

МНОГОФАЗНЫЕ ДАЙКИ — ПРИМЕР РАССЕЯННОГО СПРЕДИНГА НА СЕВЕРЕ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

В.В. Рябов, Д.Е. Гриб

Институт геологии СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Коптюга, 3, Россия

Приводится петрологическая характеристика многофазных симметричных даек, секущих туфолововую толщу триаса, в районе Каменской провинции щелочно-основных пород севера Сибирской платформы. Рассмотрены особенности внутреннего строения стекловатых и кристаллических даек, их петрография, петрохимия и минералогия. Симметричное относительно оси тела строение создают сходные по составу левые и правые полудайки. Количество фаз внедрения расплава достигает пяти. Стекловатые дайки сложены оливин-клинопироксеновыми, в центре иногда пикритовыми порфиритами. Каждая полудайка состоит из закалочной эндоконтактной зоны с глобулами кремнекислого стекла и карбоната и внутренней зоны, обогащенной оцеллами калишпата, калишпата с керсутитом и(или) слюдой. В кристаллических дайках ранние фазы представлены вариолитовыми клинопироксенитами, поздние — пикритовыми порфиритами. Приводится состав пород и минералов в разрезах даек. Предполагается, что исходный для даек расплав имел состав лимбургита. Формирование многофазных даек происходило при импульсивном раскрытии трещин и внедрении в них расплава, испытавшего дифференциацию с отставанием магнезиальной жидкости в процессе его движения в магматическом канале. Переохлаждение лимбургитового расплава в дайках способствовало отделению от него карбонатитовой и щелочно-кремнекислой жидкостей, а также гетероморфной кристаллизации из него вариолитовых клинопироксенитов.

Многофазные дайки, петрография, минералогия, Сибирская платформа.

MULTIPHASE DIKES: SIGNATURE OF DISPERSE SPREADING IN THE NORTHERN SIBERIAN CRATON

V.V. Ryabov and D.E. Grib

We studied multiphase symmetrical dikes that cross-cut Triassic tuff lava in the region of the Kamenka alkali mafic province in the northern Siberian craton, especially the structure of vitreous and crystalline dikes, their petrography, major-element composition, and mineralogy. The dike swarm has a symmetrical structure produced by compositionally similar left-hand and right-hand half-dikes. The dikes show five phases of melt injection. Vitreous dikes are composed of olivine-clinopyroxene or occasionally pycritic (in the center) porphyry. Each half-dike consists of a quench contact with globules of silicic glass and carbonate and an inner zone with feldspar, and feldspar with caersutite and/or mica. Early phases in crystalline dikes are variolite clinopyroxenites, and late phases are pycritic porphyry. The rock chemistry and mineralogy indicate presumably limburgite composition of the parental melt. The multiphase dikes originated by repeated melt injection into pulse-like opening fractures, whereby the melt moving along the magma conduit underwent differentiation with separation of magnesian fluid. Overcooling of the limburgite melt in the dikes provided separation of carbonatite and alkali-silicic fluids and heteromorphic crystallization of variolite clinopyroxenites.

Multiphase dikes, petrography, mineralogy, Siberian craton

ВВЕДЕНИЕ

Вытянутый вдоль северной кромки Сибирской платформы дайковый пояс Каменской провинции образует сотни даек, которые сложены спектром пород нормального, щелочно-основного, щелочно-ультраосновного и щелочного составов [1, 2]. Среди них выделяются стекловатые, в различной степени раскристаллизованные и полнокристаллические. По особенностям внутреннего строения и состава различаются недифференцированные и расслоенные интрузии одно- и многократного внедрения расплава. Многофазные дайки характеризуются разнообразием структур пород и широкими вариациями химического и минералогического составов, которые отмечаются в различных дайках и наблюдаются в пределах одного магматического тела. Среди многофазных даек выделяются симметричные и асимметричные со структурой „дайка в дайке“. Маломощные дайки представляют большой петрологический интерес, поскольку их формирование было скоротечным, и, застывая, они зафиксировали различные стадии эволюции магматической системы, сохранив довольно свежий облик. Материалы по этим дайкам позволяют приблизиться к пониманию механизмов внедрения расплавов, их дифференциации и кристаллизации, а также к воссозданию геодинамической обстановки региона в условиях рассеянного спрединга. На Сибирской платформе близкие по строению и составу дайки, пакеты и рои даек, а также многофазные тела описаны в Маймеча-Котуйской и Каменской провинциях и в Чаро-Синском дайковом поясе Вилюйской палеорифтовой системы [3—10]. Принимая во внимание большое разнообразие даек Каменской про-

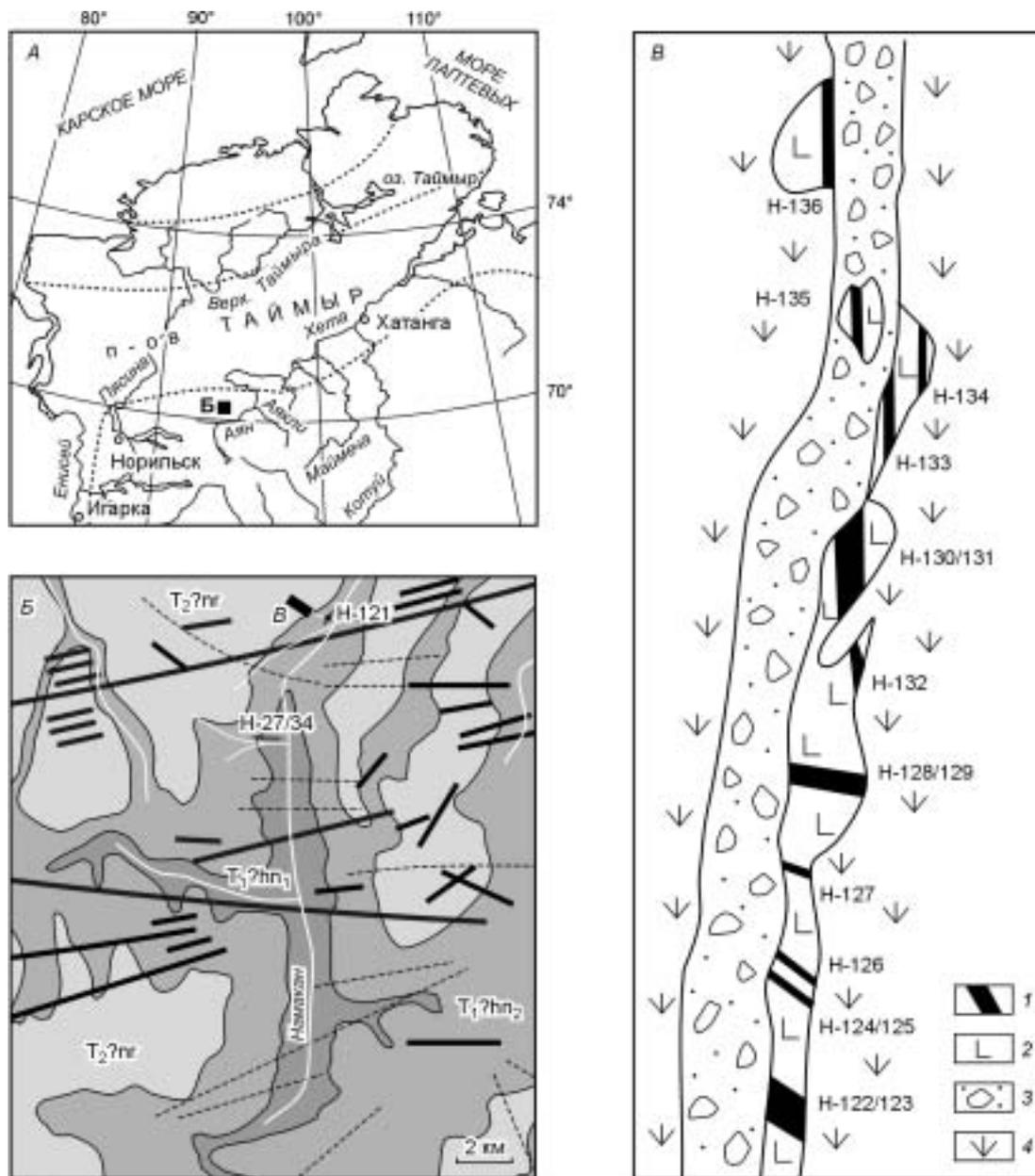


Рис. 1. Местонахождение района исследования и схема размещения даек в притоках р. Намакан.

