Cl_{12}}{NH_{48}^4Na_{20}Ca_{25}}$	И. Х. Забелы-шинская
Источник «Южный», 1.IX 1957	0,0080 0,44 7,81	0,0927 4,03 71,59	0,0135 0,68 12,08	0,0058 0,48 8,52	0,0139 0,39 6,93	0,2323 4,84 85,97	0,0244 0,40 7,10	—	0,1355	То же	—	5,8	0,5261	M _{0,52} $\frac{SO_{86}^4HCO_7^3Cl_7}{Na_{72}Ca_{12}Mg_8NH_8^4}$	Е. П. Рябичкина
Грязевое озеро, 12.IX 1957	0,0090 0,50 6,80	0,0688 2,99 40,60	0,0464 2,32 31,60	0,0188 1,55 21,00	0,0209 0,59 8,00	0,3010 6,27 85,20	0,0305 0,50 6,80	—	0,1495	То же	—	5,6	0,6449	M _{0,64} $\frac{SO_{85}^4Cl_8HCO_7^3}{Na_{41}Ca_{32}Mg_{21}NH_7^4}$	Е. П. Рябичкина
Источник на левом склоне ручья Быстрого, 80 м вверх от скв. К-7, 22.VI 1961	0,0018 0,10 3,25	0,0455 1,98 64,28	Не обн.	0,0172 0,86 27,92	0,0017 0,14 4,55	0,0180 0,51 16,56	0,0206 0,43 13,96	0,1037 1,70 55,19	0,0132 0,44 14,29	0,0936	То же	8,2	0,3153	M _{0,82} $\frac{HCO_{55}^3Cl_{17}SO_{14}^4}{Na_{34}Ca_{28}Mg_5}$	Т. В. Ренне

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ИСТОЧНИКОВ И ПАРОВОДЯНЫХ СТРУЙ ПАУЖЕТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Воды преобладающего числа Паужетских источников по химическому составу — хлоридно-натриевые. Таковы источники Парящие, Пульсирующие, гейзеры. Состав вод всех источников идентичен (табл. 3). Содержание хлора колеблется в пределах от 1,4 до 1,67 г/л, в среднем около 1,58 г/л. Содержание сульфатов довольно низкое — от 0,07 до 0,086 г/л. Содержание кремнекислоты до 250 мг/л, метаборной кислоты — до 176 мг/л. Величина рН — 8,0—8,2. Общая минерализация составляет 3,0—3,2 г/л.

Химический состав вод источников, которые представляют собой выход термальных вод, смешанных с холодными грунтовыми водами, верховодкой или атмосферными осадками, — это преимущественно нисходящие источники — отличался от состава кипящих источников меньшим содержанием хлора, кремневой и борной кислот, меньшей минерализацией. В том случае, когда холодные грунтовые воды при смешении с термальными превалировали, вода источников по химическому составу отвечала другому типу (смешанному) — обычно хлоридно-гидрокарбонат-сульфатному.

По газовому составу воды Паужетских источников — азотно-углекислые. Следует отметить, что в литературе до 1957 г. они характеризовались как азотные. Однако, как было выявлено работами К. П. Флоренского, это представление основывалось на несовершенной методике отбора газов, при котором не учитывался газ, содержащийся в паровой фазе. Анализ паровой фазы, в которую переходят в основной своей массе газы в процессе вскипания воды, обнаружил (в ней значительные (Количества CO_2 — до 100 мг/кг пара в Парящем I. В незначительном количестве — до 10 мг/кг — в паре был определен сероводород. При пересчете результатов анализа в процентах по объему оказалось, что кипящие источники и паровые струи, описанные выше, характеризуются однотипным газовым составом (табл. 4). Это позволило К. П. Флоренскому справедливо относить

Таблица 4

Содержание газовых компонентов в конденсате пара и состав газа
(по К. П. Флоренскому)

Источники	В мг/л конденсата				Объемные %				Объем газа мг/л конденсата
	CO_2	$\text{N}_2 + 1$	CH_4	H_2S	CO_2	$\text{N}_2 + 1$	CH_4	H_2S	
Гейзер I	52,9	10,6	0,53	6,0	75,6	15,2	0,8	8,4	70
Южный	305	34,4	10,0	16,0	83,6	9,3	2,7	4,4	365
Верхнее термальное поле	138	11	5,6	10	83,7	6,7	3,4	6,2	164

паровые струи источника Южного и Верхнего термального поля к паровым дериватам термальных вод, с которыми связаны Паужетские источники.

Впоследствии было выявлено, что термальные воды, разгружающиеся в естественных условиях, относительно дегазированы, благодаря предварительно вскипанию на глубине. Состав этих глубинных вод будет подробно охарактеризован в следующих главах.

