

В. В. И В А Н О В

**ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ
И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД КАМЧАТКИ**

Двести лет назад, в известном труде выдающегося русского географа, одного из первых русских академиков С. П. Крашенинникова «Описание земли Камчатки» (1755 г.) были впервые опубликованы данные о некоторых крупных горячих ключах Камчатского полуострова, тогда еще совершенно не изученной, далекой окраины Русского государства.

В течение последующих более чем полутора столетий накапливались многочисленные, но весьма разрозненные и главным образом только описательные данные о разнообразных и интересных источниках Камчатки — этой характерной области современного вулканизма.

Только в 1937 г., в результате исследований, проведенных, в основном, после Великой Октябрьской революции, и обобщения всех ранее имевшихся материалов, известным исследователем Камчатки, вулканологом Б. И. Пийпом была составлена и опубликована специальная монография «Термальные ключи Камчатки». Работа эта явилась первым серьезным исследованием Камчатских термальных вод, положившим начало их дальнейшему широкому изучению.

В указанной работе Б. И. Пийпом были впервые рассмотрены вопросы происхождения Камчатских терм, в которых решающая роль, в соответствии с существовавшими тогда представлениями о генезисе термальных вод, была отведена ювенильным компонентам, поднимающимся из магматических очагов.

Новый шаг в изучении гидротерм Камчатки был сделан в последнее десятилетие, когда экспедиционными исследованиями Министерства здравоохранения СССР, Лаборатории вулканологии Академии наук СССР и Министерства геологии и охраны недр СССР были получены многочисленные новые материалы о составе, распространении и условиях формирования термальных вод Камчатского полуострова (Иванов, 1954, 1955, 1956; Устинова, 1949, 1952, 1955; Набоко, 1954 и др.).

Результаты этих работ значительно расширили и изменили существовавшие ранее представления о Камчатских термальных водах.

1. ОБЩИЕ ГЕОСТРУКТУРНЫЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ КАМЧАТКИ

Своеобразная геологическая история Камчатки, лежащей в пределах крупнейшей альпийской геосинклинальной области, во многом определяется теми мощными и длительными вулканическими процессами, которые продолжаются здесь и до настоящего времени. Интенсивные явления новейшего вулканизма и термометаморфизма горных пород, а также ши-

рокое развитие молодых крупных тектонических разломов определяют не только многие современные геоструктурные особенности Камчатского полуострова, но накладывают специфические черты и на его геотермические и гидрогеологические условия.

Современные физико-географические и гидрогеологические особенности Камчатки обуславливаются сочетанием сложного ряда факторов; обильные атмосферные осадки на юге полуострова и умеренные на севере, приморские низменности и высокогорные массивы, плоские вулканические нагорья и альпийского типа горные хребты, весьма слабо водопроницаемые массивные древние метаморфические породы и легко фильтрующие новейшие пирокластические отложения, безводные вулканические доли и насыщенные водой приморские тундры, крупные ледники и действующие вулканы, наконец, выходы горячих газов, вод и паров — все это создает исключительное разнообразие и большую контрастность физико-географических условий и геологического строения различных районов Камчатки.

Накопленные в последние десятилетия обширные материалы по геологии Камчатки позволяют выделить в ее строении три структурных яруса, отличающихся составом горных пород и весьма различными гидрогеологическими условиями.

Нижний структурный ярус образован древними, сильно дислоцированными докембрийскими метаморфическими и кристаллическими сланцами и гнейсами (с прорывающими их кислыми интрузивами), а также вулканогенно-сланцевыми породами мезозоя.

Породы эти слагают на глубине весь «фундамент» полуострова, но выступают на поверхность в основном только в крупных горных массивах Камчатки — в пределах южной части Срединного хребта, в Восточно-Камчатских хребтах (Ганальском, Валагинском, Тумрок и Кумроч), на ряде восточных полуостровов и в небольших размерах в некоторых других районах.

Породы эти в большей своей части (вне зоны выветривания) очень плотные, вторично сильно измененные. Многочисленными, различного направления и возраста тектоническими разломами указанные породы разбиты на крупные блоки, с образованием глубоких тектонических депрессий (грабен) и горстовых поднятий. Глубокая циркуляция вод в них возможна, в основном, только по зонам тектонических дроблений.

Средний структурный ярус образован мощными толщами морских осадочных песчано-глинистых и вулканогенных третичных отложений, распространяющихся на значительной части полуострова. В одних районах (Западно-Камчатская равнина, Центрально-Камчатская депрессия, Восточно-Приморская зона) породы эти выходят на поверхность, в других (Центральные части Срединного хребта, Восточная вулканическая зона) скрыты мощными толщами выпележающих четвертичных вулканических образований.

В указанных толщах пород могут циркулировать как трещинные, так и пластово-трещинные воды, а при благоприятных структурных, гипсометрических и гидрогеологических условиях, существовать и крупные бассейны артезианских вод.

Верхний структурный ярус слагается мощными четвертичными вулканогенными образованиями. Он занимает наиболее высокое гипсометрическое положение, образуя обширные, в различной степени расчлененные вулканические плато-долы и поднятые над ними конуса четвертичных и современных вулканов, как в пределах Восточной, так и Центрально-Камчатской вулканической зоны.

Значительное преобладание в составе этих пород пирокластического материала и нередко сильная трещиноватость горизонтов лав создают благоприятные условия для глубокой инфильтрации в их толще

поверхностных вод и появления в них непостоянных по простиранию горизонтов и трещинных систем слабонапорных вод.

Совершенно очевидно, что в соответствии с перечисленными геоструктурными, а также геоморфологическими особенностями Камчатки, в ее пределах может быть выделен ряд весьма различных гидрогеологических областей и районов.

В приведенной ниже схеме гидрогеологического районирования Камчатки нами выделяются, с учетом орографических особенностей, характера и возраста водовмещающих пород и типа подземных вод, лишь основные наиболее крупные гидрогеологические области (фиг. 1).

СХЕМА ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ КАМЧАТКИ

А. Равнинные области

I. Области распространения пластовых и пластово-трещинных артезианских вод в четвертичных и третичных морских осадочных и вулканогенно-осадочных отложениях:

- 1) Западно-Камчатская полого-складчатая синклиналичная зона.
- 2) Восточно-Приморская складчато-глыбовая зона.

Б. Горные области

II. Области распространения трещинных вод в метаморфических и изверженных до-мезозойских и вулканогенно-сланцевых мезозойских породах.

- 1) Южная часть Срединного антиклинория.
- 2) Восточно-Камчатский антиклинорий.
- 3) Древние структуры Шипунского и Камчатского полуостровов.

III. Области распространения пластовых и трещинных вод в четвертичных вулканогенных и третичных вулканогенно-осадочных отложениях и трещинных вод в дотретичных породах:

- 1) Восточная вулканическая зона.
- 2) Центральная вулканическая зона.
- 3) Вулканические массивы Кроноцкого и Озерного полуостровов.

В. Области межгорных депрессий

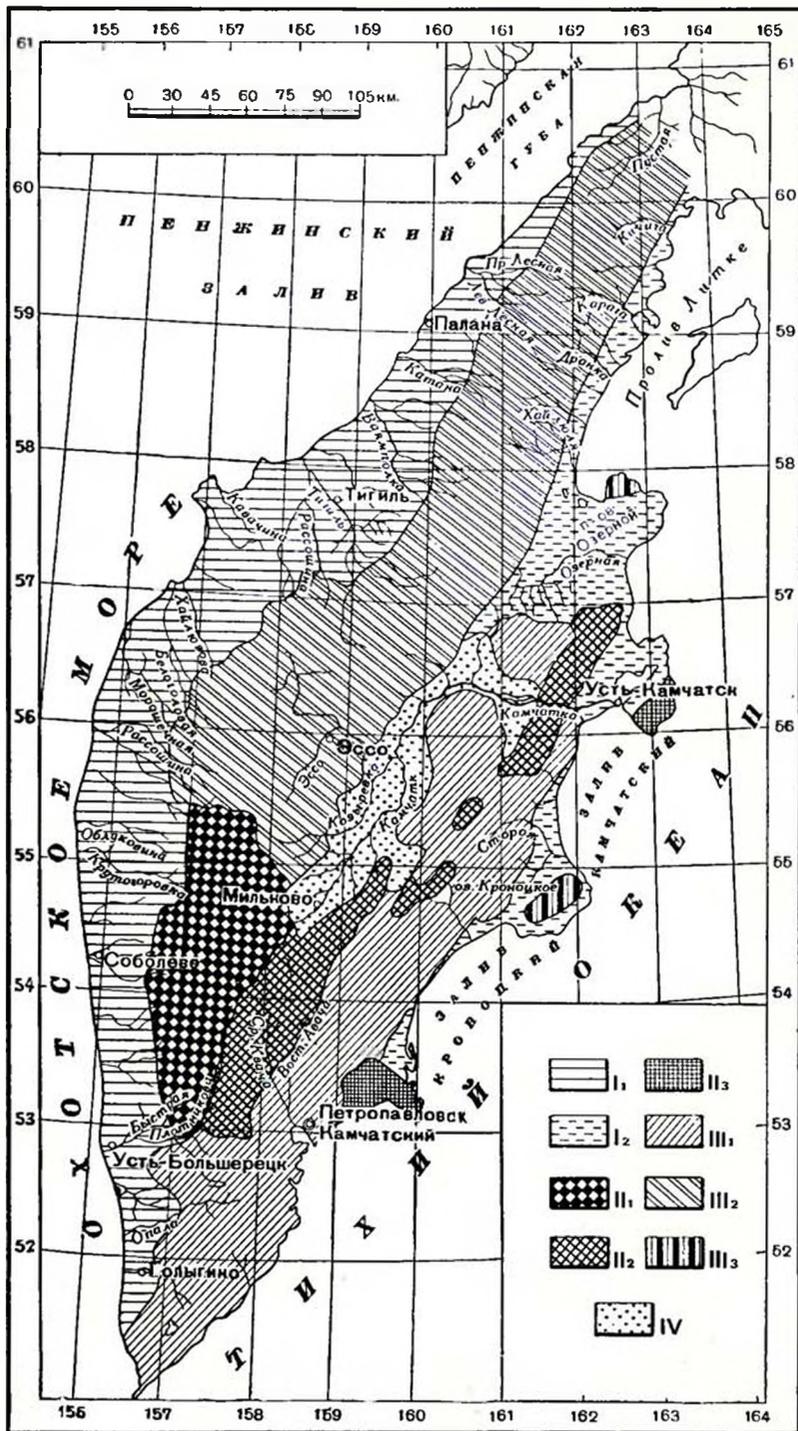
IV. Области распространения пластовых вод в четвертичных и третичных осадочных отложениях.