A — географическая привязка местонахождения района исследования (пунктир — область распространения траппов Центрального Таймыра и Сибирской платформы); *Б* — фрагмент геологической карты района р. Намакан [2]: цифры — номера даек, различными оттенками серого цвета показаны покровы базальтов снизу вверх по разрезу: нижней (T_1hn_1) и верхней (T_1hn_2) подсвит хоннамакитской и неракарской ($T_2?nr$) свит, жирные линии — дайки, штриховые — разломы; *В* — схематизированный план расположения изученных даек по ручью-притоку р. Намакан (цифры — номера даек). 1 — дайка; 2 — базальт, вмещающий дайки; 3 — аллювий; 4 — рыхлые галечно-глинистые отложения.

винции, в предлагаемой статье приводятся материалы для одного из выделяемых нами типов, близких по строению и составу даек, исходный расплав которых имел предположительно, лимбургитовый состав.

Изученные дайки обнажаются в ручьях, левых притоках р. Намакан, впадающих в нее ниже устья р. Уохирь (рис. 1). Одиннадцать даек компактно располагаются на участке длиной около 100 м (см. рис. 1, *Б*, заштрихованный прямоугольник *В*), а одна (Н-27/34) находится в 5 км выше по течению реки. Дайки имеют субвертикальное падение, в первом ручье (см. рис. 1, *В*) они располагаются пакетами субпараллельных пластинообразных тел, в каждом пакете своя ориентировка даек, которые между собой не пересекаются. Протяженность даек несколько метров, мощность тел изменяется от 1,5 до 70 см. Дайки секут пойкилоофитовые базальты хоннамакитской свиты, не оказывая на них контактового воздействия.

Визуально в дайках наблюдается неоднородное строение, которое проявляется в виде различных по зернистости, структуре и составу пород четко вытянутых слоями вдоль контакта тела.

В поперечном сечении даек от контактов к центру отмечается закономерная смена структурно-текстурного рисунка пород и изменение их количественно-минералогического состава. В разрезах магматических тел выделяются системы полудаек, которые располагаются симметрично относительно оси дайки и имеют одинаковые мощности, строение, структуру и состав пород. Каждая полудайка имеет две основные зоны: контактовую (или закалочную) и внутреннюю. Первая обычно стекловатая и содержит небольшое количество мелких глобул светлого стекла и карбоната, а вторая — в различной степени раскристаллизована и обогащена глобулами стекла и карбоната и оцеллиями, которые сложены калишпатом в сростании со слюдой или амфиболом. Мощность закалочных зон в различных полудайках варьирует и обычно имеет обратную зависимость от мощности самой полудайки. В изученных дайках наблюдается от 2 до 5 таких фаз внедрения.

Принимая во внимание небольшую мощность дайковых тел, в обнажениях отбирались штуфы, представляющие полную мощность тела. Дайки изучались и визуальным, и в шлифах под микроскопом. Химический состав пород определялся методом РФА, бороздовые пробы для которого выпиливались из левых и правых полудаек. Маломощные дайки анализировались полностью, а маломощные полудайки объединялись в одну пробу. Фазовый состав пород изучался на микроанализаторе Camebax-Micro в прозрачных шлифах. С помощью микрозонда анализировались все генерации породообразующих минералов и стекла, в фенокристаллах дополнительно определялась зональность (центр—край). Все аналитические исследования проводились в лабораториях ОИГГМ СО РАН (г. Новосибирск).

ПЕТРОГРАФИЯ ДАЙКОВЫХ ПОРОД

Дайка Н-121 представлена вариолитовым афанитом и является однофазной (рис. 2). Она сложена темным стеклом (45—50 %), клинопироксеном (30—35 %), калишпатом (7—10 %), рудной сыпью (7—10 %) и мелкими глобулами светлого стекла и биотит- и (или) флогопит-калишпатовых сростаний (1—3 %). Порода имеет вариолитовую структуру, которую создают одиночные, обогащенные стеклом шары диаметром 0,2—1,2 см, а чаще скопления шаров, слившихся в сплошные массы вдоль контактов дайки и поперечных (рубцовых) трещин контракции. На контакте дайки с вмещающей породой располагается корочка прозрачного стекла мощностью 1—2 мм.

Под микроскопом структура породы витрофиновая. Вкрапленники представлены мелкими (0,3 мм) редкими (0,5 %) идиоморфными кристаллами клинопироксена $Wo_{46-47}En_{44-42}Fs_{10-11}$ ($TiO_2 = 2,24—3,06$; $Al_2O_3 = 1,88—3,05$; $Cr_2O_3 = 0,04$ мас. %). В стекле основной массы находятся микролиты клинопироксена длиной 0,08 мм в виде одиночных индивидов и звездчатых (до 10—15 индивидов) сростаний. Микролиты располагаются в породе хаотично, но вблизи контакта просматриваются серии иглочек, ориентированных перпендикулярно контакту. Состав минерала — $Wo_{46-48}En_{42-37}Fs_{10-15}$ ($TiO_2 = 3,06—5,69$; $Al_2O_3 = 3,0—6,28$; $Cr_2O_3 = 0,02—0,04$ мас. %). Рудная сыпь представлена титаномагнетитом с повышенным содержанием MnO (до 6,16 мас. %) и ильменитом, в котором определено количество MgO = 3,64 — 6,0 мас. %.

Вариоли сложены клинопироксеном, стеклом и палагонитом. В матрице породы между вариолями помимо стекла и клинопироксена отмечается повышенное количество мелких глобул, которые состоят из стекла, палагонита, мутного калишпата и сростаний калишпата с флогопитом ($f = 32$ ат. %; $TiO_2 = 9,12$; $F = 0,70$ мас. %).

Дайка Н-127 сложена клинопироксен-оливиновым порфиритом. Она расщепляется на две жилки мощностью 3 и 5 мм (см. рис. 2). Основное тело дайки имеет двухфазное строение с тупиковым окончанием второй фазы в месте расщепления. Маломощные жилки сформировались в первую фазу внедрения расплава.

I фаза имеет корочки закалывания, которые представлены прозрачным светло-бурым стеклом с тонкой эмульсией черного непрозрачного стекла, мелкими (0,2 мм) вкрапленниками измененного оливина (3—5 %), призмами клинопироксена (3 %) и мелкими глобулами (7—10 %) палагонита, кальцита, калишпата и стекла. На удалении от контакта, во внутренней зоне, стекло опацизируется, в нем наблюдаются фенокристаллы оливина (5—7 %) и клинопироксена (3—7 %), а в основной массе — микролиты клинопироксена, рудная сыпь (7—10 %), глобулы вышеуказанного состава, количество которых здесь возрастает до 10—15 %, и редкие листочки слюды.

Оливин образует различные по размеру (0,2—0,4 мм) крупные одиночные кристаллы и цепочки мелких кристаллов, вытянутые вдоль контакта дайки. Минерал полностью замещен боулингитом, в котором определены F (0,26—0,28 мас. %) и Cl (0,05—0,12 мас. %). В нем встречаются мелкие кристаллики хромшпинелида. Клиннопироксен проявляется в виде фенокристаллов 0,5—3,5 мм в длину и микролитов размером 0,05—0,2 мм. Длинные призмы клинопироксена ориентируются параллельно контактам дайки. Под микроскопом в их кристаллах часто отмечается двойникование и обычной является сильная дисперсия оптических осей. Фенокристаллы имеют состав (центр—край): $Wo_{47-49}En_{45-42}Fs_{8-9}—Wo_{47-48}En_{44-43}Fs_9$,

в них соответственно определено (здесь и далее в мас.%): TiO_2 2,47—3,44 и 3,05—3,31, Al_2O_3 1,63—3,37 и 2,61—3,06, Cr_2O_3 0,04—0,11 и 0,05—0,13. Микролиты отвечают $Wo_{48-47}En_{45-43}Fs_{8-9}$, они имеют TiO_2 2,41—2,66, Al_2O_3 1,62—1,84, Cr_2O_3 0,01—0,06. Состав калишпата — $Ab_{10-7}Or_{90-92}An_{0-1}$. Хромшпинелиды из включений в псевдоморфозах по оливину содержат Cr_2O_3 18,69, TiO_2 13,21, Al_2O_3 5,13, MgO 8,81.

