

Поле редкометальных пегматитов с Ta-Nb минерализацией связано с определенной геолого-тектонической обстановкой. Оно размещено на стыке тектонических структур в приконтактной части гранитного массива с наличием долгоживущих зон разломов северо-западного простирания. При этом наиболее крупные тела и раздувы пегматитов связаны с участками повышенной тектонической нарушенности; продуктивные тела редкометальных пегматитов приурочены к блокам, сложенным различными метаморфическими и интрузивными породами (амфиболиты, серпентиниты и диориты).

Таким образом, для пегматитов Уральских Изумрудных копей прослеживается минералогическая специализация процесса кристаллизации тантало-ниобатов с последовательностью: 1) существенно ниобий-железисто-марганцевые разновидности; 2) тантало-колумбит с равным содержанием ниобия и тантала, марганцево-железистая разновидность; 3) существенно тантал-кальций-плюмбо-урановая разновидность.

Список литературы

Грабежов А.И., Чистяков Н.Е. Редкометальные калинатровые пегматиты одного из экзоконтактных пегматитовых полей Урала // Сб. *Метасоматоз и рудообразование*. Свердловск: УНЦ АН СССР. 1974. С. 104-124.

Клейменов Д.А., Чуканов Н.В., Сырейщиков Д.В., Сапожникова Н.Г. Плюмбомикролит и урансодержащий бисмутит из Изумрудных копей Среднего Урала // *Вестник Уральского отделения Минералогического Общества РАН*. Екатеринбург: УГГГА, 2002. № 1. С. 37-39.

Ласковенков А.Ф. Закономерности распределения редких металлов в пегматитах Адуйского редкометального поля и перспективы расширения его сырьевой базы. Автореф. дисс... канд. геол.-мин. наук. Асбест, 1982. 25 с.

Минералогия Урала. Оксиды и гидроксиды. Миасс-Екатеринбург, 2000. Ч. 1. 311 с.

Попов М.П., Муфтахов В.Н. О находке уранмикролита на Квартальном месторождении (Средний Урал) // *Уральская летняя минералогическая школа – 2003*. Материалы Всероссийской научной конференции. Екатеринбург: УГГГА, 2003. С. 75-76.

RMS DPI 2008-3-6-0

ГЕНЕЗИС ОПАЛОВО-АРГИЛЛИТОВОГО КОМПЛЕКСА КАМБАЛЬНОГО ХРЕБТА. ЛОКАЛИЗАЦИЯ МАГМАТИЧЕСКОГО ОЧАГА ПАУЖЕТСКОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ. КАМЧАТКА

Рычагов С.Н. (rychsn@kscnet.ru), **Белоусов В.И.** (bvi36@yandex.ru),
Белоусова С.П. (bvi36@yandex.ru), **Филиппов Ю.А.** (filipp@kscnet.ru)
Камчатское отделение. Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

THE GENESIS OF THE OPAL-ARGILLIT COMPLEX OF THE KAMBALNII RANGE. THE LOCALIZATION OF THE MAGMA CHAMBER OF THE HYDROTHERMAL-MAGMATIC SYSTEM OF THE PAUZHETKA. KAMCHATKA

Rychagov S.N., Belousov V.I., Belousova S.P., Filippov Y.A.
Kamchatka branch. Institute of Volcanology and Seismology of the FEB RAS

Изучение гидротермального метаморфизма современных гидротермальных систем имеет большое значение для определения химического анализа и термодинамических параметров минералообразующих растворов. Результаты используются для сравнительного анализа с минеральными комплексами древних месторождений полезных ископаемых гидротермального происхождения. Важно определить роль минеральных новообразований в изменении геологической структуры современной гидротермальной системы, влияние их на водопроницаемость водовмещающих и водоупорных горизонтов и на условия разгрузки, динамику гидротерм, а также на условия теплопереноса в недрах гидротермального потока. На разведанных гидротермальных

системах процессы гидротермального метаморфизма изучены достаточно хорошо (Набоко, 1963; Белоусов, 1963, 1978; Рычагов и др., 1993).

Поверхностный и субповерхностный гидротермальный метаморфизм Паужетской гидротермально-магматической системы.

