

ПЕТРОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО РАСТВОРА: ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПО ЗОНАМ МАГМАТОГЕННО-ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ



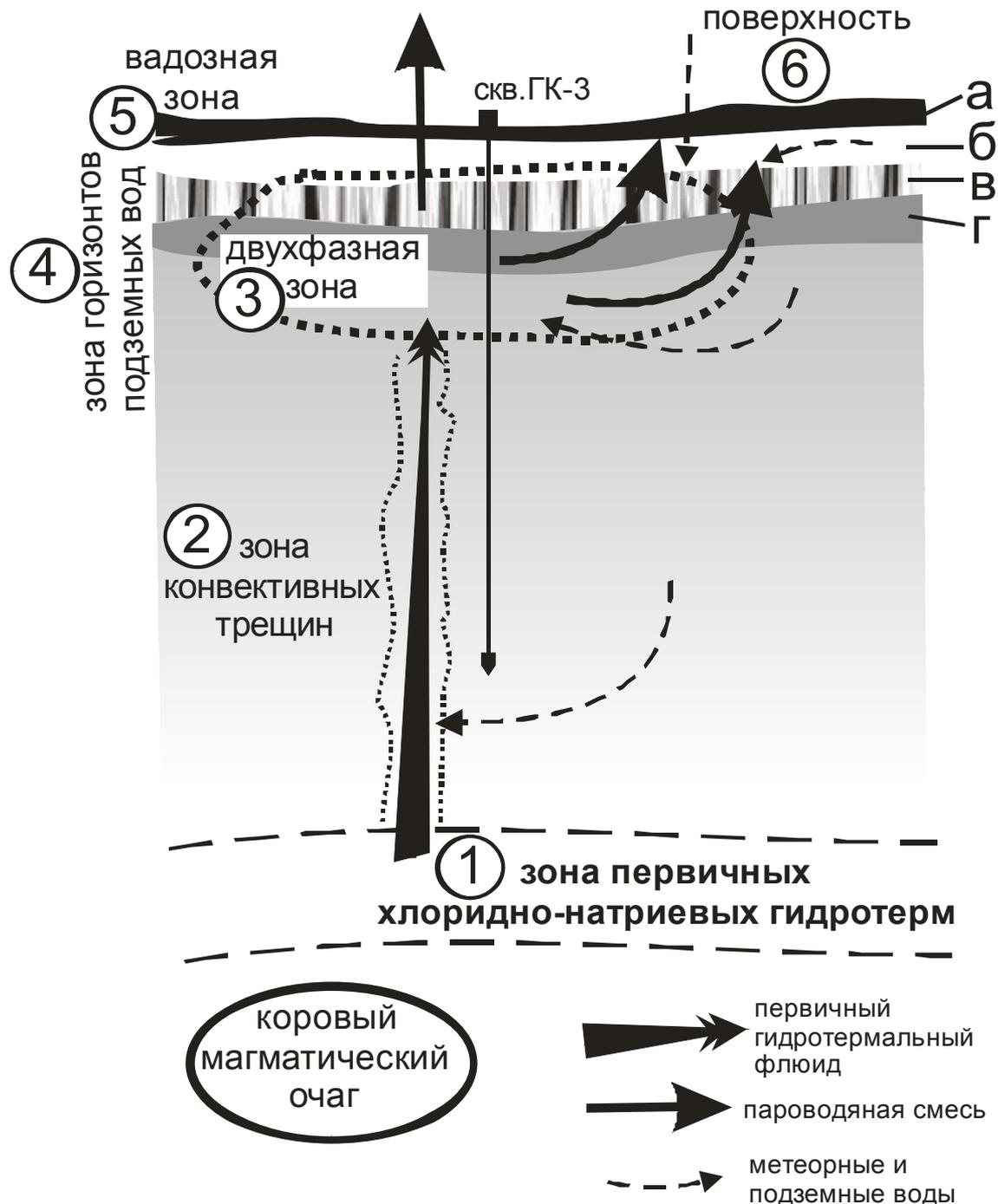
Артименко М.В.
Институт геохимии СО РАН (Иркутск)

первая в СССР опытно-промышленная геотЭС



Концептуальная модель
магматогенно-гидротермальной системы
Паужетского месторождения парогидротерм.

Буквенные обозначения:
а – алевропелитовый чехол;
б – псефитовые туфы дацитов;
в – спекшиеся туфы;
г – вулканомиктовые песчаники.



ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ МОДЕЛИ

НЕЗАВИСИМЫЕ КОМПОНЕНТЫ

Al, Ar, B, Br, C, Ca, Cl, Mn, F, Fe, He, I, K, Mg, N, Na, Ne, P, S, Si, Sr, Ti, H, O
всего 24

Химический состав по независимым компонентам гидротермального раствора, излившегося из скважины ГК-3 Паужетского геотермального месторождения.

Химический анализ проведен в Аналитическом центре Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
(аналитик О. В. Шульга)

независимый компонент	содержание, моль		независимый компонент	содержание, моль
B	2.3e-06		N	0.00003
C	0.00078		Na	0.0313
Ca	0.001		S	0.0008
Cl	0.0327		Si	5.0e-06
K	0.0018		H	111.02
Mg	8.4e-07		O	55.52

минерализация 2642,0 мг/л и pH = 8,05

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ МОДЕЛИ

Химический состав
андезито-базальтов
по данным Б.В. Иванова [2008]

КОМПОНЕНТ	МОЛЬ	КОМПОНЕНТ	МОЛЬ
SiO ₂	0.92	MgO	0.096
TiO ₂	0.01	CaO	0.137
Al ₂ O ₃	0.18	Na ₂ O	0.055
Fe ₂ O ₃	0.018	K ₂ O	0.02
FeO	0.069	H ₂ O	0.04
MnO	0.002	P ₂ O ₅	0.0016

Химический состав
псефитовых туфов дацитов
верхнего водоносного горизонта
по данным С.И. Набоко и др. [1965]

КОМПОНЕНТ	МОЛЬ	КОМПОНЕНТ	МОЛЬ
SiO ₂	1.13	CaO	0.068
TiO ₂	0.004	Na ₂ O	0.029
Al ₂ O ₃	0.16	K ₂ O	0.035
Fe ₂ O ₃	0.024	P ₂ O ₅	0.0008
FeO	0.03	S	0.0077
MnO	0.0014	H ₂ O	0.188
MgO	0.034		

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ МОДЕЛИ

Зависимые компоненты	кол-во	стандартные термодинамические свойства взяты из следующих литературных источников
Компоненты водного раствора	205	Johnson et al., 1992 Shock et al., 1992 Shock et al., 1997 Sverjensky et al., 1997
Газы	23	Reid et al., 1977
Минералы	136	Карпов и др., 1976 Robie, Hemingway, 1995 Berman, 1988 Yokokawa, 1988 Holland, Powell, 1998

ЗОНА ГОРИЗОНТОВ ПОДЗЕМЬ

смешение конденсата с подземной водой

ВАДОЗНАЯ ЗОНА

конденсат пароводяной смеси



ная
ная
ция
ная

100°C
3 бар

конденсат пароводяной смеси



подземная вода

смешение конденсата с подземной водой монтмориллонит

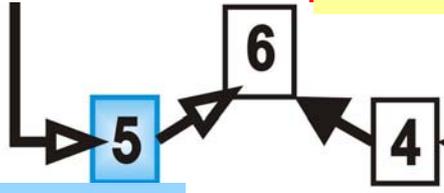
равновесная минеральная ассоциация

- каолинит
- ломонтит
- иллит
- кварц
- клинохлор
- ильменит
- рутил

конденсат пароводяной смеси

рН 7,2
минерализация 535.1 мг/ кг H₂O

200°C
16 бар^к



подземная вода

200°C
38 бар

гидроконвективная зона

рН 8.4

минерализация 3263.2 мг/ кг H₂O

350°C
260 бар



конд
по
мин

500°C
600 бар



коровый магматический очаг

Параметры системы

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ РАСТВОР

ПАУЖЕТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПАРОГИДРОТЕРМ

	зона глубинных гидротерм	верхний водоносный горизонт в псефитовых туфах дацитов	излив гидротермы на поверхность	стандартные условия
Температура	450°C	200°C	95°C	25°C
Давление	600 бар	16 бар	1 бар	1 бар
pH	8.0	7.0	7.7	8.7
Eh, В	0.005	0.545	0.657	0.716
Минерализация, мг/ кг H ₂ O	2079.1	2074.7	2107.7	2111.2

Фазовый состав системы (вес.%)