ЦЕНТРАЛЬНАЯ КАМЧАТСКАЯ ДЕПРЕССИЯ

Не касаясь в рамках настоящей работы гидрогеологической характеристики отдельных перечисленных областей, необходимо отметить только некоторые общие положения.

Большая часть территории Камчатского полуострова весьма благоприятна для накопления подземных вод. Большое количество осадков, умеренно-холодный муссонный климат, обуславливающий значительное увлажнение воздуха, в сочетании с характерными ландшафтными условиями (горный характер и сильная расчлененность рельефа, значительная залесенность и др.) создают на Камчатке условия для большого превышения стока над испарением. Учитывая геологическое строение и состав горных пород Камчатки, можно считать, что и подземный сток в пределах горных сооружений полуострова, который собственно и определяет интенсивность накопления подземных вод, также весьма значителен и составляет, вероятно, не менее 20% от общего стока.

Хорошая водопроницаемость новейших вулканогенных пород и интенсивная тектоническая раздробленность полуострова создают благоприят-



Фиг. 1. Схема гидрогеологического райопирования Камчатки.

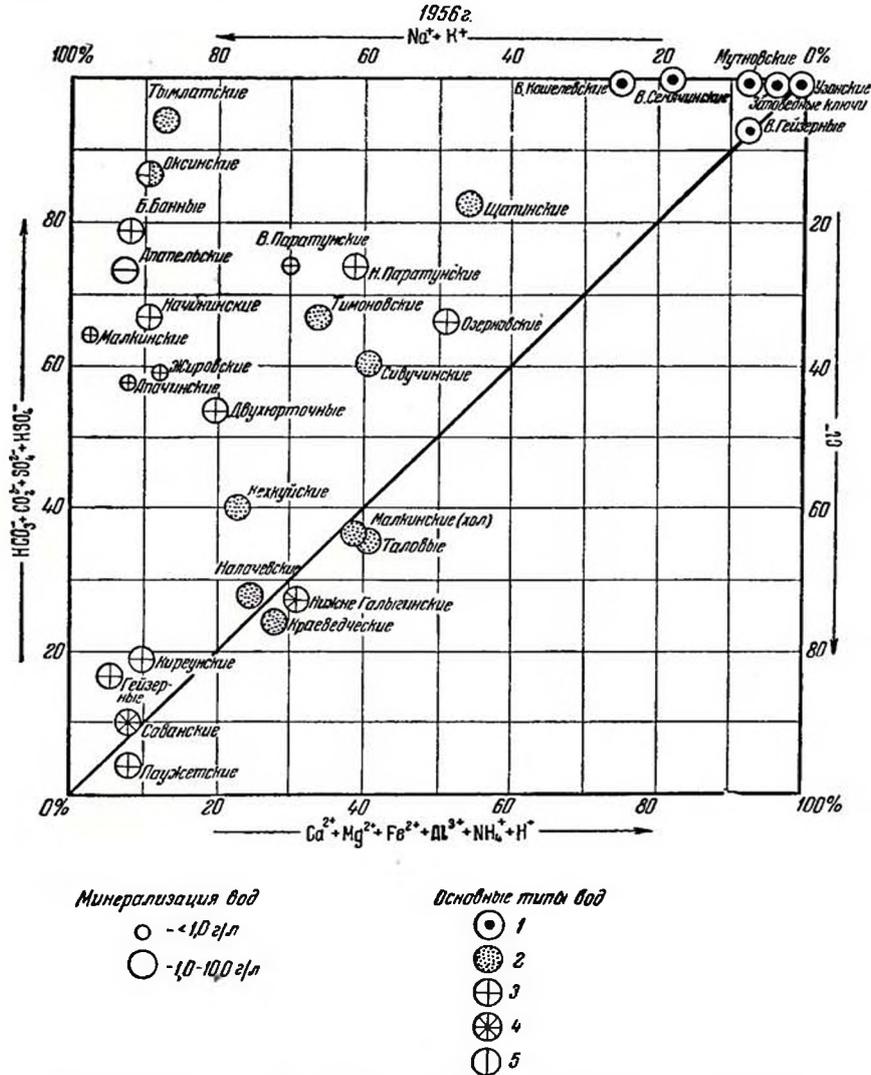
А. Равнинные области. I. Области распространения артезианских вод в четвертичных и третичных морских осадочных отложениях: 1) Западно-Камчатская равнина, 2) Восточно-Приморская зона.

Б. Горные области. II. Области распространения трещинных вод в кристаллических и метаморфических до-мезозойских и вулканогенно-сланцевых мезозойских породах горных массивов: 1) Южная часть Среднего хребта Восточно-Камчатский хребет, 2) Горные массивы восточных полуостровов. III. Области распространения пластовых вод в четвертичных вулканогенных отложениях и трещинных термальных вод в дочетвертичных породах: 1) Восточная вулканическая зона, 2) Северная часть Среднего хребта.

В. Области межгорных депрессий. IV. Область распространения пластовых вод в четвертичных и третичных (?) отложениях Центрально-Камчатской депрессии.

ные условия для весьма глубокой инфильтрации атмосферных вод, за счет которых в современную эпоху и формируются в основной своей части подземные воды Камчатки.

Отсутствие в разрезе морских отложений Камчатки засоленных горизонтов пород, а также хорошая проницаемость многих их горизонтов предопределяют существование в настоящее время в глубоких недрах большей



Фиг. 2. Диаграмма химического состава термальных вод Камчатки.

1 — сероводородно-углекислые; 2 — углекислые; 3 — азотные; 4 — метановые; 5 — смешанного состава.

части полуострова, преимущественно вод низкой минерализации, обычно во много раз меньшей, чем минерализация нормальных морских вод.

Наконец, интенсивная третичная, раннечетвертичная и современная вулканическая деятельность обуславливает создание в пределах значительной части полуострова аномального геотермического режима, характеризующегося резко повышенными геотермическими градиентами, а в зонах активных вулканических центров мощным выносом тепла в верхние горизонты земной коры и атмосферу.

Различный геотермический режим и геохимическая обстановка определяют распределение и формирование в пределах Камчатки различных типов термальных вод (табл. 1).

2. РАСПРОСТРАНЕНИЕ, ТЕМПЕРАТУРА И ДЕБИТ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

Камчатка, являющаяся наиболее северным звеном обширного Тихоокеанского вулканического кольца, по характеру и масштабам гидротермальной деятельности, по количеству и разнообразию термальных источников занимает среди обширной зоны термальных вод, опоясывающей с юго-востока территорию Советского Союза, особое положение. Вулканические районы Камчатки, наряду с Курильскими островами, должны рассматриваться как часть Тихоокеанской провинции термальных вод областей новейшего вулканизма.

Общее число известных на Камчатке групп горячих источников (по данным 1952 г.) достигает 100. Основная их часть (57%) сосредоточена в юго-восточной половине Камчатки — в зоне современного вулканизма; меньшая часть (30%) — в центральных и северных районах Срединного хребта — в зоне раннечетвертичного вулканизма и лишь немного (13%) в остальных районах полуострова.

Такое распределение естественных выходов термальных вод определяется, прежде всего, особенностями геотермического режима, связанного с современной и четвертичной вулканической деятельностью и сложного тектонического строения различных частей Камчатки.

Все основные действующие вулканы Камчатки (Ключевской, Швелуч, Безымянный, М. Семейчик, Корымский, Корякский, Авача, Мутновский и ряд других), а также большое число потухших вулканов сконцентрированы в Восточной вулканической зоне, протягивающейся от южной оконечности Камчатского полуострова до нижнего течения р. Камчатки.

В центральных и северных частях Срединного хребта современная вулканическая деятельность проявляется весьма слабо.

Тектонические разломы и нарушения, в основном, двух направлений (Заварицкий, 1937) — северо-восточного и северо-западного определяют основные зоны циркуляции и выход на поверхность термальных вод.

По геоморфологическим условиям выхода Камчатские термальные воды могут быть разделены на три основные группы.

а) Источники вулканических сооружений и генетически, и пространственно связаны с действующими вулканами, с выходами вулканических газов. Выходят они на склонах, в кальдерах и в кратерах вулканов, из вулканогенных пород, часто на значительной высоте — до 1000 и более метров и образуются в основном за счет грунтовых и поверхностных вод. Дебит их колеблется в весьма широких пределах.

Характерными представителями являются источники В. Семейчинские, Узонские, Кошелевские, Заповедные, Камбальные и многие другие.

б) Источники склонов выходят на склонах долин из вулканогенных пород нередко на значительной высоте над тальвегом. Связаны с зонами тектонических нарушений, проходящих преимущественно вдоль склонов долин. Источники питаются напорными трещинными водами. Дебит источников обычно небольшой, не более 3—5 л/сек. Характерные представители: источники Начикинские, В. Паратунские, Оксинские, Апапельские, Озерновские и др.

в) Источники долин выходят на дне долин, обычно из валунно-галечниковых отложений. Часто питаются сильно перегретыми напорными водами, отличаются наибольшим дебитом, достигающим иногда нескольких десятков литров в секунду. К этому типу относятся источники

Гейзерные, Паужетские, Киреунские, Н. Паратунские, Малкинские и некоторые другие.

Большинство групп горячих источников Камчатки, особенно источники восточной вулканической зоны, отличается исключительно высокой температурой. Из общего числа источников, для которых имеются точные температурные данные, более 65% имеют температуру выше 50°С. Источники нескольких групп, находящиеся в районах действующих вулканов, питаются сильно перегретыми водами, имеющими на глубине температуру много выше 100°С.

3. ОСНОВНЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

Имеющиеся в настоящее время данные о химическом составе термальных вод Камчатки, о геологических условиях их выхода и закономерностях распределения позволяют выделить среди них три главных генетических типа вод, существенно отличающихся по условиям своего формирования, а также ионному и газовому составу.