Внешним признаком активных высокотемпературных гидротермальных систем являются кипящие источники, паровые струи и парящие площадки, поля аргиллитов и опаловых (кремнистых) пород. При определенных гидрогеологических условиях в очагах разгрузки и в структурных ловушках на путях следования потока перегретых вод происходит их вскипание и отделение паровой фазы с газами, растворёнными в воде. Вблизи земной поверхности или на ней происходит конденсация остывающей паровой фазы, в которой растворяется значительное количество газа. В результате этого процесса образуются кислые растворы, отличающиеся высокой агрессивностью по отношению к вмещающим породам. Под их воздействием часто происходит полное перерождение вмещающих пород с разложением первичных минералов магматического происхождения и образование новых минеральных комплексов, в основном, состоящих из глинистых минералов, опала, алунита, гидрогематита и пирита.

Геология Камбального хребта. Здесь приводятся результаты исследований участков поверхностного и субповерхностного кислотного выщелачивания, связанных с очагами разгрузки парогидротерм Паужетской гидротермально-магматической системы, которая расположена в вулканогенной структуре Камбального хребта на южной оконечности Камчатки (Белоусов, 1978; Рычагов и др., 1993).

На Камбальном хребте выделяется три термальных поля разгрузки пароконденсатных гидротерм: Северо-Камбальное, Восточно-Камбальное и Южно-Камбальное. Эти поля располагаются на восточной периферии двух слившихся в один горный массив экстрюзий (Кривая и Плоская), внедрившихся последовательно одна за другой в кратерное озеро стратовулкана Термального (Долгоживущий центр..., 1980), который слагает центральную и северную часть Камбального хребта. Породы экстрюзий отвечают составу дацитов, риодацитов и риолитов. Куполы экстрюзий облекаются блоками толщ озёрных отложений, представляющими собой слоистую толщу чередующихся слоёв пепловых псаммитовых и псефитовых туфов. Блоки испытали поднятие на несколько сотен метров над уровнем моря, обусловленное внедрением экстрюзий. Возраст экстрюзии Кривой оценивался трековым методом 350 тыс. лет. Внедрение экстрюзии Плоской произошло в конце верхнеплейстоценовой эпохи оледенения примерно 8 тысяч лет назад.

Участок развития гидротермально-изменённых пород занимает восточную часть зоны, располагаясь в верховьях рек Левый и Средний Этамьнки, в треугольнике, ограниченном 3-й группой Северо-Камбальных, 2-й группой Южно-Камбальных и Восточно-Камбальными паровыми струями и термальными источниками. Восточно-Камбальное поле гидротермально-изменённых пород развито по породам различного состава и происхождения. В южной части хребта - по лавам и пирокластическим породам базальтового состава, слагающим северные отроги вулканической постройки вулкана Камбальный. Вблизи 3-й группы Южно-Камбальных паровых струй оно развито по грубообломочным фациям паужетской свиты и по риолитам экстрюзии, верхняя часть которой изменена до опалитов. В верховьях долины реки Средний Этамьнк, представляющей собой цирк, изрезанный густой сетью оврагов и распадков, процессы поверхностного гидротермального метаморфизма проявились в субповерхностных силлах базальтового состава. Изменённые породы представлены опалами с примесью алунита и аргиллитами, легко поддающиеся процессам эрозии, в результате чего участок Восточно-Камбального поля гидротермально-изменённых пород изрезан густой сетью ручьев и оврагов. Верхняя часть разрезов переработана в аргиллиты, в составе которых большую долю составляет каолинит. Они окрашены в бурый цвет гидроокислами железа. Мощность разрезов измеряется первыми метрами. Нижележащие горизонты пород отличаются меньшей степенью аргиллизации, и постепенно переходят в бурые массивные опалиты с примесью глинистых минералов и алунита. Глубже они сменяются базальтами, подвергнутые низкотемпературной хлоритизации (пропилиты). В наиболее глубоких врезках наблюдаются неизменённые базальты. Максимальная мощность изменённых пород составляет 30-40 м.