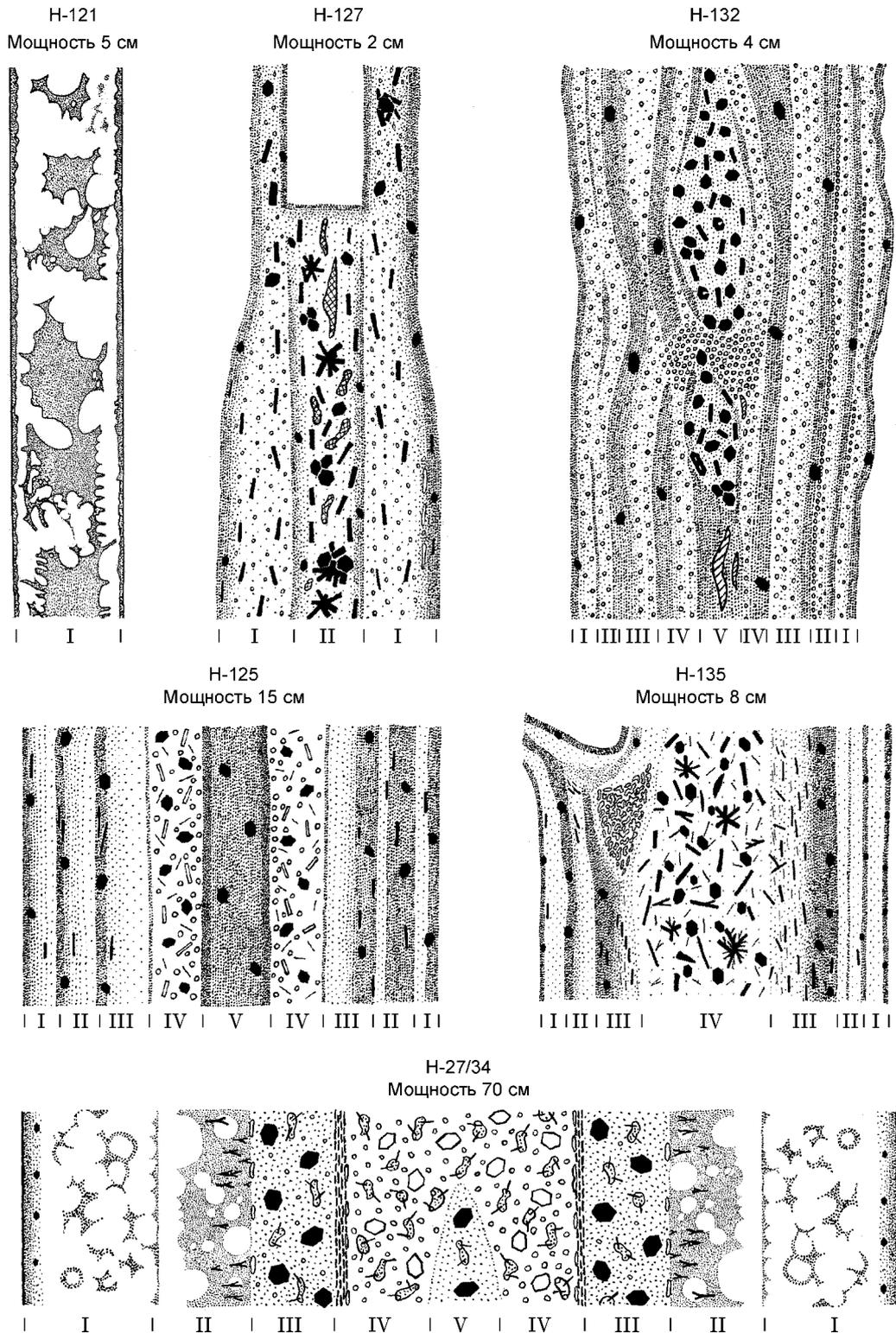


Рис. 2. Внутреннее строение даек.

Стекловатые дайки: Н-121, Н-127; Н-132; Н-135; Н-125. Кристаллическая дайка Н-27/34. Римские цифры — номера полудаяк. Пояснения в тексте.

В фенокристаллах из базиса породы проявляется отчетливая зональность от центра к краю кристаллов по всем минералообразующим оксидам: $\text{Cr}_2\text{O}_3 = 29,73\text{—}23,23$, $\text{TiO}_2 = 8,94\text{—}10,75$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 4,74\text{—}5,57$, $\text{MgO} = 7,91\text{—}8,19$. Микрофенокристаллы из породы имеют содержание Cr_2O_3 от центра к краю кристаллов в них изменяется от 12,63 до 1,62, а TiO_2 от 16,22 до 20,73 мас. %.

II фаза имеет корочку закалочного стекла с вкрапленниками клинопироксена (3—5 %) и измененного оливина (3—5 %). Во внутренней зоне в породе увеличивается количество оливина до 7—12 % и клинопироксена до 10 %. Оливин образует одиночные кристаллы с каймами бурой слюды и скопления мелких кристаллов. Минерал полностью замещен боулингитом, в котором сохраняются реликтовые кристаллики хромшпинелидов. Призматические кристаллы клинопироксена ориентируются по направлению движения расплава параллельно контактам дайки, а также образуют звездчатые сростания и сростания с оливином и титаномагнетитом, представляющие собой мелкоочаговые зародыши полнокристаллической породы. Основная масса представлена опациitized стеклом с участками, сложенными эмульсией черного непрозрачного стекла в матрице прозрачного светло-бурого. В стекле находится мелкая рудная сыпь (7—10 %) с отдельными более крупными кристаллами титаномагнетита, глобулы с различными сочетаниями кальцита, калишпата, стекла и палагонита (12—15 %). Вдоль осевой части дайки наблюдаются линзочки кальцита и кварца. Фенокристаллы и микролиты клинопироксена имеют близкий состав — $\text{Wo}_{47-48}\text{En}_{45-43}\text{Fs}_{8-9}$ ($\text{TiO}_2 = 2,16\text{—}2,91$; $\text{Cr}_2\text{O}_3 = 0,03\text{—}0,12$ мас. %). От центра к краю фенокристаллов происходит увеличение содержания Al_2O_3 от 1,59—1,60 до 2,75—3 мас. %. Титаномагнетит из базиса породы содержит (мас. %): TiO_2 20,44, Al_2O_3 2,28, Cr_2O_3 1,74, MgO 0,21, NiO 0,16, V_2O_5 0,33. Вдоль контакта I и II фаз располагается мелкая сыпь сульфидов.

Дайка Н-132 состоит из пяти фаз внедрения расплава: I—IV сложены клинопироксен-оливиновыми порфиритами, а V — пикритовым порфиритом (см. рис. 2). Полунайки I—IV фаз имеют двухчленное строение: закалочная контактовая зона и внутренняя эндоконтактовая. Структура пород этих полудак витрофировая, глобулярная и оцеллярная. Порфиновые выделения представлены мелкими (0,1—0,5 мм) идиоморфными кристаллами оливина (3—5 %), замещенными боулингитом, и одиночными длиннопризматическими кристаллами клинопироксена. Во внутренних зонах помимо одиночных фенокристаллов иногда наблюдаются их сростки. Основная масса породы сложена опациitized стеклом, которое по мере удаления от контакта переходит в криптокристаллический агрегат, в котором располагаются редкие листочки бурой слюды, рудная сыпь, глобулы и оцеллы. Основное отличие контактовой зоны от внутренней заключается в повышенном количестве в первой глобул с кальцитом и стеклом, а во второй оцелл с калишпатом, биотитом и кальцитом.

Фенокристаллы клинопироксена имеют состав $\text{Wo}_{47}\text{En}_{41}\text{Fs}_{12}$, в них определено TiO_2 4,11, Al_2O_3 3,5, Cr_2O_3 0,13. Хромшпинелиды из включений в оливине содержат Cr_2O_3 9,36—12,65, TiO_2 16,26—18,27, Al_2O_3 2,59—3,7, MnO 0,20—0,25, MgO 7,87—9,09. В микропорфировых выделениях шпинелида из базиса породы установлено Cr_2O_3 2,16—10,67, TiO_2 17,11—20,43, MnO 2,12—3,36, MgO 0,05—1,14. Состав К-На-полевых шпатов изменяется от $\text{Ab}_{43}\text{Or}_{56}\text{An}_1$ до $\text{Ab}_{94}\text{Or}_5\text{An}_1$ с тенденцией увеличения Ab-компонента и уменьшения Or-компонента в направлении от I к IV фазе. Закалочные стекла I фазы содержат SiO_2 36,77—41,68, TiO_2 8,7—9,36, Al_2O_3 8,87—10,42, $\text{FeO}_{\text{общ}}$ 13,55—16,8, MgO 6,18—9,01, CaO 6,79—7,35, Na_2O 0,95—1,31, K_2O 5,3—5,52, а глобулярные имеют SiO_2 70,05—70,63 и Al_2O_3 20,89—21,36 при дефиците CaO 0,22—0,29, Na_2O 6,62—6,94 и K_2O 0,41—1,00 для нормативной стехиометрии полевых шпатов.