Как это было показано в свое время В. И. Вернадским (1931), а также и рядом других исследователей (Белоусов, 1937; Овчинников, 1947; Козлов, 1950 и др.), именно газовый состав подземных вод наиболее отчетливо характеризует ту геологическую и геохимическую обстановку, в которой происходит их формирование.

Это особенно относится к термальным водам областей современного вулканизма, гидрогеохимические процессы в которых во многом определяются образующимися в этих областях магматическими и термометаморфическими газами.

Поэтому деление термальных вод вообще (Иванов, 1956₃) и областей современного вулканизма, в частности, основывается именно на газовом составе вод. Среди терм Камчатки выделяются следующие наиболее широко распространенные типы вод:

- а) сероводородно-углекислые (фумарольные) термы;
- б) углекислые термы;
- в) азотные щелочные термы.

Помимо этих, весьма четко разграничивающихся групп термальных вод, сравнительная характеристика которых приведена в табл. 1 и на фиг. 2, в пределах Камчатки устанавливается существование также метановых терм (источники Восточно-Авачинские, Саванские, Нижне-Галыгинские), а также термальных вод промежуточного состава. Однако эти воды пользуются на Камчатке несравненно меньшим распространением и не определяют характерных черт термальных вод Камчатского полуострова.

Не останавливаясь на рассмотрении широко известных взглядов предыдущих исследователей на происхождение Камчатских термальных вод (Пийп, 1937, 1941, 1947; Заварицкий, Пийп, Горшков, 1954, и др.), перейдем к характеристике новых представлений об условиях формирования главнейших типов термальных вод Камчатки.

а) Сероводородно-углекислые термы

Сероводородно-углекислые (фумарольные) термы представляют собой весьма редкий тип термальных вод, создающихся в верхней окислительной зоне, только в сфере непосредственного воздействия очагов современного вулканизма. Ни в каких других геохимических обстановках эти воды не образуются.

В пределах Камчатки они распространены поэтому только в Восточной вулканической зоне, главным образом в ее южной и центральной частях.

Помимо Камчатки воды эти существуют в СССР только на Курильских островах.

Образование рассматриваемых вод происходит в толще новейших вулканогенных пород, по-видимому, на глубинах не более нескольких сот метров от поверхности в результате насыщения подземных, а иногда и поверхностных вод фумарольными газами и взаимодействия этих вод с горными породами.

Фумарольные газы, выходя на поверхность по трещинам в вулканических породах, на склонах, в кратерах и кальдерах действующих вулканов обычно под большим давлением и с высокой температурой, насыщают грунтовые воды или небольшие поверхностные ручейки и озера, образуя то разнообразные кипящие источники, то бурлящие водоемы, то очень характерные грязевые воронки и котлы, заполненные тонкой жидкой глиной — продуктом разрушения окружающих пород.

Дебит таких фумарольных грифонов, в противоположность источникам, питающимся напорными подземными водами, обычно невелик, но в целом некоторые группы фумарольных терм дают нередко мощные потоки горячих вод.

Как показано автором в работе, посвященной характеристике гидротерм очагов современного вулканизма Камчатки и Курильских островов (Иванов, 1956₂), среди рассматриваемых вод выделяются два подтипа — воды «глубинного» и воды «поверхностного» формирования (табл. 1).

Первые имеют хлоридно-сульфатный состав и образуются в результате насыщения относительно глубоких подземных вод вулканическими газами, содержащими, помимо CO_2 , H_2S и SO_2 , также Cl , B и некоторые другие компоненты. Воды эти характерны, в первую очередь, для районов с наиболее активной вулканической деятельностью.

Вторые характеризуются чисто сульфатным составом и образуются обычно либо за счет грунтовых, либо поверхностных вод, насыщающихся вулканическими газами уже как бы «отфильтрованными» более глубокими подземными водами от хлоридов, бора и некоторых других ионов.

Газы, выделяющиеся из фумарольных терм, состоят в основном только из CO_2 и H_2S , иногда с примесью CH_4 и N_2 . SO_2 в этих газах, в связи с хорошей растворимостью его в водах, полностью отсутствует, чем эти газы, в частности, резко отличаются от высокотемпературных вулканических газов, выделяющихся из кратеров вулканов, где SO_2 обычно преобладает над H_2S .

В отличие от Курильских островов, где воды обоих указанных подтипов развиты очень широко и представлены очень яркими и эффектными источниками, на Камчатке распространены фумарольные термы только поверхностного формирования. Глубинные (хлоридно-сульфатные) фумарольные термы в пределах Камчатки нигде до настоящего времени не встречены. По-видимому, это объясняется значительно более высоким гипсометрическим положением и меньшей глубиной расчленения современных вулканов Камчатки, а также относительно меньшей общей активностью современных вулканических процессов. Вероятно, однако, что в более глубоких, не вскрытых эрозией горизонтах вулканогенных пород и на Камчатке должны существовать указанные термальные воды.

К типичным фумарольным источникам на Камчатке относятся источники В. Семячинские, Узонские, В. Гейзерные, Заповедные, Мутновские, Кошелевские, Восточно-Паужетские и многие другие.

Краткая характеристика газового и ионного состава некоторых из них приведена в табл. 2 и 3.

По составу свободно выделяющихся газов все описываемые источники являются сероводородно-углекислыми, иногда сероводородно-углекислометановыми. В абсолютных количествах всегда преобладает CO_2 ,

Таблица 1

Сравнительная характеристика основных геотектических типов термальных вод Камчатки

Геохимическая обстановка формирования	Основные типы и подтипы терм		Газовый состав	t воды в °C	Минерализация воды в г/л	Типичный ионный состав	pH	Происхождение вод	Характерные представители
Окислительная, в зоне воздействия активных вулканических очагов	Сероводородно-углекислые (фумарольные) термы	а) Поверхностного формирования	CO ₂ , H ₂ S, CH ₄	50—100	До 7,5	Сульфатные аммонийные, железисто-алюминиевые, водородные	6,5	Инфильтрационные атмосферные воды с незначительным участием конденсационных магматических и возрожденных	В-Семячипские, Узонские, Копелевские и мн. др.
		б) Глубинного формирования	—	—	—	—	—	—	—
Восстановительная, в зоне воздействия термометаморфических процессов	Углекислые термы	а) Вулканогенных пород или хорошо промытых морских осадочных отложений	CO ₂	До 60	До 4,5	Гидрокарбонатные, кальциево-натриевые	5,9—6,5	Инфильтрационные атмосферные воды (воды выщелачивания)	Щаинские, Дзенаурские, Тымлатские и др.
		б) Относительно менее промытых морских осадочных отложений	CO ₂	30—75	До 7,5	Хлоридные, кальциево-натриевые	5,9—6,5	Инфильтрационные атмосферные воды с незначительным участием древних измененных морских вод	Налачевские, Краеведческие
Восстановительная, вне связи с термометаморфическими и вулканическими явлениями	Азотные плечные термы	а) Вулканогенных пород или хорошо промытых морских осадочных отложений	N ₂ + р. г.	50—100	0,5—1,5	Хлоридно-сульфатные, натриевые или кальциево-натриевые	8,0—9,4	Инфильтрационные атмосферные воды (воды выщелачивания)	Начикинские, Паратунские, Малкинские, Анапельские и мн. др.
		б) Относительно менее промытых морских осадочных отложений	N ₂ + р. г.	97—100	1,5—3,2	Хлоридные, натриевые	7,3—8,7	Инфильтрационные атмосферные воды, с незначительным участием древних измененных морских вод	Гейзерные, Паужетские, Киреунские

Примечание. Разделение углекислых и азотных терм на две группы («а» и «б») произведено предположительно на основе химического состава вод.

содержание CH_4 достигает 10—24%, количества H_2S (а также N_2) обычно весьма невелики. Важно отметить, что H_2S в термальных водах и Камчатки и Курил является характерным признаком связи термальных вод с активными вулканическими центрами: ни в углекислых, ни в азотных термах H_2S не встречается.

Таблица 2

Газовый состав фумарольных терм Камчатки (Свободные газы)
Аналитик И. С. Красникова

№ п/п	Название источников	Время взятия пробы	t воды в °C	Состав газов в объемных %					Кем взяты пробы
				CO_2	H_2S	CH_4	C_2H_2	$\text{N}_2 + \text{т.р.г}$	
1	В.-Семьячинские Северная группа, Главный источник	23.IX 1951 г.	96,2	82,77		12,42	0,43	4,38	В. В. Ивановым
2	Ю.-Кошелевские Кипящее озеро	3.VIII 1951 г.	97,8	66,02		24,33	0,46	9,19	Г. А. Гонсовской
3	В.-Паужетские	19.X 1950 г.	100,0	73,60		2,10	1,10	21,2	В. В. Ивановым
4	Ю.-Камбальные	1955 г.							
5	Узонские Западное поле	1933 г.	48,0 96,0	90,62 85,8	0,82 0,4	5,51 7,6	0,00 0,00	3,05 6,2	А. С. Нехорошевым Б. И. Пийпом ¹

¹ Анализ произведен Панкратовой и Маркон.

