

МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОГРАФИЯ, ЛИТОЛОГИЯ

УДК 552.13

В.М. КОЗЛОВСКИЙ

ПРИРОДА СВЕКОФЕНСКИХ ПЛАГИОМИГМАТИТОВ
БЕЛОМОРСКОГО КОМПЛЕКСА СЕВЕРНОЙ КАРЕЛИИ.

Статья 2. Физико-химическая модель
формирования плагиомигматитов

Образование жильных плагиомигматитов возможно при относительно невысоких температурах (590—630 °С) под воздействием высококонцентрированных щелочно-кремнекислотных растворов на породы хетоламбинской толщи. Оптимальное соотношение флюид/порода — 30/1. Определяющее условие формирования жильных плагиомигматитов — локальное снижение давления вдоль трещин скола от 375—465 до 150—250 МПа. В области более низких давлений (<150 МПа) образуются кварцевые жилы с магнезиальным биотитом и роговой обманкой. Раствор, равновесный с ассоциацией плагиомигматитов, имеет рН 4,5—5,5. Повышение концентрации KCl и NaCl во флюиде способствует расширению поля устойчивости плагиомигматитов в область низких температур и высоких давлений. Текстурно-вещественные неоднородности в плагиомигматитовых жилах — следствие растворения кремнезема в участках локальной концентрации механических напряжений и переотложения его в областях разгрузки.

На современном этапе изучения беломорского комплекса большинство исследователей полагают, что в отличие от линзовидно-полосчатых субстратиформных плагиомигматитов жильные плагиомигматиты свекофенского этапа в северной части беломорского комплекса имеют анатектическую природу [2, 5, 7]. Неосомы, близкие по составу к плагиограниту, образуются при ультраметаморфизме и сопровождаются частичным плавлением протолита, состав которого отвечает биотитовым гнейсам.

Однако детальное изучение процессов мигматизации в беломорском комплексе показывает, что они протекают в открытой системе при наличии потока флюидов. Начальная стадия мигматитообразования сопровождается натрий-кремниевым метасоматозом, а конечная — калий-кремниевым [5, 10, 11]. Одновременно с образованием собственно жильных плагиомигматитов под действием флюидов возможны метасоматические изменения вмещающих пород. Следовательно, петрологическая модель мигматитового процесса должна отражать взаимодействие восходящего кремнещелочнометалльного флюида с вмещающими породами.

Постановка задачи физико-химического моделирования

Большинство жильных плагиомигматитов в беломорском комплексе связано со складчатыми или разрывными деформациями в неоднородной сло-

истой толще гнейсов, амфиболитов и апоамфиболитовых субстратиформных мигматитов [6]. Как следствие этого в хетоламбинской толще формируются зоны трещиноватости, вдоль которых возможно локальное снижение давления. Поэтому одна из задач физико-химического анализа заключалась в установлении роли декомпрессии в процессе образования плагиомигматитов.

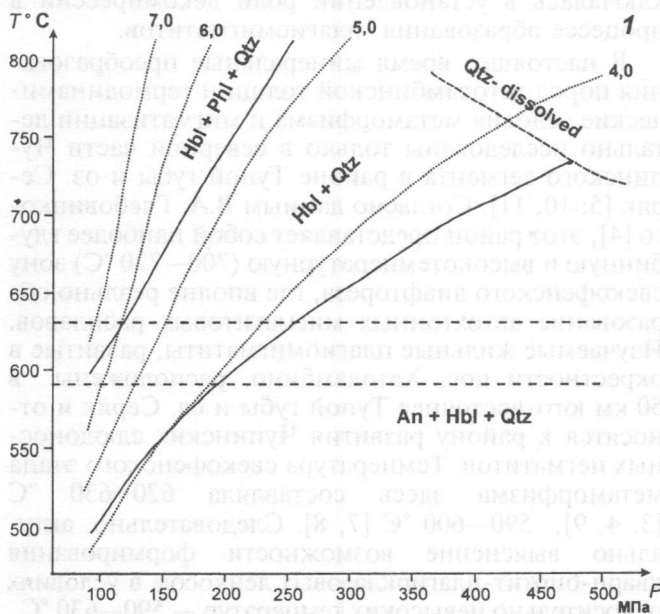
В настоящее время минеральные преобразования пород хетоламбинской толщи и термодинамические условия метаморфизма и мигматизации детально исследованы только в северной части Чупинского сегмента в районе Тупой губы и оз. Серяк [5, 10, 11]. Согласно данным В.А. Глебовицкого [4], этот район представляет собой наиболее глубинную и высокотемпературную (700—720 °С) зону свекофенского диафтореза, где вполне реально образование автохтонных мигматитовых расплавов. Изучаемые жильные плагиомигматиты, развитые в окрестности пос. Хетоламбино, расположены в 50 км юго-восточнее Тупой губы и оз. Серяк и относятся к району развития Чупинских слюдоносных пегматитов. Температура свекофенского этапа метаморфизма здесь составляла 620—630 °С [3, 4, 9], 590—600 °С [7, 8]. Следовательно, актуально выяснение возможности формирования кварц-биотит-плагиоклазовых лейкосом в условиях относительно невысоких температур — 590—630 °С.

