

Kalacheva E.G., Rychagov S.N., Chudaev O.V. Dynamics and geochemistry of underground waters in Ebeko volcano area (Paramushir Island) // *Metallogeny of the Pacific Northwest: Tectonics, Magmatism and Metallogeny of Active Continental Margins. Proceedings of the Interim IAGOD Conference. Vladivostok, Russia, 1-20 September 2004. P. 638-642.*

## ДИНАМИКА И ГЕОХИМИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ ВУЛКАНА ЭБЕКО (О. ПАРАМУШИР)

**Е.Г. Калачева, С.Н. Рычагов**

*Институт вулканологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский 683006 E-mail: keg@kcs.iks.ru, rychnsn@kcs.iks.ru*

**О.В. Чудаев**

*Дальневосточный Геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток 690022 E-mail: olegchud@hotmail.com*

**Keywords:** гидротермально-магматическая система, структура, гидрохимия

**Abstract:** Изучен макрокомпонентный состав природных вод, восстановлена гидрохимическая зональность и динамика поверхностных вод и подземных водных потоков в пределах Северо-Парамуширской гидротермально-магматической системы. Локализованы области питания и разгрузки напорных вод верхних водоносных горизонтов и комплексов, приуроченных к изометричным геологическим блокам размером от 1,5-2 до 3,5-5 км в поперечнике и к разрывным тектоническим структурам, локального и регионального характера. Показано, что металлоносные растворы тяготеют к зонам восходящего потока высокотемпературных терм (центральных блокам гидротермально-магматической системы) и отличаются изотопным составом кислорода и водорода, что свидетельствует в пользу формирования их под влиянием глубинных (магматических ?) флюидов.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Северо-Парамуширская гидротермально-магматическая конвективная система (Rychagov et al., 2001) привлекает внимание исследователей многие десятилетия (Нехорошев, 1960, Зеленов, 1972; Меняйлов и др., 1992, Rychagov et al., 2002). Интерес к данному объекту определяется его островным положением на стыке океанической и континентальной земной коры, большой мощностью системы, наличием в ее центральной части действующего андезитового вулкана Эбеко, сложным строением области питания. Считается, что передача тепла и глубинного вещества осуществляется за счет магматического источника, происхождение которого может быть как первичным (генерация расплавов на нескольких иерархических уровнях: верхней мантии, близповерхностного магматического очага, субвулканического тела), так и вторичным

(вследствие протекания экзотермических химических реакций) (Белоусов и др., 2002). По данным исследования опорного геологического разреза установлено, что в гидротермально-магматической системе на новейшем этапе ее эволюции происходит формирование минерализации золото-полиметаллического и, возможно, медно-порфирирового типа (Рычагов и др., 2002).

Проведение комплекса геологических, гидродинамических, геохимических и др. работ и создание на этой основе геолого-геохимической и структурно-гидродинамической моделей Северо-Парамуширской рудогенерирующей гидротермально-магматической системы имеет большое значение для понимания процессов современного гидротермального рудообразования и ориентировки поисково-разведочных работ на геотермальные и минеральные ресурсы.

## 2. СТРУКТУРНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА

Геологическая структура северной части вулканического хребта Вернадского представлена двумя крупными геологическими блоками размером от 9 до 12 км в поперечнике (рис. 1). Первый (Северный) неправильно-изометричный блок с центром в районе вулкана Эбеко характеризуется породами андезитового состава и вмещает несколько вулканотектонических структур. Второй (Южный) блок представлен изометричной кольцевой структурой, имеющей сдвоенный центр в районе вулканов Богдановича и Крашенинникова и характеризующейся породами более основного состава (до оливиновых базальтов). Эти структуры первого порядка вмещают морфотектонические блоки размером 2-5 км. По петрологическим данным и морфотектоническим критериям Южный кольцевой блок создан за счет интрузивно-тектонических напряжений на глубинах от 2-3 до 7-9 км. Это означает, что здесь глубже 2 км (верхняя кромка) следует ожидать наличие крупного источника тепла и деформационных напряжений – магматического очага или зоны разогрева пород за счет химического реактора.