Таблица 3

Краткая химическая характеристика некоторых фумарольных терм Камчатки

№ п/п	Название источников	Год исследования	t воды в °C	Формула ионного состава	pH	Исследователь и аналитик
1	Верхне-Семьячинские Северная группа № 1, Главный источник	1951	96,2	$M_{1,0} \frac{\text{SO}_4^{96}}{\text{NH}_4^{96}}$	6,2	В. В. Иванов и М. С. Суетина
2	Северная группа № 2, Верхний источник Узонские	1951	89,0	$M_{0,7} \frac{\text{SO}_4^{96}}{\text{Fe}_{55}}$	5,1	То же
3	Западное фумарное поле Бурлящий грязевой котел	1950	87,0	$M_{7,5} \frac{\text{SO}_4^{99}}{\text{Al}_{42}\text{NH}_4^{26}}$	1,9	Б. И. Пийп и М. С. Суетина
4	Серный источник Заповедные	1951	85,0	$M_{1,9} \frac{\text{SO}_4^{95}}{\text{NH}_4^{40}\text{H}_{24}}$	2,2	В. В. Иванов и М. С. Суетина
5	Главный источник Верхне-Кошелевские	1946	90,0	$M_{1,7} \frac{\text{SO}_4^{99}}{\text{Al}_{78}}$	3,1	Т. И. Устинова и С. С. Крапивина
6	Грязевой котел Верхне-Гейзерные	1951	92,5	$M_{1,1} \frac{\text{SO}_4^{99}}{\text{NH}_4^{45}\text{Na}_{21}}$	4,3	Г. А. Гонсовская и Е. Ф. Прокофьева
7	Источник в овраге Горячей речки	1951	98,0	$M_{0,4} \frac{\text{SO}_4^{87}}{\text{NH}_4^{38}\text{Ca}_{29}\text{Mg}_{27}}$	6,2	В. В. Иванов и М. С. Суетина

Таблица 4

Химический состав некоторых сероводородно-углекислых (фумарольных) термальных вод Камчатки

Название источника	Верхне-Семьячинские (Северная группа, Главный источник)			Увояские (Западное поле, Бур- лящий грязевой котел)			Заповедные ключи (Главный источник)			Верхне-Кошелевские (Грязевой котел)		
	23. IX 1951			26. VIII 1950			IX 1946			15. VIII 1951		
Время ваятия пробы	В. В. Ивановым			Б. И. Пийном			Т. И. Устиновой			Г. А. Гонимовой		
Кем произведено обследо- вание и ваяты пробы	М. С. Суетина			М. С. Суетина			С. С. Крапивина			Е. Ф. Прокофьева		
Аналитик	96,2			87,0			90,0			92,5		
Температура воды в°С	г/л	мг-экв.	экв.%	г/л	мг-экв.	экв.%	г/л	мг-экв.	экв.%	г/л	мг-экв.	экв.%
Катионы												
Водород	—	—	—	0,0138	13,80	11,89	0,00075	0,75	3,86	0,00005	0,05	0,40
Аммоний	0,2340	13,00	93,12	0,5465	30,36	26,12	—	—	—	0,1012	5,61	44,88
Калий	0,0071	0,31	2,08	0,0142	0,62	0,52	0,0110	0,28	1,15	0,0179	0,45	3,60
Натрий	—	—	—	—	—	—	0,0148	0,65	2,66	0,0595	2,59	20,72
Магний	0,0043	0,35	2,51	0,0349	2,87	2,47	0,0152	1,25	5,08	0,0131	1,07	8,56
Кальций	0,0064	0,32	2,29	0,0826	4,13	3,56	0,0360	1,80	7,20	0,0402	2,01	16,08
Железо закисное	Следы	—	—	0,4120	14,76	12,72	0,0028	0,15	0,60	0,0188	0,67	5,36
Железо окисное	—	—	—	—	—	—	0,0081	0,28	0,16	—	—	—
Алюминий	—	—	—	0,4437	49,36	42,51	0,1620	18,20	77,89	Не обн.	—	—
Титан	—	—	—	0,0054	0,20	0,17	Не обн.	—	—	» »	—	—
Марганец	—	—	—	—	—	—	0,0012	0,05	—	0,0012	0,05	0,46
Медь	—	—	—	—	—	—	Не обн.	—	—	Не обн.	—	—
Сумма	0,2518	13,98	100,00	1,5531	116,10	100,00	0,2506	23,41	100,00	0,2519	12,50	100,00
Анионы												
Фтор	0,0004	0,02	0,14	0,0004	0,02	—	0,0012	0,06	0,25	—	—	—
Хлор	0,0142	0,40	2,87	0,0124	0,38	0,33	0,0076	0,21	0,90	0,0048	0,13	1,04
Бром	—	—	—	Не обн.	—	—	0,0050	0,06	0,25	0,0003	—	—
Иод	—	—	—	» »	—	—	0,0005	—	—	Не обн.	—	—
Сульфат	0,6418	13,37	95,63	5,5540	115,70	99,67	1,1027	22,96	98,60	0,5943	12,37	98,96
Гидросульфат	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Гидрокарбонат	0,0116	0,19	1,36	Не обн.	—	—	Не обн.	—	—	Не обн.	—	—
Сумма	0,6680	13,98	100,00	5,5668	116,10	100,00	1,1170	23,29	100,00	0,5994	12,50	100,00
Недиссоциирован- ные молекулы												
Угольный ангидрид	0,0804	—	—	0,3796	—	—	0,8070	—	—	0,1560	—	—
Кремневая кислота	0,0004	—	—	Не обн.	—	—	—	—	—	Не обн.	—	—
Мышьяковая кислота	Не обн.	—	—	» »	—	—	0,1620	—	—	0,1033	—	—
Метаборная кислота	1,0006	—	—	7,4995	—	—	2,3366	—	—	1,1106	—	—
Общая минерализация pH	6,25	—	—	1,86	—	—	3,1	—	—	4,3	—	—

Большинство рассматриваемых вод Камчатки отличается низкой минерализацией — менее 2 г/л, что, естественно, объясняется небольшой глубиной их циркуляции и весьма малыми сроками соприкосновения их с горными породами. По абсолютному возрасту фумарольные термы являются весьма молодыми, в полном смысле слова, современными водами.

Сульфаты, образовавшиеся в этих водах за счет окисления сернистых газов (H_2S и SO_2), составляют среди анионов от 85 до 100 мг-экв. %. Благодаря присутствию свободной серной кислоты воды эти всегда имеют сильно кислую реакцию.

Весьма характерен и их катионный состав. Наряду с ионами H^+ , Fe^{2+} , и Al^{3+} — этих обычных компонентов фумарольных терм, почти во всех Камчатских водах рассматриваемой группы в отличие от Курильских, присутствует в том или ином количестве NH_4 (до 96 мг-экв. %), появление которого следует объяснить, вероятно, наличием в вулканических газах Камчатки аммиака.

При большом содержании в этих водах NH_4 (иногда до 550 мг/л), воды приобретают необычный сульфатно-аммонийный состав (табл. 3).

Таблица 5

Максимальное содержание основных характерных компонентов в различных типах термальных вод Камчатки

Типы вод	M в г/л	Основные ионы в мг/л			Микрокомпоненты в мг/л						
		Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	NH_4^+	$Fe^{2+}+Fe^{3+}$	Al^{3+}	As	F^-	Br^-	B
Фумарольные термы	7,5	40	5500	12	550	400	450	0,2	1,2	Нет	75
Углекислые термы											
а) Гидрокарбонатные . . .	4,5	250	900	2000	—	—	—	0,2	0,6	2,8	22
б) Хлоридные	7,5	3000	1200	1100	0,7	—	—	7,0	1,4	8,0	100
Азотные термы											
а) Хлоридно-сульфатные	1,5	200	500	200	Нет	Нет	Нет	1,2	2,0	0,3	16
б) Хлоридные	3,2	1500	150	100	»	»	»	1,0	1,2	5,0	23

В отличие от анионов (а также аммония), накопление которых в рассматриваемых термах связано с вулканическими газами, появление в них ионов Fe^{2+} и Al^{3+} объясняется выщелачиванием сернокислыми растворами окружающих горных пород.

Химический состав некоторых типичных фумарольных терм Камчатки приведен в табл. 4.

Максимальное содержание основных характерных компонентов в фумарольных и других типах термальных вод Камчатки приведено в табл. 5.

б) Углекислые термы

Углекислые воды составляют в пределах Камчатки весьма характерную, отчетливо выраженную и широко распространенную группу термальных вод.

В отличие от фумарольных терм, генетически тесно связанных с центрами современной активной вулканической деятельности, формирование углекислых вод происходит на Камчатке на значительно более обширных

территориях и связано, как и в других областях Советского Союза (Кавказ, Карпаты, Забайкалье и др.), не только с современными, но и с более древними (четвертичными и поздне-третичными) магматическими процессами, которые обуславливают на той или иной глубине интенсивный термометаморфизм горных пород.

Территориально углекислые термы распространены главным образом в пределах Восточной вулканической зоны и в значительно меньшем размере — в пределах Срединного хребта.

Большая их часть связана с породами мезозоя, представленными в основном плотными вулканогенно-сланцевыми породами, и, по-видимому, в меньшей мере с третичными отложениями на участках их глубокого залегания под покровом четвертичных вулканогенных пород.

Главный южный район распространения углекислых терм в Восточной вулканической зоне (источники Налачевские, Красведческие, Таловые, Кехкуйские, Тимоновские, Пущинские и др.) располагается в верхней части бассейна рек Авачи и Налачевой, в области смыкания хребтов Ганальского, Валагинского и Дзензурского.

Северный район выхода углекислых терм (источники Щапинские, Верхне-Щапинские и др.) располагается в районе хребта Тумрок.

Можно, однако, предполагать, что и в других районах Восточной вулканической зоны, вне участков непосредственного воздействия вулканических газов, на достаточных глубинах, при наличии закрытых структур с затрудненным водообменом, также распространены углекислые термальные воды.

В южной части Срединного хребта, где на значительную высоту подняты наиболее древние структуры полуострова, образованные сильно метаморфизованными, прорванными гранитными интрузиями, домезозойскими, а также мезозойскими породами, установлены только единичные выходы холодных углекислых вод (источники Малкинские, Облукновские и некоторые другие), образующихся в результате диффузии CO_2 из глубоких термометаморфических очагов.

В центральных и северных частях Срединного хребта, в пределах развития мощного чехла ранне-четвертичных вулканических образований, с небольшими центрами новейшей вулканической деятельности, среди обширной области распространения азотных щелочных терм, связанных с многочисленными молодыми тектоническими разломами, известны только две группы горячих углекислых источников — Оксинские и Тымлатские.

Общее число установленных на Камчатке групп углекислых вод превышает 15, действительное же их число несомненно значительно больше — еще многие районы вероятного распространения углекислых вод обследованы недостаточно.

Имеющиеся в настоящее время данные как по Камчатке, так и по другим районам СССР, позволяют считать, что накопление в подземных водах CO_2 — формирование углекислых вод происходит преимущественно в закрытых и полужакрытых геологических структурах, характеризующихся замедленным водообменом. Только в этих условиях могут создаваться крупные бассейны и трещинные системы сильно насыщенных CO_2 вод. Затрудненное, замедленное движение углекислых вод по зонам тектонических нарушений к очагам их естественной разгрузки обуславливает значительное охлаждение этих вод, а также обычно и их небольшой дебит.