При конденсации пара на поверхности образуются воды, имеющие принципиально иной состав по сравнению с хлоридно-натриевыми водами. В чистом виде конденсат пара, полученный из ручной скважины на Верхнем термальном поле, характеризуется гидрокарбонатно-аммонийным составом (табл. 4). Аналогичный тип химического состава типичен для воды

нисходящего источника в долине ручья Быстрого. Большая минерализация и концентрация компонентов в воде этого источника связаны с выщелачиванием пород на месте конденсации пара под делювиальным чехлом. Если на выходе паровой струи образуются котлообразные воронки, то значительная часть газов, таких, как CO_2 , CH_4 и H_2S растворяется в конденсате и при окислении сероводорода получают сульфатные воды низкой минерализации.

Характерные примеры таких вод — источники Южный, Грязевое озерко (табл. 3). Воды, которые образуются за счет конденсации пара на выходах паровых струй, подобных этим, характеризуются также сульфатным составом с $\text{pH} = 5,4\text{—}6,0$.

ТЕМПЕРАТУРА ТЕРМАЛЬНОГО ПОЛЯ ВБЛИЗИ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

Первые геотермические исследования на Паужетском месторождении были проведены в 1955 г. А. С. Нехорошевым. По данным замеров температур в грунте им была составлена мелкомасштабная термометрическая карта термальной площадки.

Летом — осенью 1957 г. В. В. Аверьевым и В. Г. Ренне была проведена площадная термометрическая съемка масштаба 1 : 1000. Замеры температур проводились на глубине 1 м по сетке через 40 м. Данные съемки корректировались наблюдениями в зимнее и весеннее время за проталинами в снегу. В результате была околтурена термальная площадь в долине Паужетки с температурами больше 20° . На термометрической карте выделены участки с температурами от 20 до 50° , от 50 до 70° и от 70 до 100° (см. рис. 9).

Наиболее крупный прогретый участок с температурой от 70 до 100° был зафиксирован в северо-западной части месторождения близ слияния рек Левои и Правой Паужеток. Такие же прогретые участки были встречены в южной части термального поля. В частности, в районе источника Парящего I был выделен участок с температурой $70\text{—}100^\circ$, вытянутый в северо-восточном направлении. К юго-востоку от источника Парящего II расположен еще один, меньший по размеру участок с подобными температурами. Значительный по площади высокотемпературный участок был выделен в районе источника Южного. Кроме этого, съемка околтурила целый ряд высокотемпературных участков в виде относительно изолированных пятен: Верхнее термальное поле, площадка в овраге ручья Быстрого и др.

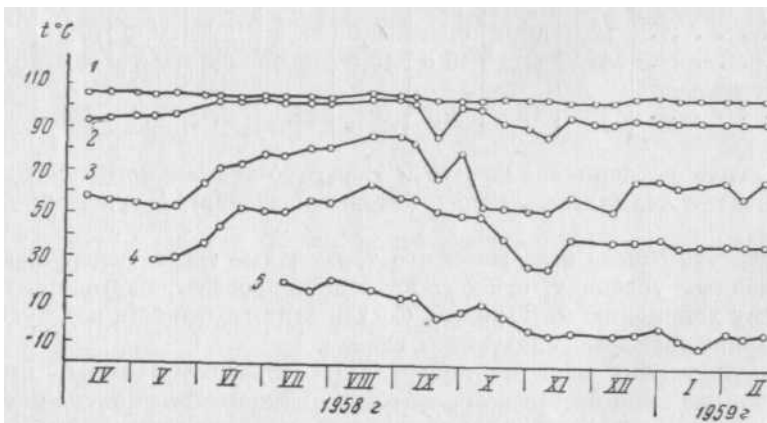


Рис. 11. График изменения температуры на разных глубинах во времени (пост. 1)

Глубина: 1 — 3,2 м, 2 — 1,6 м, 3 — 0,8 м, 4 — 0,4 м 5 — температура воздуха

Расположение и конфигурация высокотемпературных участков дали возможность предполагать направление и характер трещиноватости пород, слагающих месторождение, и в дальнейшем проектировать места заложения пароводяных скважин.

В 1958—1959 гг. в районе термальной площадки с целью определения колебаний температур в грунте было оборудована четыре геотермических поста в южной части термальной площадки и проведен годичный цикл наблюдений.

Анализ наблюдений на термометрических постах показал, что основными факторами, определяющими температуру в поверхностной зоне термальной площадки, являются тепло циркулирующих здесь термальных вод, температура воздуха и холодные грунтовые воды. Наиболее стабильные температуры в грунте наблюдались в летнее и зимнее время, когда уровень термальных вод в аллювии также был стабильным. Судя по данным, полученным на посту 1 (рис. 11), на глубине 3,2 м амплитуда сезонных колебаний температуры составляет 3°, т. е. менее 3%. Наиболее резкое охлаждающее влияние на температуру грунта оказывают холодные грунтовые воды, подмешивающиеся к термальным водам в период сильных осенних паводков и при снеготаянии.