О-в Парамушир входит в Курильскую гидрогеологическую область (Гидрогеология СССР, 1972), характеризующуюся сложной и разнообразной гидрогеологической обстановкой, специфическими условиями формирования и распределения подземных вод. В северной части острова выделяются две гидрогеологические структуры второго порядка (вулканогенный супербассейн, и артезианский склон), приуроченные к вулканогенным и вулканогенно-осадочным комплексам, содержащим пластово-трещинные, трещинные и трещинно-жилые, поровые и порово-пластовые напорные и безнапорные воды.

Для определения условий питания верхних водоносных горизонтов и

комплексов гидротермальной системы существуют разные подходы, среди которых

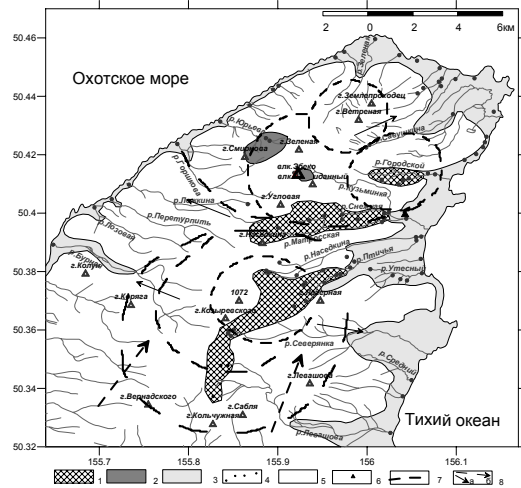


Рис. 1. Структурно-гидродинамическая схема северной части о-ва Парамушир.

1 – Область разгрузки кислых подземных вод, 2 – область разгрузки ультракислых терм, 3 – область разгрузки грунтовых вод, 4 – точки отбора проб, 5 – область питания и транзита подземных вод, 6 – геотермальная скважина, 7 – основные морфотектонические структуры, 8 – направление движения подземных вод.

наиболее простым является метод водного баланса. Суть метода заключается в установлении прихода и расхода влаги за любой промежуток времени для исследуемого района. Основная сложность заключается в составлении простого уравнения водного баланса для конкретного участка. Лучшее решение этого вопроса предусматривает изучение многолетнего водного баланса (Куделин, 1966), при этом район исследования разбивается на балансовые участки, соответствующие речным бассейнам. Уравнение водного баланса для отдельного участка за многолетний период имеет вид:  $\pm W = X - Y - Z$ , где  $X$  – среднееголетнее значение осадков;  $Y$  – то же, стока;  $Z$  – то же, испарения;  $\pm W$  – среднееголетняя инфильтрация в глубокие водоносные горизонты в области питания или величина артезианского стока в области разгрузки, или разность между ними, все - в мм.

Воднобалансовые расчеты, проводимые по этому методу для северной части о. Парамушир (Калачева, 2002), показали следующее. Пополнение запасов подземных вод гидрогеологического супербассейна происходит практически на всей территории за счет инфильтрации атмосферных осадков. Питание артезианского склона в большей мере происходит со стороны хребта Левинсона-Лессинга, расположенного в центральной части острова, и, вероятно, за счет поступления морских вод. Кроме того, в пределах супербассейна выявлено несколько основных областей разгрузки подземных вод, контролируемые тектоническими структурами (см. рис. 1).

### 3. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Подземные воды, разгружающиеся в пределах выявленных областей, можно классифицировать по величине pH, основному химическому и газовому составу, а также с учетом температуры (рис. 2). Кроме того, в процессе бурения были вскрыты воды, имеющие отличительный химический состав. В целом, в северной части о-ва Парамушир представлены все типы вод, характерные для гидротермальных систем, связанных с андезитовыми вулканами островных дуг.

**Группа 1.** Ультракислые (pH 0-3) сероводородно-углекислые хлоридно-водородные и азотно-углекислые сульфатно-водородные, хлоридно-сульфатные (сульфатно-хлоридные) водородные (водородно-алюминиевые) и сульфатно-кальциевые (кальций-магниевые) термы, разгружающиеся в привершинной части постройки влк. Эбеко и в верхнем течении р. Юрьевой. Эти воды формируются в результате смешения магматических эманаций с подземными водами вадозовой зоны.