Реакционные геологические взаимоотношения жильных плаггиомигматитов с вмещающей апоамфиболитовой толщей и многочисленные коррозионные микроструктуры [6] свидетельствуют о неравновесности новообразованных кварц-биотит-плаггиоклазовых лейкосом и амфиболитового протолита. Петрографо-минералогические и геолого-структурные особенности крупных плаггиомигматитовых тел указывают на то, что их генезис связан с перекристаллизацией амфиболитов и меланократовых амфиболитов под действием потока флюидов в условиях интенсивных тектонических деформаций.

В лейкосоме мигматитов в равновесии сосуществуют четыре минерала: плаггиоклаз, биотит, кварц и сфен. При таком минеральном составе применение традиционных методов минералогической термо- и барометрии невозможно. Поэтому P-T параметры минералообразования и состав флюида оценены на основе термодинамического моделирования. Задача моделирования — реставрация P-T-X параметров реагирующего раствора, при которых возможно метасоматическое замещение роговой обманки биотит-кварц-плаггиоклазовым плаггиомигматитовым агрегатом. Физико-химическая модель образования плаггиомигматитов построена на взаимодействии восходящего минерализованного флюида с породами хетоламбинской толщи.

Физико-химическая модель образования жильных плаггиомигматитов

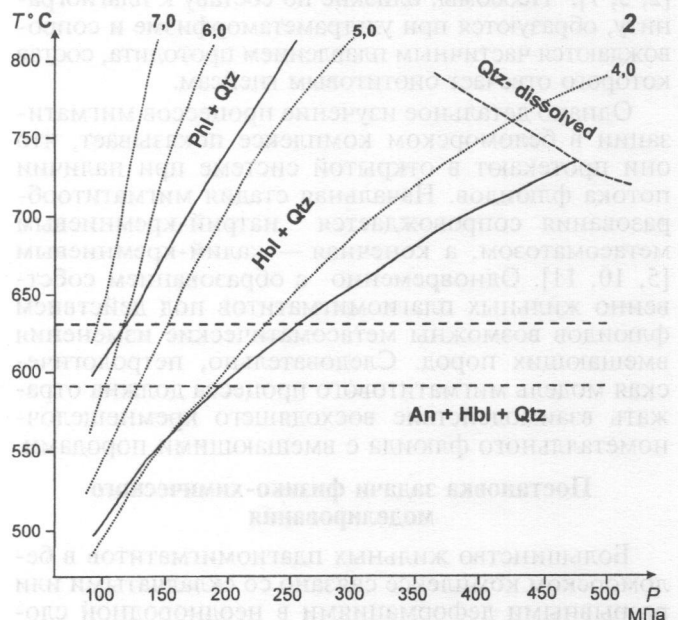
Для исследования смены минеральных ассоциаций использовался метод последовательных проточных реакторов. Расчеты выполнены с помощью программы BALANS [1]. В ней реализован алгоритм минимизации свободной энергии термодинамической системы. Для расчетов использованы термодинамические константы твердых фаз и частиц в водном растворе при стандартных условиях из компьютерной базы данных SUPCRT-92. Вычисление свойств частиц при высоких температуре