Именно поэтому температура (30—75°C) и дебит (обычно менее 3—5 л/сек) углекислых источников Камчатки, как правило, значительно ниже, чем других типов термальных вод Камчатского полуострова.

Вместе с тем, в случае прекращения процессов накопления CO_2 в подземных водах и поднятия и раскрытия геологических структур, содержащих углекислые воды, последние будут неминуемо постепенно вытесняться

и замещаться более молодыми инфильтрационными атмосферными водами с образованием в конечном итоге, при наличии глубокого водообмена, азотных щелочных терм. По-видимому, именно такая картина наблюдается в современную эпоху в бассейнах рек Плотниковой, Банной и Паратунки, где распространены сейчас исключительно азотные термальные воды.

По газовому составу углекислые воды Камчатки составляют очень четко выделяющуюся группу. Газы их представлены почти чистой CO_2 , только в некоторых источниках с той или иной примесью азота, воздушного происхождения (табл. 6). Метан в углекислых водах обычно отсутствует. Сероводород в углекислых водах нигде не обнаружен. Именно отсутствие двух последних компонентов резко отличает эти воды от фумарольных терм.

Таблица 6

Газовый состав углекислых вод Камчатки
Аналитик И. С. Красникова

№ п/п	Название источников	Время взятия пробы	t в °C	Содержание газа в об. %				Какой газ	Кем взяты пробы
				CO_2	H_2S	CH_4	$\text{N}_2 + \text{р. г.}$		
1	Налачевские	26.X 1951	74,8	93,43	Нет	0,74	5,83	Свободный	В. В. Ивановым
2	Налачевские	26.X 1951	74,8	95,92	»	Сл.	4,08	Растворенный	То же
3	Оксиинские	24.VIII 1951	58,9	46,09	»	Нет	58,91	Свободный	»
4	Малкинские	28. IX-1951	5,6	98,6	»	»	1,40	»	»
5	Малкинские	» »	5,6	99,8	»	»	0,70	Растворенный	»

Абсолютное содержание в Камчатских углекислых термах CO_2 достигает часто весьма значительных величин. Однако в связи с высокой температурой вод (до 75°C) при выходе их на поверхность (при переходе в обстановку более низкого, чем на глубине давления) большая часть CO_2 бурно выделяется из воды в виде свободного газа; многие источники при этом интенсивно «кипят».

Поэтому количество растворенной в них CO_2 обычно невелико и при температурах $50-75^\circ\text{C}$ не превышает $750-450$ мг/л. Вместе с тем следует иметь в виду, что уже на глубинах порядка $50-100$ м, ввиду быстрого роста растворимости CO_2 при увеличении давления, вся углекислота, даже при весьма высоком ее содержании, находится в воде полностью в растворенном состоянии.

Ионный состав углекислых терм довольно разнообразен. В водах в значительных количествах содержатся анионы — Cl^- , HCO_3^- , иногда SO_4^{2-} и катионы Na^+ , Ca^{2+} , а иногда и Mg^{2+} . В целом по ионному составу среди углекислых вод выделяются две подгруппы (табл. 7):

1. Воды со значительным преобладанием среди анионов гидрокарбонатов (до $2,0$ г/л) и незначительным содержанием хлоридов (до $0,250$ г/л), с относительно более низкой минерализацией ($2,3-4,5$ г/л), с высоким отношением $\left(\frac{r_{\text{Na}}}{r_{\text{Cl}}}\right)$ от $1,5$ до 15) и низким отношением $\frac{\text{Cl}}{\text{B}}$ (17). Воды эти условно называются нами гидрокарбонатными.

2. Воды со значительным преобладанием среди анионов хлоридов (до $3,0$ г/л) и меньшим содержанием гидрокарбонатов (до $1,1$ г/л), с более высокой минерализацией (до $7,5$ г/л), с низким отношением $\frac{r_{\text{Na}}}{r_{\text{Cl}}}$ ($0,84-1,35$) и более высоким отношением $\frac{\text{Cl}}{\text{B}}$ ($25-44$). Воды эти условно называются нами хлоридными. В наиболее характерных представителях этих

вод — Налачевских и Краеведческих — отношение $\frac{Cl}{B}$ равно 204—385.

Химический состав некоторых известных углекислых вод Камчатки приведен в табл. 7.

Условия формирования указанных групп вод нам представляются различными.

Таблица 7

Краткая химическая характеристика некоторых углекислых терм Камчатки

№№ групп	Источники	Год исследования	Температура воды в °С	Формула ионного состава	pH	Исследователь и аналитик
I. Воды гидрокарбонатные						
1	Тимоновские	1950	48,0	$M_{3,2} \frac{HCO^3_{44} Cl_{34} SO^4_{22}}{(Na+K)_{66} Ca_{20}}$	6,5	С. С. Крапивина
2	Щипинские	1950	—	$M_{3,2} \frac{HCO^3_{82}}{Mg_{47}(Na+K)_{45}}$	—	Б. И. Пийп и С. С. Крапивина
3	Окнянские	1951	59,9	$M_{3,0} \frac{HCO^3_{52} SO^4_{32}}{(Na+K)_{89}}$	6,5	В. В. Иванов и М. С. Суетина
4	Тымлатские	1949	42,0	$M_{4,5} \frac{HCO^3_{63} SO^4_{31}}{(Na+K)_{87}}$	—	Б. И. Пийп
II. Воды хлоридные						
1	Налачевские	1951	76,0	$M_{4,4} \frac{Cl_{72}}{(Na+K)_{75} Ca_{20}}$	6,5	В. В. Иванов и С. С. Крапивина
2	Краеведческие	1933	58,0	$M_{7,3} \frac{Cl_{75}}{(Na+K)_{72} Ca_{25}}$	—	Б. И. Пийп и О. Е. Кутейников
3	Таловые	1954	31,0	$M_{5,7} \frac{Cl_{67} SO^4_{23}}{(Na+K)_{52} Ca_{38}}$	—	В. В. Аверьев и Е. П. Рябичкина

Воды первой группы рассматриваются как воды выщелачивания и предположительно связываются с толщей вулканогенных пород или весьма хорошо промытых морских осадочных отложений.

Воды второй группы генетически связываются нами с относительно менее промытыми морскими породами: об этом говорит повышенное содержание в них хлора и довольно типичные для морских вод отношения $\frac{rNa}{rCl}$ и $\frac{Cl}{Br}$.

Однако общий ионный состав и минерализация углекислых терм Камчатки говорят о том, что формирование их происходит в толще достаточно хорошо промытых отложений и что в составе этих вод основную роль играют инфильтрационные атмосферные воды.

Основными процессами, определяющими ионный состав обеих групп углекислых терм, являются, таким образом, процессы выщелачивания горных пород; во второй группе определенная роль, надо полагать, принадлежит также остаточным измененным морским водам.

По содержанию микрокомпонентов все углекислые термы отличаются высокими концентрациями кремнекислоты (H_2SiO_3), некоторые из них содержат также большие количества бора (до 100 мг/л) и мышьяка (до 7 мг/л).

Таблица 8

Химический состав некоторых углекислых вод Камчатки

Название источников	Налачевские (Новый)			Тимоновские (№ 1)			Оксисские (№ 1)			Малаянские-холодные (Нижний)		
	г/л	мг-экв.	экв. %	г/л	мг-экв.	экв. %	г/л	мг-экв.	экв. %	г/л	мг-экв.	экв. %
Время взятия проб	26.X 1951			30.III 1950			24.VIII 1951			28.IX 1950		
Кем произведено обследование и взятты пробы	В. В. Ивановым			—			В. В. Ивановым			В. В. Ивановым		
Аналитик	С. С. Крайнишина			С. С. Крайнишина			М. С. Суетина			Е. Ф. Прокофьева		
Температура воды в °С	74,8			48,0			58,8			5,6		
Катионы												
Аммоний	0,0006	0,03	0,04	0,0004	0,02	0,05	Не обн.	—	—	Не обн.	—	—
Калий	0,1674	4,28	6,87	0,0735	1,88	4,58	0,0248	0,63	1,66	0,0247	6,63	1,19
Натрий	0,9819	42,69	68,29	0,5934	25,83	61,29	0,7663	33,32	87,69	0,7283	31,67	59,75
Магний	0,0320	2,63	4,21	0,0706	5,80	13,92	0,0183	1,61	4,24	0,0608	5,00	9,43
Кальций	0,2562	12,81	20,53	0,1670	8,35	19,90	0,0486	2,43	6,41	0,3005	15,00	28,30
Железо закисное	0,0014	0,04	0,06	0,0026	0,09	0,23	Не обн.	—	—	0,0195	0,70	1,33
Алюминий	Не обн.	—	—	Не обн.	—	—	—	—	—	Не обн.	—	—
Титан	» »	—	—	» »	—	—	—	—	—	—	—	—
Марганец	» »	—	—	0,0004	0,01	0,03	—	—	—	Не обн.	—	—
Медь	—	—	—	Не обн.	—	—	—	—	—	—	—	—
Сумма	1,4386	62,42	100,00	0,9079	41,98	100,00	0,8580	37,99	100,00	1,1338	53,00	100,00
Анионы												
Фтор	0,0008	0,04	0,06	0,0007	0,03	0,09	0,0006	0,03	0,08	0,0006	0,03	0,06
Хлор	1,5938	44,94	71,94	0,5027	14,18	33,78	0,1915	5,26	13,86	0,6914	19,47	36,74
Бром	0,0078	0,09	0,08	0,0056	0,06	0,15	0,0028	—	—	0,0001	—	—
Иод	Не обн.	—	—	0,0002	—	—	—	—	—	Не обн.	—	—
Сульфат	0,4456	9,28	14,92	0,4468	9,30	22,16	0,6039	12,58	33,14	Следы	—	—
Гидрокарбонат	0,4920	8,07	13,00	1,1220	18,39	43,82	1,2261	20,12	52,92	2,0440	33,50	63,20
Сумма	2,5400	62,42	100,00	2,0780	41,98	100,00	2,0249	37,99	100,00	2,7361	53,00	100,00
Недиссоциированные молекулы												
Угольный ангидрид	0,4576	—	—	0,4801	—	—	0,200	—	—	—	—	—
Кремневая кислота	0,1911	—	—	0,2172	—	—	0,1335	—	—	2,651	—	—
Метаборная кислота	0,2543	—	—	0,0462	—	—	0,0762	—	—	0,032	—	—
Мышьяковистая кислота	0,0116	—	—	—	—	—	0,0006	—	—	0,0636	—	—
Общая минерализация	4,4356	—	—	3,2493	—	—	3,0932	—	—	3,9655	—	—
pH	6,45	—	—	6,55	—	—	6,5	—	—	6,2	—	—

В заключение следует подчеркнуть, что многие углекислые воды Камчатки (Налачевские, Малкинские, Тимоновские, Пуштинские и др.) представляют исключительную ценность для лечебного использования как в виде ванн, так и для внутреннего применения. Практическое освоение их — очередная задача местных организаций.

