

Таблица 3

Тепловая и электрическая энергия геотермальных ресурсов Камчатки

Вид ресурсов	Тепловая энергия, $1 \cdot 10^{18}$ кал	Электрическая энергия, МВт	Эквивалент органического топлива $1 \cdot 10^6$ т условного топлива
Тепло, аккумулированное горными породами в 10-километровом слое	120 000,0	—	17 000 000,0
Тепло магматических очагов	200,0	2656,0*	2850,0*
Тепло горных пород гидротермальных систем	26,0	3054,0*	328,0*
Природный теплоноситель гидротермальных систем	—	500,0	53,0

* Подсчитано при коэффициенте извлекаемости тепловой энергии 10%.

ные оценки вряд ли необходимы. Важно показать масштаб возможного использования нового источника энергии. Что касается гидротермальных систем и магматических очагов, освоение ресурсов которых началось уже сейчас, можно привести более реальную цифру электрической энергии и экономии органического топлива, если считать, что тепло извлекается при понижении температуры на 50°C , и принятом коэффициенте извлечения 0,1. Магматические очаги обеспечили бы электрическую мощность 6640 мвт-столетий и заменили бы 712,5 млн. т. условного топлива. Соответствующие цифры для тепла горных пород гидротермальных систем были бы — 760 мвт-столетий и 82,0 млн. т. условного топлива.

Литература

- Аверьев В.В., Вакин Е.А., Поляк Б.Г.* Перспективы использования подземного тепла вулканических областей. — В кн.: Геотермические исследования и использование тепла Земли. М.: Наука, 1966, с. 273–279.
- Дучков А.Д., Кренделев Ф.П., Пузанков Ю.М., Бобров В.А.* Роль радиогенного тепла в общем тепловом потоке земной коры Камчатки. — Докл. АН СССР, 1972, т. 207, № 2.
- Зубин М.И., Мелекесцев И.В., Таракановский А.А., Эрлих Э.Н.* Четвертичные кальдеры Камчатки. — В кн.: Вулканизм и глубины Земли. М.: Наука, 1971, с. 55–66.
- Леонова Л.А., Удальцова М.П.* U, Th, Li, Rb и Cs в вулканических породах Курильских островов и Камчатки. — Геохимия, 1970, № 11, с. 1329–1334.
- Смирнов Я.Б., Сугробов В.М., Сугрובה, Н.Г.* Тепловой поток, гидротермальная активность и динамика развития глубинных зон областей кайнозойского вулканизма. — В кн.: Геодинамика, магмообразование и вулканизм. Петропавловск-Камчатский, 1974, с. 175–196.
- Сугробов В.М.* Геотермальные энергоресурсы Камчатки и перспективы их использования. — В кн.: Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. Владивосток, 1976, с. 267–281.
- Assessment of Geothermal Resources of the United States. Geological Survey, Circular 726, 1975.
- Fedotov S.A., Balesta S.T., Droznin V.A., Masurenkov Yu.P., Sugrobov V.M.* On a possibility of heat utilization of the Avachinsky volcanic chamber. — Proceeding 2nd United Nations Symp. on the Development and Use of Geothermal Resources, 1975.

МУТНОВСКИЙ ГЕОТЕРМАЛЬНЫЙ РАЙОН НА КАМЧАТКЕ

Рано или поздно возникнет необходимость создания крупного геозергетического центра для снабжения дешевой электроэнергией г. Петропавловска и других населенных пунктов вблизи Авачинской бухты. Пока не будут преодолены технические трудности утилизации тепла магматических очагов, ближайшим районом с большими ресурсами подземного тепла останется Мутновский геотермальный район, расположенный в 70 км южнее города. В пределах этого геотермального района выявлены многочисленные термопроявления с суммарным естественным (измеренным) выносом тепла более $400 \cdot 10^3$ ккал/с., в том числе в кратерах Мутновского вулкана до $400 \cdot 10^3$, и около $40 \cdot 10^3$ ккал/с на остальной территории.

Мутновский район представляет собой наклонное на восток высокогорное плато с отметками 600–800 м, изрезанное ущельями истоков рек Жировой, Мутновской, Фальшивой. Над плато возвышаются крупные действующие стратовулканы Мутновский и Горелый, сильно эродированная постройка вулкана Жировского и экструзивно-эффузивные вулканы гор Двугорбой, Скалистой и Камень (рисунок). Долины рек, каньонообразные в верховьях, в среднем и нижнем течении имеют относительно широкое залесенное дно. Превышения водоразделов над тальвегами долин повсюду больше 500 м. Подъемы из долин на плато с трудом преодолимы, склоны лавиноопасны.