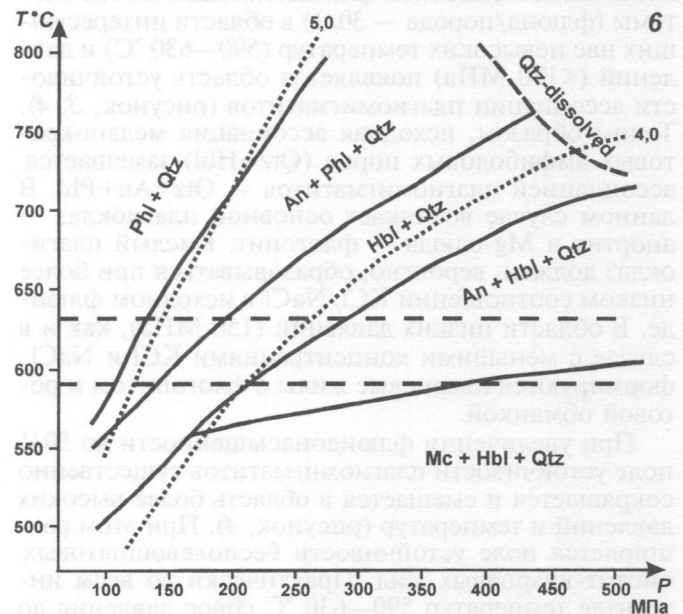
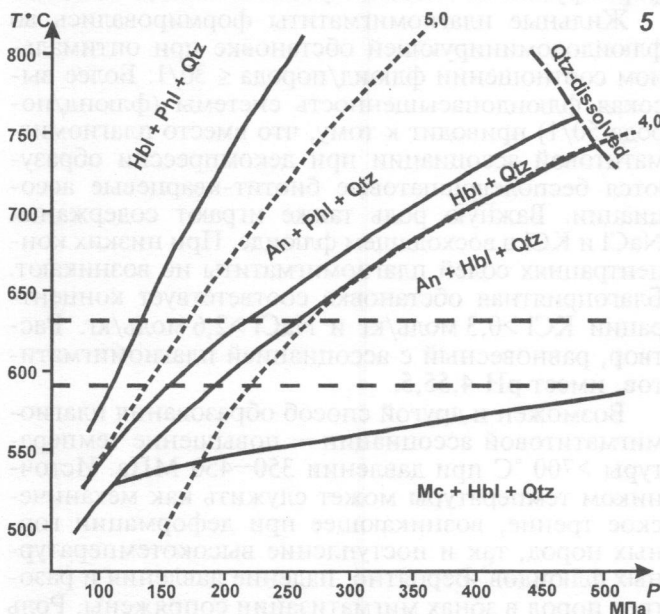
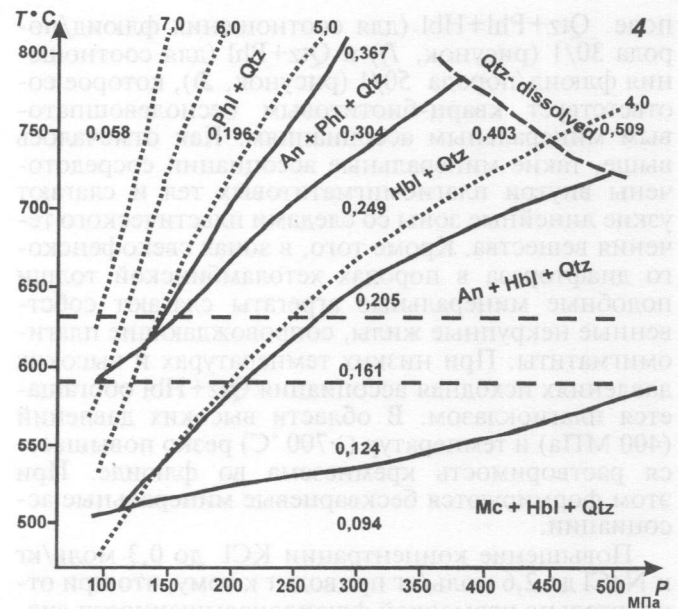
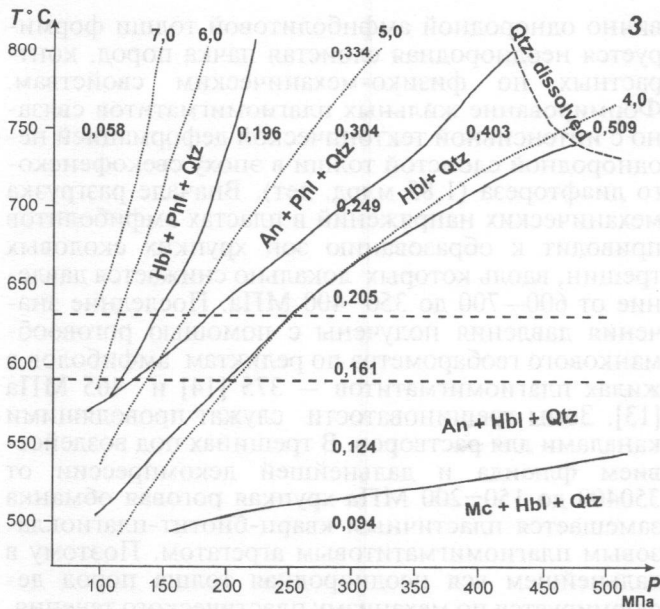