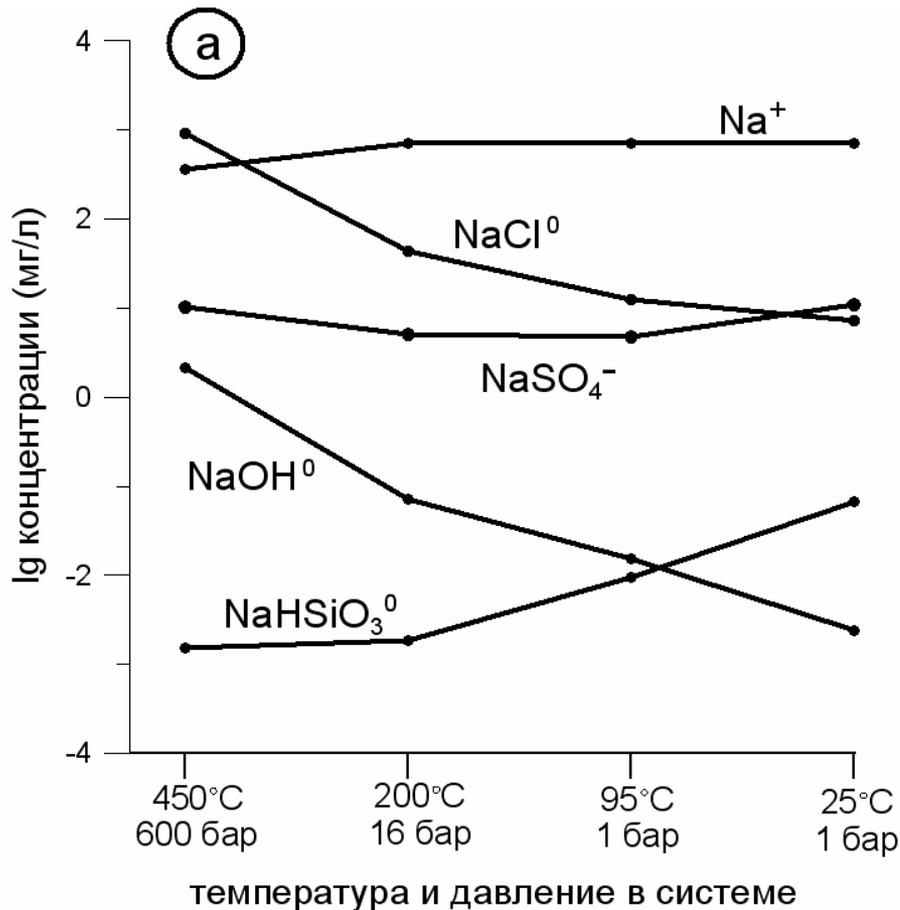
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ РАСТВОР

ПАУЖЕТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПАРОГИДРОТЕРМ

	зона глубинных гидротерм	верхний водоносный горизонт в псефитовых туфах дацитов	излив гидротермального раствора на поверхность	условия лаборатории
Температура Давление	450°C 600 бар	200°C 16 бар	95°C 1 бар	25°C 1 бар
вода	99.99995	99.9973	99.9992	99.9994
газ	0.00005	-	-	-
кальцит	-	0.00261	0.00077	0.00057

Анализ поведения соединений натрия

Зависимость количественного содержания форм нахождения натрия в гидротермальном растворе от термодинамических условий зон Паужетской гидротермальной системы.