В структурном отношении район находится в пределах зоны регионального глубинного разлома, на сочленении асимметричной ступенчатой депрессии вулканической зоны Южной Камчатки с поднятием Восточного горст-антиклинория. Поперечная по отношению к ним Начикинская складчато-глыбовая зона ограничивает район с севера. Сеть разрывных нарушений северо-восточного, северо-западного, меридионального и широтного направлений в сочетании с дуговыми и кольцевыми вулканотектоническими нарушениями создает весьма сложное блоковое строение района.

В геологическом строении района участвуют вулканогенные и вулканогенно-осадочные образования от олигоценового до современного возраста. Олигоцен-нижнеплиоценовые отложения обнажаются в глубоких эрозионных врезках речных долин в восточной части района и представлены конгломератами, песчаниками, алевролитами (вилючинская свита), туфогенными конгломератами, псефитовыми, псаммитовыми и алевропелитовыми туфами (паратунская свита), толщей кислых эффузивов (Березовская свита). Общая мощность комплекса не менее 1800–2000 м (Гриб и др., 1976). Отложения верхнего плиоцена–нижнего плейстоцена (так называемой алнейской серии) состоят из туфов и лав андезитобазальтового, андезитового и реже более кислого состава. Они слагают разрушенные вулканические постройки, в том числе древнюю часть Мутновского вулкана, и залегают резко несогласно на эродированном склад-

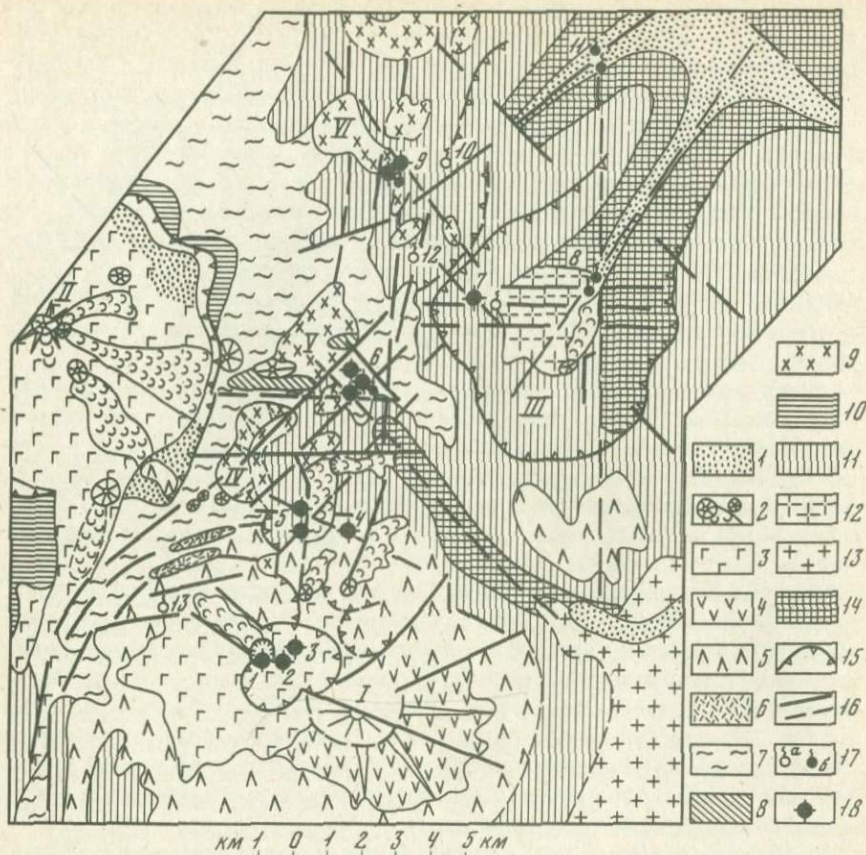


Схема геологического строения и термопроявлений Мутновского геотермального района (составили Е.А. Вакин, И.Т. Кирсанов, Г.Ф. Пилипенко с использованием материалов С.Е. Апрелькова, В.С. Шеймовича, Ю.П. Слепова, Г.Б. Флерова)