V фаза представлена пикритовым порфиритом. Ее закалочная фация сходна с вышеописанными, а во внутренней зоне отмечается резкое увеличение количества фенокристаллов оливина (до 30—40 %) и клинопироксена (до 10—15 %). Оливин образует субидиоморфные и скелетные кристаллы размером 0,1—5 мм, которые нацело замещены бурым боулингитом с сохранением реликтов хромшпинелида. Клинопироксен наблюдается в виде длиннопризматических кристаллов, часто сдвойникованных и с дисперсией оптических осей, и микролитов. Обогащенные оливином участки породы образуют линзовидные обособления, вытянутые вдоль осевой части дайки. В случае отсутствия этих линз порода имеет стекловатый характер и участками изобилует биотит-полевошпатовыми оцеллами. В центральной части дайки изредка отмечаются вытянутые вдоль ее оси прерывистые линзы кварца и(или) кальцита длиной до 1,5—2 см. Состав клинопироксена $\text{Wo}_{49}\text{En}_3\text{Fs}_{20}$, в нем определено TiO_2 9,93, Al_2O_3 6,6, Cr_2O_3 0,04. Хромшпинелид из включения в оливине содержит Cr_2O_3 9,46, TiO_2 17,87, Al_2O_3 3,22, MnO 0,24, MgO 7,47.

Глобулярная структура в породах дайки проявляется во всех фазах. В закалочных фациях размер глобул составляет 0,04—0,2 мм, количество — 3—7 %. Во внутренних зонах полудак размер глобул сохраняется, а количество возрастает до 10—15 %. Глобулы сложены стеклом, кальцитом, реже К-На-полевым шпатом. В III, IV фазах и локально в V фазе проявляется оцеллярная структура, где оцеллы шарообразной, фасолеподобной и амебовидной формы размером 0,1—0,4 мм в количестве 15—30 %. Они сложены калишпатом с вростками тонких листочков бурой слюды. В центральных частях наиболее

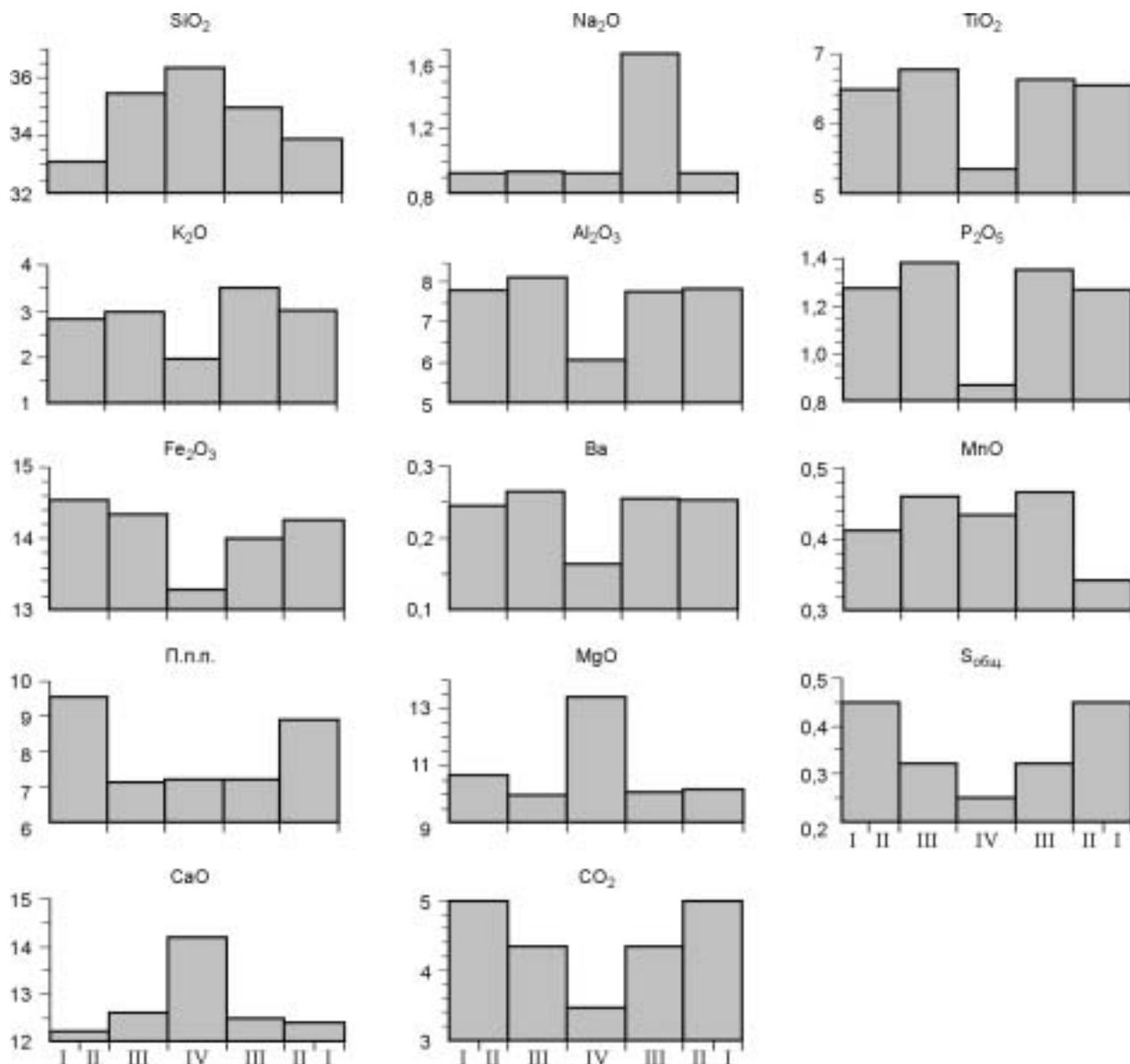


Рис. 3. Изменение содержания оксидов (мас.%) в породах по разрезу стекловатой дайки Н-135.

крупных оцеллей часто наблюдаются шарики кальцита, а в мелких иногда можно видеть разделение на силикатную и карбонатную составляющие с мениском. В кальците определено SrO 0,05—0,61, максимальные его концентрации (0,51—0,61) приурочены к III фазе, минимальные (0,05—0,16) — к I и IV.

Дайка Н-135 сложена оливин-клинопироксеновыми порфиритами. Она состоит из четырех фаз. На зарисовке этой дайки (см. рис. 2) слева вверху можно видеть отделение от основного тела маломощной двухфазной жилки, в основании которой показан участок, обогащенный биотит-калишпатовыми оцеллями. Закалочные зоны полуджек стекловатые и содержат небольшое количество фенокристаллов и глобул, а внутренние — стекловатые и крипнокристаллические с повышенным количеством кристаллов, глобул и оцеллей. Представление о составе пород в разрезе дайки дают диаграмма (рис. 3) и таблица.

Породы всех фаз имеют сериально-порфировую структуру. Фенокристаллы представлены оливином и клинопироксеном. Размер кристаллов оливина по мере перехода от ранних фаз внедрения расплава к поздним имеет тенденцию к увеличению: в I—II фазах он составляет 0,05—0,4 мм, единичные до 1 мм; в III — 0,2—1 мм; в IV — 0,3—1,5 мм. Мелкие кристаллы часто слипаются в гломеропорфировые выделения. Количество оливина в I—III фазах 0,5—3 %, в IV — 10—15 %, участками до 25—30 %. Оливин во всех фазах замещен иддингсит-боулингитом, реже серпентином и карбонатом. В псевдоморфозах по оливину встречаются реликтовые кристаллики хромшпинелида.