Не исключено, что некоторые углекислые источники могут представлять интерес и для химического использования.

в) Азотные термы

Азотные щелочные термы Камчатки образуют весьма четко выделяющуюся группу вод, резко отличную как от углекислых, так и от fumarольных терм. Именно этот тип термальных вод распространен на Камчатке, так же как и в других областях Советского Союза (Забайкалье, Алтай, Тянь-Шань и др.) наиболее широко. Общее число групп источников данного типа составляет в пределах Камчатского полуострова более половины всех известных выходов термальных вод.

Все характерные представители азотных терм Камчатки отличаются очень высокой температурой, резко щелочной реакцией и высоким содержанием кремниевой кислоты. Среди них выделяются две крупные группы (табл. 1), различающиеся своим составом, условиями выхода и формирования.

Первая группа — хлоридно-сульфатные обычно натриевые, иногда кальциево-натриевые термы, с низкой общей минерализацией, колеблющейся в пределах 0,5—1,5 г/л, с сильно щелочной реакцией—рН от 8,0 до 9,4 (табл. 10 и 11).

Таблица 9

Газовый состав азотных щелочных терм Камчатки (Свободные газы)
Аналитик И. С. Красникова

№ п/п	Название источников	Время взятия пробы	t воды в °С	Состав газа в объемных %				Кем взяты пробы
				CO ₂	H ₂ S	CH ₄	N ₂ + редкие газы	
1	Н. Паратунские	8.IX 1950	61,0	0,20	0,00	0,00	99,8	В. В. Ивановым
2	Начикинские	20.IX 1950	80,6	0,80	0,00	0,00	99,2	То же
3	Малкинские	27.IX 1950	83,5	0,00	0,00	0,00	100,6	»
4	Б. Банные	15.IX 1950	100,0	4,20	0,00	0,00	95,8	»
5	Паужетские (Новый гейзер)	12.VIII 1951	98,6	3,50	0,00	2,07	94,43	Г. А. Говсовской

Содержание хлоридов (так же как и гидрокарбонатов) в этих водах не превышает 200 мг/л, сульфатов — достигает 500 мг/л (табл. 5). Отношение $\frac{г Na}{г Cl}$ равно в среднем 2,7; $\frac{Cl}{Br}$ — в среднем 1100.

По содержанию микроэлементов рассматриваемые термы не отличаются какими-либо особенностями и в целом характеризуются весьма однообразными чертами (табл. 5).

В газовом составе рассматриваемых вод содержится, как правило, в основном только азот (N₂ + редкие газы); в наиболее типичных источниках до 98—100% от общего объема газов (табл. 9).

Слабоминерализованные щелочные термы имеют обычно температуру 70—100°С и только некоторые группы источников, выходящие не из коренных пород, а в долинах рек из аллювиальных отложений, обладают более низкой температурой порядка 40—60°.

Дебит источников данной группы не превышает обычно 10 л/сек и лишь в редких случаях больше (например, у Нижне-Паратунских источников).

Таблица 10

Краткая химическая характеристика некоторых азотных щелочных терм Камчатки

№ п/п	Название источников	Время исследования	t воды в °С	Формула химического состава	pH	Исследователь	Аналитик
				I. Воды хлоридно-сульфатные			
1	Н. Паратунские	8. IX 1950 г.	61,6	$M_{1,5} \frac{SO_{26}^{4-} Cl_{26}}{(Na+K)_{61} Ca_{37}}$	8,2	В. В. Иванов	Е. Ф. Прокофьева
2	Начикинские	28. IX 1950 г.	80,6	$M_{1,2} \frac{SO_{50}^{4-} Cl_{34}}{(Na+K)_{90}}$	8,4	То же	То же
3	Малкянские	20. IX 1950 г.	83,6	$M_{0,6} \frac{SO_{38}^{4-} Cl_{26} CO_{23}^{3-}}{(Na+K)_{97}}$	9,4	»	»
4	Б. Банные	15. IX 1950 г.	97,0	$M_{1,2} \frac{SO_{68}^{4-} Cl_{21}}{(Na+K)_{92}}$	8,6	»	»
5	Алапельские	26. VIII 1951 г.	96,0	$M_{1,5} \frac{SO_{58}^{4-} Cl_{26}}{(Na+K)_{98}}$	8,1	»	С. С. Крапивина
6	Апачинские	24. X 1951 г.	70,5	$M_{0,7} \frac{Cl_{42} HCO_3 + CO_3^{2-} SO_{21}^{4-}}{(Na+K)_{93}}$	8,9	Г. А. Гонсовская	Е. Ф. Прокофьева
				II. Воды хлоридные			
7	Гейзерные (Гейзер Великая)	27. IX 1951 г.	98,9	$M_{2,4} \frac{Cl_{88}}{(Na+K)_{94}}$	8,7	В. В. Иванов и Т. И. Устинова	С. С. Крапивина
8	Паужетские (Парящий № 1)	18. X 1950 г.	100	$M_{3,2} \frac{Cl_{94}}{(Na+K)_{92}}$	8,4	В. В. Иванов	Е. Ф. Прокофьева
9	Киреунские (Средний Кипящий)	8. VIII 1951 г.	98,2	$M_{1,6} \frac{Cl_{81}}{(Na+K)_{90}}$	7,3	То же	С. С. Крапивина

В настоящее время на Камчатке могут быть выделены следующие основные области распространения описываемых терм.

1. Район Южно-Быстринского и Халзанского хребтов охватывает бассейны рек Паратунки, Банной и Плотниковой.

Район сложен в основном вулканогенными породами мезозоя, разбитыми тектоническими разломами на ряд крупных сильно расчлененных эрозией блоков и разграничивает Восточно-Камчатскую область современного вулканизма на две крупные части — Южную и Центральную. Район характеризуется многочисленными выходами рассматриваемых

Таблица 11

Химический состав некоторых азотных термальных вод Камчатки. I. Воды хлоридно-сульфатные

Название источников	Начкиевские (Источники № 2)			Е. Банье (источник № 23)			Апательские (источник Трещинный)		
	20.IX 1950			15.IX 1950			26.VIII 1951		
Время взятия пробы	В. В. Ивановым			В. В. Ивановым			В. В. Ивановым		
Кем произведено обследование и взят пробы	Е. Ф. Прокофьева			Е. Ф. Прокофьева			С. С. Крапивина		
Аналитик	79,4			97,0			96,0		
Температура воды в °С	г/л	мг-экв.	экв. %	г/л	мг-экв.	экв. %	г/л	мг-экв.	экв. %
Катионы									
Аммоний	Не обн.	—	—	Не обн.	—	—	Не обн.	—	—
Калий	0,0134	0,33	2,06	0,0234	0,59	3,93	0,0223	0,57	3,17
Натрий	0,3194	13,99	87,61	0,3042	13,23	88,09	0,3718	16,17	89,88
Магний	0,0018	0,15	0,94	0,0012	0,10	0,66	0,0052	0,43	2,39
Кальций	0,0300	1,50	9,39	0,0220	1,10	7,32	0,0164	0,80	4,45
Железо закисное	Не обн.	—	—	Не обн.	—	—	0,0007	0,02	0,11
Алюминий	Не обн.	—	—	« «	—	—	Не обн.	—	—
Титан	Не обн.	—	—	« «	—	—	« «	—	—
Марганец	Не обн.	—	—	« »	—	—	« «	—	—
Сумма	0,3646	15,97	100,00	0,3508	15,02	100,00	0,4164	17,99	100,00
Анионы									
Фтор	0,0020	0,10	0,62	0,0008	0,04	0,26	0,0008	0,04	0,22
Хлор	0,1886	5,32	33,32	0,1145	3,20	21,30	0,1676	4,72	26,25
Бром	0,0001	—	—	0,0008	—	—	0,00007	—	—
Иод	Не обн.	—	—	Не обн.	—	—	Не обн.	—	—
Сульфат	0,4470	9,30	58,23	0,4937	10,28	68,46	0,4987	10,38	57,70
Гидрокарбонат	0,0549	0,90	5,63	0,0549	0,90	5,99	0,1740	2,85	15,83
Карбонат	0,0060	0,20	1,26	0,0180	0,60	3,99	Не обн.	—	—
Сумма	0,6989	15,97	100,00	0,6827	15,02	100,00	0,8411	17,99	100,00
Недиссоциированные молекулы									
Угольный ангидрид	—	—	—	—	—	—	0,0600	—	—
Кремневая кислота	0,1090	—	—	0,1702	—	—	0,2369	—	—
Мышьяковистая кислота	0,0006	—	—	0,0002	—	—	0,0023	—	—
Метаборная кислота	0,0187	—	—	0,0104	—	—	0,0666	—	—
Общая минерализация	1,1918	—	—	1,2143	—	—	1,5640	—	—
pH	8,4	—	—	8,6	—	—	8,1	—	—

терм, обычно весьма высоких температур — источники Паратунские, Бавные, Начикинские, Малкинские и др., формирующихся в породах нижнего структурного яруса Камчатки.

2. Область центральных и северных частей Среднего хребта представляет собой обширную зону раннечетвертичного вулканизма, образованную всеми тремя структурными ярусами Камчатки, залегающими на различных гипсометрических уровнях.