1 — Аллювиально-пролювиальные и пирокластические отложения (Q_4); 2 — шлаковые конусы и потоки лав базальтов (Q_4); 3 — туфы и лавы преимущественно базальтового состава (Q_4); 4 — туфы и лавы преимущественно базальтового и андезито-базальтового состава (Q_{3-4}); 5 — туфы и лавы преимущественно андезитового и андезито-базальтового состава (Q_{1-2}); 6 — пемзы (Q_{3-4}); 7 — игнибриды и слепшиеся туфы андезито-дацитового состава (Q_{2-3}); 8 — экструзии липаритов (Q_{3-4}); 9 — экструзии и лавы от андезито-дацитового до липаритового состава (Q_{1-3}); 10 — андезито-дациты древней постройки массива вулкана Горелый (Q_{1-2}); 11 — базальты, андезито-базальты и туфы алнейской серии (N_2-Q_1); 12 — интрузия диоритов (N_1); 13 — интрузия гранодиоритов (N_1); 14 — вулканогенно-осадочные отложения и эффузивы березовской, вилючинской и паратунской свит (Pg_2-N_1); 15 — уступы кратеров и кальдер; 16 — тектонические нарушения; 17 — источники (а — теплые, б — горячие); 18 — термальные поля

Вулканы I—VI: I — Мутновский; II — Горелый; III — Жировской; IV — горы Двугорбой; V — горы Скалистой; VI — горы Камень. Термальные поля и источники 1—13: 1 — Активной воронки; 2 — Донное; 3 — Верхнее; Северо-Мутновские источники; 4 — Восточная группа, 5 — Западная группа; 6 — Дачные; 7 — Перевальные; 8 — Войновские; 9, 10 — Верхнежировские; 11 — Нижнежировские; 12 — Пиратовские; 13 — Западно-Мутновские

чатом основании нижележащих толщ. Отложения четвертичного возраста представлены исключительно вулканитами, состав которых меняется от базальтового до липаритового. Это лавы, туфы, игнимбриты, туфобрекчи, пемзы. Переотложенные породы имеют ограниченное распространение.

Водопроницаемость толщ, обнажающихся на территории района, в общем удовлетворительная, а в зонах тектонической трещиноватости должна быть высокой. Благодаря глубоким врезам речных долин, близости абсолютного базиса дренирования (океана) и тепловым аномалиям зона интенсивного водообмена имеет в пределах района мощность более 700 м и, видимо, распространяется ниже нулевой отметки (Манухин, 1971). Обильные атмосферные осадки и высокая трещиноватость лав и игнимбритов обуславливают промытость и охлаждение верхнего структурного этажа.

В пределах геотермального района выделяется своеобразная структура — участок крупного тектонического шва регионального заложения с максимальным для района проявлением термальной активности — Северо-Мутновская вулcano-тектоническая зона (Вакин, Кирсанов, Пронин, 1966). Захватывая периферические части вулканов Мутновского, Горелого и Жировского, она прослеживается в субмеридиональном направлении на север, к вулкану Вилючинскому. Протяженность ее 20 км, ширина 3—4 км. Эта часть района явилась ареной многоэтапного базальтового, андезито-базальтового и кислого вулканизма и длительной гидротермальной деятельности. На небольшой площади здесь сосредоточены различные типные вулканические сооружения, разновозрастные интрузивные и экстррузивные тела, обширные участки гидротермально-измененных пород, гидротермальные рудные жилы, многочисленные современные термопроявления. В совокупности эти явления свидетельствуют о длительном существовании здесь разноглубинных магматических очагов и общем аномальном прогреве недр.

История магматической, вулканической и гидротермальной деятельности Мутновского района представляется нам следующей. Олигоценовые и миоценовые осадочные и туфогенно-осадочные отложения рвутся интрузиями гранодиоритов (Ахомтенский массив) и диоритов (см. рисунок). Внедрение последних предварялось площадным прогревом и интенсивным щелочным метасоматозом, охватившим, как минимум, широкую периферию магматического центра (его центральные части скрыты под молодыми вулканитами). Позже, в условиях "закрытых" (без выхода на поверхность) гидротермальных систем, в результате последовавшего за интрузиями внедрения богатых кремнезёмом растворов в отложениях древнее N_2-Q_1 образовались кварцевые жилы с полиметаллической и редкометалльной рудной минерализацией. Температура их образования (по гомогенизации газово-жидких включений) — 250—300°С. Рудопроявления обнаружены в глубоких эрозионных врезках на востоке района, и есть основания считать, что рудоносные площади продолжают под плиоцен-плейстоценовыми вулканическими постройками Северо-Мутновской вулcano-тектонической зоны.