Химический состав пород (мас.%) многофазных дайк района р. Намакан

Номер дайки	Положение в разрезе	Номер		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ba	П.п.п.	Сумма	S _{общ}	CO ₂
		фазы	пробы															
Н-135	Левая полудайка То же Центр Правая полудайка То же	I—II III IV III I—II	Н-135/5 Н-135/4 Н-135/1 Н-135/2 Н-135/3	33,07	6,48	7,80	14,53	0,41	10,64	12,22	0,93	2,82	1,27	0,25	9,53	99,95	—	—
				35,47	6,76	8,13	14,34	0,46	9,94	12,60	0,94	3,00	1,38	0,26	7,13	100,41	—	—
				36,35	5,34	6,06	13,28	0,44	13,37	14,21	0,93	1,98	0,87	0,16	7,20	100,19	0,25	3,47
				34,97	6,64	7,78	14,00	0,47	10,07	12,50	1,67	3,51	1,35	0,26	7,20	100,41	0,32	4,34
				33,91	6,54	7,83	14,26	0,34	10,18	12,39	0,93	3,02	1,27	0,25	8,90	99,82	0,45	4,99
Н-27/34	Левая полудайка То же » Центр (типич. разрез) Центр (лок. уч.) То же » Левая полудайка То же »	I II III IV V IV V IV III II I	Н-31/4 Н-31/2 Н-31/3 Н-30/1 Н-30/2 Н-29/А3 Н-29/1 Н-29/В3 Н-33/В Н-33/Б Н-33/А	48,58	4,37	8,88	14,64	0,38	11,65	14,22	1,68	1,45	0,65	0,15	4,08	100,73	0,20	1,24
				37,58	4,30	7,30	13,02	0,33	13,11	15,99	1,66	1,17	0,54	0,09	5,46	100,54	0,17	2,47
				37,41	3,80	8,03	14,96	0,49	13,18	13,90	0,93	1,83	0,58	0,14	5,42	100,66	—	—
				36,59	2,65	5,10	13,37	0,21	21,28	11,21	1,27	0,90	0,29	0,05	7,15	100,07	0,12	4,23
				37,98	2,78	5,34	13,79	0,20	23,19	9,14	0,87	0,83	0,32	0,06	5,47	99,96	0,10	0,41
				34,59	3,21	6,07	12,69	0,33	14,31	16,85	0,91	1,18	0,44	0,07	9,96	100,61	—	—
				36,18	2,78	5,32	12,55	0,28	16,88	14,45	0,62	1,07	0,34	0,06	9,29	99,82	0,09	6,80
				34,33	3,15	6,40	12,43	0,33	14,46	16,66	0,91	1,34	0,43	0,07	10,09	100,60	—	—
				37,62	3,90	7,40	14,54	0,40	13,30	14,78	0,88	1,66	0,53	0,14	5,59	100,74	—	—
				39,13	4,01	6,86	13,14	0,30	13,88	16,53	0,61	0,83	0,41	0,08	4,30	100,08	0,20	1,85
				38,16	4,27	8,40	15,71	0,34	11,67	14,50	0,89	1,02	0,60	0,16	4,31	100,02	—	—

Примечание. Прочерк — не определено; (лок. уч.) — локальный участок. Пояснения в тексте.

Вкрапленники клинопироксена наблюдаются в закалочных и внутренних зонах всех фаз. Одиночные крупные индивиды (2—8 мм по удлинению) можно встретить в любой зоне I—III фаз. Они четко ориентированы согласно контакту, подчеркивая направление движения гетерогенного расплава. Во внутренней зоне III фазы и в контактовой зоне IV происходит резкое увеличение количества клинопироксена до 12—17 %, причем здесь сохраняется широкий диапазон колебания размеров кристаллов и проявляется трахитоидность. Во внутренней зоне IV фазы количество клинопироксена 30—35 %. Здесь наряду с микролитами находится большое количество крупных (1—10 мм по удлинению) кристаллов, доля которых составляет 15—20 %. Клинопироксен образует одиночные однородные и сдвойникованные кристаллы, а также сростки кристаллов (гранями призмы) и звездчатые образования. Под микроскопом для минерала отмечается дисперсия оптических осей. В базисе III фазы среди стекла с микролитами клинопироксена встречаются шаро- и эллипсоидные образования, сложенные одиночным полисинтетически сдвойникованным фенокристаллом клинопироксена, либо пакетом сросшихся гранями длиннопризматических кристаллов. Вокруг этих образований тангенциально к сферическим поверхностям располагается войлок микролитов клинопироксена. Подобные образования довольно широко распространены в неописанных здесь дайках Н-126 и Н-133.

Основная масса пород дайки сложена прозрачным и опацифицированным стеклом либо криптокристаллическим агрегатом с рудной сыпью. Участками в базисе породы появляются пятна землистого калишпата с микролитами клинопироксена и тонкими листочками бурой слюды длиной 0,05—0,1 мм. В закалочных зонах I—III фаз количество микролитов клинопироксена составляет 3—5 %, а во внутренних — 10—15 %.

Постоянной составной частью пород различных зон и фаз являются глобулы и оцелли. В закалочных фациях полудак, как правило, присутствуют только мелкие (0,1—0,2 мм и менее) глобулы. Они сложены прозрачным или слабоанизотропным стеклом со сферолитовым эффектом угасания при

скрещенных николях, кальцитом и калишпатом. В кальците нередко наблюдаются игольчатые прорастания апатита. Количество глобул в зонах закала составляет — 5—7 %, во внутренних зонах — 15—25 %. Оцеллярная структура характерна для пород внутренних зон во всех фазах, но в I и II оцелли проявляются участками и спорадически, а в III и IV — количество их возрастает настолько, что они практически представляют матрицу фенокристаллов.

Фенокристаллы клинопироксена имеют состав (центр—край): $Wo_{46-49}En_{41-43}Fs_{8-10}$ — $Wo_{48-49}En_{41-43}Fs_{9-13}$, в них соответственно определено TiO_2 2,14—3,59 и 3,39—4,21, Al_2O_3 1,61—4,9 и 2,81—3,9, Cr_2O_3 0,013—0,123 и 0—0,125. Состав микролитов: $Wo_{47-48}En_{40-44}Fs_{8-13}$; TiO_2 2,49—4,73, Al_2O_3 1,76—3,79, Cr_2O_3 0—0,106. Минералы группы слюд находятся в базисе породы и в оцеллях во всех фазах. По составу они отвечают биотитам и флогопитам переменной общей железистости 26—44 ат.%. Особенностью состава слюд является повышенная титанистость (TiO_2 8,24—11,0 мас.%). В них определено F (0,79—1,08) и Cl (0,001—0,127). Калишпат наблюдается в раскристаллизованных оцеллях и в виде угловатых зерен в базисе породы. В первом случае он имеет состав $Ab_2Or_{98-97}An_{0-1}$, а во втором — $Ab_{2-11}Or_{89-81}An_{0-13}$. Хромшпинелиды обычно встречаются как реликтовые включения в измененных оливинах и изредка в виде мелких кристаллов в стекле I фазы. Состав минерала широко варьирует по содержанию минералообразующих оксидов. В центральных частях кристаллов из включений в оливине содержится Cr_2O_3 18,47—36,74, TiO_2 7,20—12,10, Al_2O_3 4,08—6,65, MnO 0,26—0,36, MgO 6,80—9,39, а в их краевых частях — Cr_2O_3 8,20—11,23, TiO_2 14,86—16,87, Al_2O_3 3,02—3,15, MnO 2,51—2,54, MgO 0,09—1,41. Титаномагнетиты образуют мелкие включения в клинопироксене, микрофенокристаллы и обильную сыпь в базисе породы. Включения в клинопироксене содержат TiO_2 19,26—19,66, Cr_2O_3 2,70—2,78, MnO 3,61—3,81, MgO 0,06—1,67. Микропорфиновые выделения имеют зональное строение: в центре — TiO_2 19,30—19,86, Cr_2O_3 3,01—4,24, MnO 1,99—4,17, MgO 0,06—1,67; в краевых частях — TiO_2 18,68—21,24, Cr_2O_3 0,50—2,81, MnO 1,32—5,37, MgO 0,06—0,60. Мелкая сыпь из основной массы породы содержит TiO_2 16,71—23,29, Cr_2O_3 0,01—0,12, MnO 0,36—6,14, MgO 0,03—2,18. Содержания других оксидов в титаномагнетитах составляют Al_2O_3 1,23—3,02, V_2O_5 0,18—0,31, NiO 0,02—0,19. Ильменит в виде мелких призмочек наблюдается в породах всех фаз. Особенностью состава минерала являются переменные содержания MnO (1,10—6,34 мас.%) и MgO (0,14—3,15 мас.%). Повышенные концентрации MnO приурочены к ильмениту из закалочных фаций различных фаз, а MgO — к внутренним зонам III и IV фаз.

Дайка Н-125 сложена оливин-клинопироксеновым порфиритом и состоит из пяти фаз внедрения расплава (см. рис. 2).