В пределах области выделяется два основных района выхода слабоминерализованных терм: Центральной, лежащей в бассейне рек Эссо, Анавгая, Киреуны (источники Креруклинские, Апапельские, Анавгайские и др.) и обширный, весьма слабо изученный Северный, охватывающий бассейны рек Паланы, Дранки, Панкары и др. (источники Паланские, Дранкинские и многие другие).

Область характеризуется термами в целом относительно более низких температур, формирующимися в залегающих на различных глубинах третичных и мезозойских породах.

3. Район Кроноцкого полуострова, сложенный в основном вулканогенными третичными породами. В пределах района имеется ряд слабоминерализованных термальных источников (Тюшевские, Чажинские и др.), изученных еще недостаточно.

Все рассматриваемые слабоминерализованные азотные термы генетически связаны, по-видимому, с толщами вулканогенных пород различного возраста и состава и представляют собой типичные инфильтрационные воды выщелачивания, циркулирующие преимущественно по зонам молодых глубоких тектонических дроблений, в основном, северо-восточных и северо-западных направлений, разбивающих структуры перечисленных областей на ряд крупных блоков многочисленных депрессий и обширных поднятий.

Низкая общая минерализация и, в частности, низкое содержание хлоридов, характерные величины отношения $\frac{Cl}{Br}$ и $\frac{rNa}{rCl}$, а также типично-воздушные отношения $\frac{Ar}{N_2}$ убедительно говорят о том, что воды эти образуются за счет инфильтрационных атмосферных вод и генетически не связаны с морскими отложениями.

Появление в них сульфатов и хлоридов обуславливается выщелачиванием этих компонентов из вулканогенных пород, которые всегда содержат те или иные количества Cl и S вулканического происхождения.

Таким образом, происхождение слабоминерализованных азотных терм Камчатки идентично происхождению аналогичных терм материковых областей СССР, с тем отличием, что последние формируются, как правило, не в вулканогенных породах, а в различных гранитных массивах, обуславливающих еще меньшую их минерализацию и значительно меньшие количества хлора и сульфатов.

Некоторое представление о сравнительном составе указанных групп терм дает таблица 12, в которой приводятся средние данные для 10 типичных слабоминерализованных азотных терм Камчатки (Источники Начикинские, Малкинские, В. Паратунские, Н. Паратунские, Б. Бавные, Жировские, Озерновские, Апачинские, Анавгайские и Апапельские) и 10 азотных терм материковых областей СССР (Источники Кульдурские, Тальские, Апенские, Тумнинские, Горячинские, Гаргинские, Белокурихинские, Ак-Суйские, Алма-Арасанские и Ходжа-Оби-Гармские).

Вторая группа азотных щелочных терм выделяется более высокой минерализацией (до 3,2 г/л), однообразным хлоридно-натриевым составом и несколько другими ионными соотношениями (табл. 11 и 13).

Содержание в этой группе вод хлоридов значительно выше, а сульфатов и гидрокарбонатов, наоборот, ниже, чем в первой группе азотных терм (табл. 5). Отношение $\frac{r_{Na}}{r_{Cl}}$ в этих водах в среднем равно 1,0, а отношение $\frac{Cl}{Br}$ примерно 330 (табл. 14). Характерно также исключительно высокое содержание в этих водах кремниевой кислоты, достигающее 300—330 мг/л.

Т а б л и ц а 12

Краткая сравнительная химическая характеристика
слабоминерализованных азотных щелочных терм
Камчатки и материковых областей СССР
(Средние данные)

Минерализация в г/л	Камчатка	Материковые области
	1,0	0,4
Анионы в мг/л Cl ⁻	150,0	30,0
SO ₄ ²⁻	400,0	120,0
HCO ₃ ⁻ +CO ₃ ²⁻	75,0	80,0
Катионы в мг/л Na ⁺ +K ⁺	250,0	100,0
Mg ²⁺	4,0	1,0
Ca ²⁺	65,0	10,0
pH	8,5	9,0

Газовый состав рассматриваемых терм представлен азотом, с примесью CO₂ и иногда CH₄. Общая газонасыщенность этих вод незначительна.

Число источников рассматриваемого типа на Камчатке невелико: это Паужетские, Гейзерные и Киреунские источники. Возможно, к этому же типу вод относятся источники Академии наук и Центральный источник кальдеры Узон.

Три названные основные группы ключей характеризуются очень большой водообильностью (более 25 л/сек) и очень высокой температурой. Все они являются бурнокипящими, интенсивно парящими источниками, питающимися сильно перегретыми водами (температура воды на выходе 100°, пара до 102°C).

Питание указанных источников перегретыми водами, имеющими на глубине температуру вероятно выше 150°C (чем объясняется и высокое содержание в них H₂SiO₃), обуславливает эффективный гейзерный режим их фонтанирования, проявляющийся не только в мощной группе Гейзеров, но отчасти и у Паужетских, а в прошлом, по-видимому, и у Киреунских источников.

Выход всех этих вод на поверхность связан с глубокими тектоническими разломами в пределах узких депрессий в районах современной и недавней вулканической деятельности (Паужетские источники в районе вулканов Кошелена и Камбального; гейзеры — в районе вулканов Кихпинич, Узон, Б. Семячик; Киреунские источники — в районе вулкана Алней, в Среднем хребте), характеризующихся резко аномальными геотермическими условиями.

Учитывая химический состав рассматриваемой группы терм, мы считаем возможным предполагать их генетическую связь с морскими осадочными отложениями, именно с третичными породами, подстилающими во всех указанных районах толщу четвертичных вулканогенных образований.

Однако для вод данного типа может быть допущено и другое предположение: тот факт, что только сильно перегретыми воды как па

Таблица 13

Химический состав некоторых азотных термальных вод Камчатки. II. Хлоридные воды

Название источника	Гейзерные (Гейзер Великая)			Паужетские (Парящий № 1)			Киреунские (Средний Киплящий)		
	27.IX 1951			18.X 1950			8.VIII 1951		
Время взятия проб	В. В. Ивановым и Т. И. Устиновой			В. В. Ивановым			В. В. Ивановым		
Кем произведено обследование и взяты пробы	С. С. Крапивина			Е. Ф. Прокофьева			С. С. Крапивина		
Аналитик	98,9			100,6			98,2		
Температура воды в °С	г/л	мг-экв.	экв. %	г/л	мг-экв.	экв. %	г/л	мг-экв.	экв. %
Катионы									
Аммоний	Не обн.	—	—	—	—	—	0,0030	0,01	0,04
Калий	0,0599	1,53	5,24	0,0881	2,25	4,46	0,0123	0,32	1,57
Натрий	0,5972	25,98	89,18	1,0100	44,21	87,56	0,4167	18,14	88,55
Магний	0,0037	0,30	1,02	0,0101	0,41	1,64	0,0028	0,23	1,12
Кальций	0,0266	1,33	4,56	0,0641	3,20	6,34	0,0328	1,64	8,03
Железо	Не обн.	—	—	Не обн.	—	—	0,0041	0,14	0,69
Алюминий	» »	—	—	» »	—	—	Не обн.	—	—
Титан	» »	—	—	—	—	—	» »	—	—
Марганец	» »	—	—	—	—	—	» »	—	—
Сумма	0,8574	29,14	100,00	1,1723	50,49	100,00	0,4717	20,48	100,00
Анионы									
Фтор	—	—	—	0,0008	0,04	0,07	0,0008	0,04	0,19
Хлор	0,8588	24,26	83,27	1,6840	47,52	94,12	0,5784	16,56	80,80
Бром	0,0013	0,01	0,03	0,0032	0,03	0,06	0,0037	0,04	0,18
Иод	Не обн.	—	—	Не обн.	—	—	Не обн.	—	—
Сульфат	0,1135	2,36	8,09	0,0831	1,73	3,42	0,1259	2,62	12,84
Гидрокарбонат	0,0810	1,83	4,57	0,0366	0,60	1,19	0,0740	1,20	5,89
Карбонат	0,0384	1,18	4,04	0,0090	0,30	0,60	—	—	—
Сумма	1,0930	29,14	100,00	1,8167	50,49	100,00	0,7828	20,48	100,00
Недиссоциированные молекулы									
Угольный ангидрид	—	—	—	—	—	—	0,0318	—	—
Кремневая кислота	0,3325	—	—	0,2464 *	—	—	0,1900	—	—
Мышьяковистая кислота	0,0002	—	—	0,0018	—	—	0,0015	—	—
Метаборная кислота	0,0841	—	—	0,1249 *	—	—	0,0916	—	—
Общая минерализация	2,3672	—	—	3,3621	—	—	1,5376	—	—
pH	8,7	—	—	8,4	—	—	7,25	—	—

* Цифры содержания H_2SiO_3 и HNO_2 указаны по данным определений Е. П. Рябичкиной в 1955 г.

Камчатке и Курильских островах, так и в некоторых других областях современного вулканизма являются чисто хлоридными (с ничтожным содержанием сульфатов), позволяет допустить наличие в глубоких сильно нагретых, характеризующихся резко-восстановительными условиями горизонта горных пород, необычных для поверхностной обстановки процессов разложения сульфатов, связанных с отщеплением кислорода, расходуемого на различные окислительные реакции (А. Г. Бетехтин, 1953).

Вместе с тем, можно предполагать, что на глубине в третичных отложениях хлоридно-натриевые термы характеризуются пластово-трещинными условиями циркуляции и образуют возможно крупные бассейны артезианских напорных, сильно перегретых вод. Именно эти воды представляют наибольший интерес для практического использования в энергетических целях.

Таблица 14

Некоторые характерные ионные отношения в углекислых и азотных термах Камчатки (Средние данные)

Типы терм	$\frac{\text{Cl}}{\text{Br}}$	$\frac{\text{Cl}}{\text{F}}$	$\frac{\text{Cl}}{\text{SO}_4}$	$\frac{\text{r Na}}{\text{r Cl}}$
Углекислые				
I. Гидрокарбонатные	—	13	—	6,0
II. Хлоридные	—	34	10,0	1,0
Азотные				
I. Хлоридно-сульфатные	1100	27	0,5	2,7
II. Хлоридные	330	50	8,2	1,0
Океаническая вода	310	4200	7,2	0,85

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные в последнее десятилетие крупные работы по изучению геологического строения, вулканизма и гидротермальной деятельности Камчатки позволили значительно уточнить и расширить ранее существовавшие представления об условиях формирования и распространения термальных вод этой характерной области современного вулканизма.