Кислотные гидротермальные изменения Центрального поля термальных проявлений. Как выше указывалось, апикальная часть риолитовой экстрюзии Кривой изменена до опалитов с небольшим количеством алунита. Первичные породы обнажаются лишь вблизи 3-й группы Северо-

Камбальных паровых струй и представлены светло-серым дацитом. Контакт с вмещающими породами паужетской свиты и нижележащими песчаниками и гравелитами миоцен-плиоценового возраста - рвуший. В некоторых местах при контактные блоки пород имеют нарушенное залегание. Замеренные углы падения составляют 35-40°. Измененные породы слагают южную, наиболее возвышенную часть экструзии и представлены грубой щебенкой и дресвой. В некоторых местах удается наблюдать первичную морфологию экструзии, которая в верхней части представляется в виде веера столбов, сформировавшихся в результате медленного выжимания и быстрого охлаждения расплава.

Опаловые породы слагают склоны распадка верховой ручья Средний Этамьнк, который, сливаясь с Правым и Левым Этамьнками, образует единый речной поток Этамьнк, впадающий в юго-западную часть Курильского озера. Эти породы являются полными аналогами опаловых и кварцитовых пород, описанных Набоко С.И. (1963) на разведанном месторождении Серное Кольцо (о. Парамушир, Курильские о-ва). Опал - изотропный, со светопреломлением, колеблющийся от 1,400 до 1,440. Часто имеет струйчатую и сферолитовую структуру, которая образуется, вероятно, при обезвоживании опала. Термограмма опалов представляет плавную линию, показывающую непрерывное выделение воды. В опалах обнаруживаются алуниит, кристобалит, тридимит и кварц. Одновременно с образованием опалитов, которые сохраняют структуры исходных пород, на сольфатарных полях часто возникает студенистый гель кремнекислоты, который может перемещаться и заполнять трещинки. Из такого геля формируются плотные опаловые образования в форме жильных и линзовидных скоплений, находящихся в пористых опалитах и гидротермальных глинах. Объем пород, обработанных этими растворами, значительный и, как видно из описаний, охватывает не только экструзию, но и вмещающие ее породы. Обширный участок гидротермальных пород позволяет предполагать, что кислотное выщелачивание происходило на расстоянии двух-трех километров от источника генерирования растворов. В связи с этим мы считаем, что гидротермальные растворы формировались на участке внедрения экструзии и образовывали грунтовый поток, фильтрующийся по восточному склону Камбального хребта. На Восточно-Камбальном поле сохранилась морена ледника, область питания которого располагалась в цирке. Морена перекрывает пемзовые отложения, датированные в Паужетском геотермальном районе возрастом в 7000-8000 лет, определенным радиоуглеродным методом. В морене нет обломков измененных пород. В настоящее время верхняя часть морены расположена на более высоких гипсометрических отметках, чем дно цирка. Предполагается, что это связано с большей скоростью разрушения и выноса гидротермально-измененных пород под действием временных и постоянных водотоков.

Интерпретация процесса кислотных изменений риодацитов, слагающих экструзию Кривую, и вмещающих пород. Предполагается, что Восточно-Камбальное поле измененных пород образовалось под действием растворов, динамика которых самым тесным образом связана с внедрившейся экструзией дацитов. Химический состав растворов характеризовался высокой агрессивностью и имел значения рН менее 3. Экспериментами показано, что кремнистые породы, отвечающие составу опалитов, образуются при обработке эффузивных пород, в составе которых SiO₂ более 55%, соляной кислотой (Есин, Гельд, 1965). Гидротермальные растворы в природных условиях с низкими значениями рН образуются в том случае, когда в составе вулканических газов присутствуют сильные кислоты HCl и HF. Аргиллизация, как правило, происходит при рН 3-4.

Кроме того, для процессов, обеспечивших образование этого поля, необходимы значительные массы воды, которые могли бы питать верхний грунтовый поток с достаточной интенсивностью. В современных климатических условиях Камчатки или в недалеком прошлом такая возможность имела в местах формирования ледников и многолетних снежников. В этих случаях магматический расплав взаимодействует с теми и другими. Огромное количество тепла, выделяемое расплавом, парами и газами, вызывает таяние многолетних снежников и ледников. Пары и газы конденсируются в водах поверхностного формирования. В результате образуются водные растворы с низким рН. В условиях горной местности этот раствор в значительных количествах идет на питание грунтовых вод, резко увеличивая их расход. При инфильтрации водных растворов в водовмещающие породы происходит их кислотное выщелачивание.