Породы I—III и V фаз имеют сходный петрографический состав, а IV фаза характеризуется повышенным количеством оцеллей и глобул. На границе с вмещающей дайку породой в I фазе находится корочка прозрачного светло-бурого закалочного стекла мощностью 2 мм. В других фазах стекла контактовых фаций в значительной мере опацифицированы. Все фазы даек имеют состав оливин-клинопироксенового порфирита с небольшими вариациями структуры и соотношения стекло—кристаллическая фаза. Структура пород сериально-порфировая, витрофировая с элементами линейно-плоскостной ориентировки призматических кристаллов клинопироксена по направлению движения расплава. Структура основной массы гиалиновая, криптокристаллическая, глобулярная, во внутренних зонах появляются интерсертальная, флюидальная и оцеллярная. Порфиновые выделения представлены клинопироксеном (3—5 %) и оливином (около 3 %). Клинопироксен образует одиночные и сросшиеся гранями длиннопризматические кристаллы с отчетливой дисперсией оптических осей. Размер кристаллов от $0,02 \times 0,5$ до $0,2 \times 1,8$ мм, реже $0,5 \times 7,0$ мм. Оливин проявляется в виде одиночных субидiomорфных кристаллов размером 0,3—0,4, реже до 1—1,6 мм или сростков нескольких мелких индивидов. Минерал замещен светло-зеленым боулингом, а во внутренних зонах полудаек в футлярах от кристаллов оливина находятся калишпат, биотит и карбонат. Основная масса сложена опацифицированным стеклом, которое по мере удаления от контакта в каждой фазе сменяется криптокристаллической землисто-серой массой с флюидальной и(или) трахитоидной структурой. В основной массе наблюдаются мелкие (0,1—0,25 мм по удл.) листочки бурой слюды (5—10 %) и рудная сыпь (7—10 %).

В контактовых фациях полудаек отмечаются обильные выделения глобул от 10—15 до 25—30 % размером от 0,1—0,2 до 0,3—0,4 мм, сложенных карбонатом, кремнекислым стеклом или калишпатом. Во внутренних зонах полудаек количество глобул уменьшается, а размер их увеличивается и наряду с этим появляются оцелли, сложенные калишпатом с вростками слюды. В I фазе оцеллярная структура наблюдается лишь во внутренней части полудайки. Во II и III фазах переменное количество оцеллей встречается по всему разрезу полудаек, но во внутренних зонах их всегда больше, чем в контактовых. Наиболее обогащена (до 30 %) оцеллями внутренняя зона IV фазы, где они имеют амебовидную форму и в их центральных частях нередко появляются шарики карбоната. Вместе с оцеллями в этой фазе отмечается повышенное количество мелких глобул, сложенных карбонатом, калишпатом и апатитом с элементами сферолитовой раскристаллизации. Стекловатый характер имеет V фаза, и по петрографическому составу она сходна с контактовыми фациями I и II фаз.

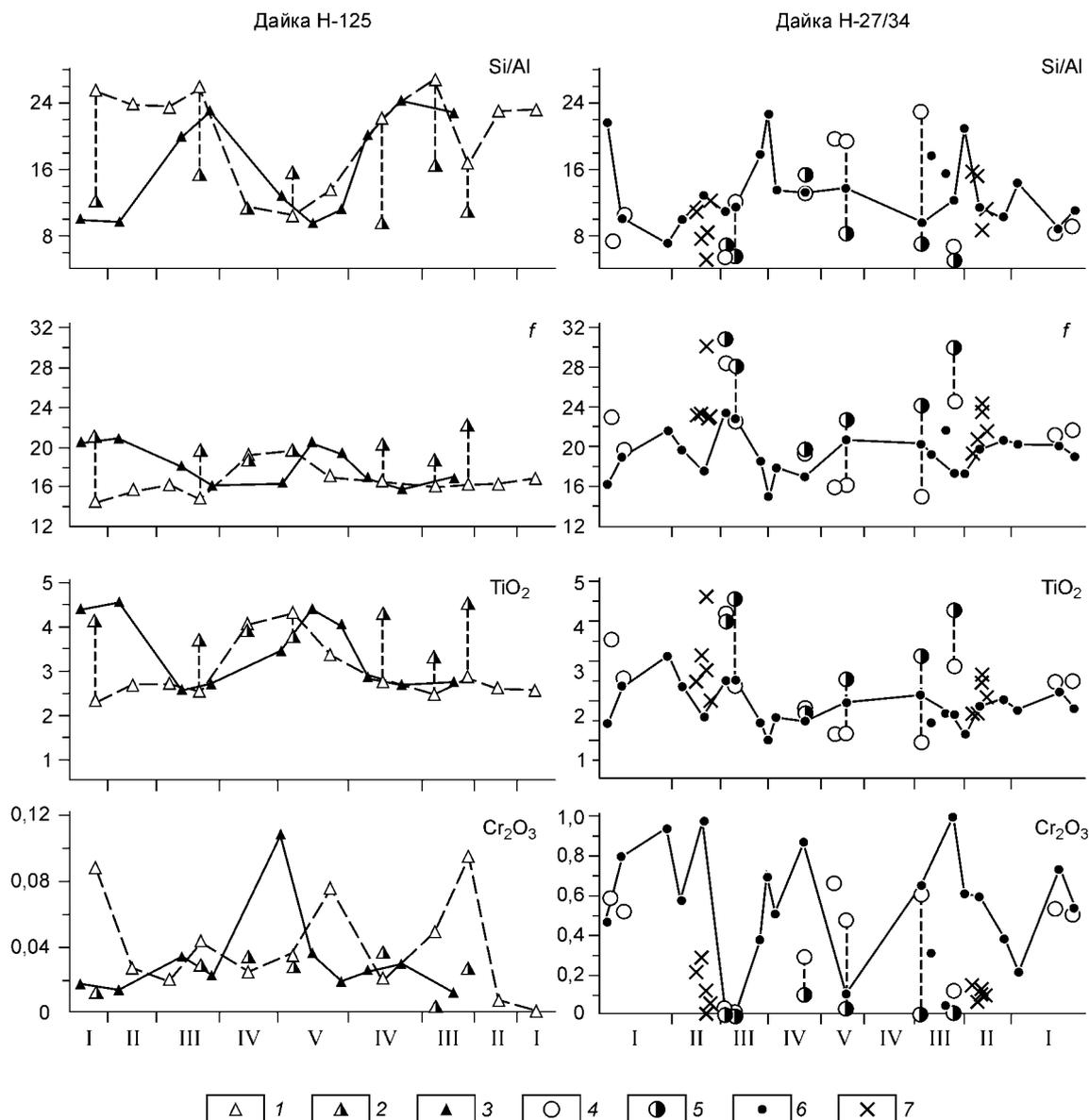


Рис. 4. Изменение состава (мас.%) клинопироксена в разрезах стекловатой (Н-125) и кристаллической (Н-27/34) многофазных даек.

1—3 — центр (1), край (2) фенокристалла, микролит базиса (3) стекловатой дайки Н-125; 4—7 — центр (4), край (5) фенокристалла, микролит базиса (6), дендрит (7) кристаллической дайки Н-27/34. Римские цифры — номера полудаек.

В породах дайки клинопироксен образует две основные формы выделения: длиннопризматические фенокристаллы и микролиты. Первые имеют зональное строение: центр — $Wo_{49-47}En_{41-44}Fs_{8-10}$, край — $Wo_{49-47}En_{41-42}Fs_{10-12}$. В этом направлении происходит изменение содержания TiO_2 от 2,34 до 4,56, Al_2O_3 от 1,69 до 3,57, Cr_2O_3 от 0 до 0,05. Состав микролитов $Wo_{49-47}En_{40-45}Fs_{8-11}$, в них определено TiO_2 2,59—4,55, Al_2O_3 1,87—4,03, Cr_2O_3 0,02—0,11. Вариации состава различных генераций клинопироксена в поперечном сечении дайки приведены на рис. 4. Минералы группы слюд в породах дайки представлены биотитом и флогопитом переменной общей железистости (25—54 ат.%), которая, как правило, выше в минерале из оцеллей, чем из базиса. В их составе содержится TiO_2 6,83—8,51, F 0,86—1,09, Cl 0,13—0,23. Калишпаты из глобул и оцеллей имеют состав $Ab_{1-4}Or_{96-98}An_{0-1}$. Сферолитовые образования из глобул IV фазы в центре отвечают $Ab_{99}An_1$, в краевой части — $Ab_{85}Or_4An_{11}$. В III и IV фазах в составе глобул отмечаются кремнекислые стекла, которые содержат SiO_2 71,86—74,16, Al_2O_3 12,72—13,16, CaO 3,62—3,63, $Na_2O + K_2O$ 0,79—0,82. В ассоциации с калишпатом и стеклом в глобулах и оцеллях часто наблюдается карбонатная фаза, в которой установлено SrO: в I фазе 0,38—0,47, во II — 7,4, в III — 4,53, в IV — 1,24—1,36, в V — 1,57. Минералы группы шпинели в породах дайки представлены титаномагнетитом,