(до 1000 °C) и давления (до 500 МПа) проводилось по методу НКФ. Число независимых компонентов 10, частиц в водном растворе 29, твердых фаз 8. В качестве последних взяты чистые миалы в тех же соотношениях, как и в природных минералах, — флогопит и аннит, железистая и магнизиальная роговая обманка, альбит и анортит.

Модель реализуется в два этапа. Первый (первый реактор) соответствует прохождению исходного флюида по микротрещинам и порам через породы хетоламбинской толщи, поэтому соотношение флюид/порода невысоко — 5. Предполагается, что восходящий флюид взаимодействует с вмещающими породами в более глубинных и высокотемпературных условиях метаморфизма, чем установленные для районов Чупинских и Хетоламбинских пегматитовых месторождений. Для глубинной зоны свекофенского диафтореза, обнаженной к северу от исследуемой площади, установлена температура 700–720 °C и давление 700–750 МПа [4]. Поэтому принято, что температура в первом реакторе 700 °C, а давление 500 МПа (максимально возможное для расчетов по программе BALANS). Количество исходных твердых фаз соответствовало среднему минеральному составу хетоламбинской толщи. Концентрация KCl в исходном растворе изменялась от низкой (0,1 моль/кг) до средней (0,3) и высокой (0,5). Концентрация NaCl превышала концентрацию KCl в 8,5–9 раз и составляла соответственно 0,9, 2,6, 4,2 моль/кг. Раствор содержал 0,5 моль/кг HCl.

Взаимодействие флюида с породами вызывает растворение роговой обманки и образование флогопита, плаггиоклаза и частичное растворение кварца. Образовавшаяся минеральная ассоциация отвечает начальной мигматизации вмещающих пород, что соответствует природным минеральным взаимоотношениям. После реакции с породами флюид обогащается Si, Fe, Mg, Ca. Более высокое соотношение KCl/NaCl в исходном растворе приводит к микроклинизации пород, подобное в природе не наблюдается. При меньших соотношениях флюид/порода магнизиальная роговая обманка не





Минеральные ассоциации, формирующиеся в зонах трещиноватости при воздействии флюида на породы хетоламбинской толщи (по результатам расчетов во втором реакторе); концентрация KCl, NaCl и HCl в исходном флюиде (в моль/кг): 1, 2 — KCl 0,1, NaCl 0,9, HCl 0,5; 3, 4 — KCl 0,3, NaCl 2,6, HCl 0,5; 5, 6 — KCl 0,5, NaCl 4,2, HCl 0,5; соотношения флюид/порода для 1, 3, 5 — 30/1, 2, 4, 6 — 50/1. На графиках 3, 4 отмечена концентрация SiO₂ (моль/кг) во флюиде, равновесном с плагиомигматитами, пунктиром показан рН равновесного раствора; горизонтальный пунктир ограничивает температурный интервал 590–630 °C, в котором рассмотрено образование лейкосом плагиомигматитов

растворяется. В результате расчетов в первом реакторе получен раствор, равновесный с мигматизированными породами хетоламбинской толщи.

При тектонических деформациях в горных породах неизбежно возникают ослабленные участки и зоны трещиноватости, которые характеризуются пониженным давлением на твердую фазу и благоприятны для проникновения флюидов. Эти зоны трещиноватости работают как дренажные каналы для растворов. Второй этап модели (второй реактор) соответствует образованию собственно жильных плагиомигматитов и отражает взаимодействие породы и раствора в условиях трещины. Поэтому соотношение флюид/порода существенно увеличено до 30/1 и 50/1. В качестве исходной горной

породы выбраны меланократовые амфиболовые породы. В этих породах наиболее часто можно наблюдать коррозию роговой обманки биотит-кварц-плагноклазовым агрегатом. Реагирующий раствор поступал из первого реактора. Расчеты проводились при 500–800 °C с шагом 50 °C и давлением 100–500 МПа с шагом 50 МПа. По результатам расчетов построены поля устойчивости минеральных ассоциаций в координатах температура–давление (рисунок, 1–6).