СУММАРНАЯ РАЗГРУЗКА ПАУЖЕТСКИХ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД И ВЫНОС ТЕПЛА В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Разгрузка термальных вод на Паужетке, учитывая дебит источников и теплых ручьев (термальная составляющая в последних рассчитана по выносу хлора), составляла до начала бурения 31 л/сек. Многочисленные выходы термальных вод в виде источников, дебит которых нельзя замерить, свидетельствуют о том, что величина разгрузки гораздо больше этой цифры. В мае 1958 г. в весеннюю межень В. В. Аверьевым была предпринята попытка установить полную разгрузку термальных вод, включая ее скрытую составляющую. Для этой цели был применен гидрохимический метод. Учитывалось поступление хлор-иона в реку на участке, где она протекала мимо термальной площадки, и затем — по отнесению его к концентрации хлор-иона в воде кипящих источников — суммарное поступление термальной воды в реку.

Результаты этих исследований, по данным за 20 мая 1958 г., приводятся ниже.

1. Сумма расходов правого и левого рукавов Паужетки после термальной площадки составляет 3,6 м³/сек, в том числе по левому рукаву — 3,09 м³/сек и по правому рукаву — 0,51 м³/сек.

2. Содержание хлор-иона в Правой илевой Паужетке выше термальной площадки составляет 0,0105 г/л, или 10,5 г/м³. Таким образом, расход хлор-иона в Паужетке до термальной площадки составляет 10,5 X 3,6 = 37,8 г/сек (эта цифра немного завышена, так как расход реки выше термальной площадки несколько меньше, чем после термальной площадки).

Содержание хлор-иона в правом рукаве Паужетки в 0,5 км ниже гидроствора равно 0,1123 г/л, равно 112,3 г/м³. Расход хлор-иона в правом рукаве равен 112,3 X 0,511, равен 57,5 г/сек.

Содержание хлор-иона в левом рукаве Паужетки в 1,5 км ниже гидроствора равно 0,0421 г/л, равно 42,1 г/м³. Расход хлор-иона в левом рукаве равен 42,1 X 3,09, равен 180 г/сек.

Суммарный расход хлор-иона в правом и левом рукавах Паужетки равен 130 + 57,5 = 187,5 г/сек.

3. Количество хлор-иона, которое получает Паужетка, протекая через термальную площадку, равно 187,5 — 37,8 = 149,7 г/сек. Принимая среднее содержание хлор-иона в высокотермальной воде за 1,58 г/л, получаем количество термальной воды, поступающее в районе термальной площадки в Паужетку: 149,7 : 1,58 = 95 л/сек или, учитывая несколько завышенный расход реки выше термальной площадки, — около 100 л/сек.

Детальными работами было установлено, что из 100 л/сек термальной воды, поступающей в реку в районе Паужетских источников, более 95% разгружается в активной части термальной площадки, в полосе, имеющей ширину около 300 м и секущей долину с юго-запада на северо-запад.

Выше отмечалось, что на источнике Парящем I опытными работами было определено теплосодержание пароводяной смеси 150 ккал/кг. Поскольку в расчете суммарной разгрузки была использована концентрация хлор-иона, равная 1,58 г/л и характерная для кипящих источников, следует полагать, что величина 100 л/сек относится именно к высокотермальным водам с указанным теплосодержанием. Исходя из этого положения, можно оценить вынос тепла водными массами на Паужетском термальном поле в естественных условиях. Он равен $100 \times 150 = 15\,000$ ккал/сек.

Весной 1963 г. В. М. Сугробов повторил определение суммарной разгрузки паужетских вод. В это время на месторождении уже около года работали скважины, выведившие в сумме порядка 120 кг/сек пароводяной смеси со средним теплосодержанием 170 ккал/кг. В результате влияния скважин некоторые кипящие источники исчезли (Парящий II), другие (Парящий I) заметно снизили дебит. Величина суммарной естественной разгрузки сократилась от 100 до 78 л/сек. (Дебит скважин из расчетов был, разумеется, исключен). Кроме того, произошло существенное изменение контуров очага разгрузки. Если в 1958 г. к северу от активной термальной полосы разгружалось менее 5% термальной воды, то в 1963 г. доля этого участка возросла до 25%. Пробуренные здесь многодебитные скважины вызвали смещение потока термальных вод к северу. Это и повлекло за собой уменьшение дебита термальных источников, расположенных в южной части термального поля.