Плиоцен-нижнеплейстоценовый основной вулканизм, в процессе которого были созданы крупные, частично сохранившиеся доныне вулкани-

ческие постройки (северо-восточная часть Мутновского массива, вулканы Жировской, Камень), не оставил следов интенсивной гидротермальной деятельности. По-видимому, в этот период она ограничивалась кратерными фумарольными полями. Остатки таких полей в виде серных кварцитов и опало-алунитов наблюдаются, например, в верхних частях эродированных склонов вулкана Жировского и в верховьях долины р. Жировой.

За мощной вспышкой нижнеплейстоценового основного вулканизма, в результате которой был образован огромный щитообразный вокруг Пра-Горелый, последовало формирование близких к поверхности анатектических очагов гранитоидных магм, послуживших источниками материала для игнимбритовых извержений. Такие очаги возникли под вулканом Горелым и, возможно, под Мутновским. В результате извержений вокруг вулкана Горелого в среднем—верхнем плейстоцене образовались обширные игнимбритовые плато. Вулкан был увенчан кальдерой диаметром до 13 км. Остатки кислых лав выжимались в виде экструзий по кольцевым разломам ее обрамления. Пра-Мутновский вулкан также является центром игнимбритовых извержений, но несравненно меньших масштабов. Видимо, большая часть кислых расплавов кристаллизовалась под вулканическим массивом, и поэтому кальдера обрушения Мутновского вулкана выражена очень слабо.

Формирование "игнимбритовых" очагов на малых глубинах сопровождалось площадным прогревом и пропилитизацией плиоцен-нижнеплейстоценовых вулканитов вокруг вулканов Мутновского и Горелого. Эти гидротермы достигли поверхности. В результате вместе с щелочным метасоматозом в водной среде проявилась и кислая фация газогидротермальных изменений (вторичные кварциты, каолиниты, алуниты и т.п.). По нашему мнению, современные гидротермы Северо-Мутновской зоны принадлежат этой стадии вулканизма—магматизма.

Средний и верхний плейстоцен ознаменовался образованием крупных стратовулканов андезито-базальтового состава — молодого вулкана в кальдере Горелого, восточной части вулкана Мутновского. Развитие этих построек продолжается и в послеледниковое время. И, наконец, в голоцене на склонах и у подножья вулканов появляются шлаковые конусы с лавовыми потоками недифференцированных оливинных базальтов, являющиеся началом нового этапа в развитии вулканизма и поступления на поверхность мантийных расплавов. Гидротермальная деятельность, связанная с этими последними этапами вулканизма, ограничена кратерными фумарольными полями и образованием кислых приповерхностных термальных вод.

Предлагаемая схема истории гидротермальной деятельности в Мутновском районе позволяет считать, что внедрение магматических флюидов интрузивов (Q_{2-3}) произошло не в водонапорные системы холодных вод, а в уже существовавшие гидротермальные системы. Вполне вероятно, что отдельные части систем испытали воздействие еще более молодых вулканических процессов (например, Восточная группа Северо-Мутновских терм).

В свете изложенного мы продолжаем придерживаться мнения, что Мутновский вулкан, несмотря на огромную тепловую мощность, не

Т а б л и ц а 1

Химический состав основных типов парогидротерм Мутновского района

Компоненты минерализации, мг/л	I			II			7
	1	2	3	4	5	6	
T, °C	500	300	112	96	95	96	96
pH	0,26	1,65	1,07	7,0	6,2	7,0	2,38
H	550,0	22,4	85,0	—	—	—	4,17
	—	—	—	—	—	—	H/o
NH ₄	350,0	20,0	3,0	15,0	21,0	6,0	450,0
K	33,2	3,3	1,6	2,6	—	15,8	1,3
Na	250,0	18,0	15,7	27,4	3,5	48,7	8,1
Mg	80,4	18,2	7,0	—	—	—	8,8
Ca	264,5	19,6	86,6	—	—	—	7,5
Fe	50,0	—	4,2	—	—	—	86,0
F	600,0	6,0	4,0	0,2	—	—	—
Br	—	—	—	—	—	—	—
J	—	—	—	—	—	—	—
Cl	7801,0	354,6	2354,3	78,1	3,5	0,8	—
SO ₄	0,0	586,0	595,6	72,0	45,2	14,4	1236,0
HSO ₄	0,0	572,3	2308,6	—	—	—	200,0
SO ₃	21471,0	260,8	20,0	—	—	—	—
S ₂ O ₃	—	—	1188,0	—	—	—	—
HCO ₃	—	—	—	68,9	120,8	189,3	—
H ₂ SiO ₃	—	—	—	—	—	—	—
HBO ₂	—	146,8*	69,2*	—	—	—	1,2
As	—	—	—	—	—	—	Сл.
Sb	—	—	—	—	—	—	Сл.
Общая минерализация, мг/л	31490,0	1881,2	6673,6	325,4	262,0	275,0	2003,6