Имеющиеся в настоящее время данные позволяют высказать по этим вопросам следующие основные положения:

1. Широко представленные и отчетливо выделяющиеся на Камчатке три основных генетических типа термальных вод—сероводородно-углекислые, углекислые и азотные—существенно различаются своим составом, геохимическими обстановками существования и областями распространения.

2. Образование сероводородно-углекислых терм с резко кислой реакцией происходит только в верхней окислительной зоне, в толще новейших вулканогенных пород, в сфере непосредственного воздействия активных вулканических очагов, на участках с интенсивным водообменом.

Воды эти, представляющие собой грунтовые или слабонапорные (иногда поверхностные), образуются за счет современных инфильтрационных вод атмосферного происхождения и имеют узко локальное распространение только в районах действующих вулканов в Восточной Си-

канической зоне Камчатки. В состав этих вод в незначительных количествах могут также входить воды, образующиеся за счет конденсации более глубоких газо-паровых струй.

3. Образование углекислых гидротерм не связано непосредственно с активными вулканическими центрами, а происходит на глубине в восстановительной обстановке, в результате воздействия глубоких термометаморфических процессов, преимущественно в толще сильно метаморфизованных вулканогенносланцевых пород мезозоя и, возможно, отчасти в третичных осадочных отложениях. Существование этих терм связано с полужакрытыми структурами, характеризующимися затрудненным водообменом и малыми скоростями движения вод к естественным очагам разгрузки. Рассматриваемые воды являются водами выщелачивания, образовавшимися в основном за счет древних инфильтрационных атмосферных вод, лишь в некоторых случаях, возможно, с незначительным участием (не более 10—15%) древних измененных морских вод.

4. Азотные щелочные термы, отличающиеся наиболее высокими температурами и большими дебитами, генетически не связаны с активными вулканическими процессами, а происходят за счет инфильтрационных вод в зонах глубокого подообмена, связанного с молодыми тектоническими разломами, пересекающими в областях современного и раннечетвертичного вулканизма все три структурных яруса Камчатки.

5. Формирование ионного состава различных типов термальных вод Камчатки обуславливается различными процессами.

Сульфатный состав фумарольных терм всецело определяется процессами окисления сернистых (H_2S , SO_2) газов, поступающих из вулканических очагов.

Поступление в углекислые и азотные щелочные термы хлоридов и сульфатов в основном определяется процессами выщелачивания их из вулканогенных пород. Для хлоридных, азотных и отчасти углекислых терм может быть также допущено незначительное участие древних метаморфизованных морских вод. Повышенные концентрации в термах гидрокарбонатов связаны с обогащением вод метаморфической CO_2 и наблюдаются только в углекислых водах.

Формирование катионного состава термальных вод Камчатки, как и многих других областей, определяется сложными процессами взаимодействия вод и пород (выщелачивание, растворение, катионный обмен).

6. Распространенное в геологической литературе представление о едином генетическом процессе образования фумарольных, углекислых и азотных щелочных терм областей современного вулканизма в результате их метаморфизации при взаимодействии с горными породами (переход «кислых» вод в «щелочные») не подтверждается современными гидрогеологическими и гидрогеохимическими данными по Камчатке. Территориальное размещение и характерный химический состав главных типов терм Камчатки объясняется различием их генезиса.

7. Многие термальные воды Камчатки представляют крупные, весьма ценные в практическом отношении тепловые и лечебные ресурсы, которые до настоящего времени используются в народном хозяйстве, к сожалению, еще совершенно недостаточно.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Бел оу с о в В. В. Очерки геохимии природных газов. Л., ОНТИ, 1937.
- Бетехтин А. Г. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования. Сб. «Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях». Изд-во АН СССР, 1953.
- Вернадский В. И. О классификации природных газов. Л., 1931.
- Вернадский В. И. История минералов земной коры. Т. 2. История природных вод, ч. 1, вып. 1, 2, 3. ОНТИ, 1933—1936.
- Виноградов А. П. Рассеянные химические элементы в подземных водах разного происхождения. (О значении коэффициентов пропорциональности). «Тр. Лабор. гидрогеол. проблем АН СССР», т. 1, 1948.
- Власов Г. М. и Чемяков Ю. Ф. Основные этапы формирования рельефа полуострова Камчатки в четвертичный период и его геоморфологическое районирование. «Изв. Всес. геогр. об-ва», т. 82, вып. 3, 1950.
- Влодавец В. И. О кайновомском вулканизме на Камчатке. «Бюлл. Вулк. станции на Камчатке», № 9, 1941.
- Влодавец В. И. Вулканы Карымской группы. «Тр. Камч. вулк. станции», вып. 3, 1947.
- Влодавец В. И. Вулканы Советского Союза. М., 1949.
- Гонсовская Г. А. Состояние вулкана Кошелева летом 1951 г. «Бюлл. Вулк. станции», № 21, 1954.
- Заварицкий А. Н. Липейное расположение вулканов Камчатки. Докл. на Междунар. геол. конгрессе, 1937.
- Заварицкий А. Н. Геологическая карта Камчатки. Изд-во АН СССР, 1941.
- Заварицкий А. Н., Пийп Б. И. и Горшков Г. С. Изучение вулканов Камчатки. «Тр. Лабор. вулканологии АН СССР», вып. 8, 1954.
- Иванов В. В. Гидротермы Камчатско-Курильской вулканической зоны. «Бюлл. МОИП», отд. геол., т. 29, вып. 5, 1954.
- Иванов В. В. О происхождении Камчатских термальных вод. Сб. «Вопросы изучения курортных ресурсов СССР». Медгиз, 1955.
- Иванов В. В. 1. Парогазотермы Курило-Камчатской вулканической зоны и их энергетическое значение. Тезисы докладов на I Всес. совещ. по геотермич. исследованиям в СССР. Изд-во АН СССР, 1956.
- Иванов В. В. 2. Гидротермы очагов современного вулканизма Камчатки и Курильских островов. «Тр. Лабор. вулканологии АН СССР», т. 12, 1956.
- Иванов В. В. 3. Гидрогеология главных типов минеральных вод. Основы курортологии, т. 1. Медгиз, 1956.
- Козлов А. Л. Проблемы геохимии природных газов. Госстехиздат, 1950.
- Крашенинников С. П. Описание земли Камчатки, сочиненное Степаном Крашенинниковым, Академии наук профессором, 1755.
- Кушев С. Л. и Ливеровский С. А. Геоморфологический очерк Центрально-Камчатской депрессии. «Тр. Ин-та геогр. АН СССР», вып. 32, 1940.
- Макаренко Ф. А. и Иванов В. В. Основные закономерности распределения и формирования термальных вод на территории СССР. Тезисы докладов на I Всес. совещ. по геотермич. исследованиям в СССР. Изд-во АН СССР, 1956.
- Морозов А. И. и Пийп Б. И. Действующие вулканы и горячие источники юга Камчатки. «Вестник знаний», № 8, 1938.
- Набоко С. И. О воде в газообразных продуктах Билуюкая. «Бюлл. Вулк. станции на Камчатке», № 12, 1946.
- Набоко С. И. Гидросольфатары Дикого гребня. «Бюлл. Вулк. станции на Камчатке», вып. 5, 1947.
- Набоко С. И. Паужетские гейзеры. «Бюлл. Вулк. станции», № 22, 1954.
- Набоко С. И. Вулкан Кошелева и его состояние летом 1953 г. «Бюлл. Вулк. станции», № 23, 1954.
- Набоко С. И. Гейзеры Камчатки. «Тр. Лабор. вулканологии АН СССР», вып. 8, 1954.
- Новограбленов П. П. Горячие ключи Камчатки. «Изв. Гос. геогр. об-ва», 1931, т. 13, вып. 5-6.
- Овчинников А. М. Проблемы изучения терм. «Тр. Моск. геол.-развед. ин-та им. С. Орджоникидзе», 1940.
- Овчинников А. М. Минеральные воды. Госгеолгиздат, 1947.
- Овчинников А. М. К вопросу о «ювенильных» водах. «Вопросы петрографии и минералогии», т. 1, Изд-во АН СССР, 1953.
- Овчинников А. М. Углекислые гидротермы. Тезисы докладов на I Всес. совещ. по геотермич. исследованиям в СССР. Изд-во АН СССР, 1956.

- П и й п Б. И. Термальные ключи Камчатки. Тр. СОПС, сер. камч., вып. 2, М.—Л., Изд-во АН СССР, 1937.
- П и й п Б. И. Материалы по геологии и петрографии района рек Авачи, Рассошины, Гаванки и Налачевы на Камчатке. «Тр. Камч. компл. экспед. 1936—1937 гг.», вып. 2, М.—Л., Изд-во АН СССР, 1941.
- П и й п Б. И. Маршрутные геологические наблюдения на юге Камчатки. «Тр. Камч. вулк. станции», вып. 3, М.—Л., Изд-во АН СССР, 1947.
- С о б о л е в Н. Д. Южно-Быстринский хребет на Камчатке. «Тр. Камч. компл. экспед. 1936—1937 гг.», вып. 1, 1940.
- С м е х о в Е. М. и М а к а р о в В. Г. О нефтеносности третичных отложений полуострова Камчатки. «Изв. АН СССР», сер. геол., № 1, 1946.
- У с т и н о в а Т. И. Гейзер в долине р. Шумной. «Бюлл. Вулк. станции на Камчатке», № 12а, 1946.
- У с т и н о в а Т. И. Гейзеры на Камчатке. «Изв. ВГО», вып. 46, 1946.
- У с т и н о в а Т. И. Верхне-Семячинские горячие ключи. «Изв. ВГО», вып. 4, 1947.
- У с т и н о в а Т. И. Камчатские гейзеры. «Тр. Лабор. гидрогеол. проблем АН СССР», т. 2, М.—Л., 1949.
- У с т и н о в а Т. И. и К р а п и в и н а С. С. Заповедные ключи на Камчатке. «Тр. Лабор. гидрогеол. проблем АН СССР», т. 10, 1952.
- У с т и н о в а Т. И. Камчатские гейзеры. Географиздат, 1955.