При воздействии на породы растворов с невысокой концентрацией KCl (0,1 моль/кг) и NaCl (0,9 моль/кг) ассоциация плагиомигматитов (Qtz+Pl+Bt) не образуется (рисунок, 1, 2). В области низких давлений (менее 250 МПа) выделяется

поле $Qtz+Phl+Hbl$ (для соотношения флюид/порода 30/1 (рисунок, 1)) и $Qtz+Phl$ (для соотношения флюид/порода 50/1 (рисунок, 2)), которое соответствует кварц-биотитовым бесполовошпатовым минеральным ассоциациям. Как отмечалось выше, такие минеральные ассоциации сосредоточены внутри плагиомигматитовых тел и слагают узкие линейные зоны со следами пластического течения вещества. Кроме того, в зонах свекофенского диафтореза в породах хетоламбинской толщи подобные минеральные агрегаты слагают собственные некрупные жилы, сопровождающие плагиомигматиты. При низких температурах и высоких давлениях исходная ассоциация $Qtz+Hbl$ обогащается плагиоклазом. В области высоких давлений (400 МПа) и температур ($>700^\circ\text{C}$) резко повышается растворимость кремнезема во флюиде. При этом формируются бескварцевые минеральные ассоциации.

Повышение концентрации KCl до 0,3 моль/кг и $NaCl$ до 2,6 моль/кг приводит к тому, что при относительно невысокой флюидонасыщенности системы (флюид/порода — 30/1) в области интересующих нас невысоких температур (590–630 $^\circ\text{C}$) и давлений (<170 МПа) появляется область устойчивости ассоциации плагиомигматитов (рисунок, 3, 4). Таким образом, исходная ассоциация меланократовых амфиболовых пород ($Qtz+Hbl$) замещается ассоциацией плагиомигматитов — $Qtz+An+Phl$. В данном случае возникает основной плагиоклаз — анортит и Mg -слюда — флогопит. Кислый плагиоклаз должен, вероятно, образовываться при более низком соотношении $KCl/NaCl$ в исходном флюиде. В области низких давлений (150 МПа), как и в случае с меньшими концентрациями KCl и $NaCl$, формируются кварцевые жилы с флогопитом и роговой обманкой.

При увеличении флюидонасыщенности до 50/1 поле устойчивости плагиомигматитов существенно сокращается и смещается в область более высоких давлений и температур (рисунок, 4). При этом расширяется поле устойчивости бесполовошпатовых биотит-кварцевых жил. Практически во всем интервале температур 590–630 $^\circ\text{C}$ сброс давления до 140 МПа приводит к замещению роговообманкового протолита безплагиоклазовым биотит-кварцевым агрегатом.

Дальнейшее повышение концентрации KCl во флюиде до 0,5 моль/кг и $NaCl$ до 4,2 моль/кг расширяет поле образования плагиомигматитов в область более высоких давлений — до 220 МПа при отношении флюид/порода 30/1 и до 180 МПа при 50/1 (рисунок 5, б).

Обсуждение результатов

Приведенные расчеты показывают, что образование плагиомигматитов возможно в метасоматической системе в интервале температур 590–630 $^\circ\text{C}$ при воздействии на амфиболиты хетоламбинской толщи высококонцентрированных K - Na хлоридных растворов. Сопряженно с метаморфизмом ребольского цикла (2,8–2,9 млрд. лет) в результате стрессовых напряжений возникают субстратиформные линзовидно-полосчатые биотитсодержащие плагиомигматиты [12]. В результате на месте пер-

вично однородной амфиболитовой толщи формируется неоднородная слоистая пачка пород, контрастных по физико-механическим свойствам. Формирование жильных плагиомигматитов связано с интенсивной тектонической деформацией неоднородной слоистой толщи в эпоху свекофенского диафтореза (1,85 млрд. лет). Вначале разгрузка механических напряжений в пластах амфиболитов приводит к образованию зон хрупких сколовых трещин, вдоль которых локально снижается давление от 600–700 до 350–400 МПа. Последние значения давления получены с помощью роговообманкового геобарометра по реликтам амфиболов в жилах плагиомигматитов — 375 [14] и 465 МПа [13]. Зоны трещиноватости служат проводящими каналами для растворов. В трещинах под воздействием флюида и дальнейшей декомпрессии от 350–400 до 150–200 МПа хрупкая роговая обманка замещается пластичным кварц-биотит-плагиоклазовым плагиомигматитовым агрегатом. Поэтому в дальнейшем вся неоднородная толща пород деформируется по механизму пластического течения.