Примечание. I (1, 2 и 3) — конденсаты фумарол вулкана Мутновского (Активная воронка, Верхнее и Донное термальные поля); II (4, 5, 6) — конденсаты парогазовых струй (Восточная и Западная группы Северо-Мутновских терм, Дачные термы); III (7, 8, 9) — вода бессточных кипящих котлов (Восточная и Западная группы Северо-Мутновских терм, Дачные термы); IV — термальные источники поверхностного формирования (10 — Дачные, 11 — Перевальные, 12 и 13 — Верхнежировские); V — термальные источники напорных горизонтов (14 и 15 — Войновские, 16 — Нижнежировские, 17 — Вилючинские).

является очагом нагрева подземных вод и что область теплового питания терм района лежит в пределах Северо-Мутновской вулканотектонической зоны. В нашем случае источником (или проводником) глубинного тепла надо считать очаг гранитоидной магмы, залегающей здесь по всем признакам на небольшой глубине.

В Мутновском районе можно выделить несколько типов современных термопроявлений, резко отличающихся по характеру выходов вод и пара, тепловым показателям, химическому составу, воздействию на вмещающие породы (Вакин, Кирсанов, Пронин, 1966; Серафимова, 1966).

III		IV					V			
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
96	90	93	90	78	74	70	93	100	74	
3,67	2,53	6,8	8,0	7,0	6,8	6,7	7,0	7,95	7,6	
0,21	2,9	—	—	—	—	—	—	—	—	
H/o	H/o	H/o	H/o	—	—	—	0,6	—	—	
203,0	25,0	1,3	2,1	2,1	2,0	—	H/o	1,2	0,1	
2,6	11,0	17,0	1,7	4,7	5,3	121,0	15,0	6,4	21,4	
11,6	23,6	74,5	29,1	47,0	50,1	—	134,1	213,4	194,0	
115,0	4,6	2,4	16,2	7,3	7,3	4,6	1,8	Сл.	2,4	
32,2	9,0	4,0	27,7	114,8	132,0	54,6	58,3	1,1	120,0	
340,0	11,5	—	—	—	—	—	—	0,0	—	
—	—	—	—	—	—	—	1,0	Сл.	—	
—	—	—	—	—	—	—	H/o	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	H/o	—	—	
4,0	—	14,0	—	0,1	10,6	107,9	104,9	146,4	198,8	
753,7	358,0	19,2	107,5	346,0	360,0	150,0	195,9	164,6	201,6	
6,3	41,0	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	219,6	119,0	64,2	158,6	134,2	139,1	122,0	414,8	
—	—	100,0	—	67,0	—	100,0	165,0	121,3	—	
5,6	1,1	4,1	1,8	—	—	8,5	26,3	43,8	0,3	
0,014	0,03	0,01	Сл.	—	—	—	1,4	5,0	0,17	
0,036	0,05	0,013	0,07	—	—	—	0,01	—	0,006	
1468,6	488,2	458,4	305,1	653,8	725,9	689,0	842,3	835,2	1153,7	

1, 2, 3 — Серафимова, 1966; 4, 5, 6 — Вакин и др., 1966; 12, 16 — Вакин и др., 1976; 15 — Шеймович, 1964; 7—11, 13, 15, 17 — обследованы авторами в 1975—76 гг. Аналитики Г.Д. Вайнреб (15), Н.А. Перетолчина, С.В. Сергеева, Л.М. Юрова; определения As — Т.П. Кирсановой, Sb — С. Литасовой; * — отбор 1974 г., аналитик Н.А. Перетолчина.

I. Активная воронка Мутновского вулкана. Молодой эксплозивный кратер с мощными фумаролами на дне и стенках. Последнее извержение наблюдалось в 1960 г. Максимальная температура газа превосходит 750° , газывыводящие трещины раскалены до светлокрасного свечения. Наблюдения последних лет свидетельствуют о значительном снижении фумарольной активности воронки.