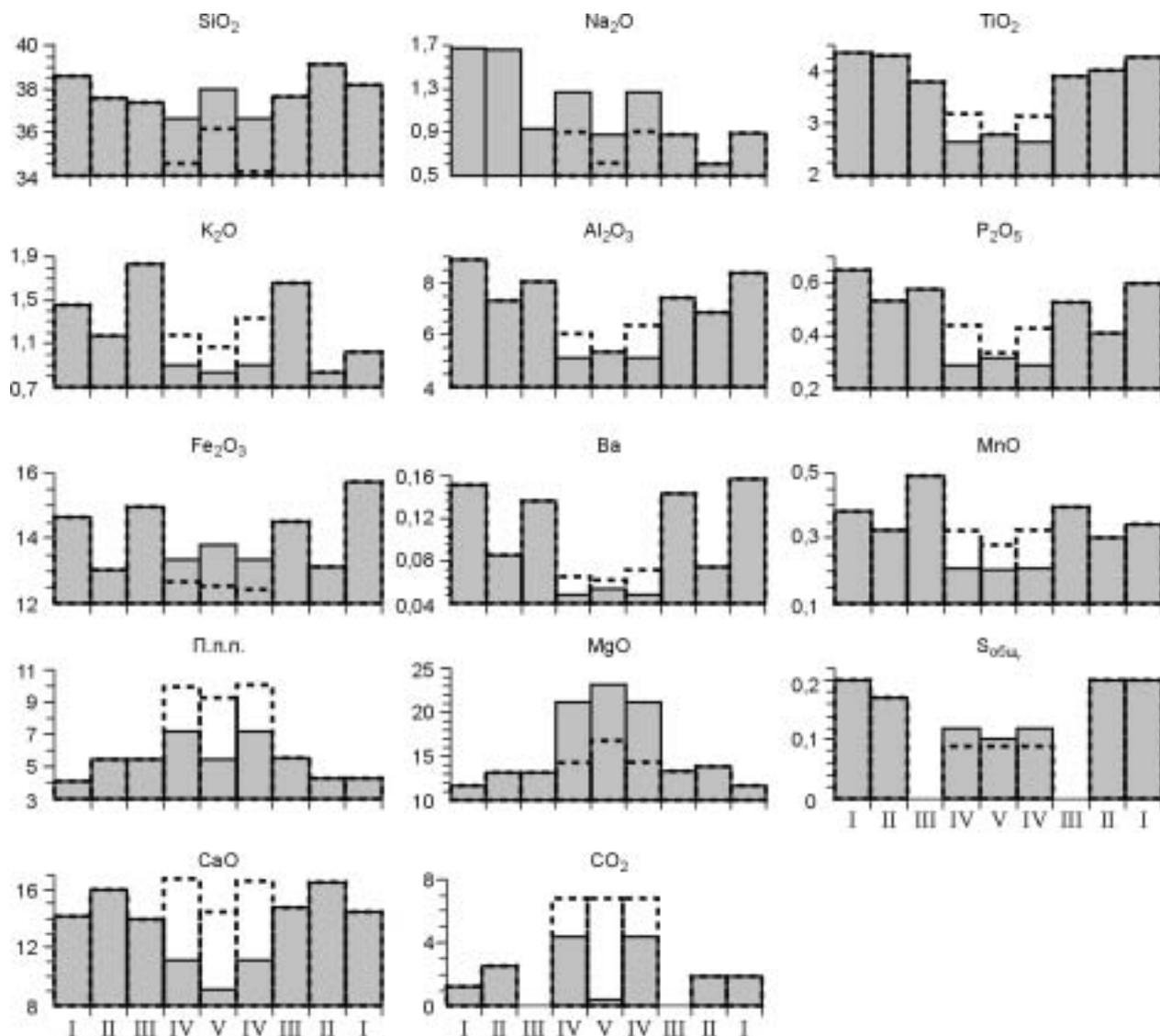


Рис. 5. Изменение содержания оксидов (мас.%) в породах по разрезу кристаллической дайки Н-27/34.

Сплошная линия — состав пород типичного разреза дайки, штриховая — состав пород локального участка IV—V полудаек на локальном участке дайки из другого сечения дайки. Римские цифры — номера полудаек (фаза внедрения).

который образует небольшие вкрапленники и мелкую сыпь. В фенокристаллах всех фаз определено TiO_2 21,59—22,28, Al_2O_3 2,13—2,22, MnO 3,68—4,75, MgO 0,12—0,52, Cr_2O_3 0,24—0,26, NiO 0,13—0,14, V_2O_5 0,34—0,37. Мелкая сыпь оксида по составу близка фенокристаллам, отличаясь от последних пониженным содержанием TiO_2 (20,99—21,84) и NiO (0,08—0,09) и повышенным MnO (5,06—5,24). Наряду с титаномагнетитом вышеприведенного состава в IV и V фазах обнаружены зональные фенокристаллы с повышенной хромистостью их центральных частей: TiO_2 20,09—20,38, Cr_2O_3 2,09—3,31, Al_2O_3 2,04—2,40, MnO 3,18—4,75, MgO 0,06—0,13, NiO 0,13—0,17, V_2O_5 0,29—0,32. Ильмениты в небольших количествах отмечаются во всех фазах дайки. В I фазе они содержат MnO 1,06, MgO 1,46—2,67; во II—V фазах — MnO 0,71—0,77, MgO 4,42—5,24. Кроме того, во II фазе обнаружен ильменит с аномальными для дайки содержаниями MgO (9,65) и MnO (0,37).

Дайка Н-27/34 состоит из пяти фаз, каждая из которых отличается от других своеобразием структуры и состава пород (см. рис. 2). Общая мощность полудаек I фазы составляет 10 см, II — 7, III — 5, IV — 28, V — 20 см. Представление о составе пород в разрезе дайки дают диаграмма (рис. 5) и таблица.

I фаза представлена клинопироксеном с вариолитовой структурой, которую создают плотно упакованные шары диаметром 0,5—1,7 см, обычно слившиеся в сплошные массы, и заключенные между ними, обогащенные глобулами участки. На контакте с вмещающей дайку породой находится корочка

закалочного стекла мощностью 1—2 мм, в котором располагаются мелкие (0,2 мм) скелетные кристаллы оливина (3—4 %), игольчатые спикюлиты (по Ретли) клинопироксена (10—15 %) длиной 0,05—0,1 мм и рудная сыпь (7 %). На удалении 2—3 мм от контакта располагается зона обогащенного оливином (до 10—15 %) опациitizedованного стекла шириною 5—7 мм. Оливин здесь концентрируется в виде двух или трех прерывистых струй, вытянутых вдоль контакта.

Под микроскопом порода этой фазы имеет витрофировую структуру. Порфиновые выделения представлены кристаллами (0,5—0,6 мм) измененного оливина (около 5 %) и хаотично расположенными редкими мелкими призмочками (0,2—0,4 мм по удл.) клинопироксена. В базисе породы находится опациitizedованное стекло с микролитами клинопироксена (40 %), сыпь титаномагнетита и ильменита (7—10 %) и бедная мелкая вкрапленность сульфидов. В матрице среди вариолей наблюдаются мелкие глобулы (5—10 %) стекла, калишпата с вростками биотита, палагонита и кальцита. В небольших количествах в контактовой зоне отмечаются угловатые выделения плагиоклаза.

Порфиновые выделения клинопироксена имеют состав $Wo_{46-49}En_{36-39}Fs_{11-12}$, в них определено TiO_2 1,22—3,86, Al_2O_3 2,12—6,22, Cr_2O_3 0,03—0,59. Микролиты $Wo_{47-48}En_{44-40}Fs_{9-12}$ содержат TiO_2 1,43—2,44, Al_2O_3 1,98—4,57, Cr_2O_3 0,21—0,79. Особенности изменения состава клинопироксенов из различных фаз дайки показаны на рис. 4. В составе глобул на микрозонде определены плагиоклаз — $Ab_{62-69}Or_5An_{33-26}$ (SrO до 1,24 мас. %), калишпат — $Ab_{18-6}Or_{81-94}$ истощенные кальцием и щелочами $SiO_2-Al_2O_3$ —стекла и кальцит. Титаномагнетит, образующий рудную сыпь, содержит TiO_2 29,94, Al_2O_3 2,34, MnO 1,86, MgO 1,69, V_2O_5 0,17. Хромшпинелиды из включений в псевдоморфозах по оливину имеют TiO_2 2,83—3,42, Al_2O_3 10,16—11,81, Cr_2O_3 31,78—38,20, MnO 0,23—0,75, MgO 5,76—11,68, NiO 0,14—0,19, V_2O_5 0,09—0,12. В хромшпинелиде из базиса породы установлено TiO_2 3,34—4,45, Al_2O_3 10,86—11,07, Cr_2O_3 30,31—31,89, MnO 0,50—0,90, MgO 3,6—8,66, NiO 0,13—0,22, V_2O_5 0,09—0,14. В ильмените определены MnO 1,32—1,39, MgO 1,25—1,63. Сульфиды представлены пиритом с широкими вариациями NiO от 0,28 до 13,41 мас. %.