450°C и 600 бар
зона первичных гидротерм

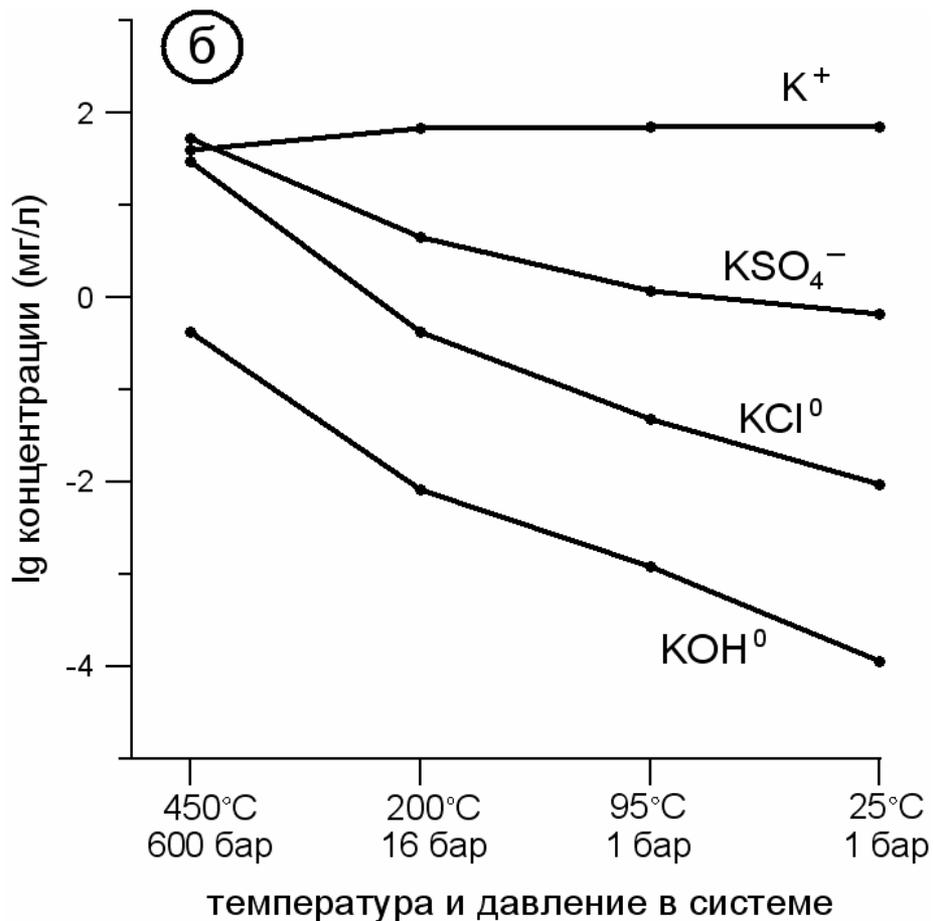
200°C и 16 бар
верхний водоносный горизонт

95°C и 1 бар
разгрузка гидротерм на поверхность

25°C и 1 бар
стандартные условия

Анализ поведения соединений калия

Зависимость количественного содержания форм нахождения калия в гидротермальном растворе от термодинамических условий зон Паужетской гидротермальной системы.



450°C и 600 бар
зона первичных гидротерм

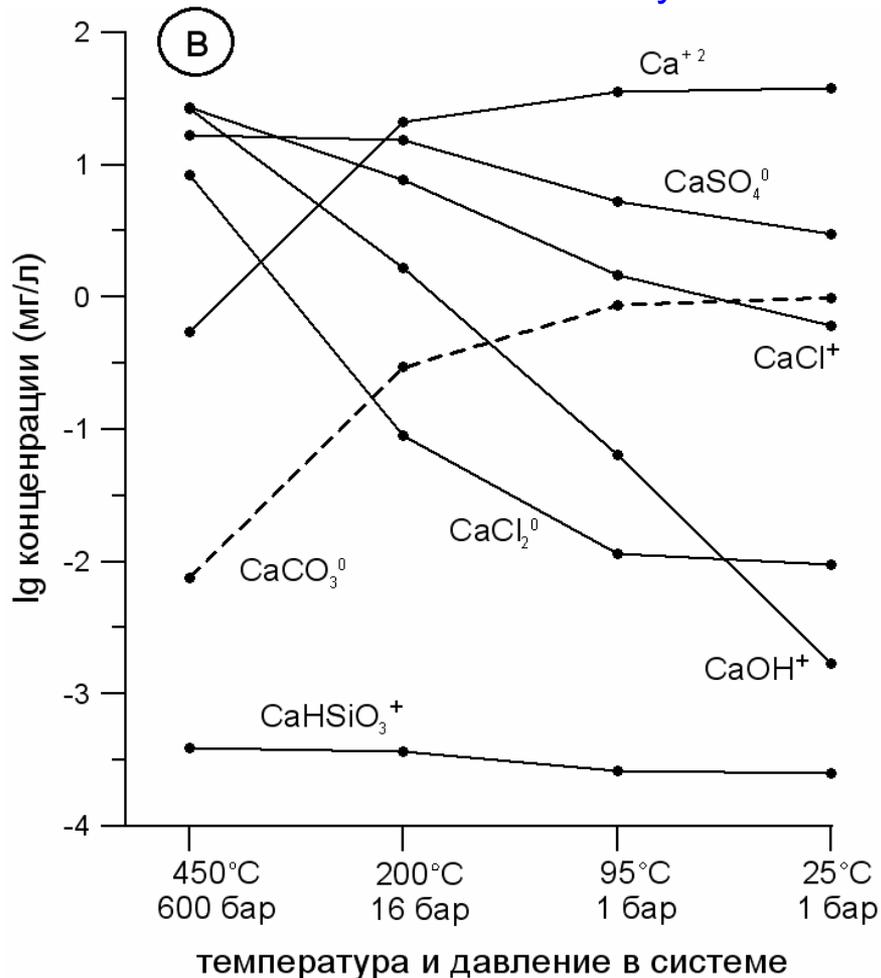
200°C и 16 бар
верхний водоносный горизонт