**Группа 2.** Кислые (pH 3.5-5) углекисло-азотные и азотно-углекислые сульфатные воды, имеющие сложный катионный состав:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ . В зависимости от преобладания того или иного элемента,

воды делятся на три подтипа. В основном они формируются за счет взаимодействия гидротермально измененных пород

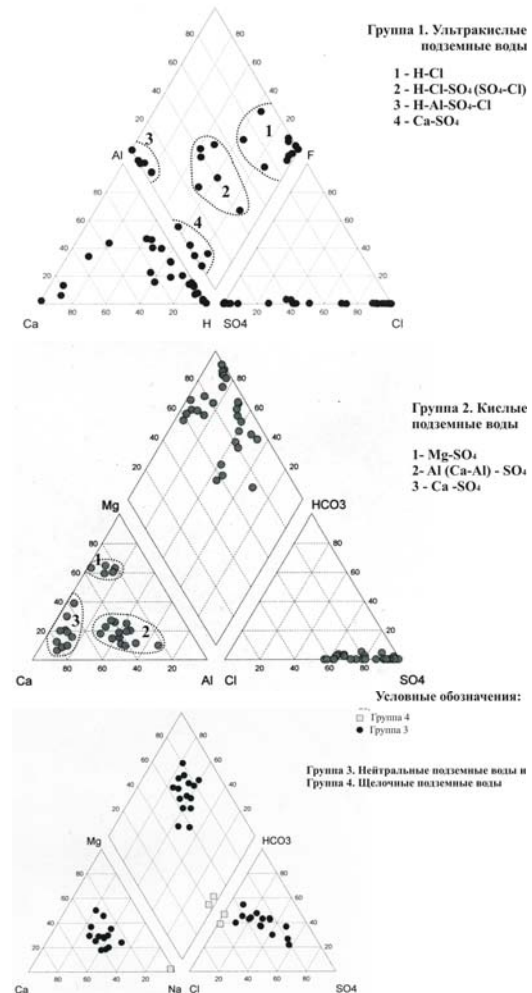


Рис. 2. Химический состав различных типов вод района

с подземными водами. В результате происходит обогащение растворов  $\text{SO}_4^{2-}$  и др. компонентами.

**Группа 3.** Азотно-углекислые гидрокарбонатные нейтральные воды (pH 6.0–7.5) с пестрым катионным составом. Формируются в результате инфильтрации атмосферных осадков в зонах, не затронутых современным вулканизмом.

**Группа 4.** Слабо щелочные воды (pH 7.5-8) углекислые хлоридно-

(гидрокарбонатно) - натриевые. Вскрыты бурением. Являются дериватами глубинных хлоридно-натриевых гидротерм.

#### 4. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СТРУКТУРНО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕВЕРО-ПАРАМУШИРСКОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Принципиальная структура потоков флюидов и формирование физико-химических зон в Северо-Парамуширской

(H<sub>2</sub>S) от гидротермальных потоков. Кипение может происходить на глубинах 2 км и даже более в некоторых системах (Bogie et al., 1987). Поглощение зоны кипения на малых глубинах приводит к формированию углекислых растворов с умеренно низким рН. Фреатическая зона или область насыщения состоит из нескольких потоков подземных вод, подвешенных над хлоридно-натриевыми водами.

Авторы глубоко признательны В.И.Белоусову за обсуждение основных положений доклада; Т.А.Котенко, Л.В.Котенко и другим своим коллегам за