II. Фумарольные поля Северного кратера Мутновского вулкана. Термопроявления в виде парогазовых струй, кипящих водных, грязевых и серных котлов, источников конденсатных вод. Максимальная температура пара в 1974 г. — 320° .

III. Термальные поля Северо-Мутновской вулканотектонической зоны — Северо-Мутновские, Дачные, Верхнежировские — располагаются группами на протяжении 15 км, от северных склонов вулкана Мутновского до долины р. Жировой. Максимальные температуры выходов не превышают 110°C . Термопроявления в виде паровых струй, кипящих грифонов, горячих источников, теплых озер, рассредоточенного пропаривания участков поверхности.

IV. Источники перегретых вод.

1) *Нижнежировские*. Отмечены в среднем течении р. Жировой. Термопроявления разной интенсивности прослеживаются по долине более чем на 6 км. На "главном поле" их теплосодержание на выходе 115—125 ккал/с. Кроме кипящих источников, устанавливаются скрытая разгрузка терм в аллювий и теплые источники гидротерм, разбавленных поверхностными водами. Видимый дебит до 30 л/с (Гонсовская, 1956; Вакин, Кирсанов, Кирсанова, 1976).

2) *Войновские*. Впервые обследованы В.С. Шеймовичем (1964), затем нами в 1975 г. Наблюдаются в среднем течении р. Мутновской при выходе ее из ущелья. Разгрузка вод идет из рудоносных трещин ($T = 93^{\circ}\text{C}$) и галечника ($T = 50\text{--}76^{\circ}\text{C}$) в тальвеговой части реки. На протяжении 400 м насчитывается до пяти групп источников. Видимый дебит не менее 20 л/с.

Химический состав парогидротерм района показан в табл. 1.

Фумарольные газы действующего вулкана (и особенно Активной воронки) по химическому составу резко отличаются от парогидротерм. Конденсаты фумарольных газов очень кислые ($\text{pH} = 0,26$), очень высокой минерализации, с высоким содержанием водородных ионов, хлора, фтора, серы, бора, аммония. По составу они ближе всего соответствуют первичным, неизмененным средой, эманациям базальтовой магмы. Их газовый состав $\text{CO}_2 > \text{SO}_2 > \text{HCl}, \text{HF}, \text{NH}_3, \text{H}_2, \text{CH}_4, \text{CO}$.

Конденсаты фумарольных газов Северного кратера кислые, имеют тот же набор химических компонентов, однако общая минерализация в 10 и больше раз ниже, чем в Активной воронке. В газовом составе CO_2 — 95%, а также $\text{HCl}, \text{SO}_2, \text{H}_2, \text{CH}_4, \text{HF}$.

Конденсаты парогазовых струй термальных полей Северо-Мутновской зоны сходны по химическому составу между собой. Это маломинерализованные простого состава растворы с близкими к нейтральным значениями pH. Среди газов преобладает CO_2 , присутствуют $\text{N}_2, \text{H}_2, \text{H}_2\text{S}, \text{CH}_4$. Эти конденсаты отвечают составу вторичного пара, связанного с системой перегретых вод. В кипящих водяных и грязевых котлах, напротив, образуются кислые ($\text{pH} 2\text{--}5$) сульфатные воды сложного катионного состава, отражающие процессы поверхностной метаморфизации парогазовых струй (окисления, взаимодействия с термально измененными породами, выноса летучих и концентрации менее летучих компонентов в бессточных котлах, смыва дождем возгонов с поверхности прогретых площадок и т.п.). Такие воды не отражают истинного химического состава парогазовых струй, что легко заметить, сравнивая термы поверхностного формирования с конденсатами, полученными из тщательно каптированных паровых струй (см. табл. 1).

Термальные источники (IV) формируются при смешении в разных про-

порциях грунтовых, конденсатных и перегретых напорных вод. Всегда располагаются ниже основных парящих площадок. Химический состав и температура источников отражают долю перегретых вод в их составе.

Термальные источники — Нижнежировские и Войновские. По химическому составу близки азотно-углекислым перегретым водам типа Паужетских и Узонских терм. Можно полагать, что воды этих источников сформировались вблизи поверхности в результате смешения конденсатных терм (типа Дачных) слабоминерализованных холодных вод и высокотемпературных хлоридных натриевых. В источниках в повышенных содержаниях обнаружены Li, K, As, Sb, B, являющиеся специфическими компонентами глубинных перегретых вод.