По нашему мнению, наблюдаемое на Восточно-Камбальном поле пространственное разобщение опалитов и глинистых пород обусловлено изменением химического состава гидротермальных растворов. Метаморфизм самих гидротерм подтверждается изменением характера метаморфизма в породах в глубоких горизонтах, где образуются минералы, типичные для

низкотемпературной пропилитизации. Изменение химизма растворов выразилось в постепенной их нейтрализации. На участках развития полей гидротермально-изменённых пород следы ледников и многолетних снежников часто уничтожаются.

Породы, изменённые гидротермальными растворами, обладающие хорошими водоупорными свойствами, уменьшают фильтрацию поверхностных вод в их недрах. В некоторых случаях ограничение поступления поверхностных вод может быть настолько ощутимым, что при значительном тепловом потоке на этом участке может произойти их нагрев до высоких температур.

Предположение о происхождении хлористого водорода на Паужетской гидротермально-магматической системе. Исходя из выше изложенного, можно наметить источники хлора, которые поставляют этот элемент в гидротермально-магматическую систему. К ним относятся минерализация глубинных гидротерм, в составе которой присутствуют хлоридные соединения щелочных и

щелочноземельных элементов в ионном состоянии.

Выделения газов в свободную фазу, в составе которых преобладает CO_2 , происходит глубине более 2 км (рис. 1).

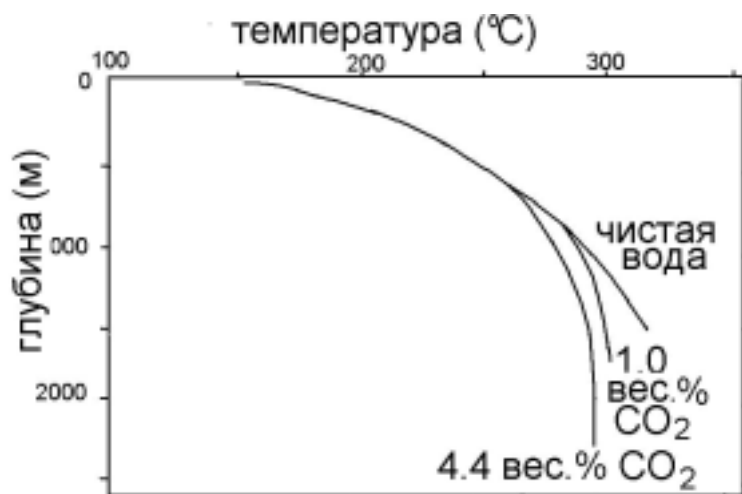


Рис. 1. Отношение гидродинамической точки кипения и кривых кипения для чистой воды и растворов, содержащих (на начальной стадии) 1,0 и 4,4 вес.% CO_2 при 300°C .

Учитывая, что в этом случае уровень гидростатического давления будет расположен ниже уровня морской акватории Паужетской гидротермально-магматической системы, то предполагается возможность притока морской воды к осевой зоне Камбального хребта. В связи с этим, мы считаем, что в зону влияния магматических тел этой системы должен происходить приток морской воды, в составе которой присутствует хлор. Третий источник хлоридов, участвующих в образовании магматического хлористого водорода связан с инфильтрацией хлоридно-сульфатных терм поверхностного формирования по глубоким разломам. В этом случае в зону взаимодействия гидротермальной и магматической конвективных ячеек Паужетской системы происходит возврат, ранее отделившихся из ниже лежащих магматических расплавов этой же системы, газов, в составе которых находился хлористый водород. В связи с этим полагается наличие в гидротермально-магматических конвективных системах кругооборота части хлора. При этом не исключается, что значительная доля хлора глубинных хлоридных гидротерм так же была привнесена магматогенными летучими.

Хлор, в выше приведенных источниках, находится в виде солей. Эксперименты, проведенные Kazahaya и Shinohara (1991) показывают, что в результате гидролиза будет генерироваться HCl в системе $\text{NaCl-H}_2\text{O}$ при высоких температурах, которая характерна для всех выше указанных источников NaCl (рис. 2).