Жильные плагиомигматиты формировались во флюидодоминирующей обстановке при оптимальном соотношении флюид/порода $\leq 30/1$. Более высокая флюидонасыщенность системы (флюид/порода 50/1) приводит к тому, что вместо плагиомигматитовой ассоциации при декомпрессии образуются бесполовошпатовые биотит-кварцевые ассоциации. Важную роль также играют содержания $NaCl$ и KCl в восходящем флюиде. При низких концентрациях солей плагиомигматиты не возникают. Благоприятная обстановка соответствует концентрации $KCl > 0,3$ моль/кг и $NaCl > 2,6$ моль/кг. Раствор, равновесный с ассоциацией плагиомигматитов, имеет pH 4,55,5.

Возможен и другой способ образования плагиомигматитовой ассоциации — повышение температуры $>700^\circ\text{C}$ при давлении 350–450 МПа. Источником температуры может служить как механическое трение, возникающее при деформации горных пород, так и поступление высокотемпературных флюидов. Вероятно, падение давления и разогрев пород в зонах мигматизации сопряжены. Роль разогрева, по-видимому, не велика, так как при 700–720 $^\circ\text{C}$ образуются лейкосомы, прошедшие стадию частичного плавления [5]. Однако в отдельных участках плагиомигматизации, вероятно, наблюдалось локальное повышение температуры и частичное плавление новообразованного кварц-биотит-плагиоклазового агрегата. Примером таких образований могут служить однородные жильные мигматиты первого морфологического типа и отдельные тела плагиоклазовых пегматитов. Эти геологические тела имеют агрессивно секущие контакты с вмещающими субстратиформными мигматитами и с жильными мигматитами второго морфологического типа.

Полученные результаты свидетельствуют, что в средней части беломорского комплекса, где на поверхность выведены породы верхней, относительно низкотемпературной зоны свекофенского диафтореза, плагиомигматитовые лейкосомы формируются метасоматически. В северной части беломорского комплекса, в районе Тупой губы, вероятность обнаружения метасоматических лейкосом

свекофенского этапа крайне мала вследствие того, что на поверхность выведены породы более глубинной и высокотемпературной зоны. Для нее характерны анатектические лейкосомы [4, 5]. Изучаемый Хетоламбинский район — пограничный; в его пределах проявлены как метасоматические лейкосомы (жилы второго морфологического типа), так и лейкосомы, вероятно, прошедшие стадию частичного плавления (жилы первого морфологического типа).

Растворимость кремнезема в минералообразующем флюиде существенно зависит от температуры и давления. При падении давления от 500 до 100 МПа содержание SiO_2 в растворе уменьшается практически на порядок — от 0,509 моль/кг до 0,058 моль/кг (рисунок, 3, 4). Поэтому область низких давлений (< 250 МПа) на всех графиках занята парагенезисом кварцевых бесполовошпатовых жил с флогопитом и роговой обманкой. Как показывают геологические наблюдения, такая минеральная ассоциация часто сопутствует жильным плагиомигматитам. При увеличении флюидонасыщенности системы (соотношение флюид/порода 50/1, рисунок, 2, 4, б) поле кварцевых жил расширяется за счет сокращения области устойчивости плагиомигматитов. Следовательно, образование бесплагиоклазовой, существенно кварцевой ассоциации можно связать с дальнейшим раскрытием трещин и падением давления. Как только в массиве горных пород образуется трещина (в результате сброса давления) или ослабленная зона, она сразу же начинает залечиваться кварцем в результате снижения растворимости SiO_2 .

Механизм увеличения растворимости кремнезема при повышении давления и температуры также наблюдается. В области высоких температур (750 °С и более) при давлении > 400 МПа в результате высокой растворимости SiO_2 во флюиде полностью растворяется и выносится из пород кварц. В таких условиях возможно возникновение бескварцевых, существенно плагиоклазовых жил.