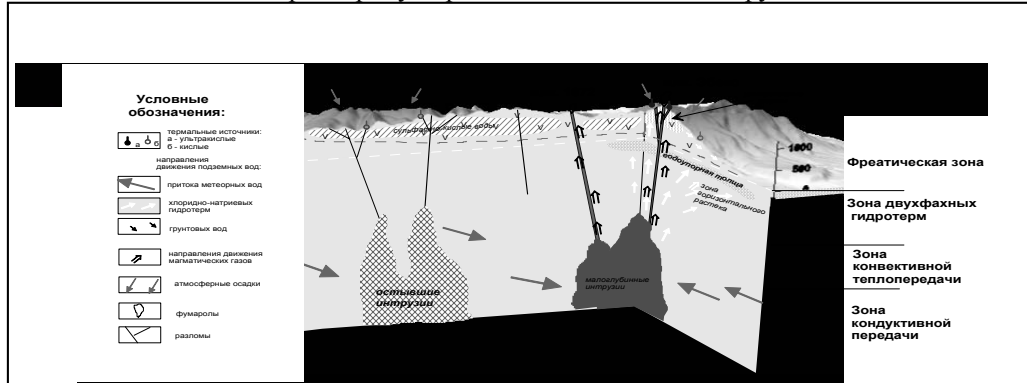


Рис. 3. Концептуальная структурно-гидродинамическая модель Северо-Парамуширской гидротермально-магматической системы.

гидротермально-магматической рудообразующей системе может быть представлена следующим образом (рис. 3). Выделяются 4 зоны, границы которых в значительной степени условны: кондуктивной теплопередачи, конвективного переноса тепла, двухфазных гидротерм и фреатическая. Кондуктивная теплопередача характерна для интрузивных тел, породы которых, как правило, слабо трещиноваты. Но для вмещающих интрузию вулканогенно-осадочных пород, особенно приконтактных зон и надинтрузивного комплекса, типична конвективная теплопередача. Зона двухфазного состояния располагается на небольших глубинах и в зоне растека гидротерм, где давление пара превышает гидростатическое давление, что вызывает отделение водяного пара и газов (в основном CO<sub>2</sub> и в подчиненном количестве

помощь в полевых исследованиях. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 03-05-64044 а).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Белоусов В.И., Рычагов С.Н., Сугробов В.М. Северо-Парамуширская гидротермально-магматическая конвективная система: геологическое строение, концептуальная модель, геотермальные ресурсы // Вулканология и сейсмология. 2002. № 1. С. 34-50.
- Гидрогеология СССР, Том XXIX. Камчатка, Курильские и Командорские острова. М: Недра, 1972.
- Зеленов К.К. Вулканы как источник рудообразующих компонентов осадочных толщ. М.: Наука, 1972. 214 с.

Kalacheva E.G., Rychagov S.N., Chudaev O.V. Dynamics and geochemistry of underground waters in Ebeko volcano area (Paramushir Island) // *Metallogeny of the Pacific Northwest: Tectonics, Magmatism and Metallogeny of Active Continental Margins. Proceedings of the Interim IAGOD Conference. Vladivostok, Russia, 1-20 September 2004.* P. 638-642.

Калачева Е.Г. Гидродинамическая характеристика хребта Вернадского (о. Парамушир). Тезисы доклада Первой Сибирской международной конференции молодых ученых по наукам о Земле. Новосибирск 4-6 декабря, 2002 г.

Куделин Б.И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. М.: Изд-во МГУ. 1960.

Меняйлов И.А., Никитина Л.П., Будников В.А. Активность вулкана Эбеко в 1987-1991 годах. Характер извержений, особенности их продуктов, опасность для г. Северо-Курильска // *Вулканол. и сейсмол.* 1992. № 6. С.21-33.

Нехорошев А.С. Геотермические условия и тепловой поток вулкана Эбеко // *Бюл. вулканол. станций.* 1960. № 29. С. 38-46.

Рычагов С.Н., Белоусов В.И. и др. Северо-Парамуширская гидротермально-магматическая система: характеристика глубокого геологического разреза и модель современного минерало-рудобразования в ее недрах // *Вулканол. и сейсмол.* 2002. № 4. С. 1-19.

Bogie I., Leawless J.V., Pornuevo J.B. Kaipchan: An apparently non-thermal manifestation of hydrothermal systems in the Philippines // *J.Vol.Geoth.Res.* 1987. V.31. P. 281-292.

Rychagov S.N., Belousov V.I., Sugrobov V.I. North-Paramushir hydrothermal-magmatic system: the geological structure, probable sources of heat flows and geothermal resource // *Geothermal Resources Council.* 2001. August 26-29, San-Diego, USA.

Rychagov S.N., Kalacheva E.G. and Belousov V.I. Hydrodynamic structure of North-Paramuchir hydrothermal-magmatic system (The Kuril Islands) // *Geothermal Resources Council.* 2002. September 22-25, Reno, Nevada, USA.