95°C и 1 бар
разгрузка гидротерм на поверхность

25°C и 1 бар
стандартные условия

Анализ поведения соединений кальция

Зависимость количественного содержания форм нахождения кальция в гидротермальном растворе от термодинамических условий зон Паужетской гидротермальной системы.



450°C и 600 бар
зона первичных гидротерм

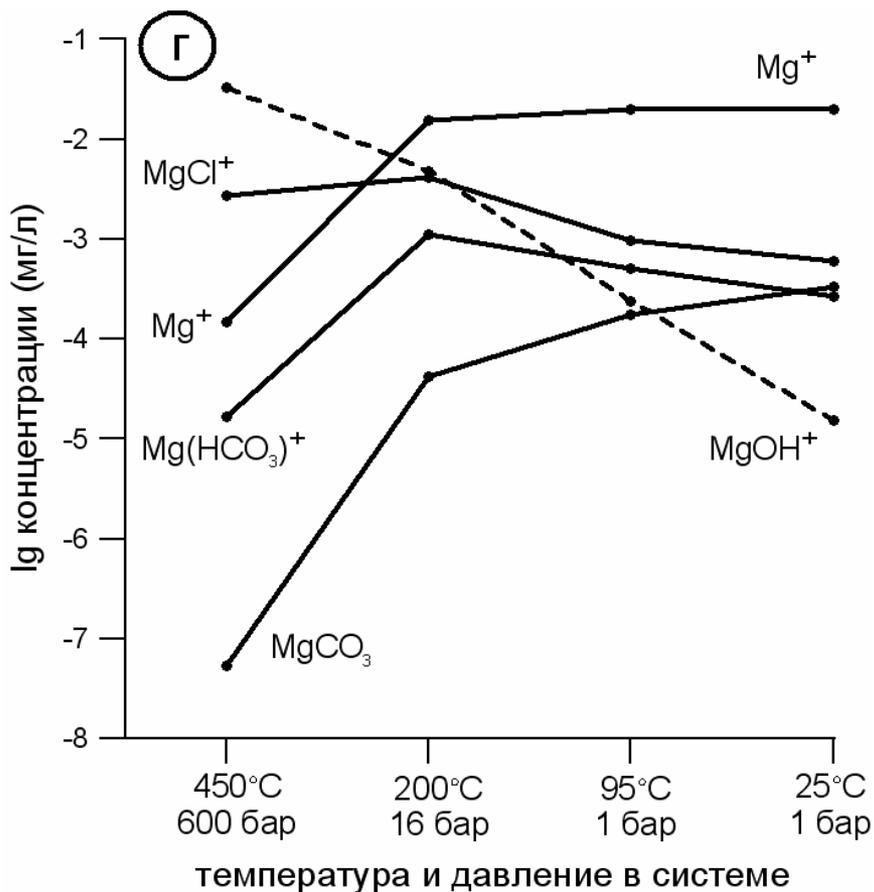
200°C и 16 бар
верхний водоносный горизонт

95°C и 1 бар
разгрузка гидротерм на поверхность

25°C и 1 бар
стандартные условия

Анализ поведения соединений магния

Зависимость количественного содержания форм нахождения магния в гидротермальном растворе от термодинамических условий зон Паужетской гидротермальной системы.



450°C и 600 бар
зона первичных гидротерм

200°C и 16 бар
верхний водоносный горизонт

95°C и 1 бар
разгрузка гидротерм на поверхность

25°C и 1 бар
стандартные условия



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