Изменением растворимости кремнезема в минералообразующем флюиде в зависимости от давления можно объяснить природу текстурно-вещественных неоднородностей в жильных плагиомигматитах [6]. При интенсивной деформации горных пород в зонах трещиноватости возможно образование жестких микроблоков или участков пород, в

которых локально концентрируются механические напряжения. В результате высокой растворимости кремнезема в таких участках могут формироваться бескварцевые, существенно полевошпатовые ядра. Жесткие блоки чередуются с микротрещинами, по которым блоки перемещаются. Разгрузка механических напряжений вдоль микротрещин сопровождается снижением растворимости кремнезема и отложением кварца. В результате образуются узкие линейные зоны биотит-кварцевого состава, практически лишенные плагиоклаза [6]. Вероятно, под действием направленного давления вещество плагиомигматитов, сосредоточенное в таких линейных зонах, находилось в состоянии пластического течения. На это указывают текстурно-вещественная неоднородность крупных плагиомигматитовых жил, рассланцеванность биотит-кварцевого агрегата и деформированность кристаллов биотита. Концентрирование пластинчатого биотита в линейных зонах способствует снижению трения между отдельными жесткими фрагментами горных пород и повышению пластичности пород.

Выводы

1. Физико-химические расчеты показывают, что образование жильных плагиомигматитов возможно при воздействии на хетоламбинскую толщу высококонцентрированных щелочно-кремнекислотных растворов. Определяющим условием для формирования жильных плагиомигматитов при невысокой температуре (590–630 °С) является локальное снижение давления вдоль трещин скола от 375–465 до 150–250 МПа, сопровождающееся притоком в трещины флюида. Оптимальное соотношение флюид/порода 30/1.

2. В области более низких давлений (<150 МПа) в результате снижения растворимости кремнезема во флюиде вместо плагиомигматитов образуются кварцевые жилы с магнизиальным биотитом и роговой обманкой. Увеличение флюидонасыщенности системы (флюид/порода 50/1 и более) расширяет поле устойчивости кварцевых жил в область более высоких давлений.

3. Текстурно-вещественные неоднородности в плагиомигматитовых жилах, возможно, — следствие растворения кремнезема в участках локальной концентрации механических напряжений и перетложения кремнезема в областях разгрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акинфиев Н.Н. Алгоритм расчета гетерогенных равновесий для микро-ЭВМ // Геохимия. 1986. № 6. С. 882–890.
2. Бибикова Е.В., Клаесон С., Глебовицкий В.А., Седова И.С., Ручьев А.М. Изотопное датирование свекофенского этапа преобразования Беломорского пояса Балтийского щита // Геохимия. 2001. № 10. С. 1116–1119.
3. Геология и пегматитоносность беломорид / М.Е. Салье и др. Л.: Наука, 1973. 127 с.
4. Глебовицкий В.А., Миллер Ю.В., Другова Г.М., Милькевич Р.И., Вревский А.Б. Структура и метаморфизм Беломорско-лапландской коллизионной зоны // Геотектоника. 1996. № 1. С. 63–75.
5. Глебовицкий В.А., Седова И.С. Анатексис и формирование коровых магматических очагов: петрологические и геохимические доказательства (Беломорская и Свекофенская провинции, Балтийский щит) // Зап. ВМО. 1998. Ч. СХХVII. № 4. С. 526.
6. Козловский В.М. Природа свекофенских плагиомигматитов беломорского комплекса Северной Карелии. Ст. 1. Геолого-структурное положение и особенности вещественного состава плагиомигматитов беломорского комплекса // Изв. вузов. Геология и разведка. 2004. № 4. С. 24–29.
7. Мигматизация и гранитообразование в различных термодинамических условиях / Под ред. В.А. Глебовицкого. Л.: Наука, 1985. 310 с.
8. Ручьев А.М. Благородные металлы в гнейсах чупинской свиты (беломорский комплекс, Северная Карелия) // Геология и полезн. ископаемые Карелии. В. 5. Петрозаводск, 2002. С. 47–58.
9. Салье М.Е., Глебовицкий В.А. Металлогенетическая специализация пегматитов. Л.: Наука, 1976. 188 с.
10. Седова И.С., Глебовицкий В.А., Семенов А.П. Эволюция метаморфизма позднерейского периода района Тупой губы оз. Ковдозера, Северо-Западное Беломорье // Петрология. 1996. Т. 4. № 2. С. 150–170.

11. Седова И.С., Семенов А.П., Кравцова Е.И. О природе мигматитов полиметаморфического комплекса Тупой губы оз. Ковдозера, Северо-Западное Беломорье // Петрология. 1998. Т. 6. № 2. С. 197—224.
12. Щербакова Т.Ф. Амфиболиты беломорского комплекса и их гранитизация. М.: Наука, 1988. 150 с.