Приведенные химические характеристики дают основание считать, что термальные поля Северо-Мутновской вулкано-тектонической зоны возникли в результате вторичного вскипания высокотемпературных вод, дериваты которых разгружаются в бассейне р. Жировой.

Тепловые ресурсы Мутновского геотермального района очень велики (табл. 2). Вынос тепла в кратерах Мутновского вулкана по нашим данным составляет 400 тыс. ккал/с., но большая часть этого выноса (около 300 тыс. ккал/с) осуществляется через Активную воронку — эксплозивный кратер, образованный извержениями недавних десятилетий.

Относительно стабильные долгодействующие фумарольные поля располагаются в обширном Северном кратере, в древней части вулканической постройки. Их тепловая мощность определена в 90 тыс. ккал/с. Тепловые очаги, питающие термы Северного кратера, в принципе доступны для освоения и их естественная тепловая мощность может быть учтена при прогнозировании ресурсов геотермального района. Однако высокая агрессивность вулканических теплоносителей (см. табл. 1) усложняет их освоение.

Площади, наиболее перспективные и доступные для разведки на парогидротермы высоких тепловых параметров находятся на участке, протягивающемся от северных склонов вулкана Мутновского до Дачных терм (Северо-Мутновское месторождение). На поверхности оно проявлено несколькими крупными термальными полями и целым рядом мелких в разной степени прогретых площадок и теплых источников, представляющих собой участки разгрузки вторичного пара — продукта подземного вскипания перегретых вод. Естественный вынос тепла с участка определяется в $25 \cdot 10^3$ ккал/с. Предполагаемая энтальпия теплоносителя не менее 250 ккал/кг.

Большой интерес для разведки и освоения представляют участки разгрузки перегретых вод в долинах рек Жировой и Мутновской (Жировское месторождение). Суммарный дебит источников определяется в 40—50 л/с, естественный вынос тепла — до $10 \cdot 10^3$ ккал/с. Предполагаемая энтальпия теплоносителя не менее 170 ккал/кг.

Сопоставление данных по абсолютному и удельному выносу тепла отдельными термальными полями и участками (см. табл. 2) указывает на генетическое единство Северо-Мутновского и Жировского месторождений парогидротерм и их "родство" с такими гидротермальными системами, как Узонская, Семячкская, Паужетская и др. Гипотетическая

Таблица 2

Тепловая мощность термопроявлений Мутновского геотермального района

Номер* (см. на рис. 1)	Термопроявления (абсолютная отметка, м)	Площадь, $\text{м}^2 \cdot 10^3$	Максимальная температура, $^{\circ}\text{C}$	Вынос тепла,	
				Распределенное парение	Теплоотделение с поверхности
	Вулкан Мутновский:				
1	Активная воронка - (1500)	75,0	800	—	—
2,3	Северный кратер (1300)	39,0	300		10,2
	Северо-Мутновские:				
4	Восточная группа (1000)	11,7	98	1,3	1,6
5	Западная группа (900)	6,5	110	0,9	0,3
6	Дачные (700—800)	76,5	98	3,9	8,6
	Вулкан Жировской:				
7	Перевальные (400—600)	17,0	96	0,4	1,8
8	Войновские (90—120)	10,0	93	—	—
	р. Жировая:				
9, 10	Верхнежировские (450—800)	21,5	96	3,6	0,2
11	Нижнежировские (60—80)	23,0	115*	1,3	—

*2—3 Б.Г. Поляк, 1966; 9, 10, 11 — по Т.П. Кирсановой (Вакин и др., 1976).
** — энтальпия, ккал/кг

модель Мутновско-Жировской гидротермальной системы представляется нам следующей. Холодные подземные воды, двигаясь из области питания (кальдера вулкана Горелого) к региональному базису дренирования (океан) нагреваются в пределах Мутновской вулcano-тектонической зоны восходящими потоками глубинного теплоносителя и частично разгружаются в виде паровых струй (термопроявления Северо-Мутновского месторождения). Горстовое поднятие препятствует стоку вод, но крупные поперечные разломные зоны служат каналами для дальнейшего движения термальных вод на восток. В зонах этих нарушений (в долине р. Жировой и в бассейне р. Мутновской) сформировались напорные системы трещинно-жильных термальных вод. Поверхностным проявлением их соответственно являются Нижнежировские и Войновские источники. В том случае, если на участке между вулканами Горелый, Мутновский, Жировской на глубине имеются достаточно выдержанные