Таким образом, мы предполагаем, что ультра кислые гидротермальные растворы, образовавшиеся в Паужетской гидротермально-магматической системе, привели к выщелачиванию почти всех катионов из вулканических пород с содержанием SiO_2 более 55% и образованию опаловых пород (содержание SiO_2 более 90%) с примесью минералов, в составе которых имеется сульфат-ион (алунит). Это свидетельствует, что эти

Рис. 2. Схема простой модели системы потоков используемой для миграции HCl в паровой фазе (Kazahaja, Shinohara, 1991).

химически активные растворы представляли собой смесь соляной и серной кислот, которая генерирована под влиянием неглубокого магматического очага, расположенного в верхней части земной коры. Мы предполагаем, что 7000-8000 лет назад магматический очаг располагался непосредственно под полем опалитовых пород Восточно-Камбального поля гидротермально-измененных пород на глубине 4-5 км.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 06-05-64689а).

Список литературы

Белоусов В.И. Вторичное минералообразование на Паужетском месторождении термальных вод // В кн.: Геологические и геофизические исследования в вулканических областях. М.: Наука, 1963. С. 93-101.

Белоусов В.И. Геология геотермальных полей в областях современного вулканизма. М.: Наука, 1978. 186 с.

Долгоживущий центр эндогенной активности Южной Камчатки. М.: Наука. 1980, 172 с.

Есин О.А., Гельд П.В. Физическая химия пирометаллургических процессов, ч. 2. Взаимодействие с участием расплавов. М.: Metallurgy, 1966. 703 с.

Набоко С.И. Гидротермальный метаморфизм пород в вулканических областях. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 172 с.

Рычагов С.Н., Жатнуев Н.С., Коробов А.Д. и др. Структура гидротермальной системы. М.: Наука, 1993. 298 с.

Kazahaja K., Shinohara H. Generation HCl by high temperature hidrolis NaCl // Extended Abstracts of the 3 Symposium on Deep-crust fluids "High-temperature Acid fluids and associated alteration and mineralization", held at Taukuba, October, 1990. Geol. Survey of Japan, 1991. P. 101-102.

RMS DPI 2008-3-26-0

СУЛЬФИДНО-МАГНЕТИТОВЫЕ РУДЫ МАУКСКОГО МЕДНОКОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Сафина Н.П. (safina@ilmeny.ac.ru)

Ильменское отделение. Институт минералогии УрО РАН

SULFIDE-MAGNETITE ORES OF THE MAUK MASSIVE
SULFIDE DEPOSIT (SOUTHERN URALS)

Safina N.P.

Ilmeny branch. Institute of Mineralogy Urals of Branch RAS

Маукское месторождение находится в зоне Главного Уральского разлома на самом узком участке смыкания Тагильской и Сакмарской вулканогенных колчеданосных зон в породах силурийской (ландовери) офиолитовой ассоциации в Уфалейско-Коркодинской палеодепрессии, имеющей рифтогенную природу (Медноколчеданные..., 1988).

Геологический разрез месторождения состоит из базальтов, углеродистых и углеродисто-кремнистых алевролитов, песчаников и линзовидных тел серпентинизированных ультрамафитов. Эти породы преобразованы в альбит-эпидот-биотит-хлоритовые, альбит-эпидот-цоизит-актинолитовые, альбит-карбонат-актинолит-хлоритовые, графит-кварцевые сланцы. Месторождение претерпело наиболее высокотемпературный метаморфизм по сравнению с другими колчеданными месторождениями, расположенными в пределах Главного Уральского разлома (Медноколчеданные..., 1988; Мелекесцева, 2007).

Наиболее значительным по масштабу является Центральное рудное тело, размер которого по простиранию составляет 1500 м при мощности в центральной части 12 м, в среднем 5 м (Горелов, 1958). Рудная залежь имеет пластообразную форму, согласное с вмещающими породами залегание. Рудное тело не образует резких пережимов и раздувов, а очень плавно выклинивается по простиранию на глубину. Для него характерно пологое восточное падение под углами 40-50°.