13. Hammarstrom J.M., Zen Ean. Aluminum in hornblende: An empirical igneous geobarometer // American Mineralogist. 1986. V.71. P. 1297—1313.
14. Johnson M.C., Rutherford M.J. Empirical calibration of aluminium-in-hornblende geobarometer applicable to calcalkaline rocks // Geology. 1989. V. 17. P. 837—841.

Московский государственный геологоразведочный университет
Рецензент — Л.Н. Липчанская

УДК 550.4:551.2:552.321(571.56)

И.В. СЕРОВ, В.К. ГАРАНИН, Г.П. КУДРЯВЦЕВА, С.И. КОСТРОВИЦКИЙ

НОВЫЕ ДАННЫЕ О МАНТИЙНЫХ ИСТОЧНИКАХ КИМБЕРЛИТОВОГО ВУЛКАНИЗМА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Для кимберлитов Якутской алмазоносной провинции (ЯАП) выделены два основных петрохимических тренда: железо-титанистый (Fe-Ti); магнезиально-глиноземистый (Mg-Al). Высокоглиноземистые породы повышенной щелочности участка Сербиян отнесены к лампрофiram. Большинство изученных кимберлитов ЯАП по соотношению главных петрогенных элементов (MgO/CaO, TiO₂/K₂O, MgO/FeO, сумме щелочей), а также соотношению элементов-примесей (Zr/Nb < 2, Nb/La 1,3—2,3 и Ce/Sr 0,04—0,3) являются типичными представителями базальтоидной разновидности. Отмечен высокий уровень накопления элементов-примесей в кимберлитах слабоалмазоносного Куонамского района. Предполагается, что породы источника кимберлитов ураганоалмазоносной трубки Нюрбинская обеднены гранатом и представлены истощенными и изолированными от конвектирующей астеносферной мантии гарцбургитами. Выявлены сходные набор минералов тяжелой фракции, уровень накопления элементов-примесей и их соотношения в кимберлитах трубок Нюрбинская (Якутия) и трубок алмазоносного Золотицкого поля Архангельской алмазоносной провинции (ААП). Эти данные указывают на близость минералогических и геохимических характеристик мантийных источников кимберлитовых расплавов, сформировавших данные алмазоносные кимберлитовые тела.

Одна из главных задач петрогенеза кимберлитов — установление соотношения кимберлитов и пород верхней мантии и разработка критериев алмазоносности кимберлитов. По петрохимическим особенностям, распределению элементов-примесей, изотопным характеристикам кимберлитов и родственных им пород можно оценить состав мантийных источников и степень их метасоматической проработки, а также прогнозировать алмазоносность пород на основе косвенных критериев. Данное направление исследований актуально, так как позволяет выявить вклад того или иного типа мантийного источника в формирование мантийных расплавов, природу взаимоотношений кимберлитов и родственных им пород.

Сравнительная характеристика кимберлитов ЯАП позволила установить отличия в геохимическом плане кимберлитов ураганоалмазоносной трубки Нюрбинская Средне-Мархинского района ЯАП от большинства кимберлитов Якутии; выделить два минералогических типа алмазоносных месторождений Якутии.

Объект и методы исследования

Изученный каменный материал (кимберлиты и родственные им породы) характеризует 13 главных полей ЯАП из трех минерагенических зон: Вилуй-

ско-Мархинской, Далдыно-Оленекской и Анабарской, отличающихся по набору и соотношению ксенолитов пород верхней мантии, минералов-спутников алмаза, степени алмазоносности и минеральному составу связующей массы пород. Исследованы породы 31 тела из следующих полей: Мало-Ботуобинское (2), Накынское (2), Алакит-Мархинское (3), Далдынское (6), Верхне-Мунское (3), Куойкское (3), Лучаканское (4), Мало-Куонамское (1), Дюкенское (1), Средне-Куонамское (2), Верхне-Куонамское (1), Нижне-Куонамское (2), Харамайское (1). Для сравнения изучены кимберлиты глубоких горизонтов алмазоносной трубки им. В. Гриба (Верхотинское поле) и трубки Пионерская (месторождение им. М.В. Ломоносова) из ААП, представляющих ее два минеральных типа алмазных месторождений, впервые выделенные на территории ААП [3]. Привлечены также аналитические данные из литературных источников [1, 2, 4, 10].

Изучение минерального состава кимберлитовых пород проведено на микроскопах «OPTON UMSP50» (Германия) и «NIKON» (Япония).

Для оригинальных и позаимствованных из литературы петрохимических анализов рассчитаны индексы контаминации коровым материалом