ккал/с·10 ³			Удельная тепловая мощ- ность, Мкал/с·см ²	Год об- следова- ния
Газопаро- вые струи	Источни- ки и во- дотоки	Всего		
360	—	400	$5,4 \cdot 10^5$	1963
76,2	7,6	94,0	$2,4 \cdot 10^5$	1963
1,7	—	4,6	$4,0 \cdot 10^4$	1975
—	0,9	2,1	$3,3 \cdot 10^4$	1973
0,6	4,4	17,5	$2,3 \cdot 10^4$	1973
—	—	2,2	$1,3 \cdot 10^4$	1975
—	2,0	2,0	$2,0 \cdot 10^4$	1975
0,6	—	4,4	$2,0 \cdot 10^4$	1964
2,5	—	3,8	$1,6 \cdot 10^4$	1964

водопроницаемые слои, можно полагать, что в них заключены горизонты перегретых вод. Тогда упомянутые выше зоны тектонической трещиноватости можно рассматривать как наиболее водообильные участки сложной водонапорной системы трещинно-жилых и пластовых термальных вод. Продуктивные водоносные горизонты должны быть связаны с паратунско-вилючским вулканогенно-осадочным комплексом (Pg₃-N₁).

Освоение Мутновского геотермального района будет сопряжено с техническими и экономическими трудностями.

Наиболее перспективное месторождение — Северо-Мутновское — находится в неблагоприятных природных условиях. Использование тепла действующих вулканов и нагретых горных пород в мировой практике не вышло из стадии планирования экспериментов, поэтому освоение энергоресурсов района должно, по нашему мнению, происходить поэтапно.

1. Разведка месторождения Жировского и строительство электро-

4961

станций общей мощностью до 20–25 мВт. Их энергия может быть использована для передачи в поселки южного берега Авачинской бухты, для разведки и эксплуатации редкометалльно-полиметаллического месторождения и для освоения Северо-Мутновского месторождения.

II. Разведка Северо-Мутновского месторождения и строительство электростанции в 75–100 мВт с передачей энергии в гг. Петропавловск и Елизово.

III. Увеличение мощности электростанций на Северо-Мутновском месторождении до 300 мВт и более с возможным дельнейшим наращиванием мощности за счет освоения ресурсов вулкана Мутновского и извлечения тепла горных пород.

Л и т е р а т у р а

- Вакин Е.А., Кирсанов И.Т., Кирсанова Т.П.* Термальные поля и горячие источники Мутновского вулканического массива. — В кн.: Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. Владивосток, 1976, с. 85–114.
- Вакин Е.А., Кирсанов И.Т., Пронин А.Н.* Активная воронка Мутновского вулкана. — Бюл. вулканол. станций, 1966, № 40, с. 25–35.
- Гонсовская Г.А.* Жировские термы Южной Камчатки. — Докл. АН СССР, 1956, № 4, с. 874–876.
- Гриб Е.Н., Леонов В.Л., Флоренский И.В., Храмов Н.А.* Геологические условия термоявления бассейна р. Жировой (Юго-Восточная Камчатка). — Бюл. вулканол. станций, 1976, № 52, с. 92–102.
- Манухин Ю.Ф.* О зонах водообмена геотермальных районов Камчатки. — В кн.: Вулканизм и глубины Земли. М.: Наука, 1971, с. 219–224.
- Поляк Б.Г.* Геотермические особенности областей современного вулканизма (на примере Камчатки). М.: Наука, 1966, с. 108–128.
- Серафимова Е.К.* Особенности химического состава фумарольных газов Мутновского вулкана. — Бюл. вулканол. станций, 1966, № 42, с. 56–65.
- Шеймович В.С.* Верхнемутновские термальные источники. — Вопросы географии Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 1964, вып. 2, с. 104–105.

Б. Ф. Маврицкий, Н. С. Отман, А. А. Шпак

ВСЕГИНГЕО

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ГИДРОТЕРМ В МОЛОДЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ОБЛАСТЯХ

Камчатка и Курильские острова обладают значительными ресурсами глубинного тепла Земли, освоение которых может покрыть все потребности этих экономических районов в тепле и электроэнергии. Решение указанной проблемы связано с широким развертыванием геолого-разведочных работ на выявленных перспективных площадях и месторождениях парогидротерм и термальных вод. Кроме разведанных к настоящему времени (полностью или частично) месторождений (Паужетское, Больше-Банное, Паратунское, Верхнепаратунское — на Камчатке; Горячий Пляж — на о. Кунашир), в ближайшей перспективе предстоит разведать ряд круп-