II фаза представлена клинопироксеновым вариолитом. На границе с полудайкой I фазы вариоли слипаются, образуя сплошную массу, а на удалении от контакта их количество резко снижается. Диаметр вариолей изменяется от 0,2 до 1,5 см. Вариолит состоит из клинопироксена (75—90 %), измененного оливина (1—3 %), калишпата (5 %), интерстиционного стекла и палагонита (до 10 %), глобул и редко оцеллей (5—20 %), сложенных палагонитом и калишпатом с вростками бурой слюды. Диаметр глобул и оцеллей составляет 0,2—0,5 мм.

Клинопироксен образует войлокоподобный агрегат микролитов размером 0,1—0,2 мм, который во всей полудайке ориентирован согласно ее контактам. Своеобразие породам этой фазы создают дендриты клинопироксена длиной 0,5—4 мм. Они начинаются на некотором удалении от закалочной зоны, растут перпендикулярно контакту полудайки и расщепляются в сторону III фазы, на границе с которой резко обрываются (см. рис. 2). Дендриты нарушают сплошность трахитоидного агрегата, сквозь который они растут, и разворачивают микролиты в направлении своего роста. Дендриты клинопироксена часто полисинтетически двойникованы и в поляризованном свете проявляют сильную дисперсию оптических осей. Клинопироксен трахитоидного войлока микролитов имеет состав $Wo_{46-48}En_{43-39}Fs_{10-16}$, в них определено TiO_2 1,60—2,43, Al_2O_3 3,25—4,40, Cr_2O_3 0,38—0,97. В дендритах состав минерала изменяется от основания веточки к ее вершине от $Wo_{46}En_{41}Fs_{13}$ до $Wo_{51}En_{34}Fs_{15}$, а содержание оксидов: TiO_2 от 2,46 до 4,59, Al_2O_3 от 3,77 до 7,18, Cr_2O_3 от 0,22 до 0,05. Титаномагнетит содержит TiO_2 20,92—30,02, Al_2O_3 2,17—3,48, Cr_2O_3 0,005—0,18, MnO 2,93—3,69, MgO 0,46—2,47, V_2O_5 0,14—0,28. Наиболее обогащенные ульвошпинелевым компонентом разности минерала приурочены к закалочным зонам полудайки. Хромшпинелиды обнаружены здесь только в виде кристаллов нарастающих на грани дендритов клинопироксена, в них определено TiO_2 6,81, Al_2O_3 7,39, Cr_2O_3 23,73, MnO 0,81, MgO 3,19, NiO 0,065, V_2O_5 0,14. Примечательно, что в клинопироксенах, прилегающих к кристаллам хромшпинелида, содержание Cr_2O_3 возрастает до 1,49—1,72 мас. %.

III фаза представлена амфиболовым пикритовым порфиритом. Порода состоит из фенокристаллов оливина (15—20 %) размером 0,5—1 мм, нацело замещенных светло-зеленым боулингитом и карбонатом, из мелких фенокристаллов (0,2—0,4 мм) и микролитов клинопироксена (60 %), опациitizedованного стекла и палагонита (10—15 %), мелких (0,05—0,2 мм) призмочек бурого амфибола, редких глобул карбоната и бурых амфибол-калишпатовых оцеллей (15—20 %), шарообразной и фасолеподобной формы размером около 1 мм.

Фенокристаллы клинопироксена имеют зональное строение. Их состав от центра к краю изменяется от $Wo_{46-48}En_{40-46}Fs_{8-12}$ до $Wo_{49-50}En_{34-39}Fs_{12-16}$, содержание в них оксидов соответственно: TiO_2 от 0,96 до 4,55, Al_2O_3 от 1,9 до 6,91, Cr_2O_3 от 0,60 до 0. Микролиты базиса отвечают $Wo_{48-47}En_{40}Fs_{12-13}$, в них установлено TiO_2 2,15—2,51, Al_2O_3 3,55—4,29, Cr_2O_3 0,64—0,001. Бурый амфибол представлен керсутитом, выделения которого в основной массе породы имеют общую железистость (32—34 ат. %) и содержат TiO_2 7,32—8,27, F 0,59—0,86, Cl 0—0,45; в сростаниях с калишпатом в оцеллях минерал имеет $f = 42—45$ ат. % и содержит TiO_2 6,89—8,47, F 0,44—0,49, Cl 0—0,07. В различных формах проявления

минерала количества Na_2O и K_2O сравнительно устойчивы и соответственно составляют 2,77—3,12 и 1,32—1,97 мас.%. В псевдоморфозах боулингита по оливину определено NiO 0,003, F 0,29, Cl 0,14. Калишпат из интерстиций и оцеллей имеет близкий состав — $\text{Ab}_{8-16}\text{Or}_{84-92}$. Глобулярное стекло характеризуется повышенным количеством $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 = 75,75—85,37$, $\text{SrO} = 0,98—1,43$, $\text{BaO} = 0,40—0,45$ и дефицитом CaO , Na_2O и K_2O . Хромшпинелиды из включений в оливине содержат TiO_2 2,68—4,19, Al_2O_3 7,95—12,0, Cr_2O_3 32,5—40,19, MnO 0,19—0,70, MgO 4,08—11,49, NiO 0,07—0,24, V_2O_5 0,09—0,12. Титаномагнетит из базиса породы имеет в своем составе TiO_2 20,24—21,35, Al_2O_3 2,76—3,64, Cr_2O_3 0—0,03, MnO 3,44—3,79, MgO 0,04—0,18, V_2O_5 0,17—0,24.

IV фаза представлена амфиболовым пикритовым порфиритом. На границе с III фазой четко выделяется контактовая зона мощностью 1,5 мм, сложенная трахитоидным агрегатом мелких (0,2—0,3 мм) микролитов клинопироксена (см. рис. 2). Далее от контакта порода состоит из фенокристаллов оливина (25—30 %) размером 0,4—2,6 мм, полностью замещенных зеленым боулингом, реже с карбонатом. В основной массе породы находятся микролиты клинопироксена и бурого амфибола (20—25 %), рудная сыпь (7—12 %), опациitized стекло и(или) палагонит с редкими листочками бурой слюды, амфибол-калишпатовые оцеллы (25—30 %) и глобулы карбоната (10—12 %). Микролиты клинопироксена располагаются хаотично, иногда они образуют звездчатые сростания, вихреподобные струи и войлок кристаллитов, обволакивающих каймой вкрапленники измененного оливина. К полудайкам этой фазы приурочено наиболее широкое проявление бурого амфибола. Размер его призматических кристаллов составляет 0,1—0,6 мм в длину, а количество минерала изменяется от 3—4 до 10 %, участками до 15—17 %, с тенденцией уменьшения количества от контактов полудак к их внутренним зонам.

Клинопироксен порфировых выделений имеет зональное строение: центр — $\text{Wo}_{46}\text{En}_{45}\text{Fs}_9$, край — $\text{Wo}_{48}\text{En}_{40}\text{Fs}_{12}$. Содержание оксидов в этом направлении изменяется: TiO_2 1,2—2,53, Al_2O_3 2,23—4,79, Cr_2O_3 0,47—0,025. Состав микролитов $\text{Wo}_{45-47}\text{En}_{46-42}\text{Fs}_{8-11}$, в них определено TiO_2 1,0—1,94, Al_2O_3 1,94—3,14, Cr_2O_3 0,11—0,70. Керсутит образует призматические кристаллы в основной массе породы и каймы обрастания вокруг вкрапленников клинопироксена. Минерал в этих ситуациях имеет близкий состав: $f = 35—38$ ат.%, $\text{TiO}_2 = 5,62—7,18$ мас.%, $\text{F} = 0,41—0,67$ мас.%. Минералы группы слюд представлены флогопитом, общая железистость которого 29—33 ат.%. В нем установлено TiO_2 7,32—7,60, F 0,92—1,21, Cl 0—0,06. Калишпат по составу отвечает $\text{Ab}_{13-9}\text{Or}_{87-91}$, в нем определено BaO 0,01—0,02, SrO 0—0,126. Стекло содержит SiO_2 57,0, Al_2O_3 21,48, CaO 1,08, BaO 0,45, SrO 2,19, Na_2O 2,19, K_2O 4,45. Кальцит мелких глобул имеет переменное количество SrO (0,015—0,795 мас.%). Хромшпинелиды встречаются только как включения в псевдоморфозах серпентина по оливину. В составе хромшпинелида установлено TiO_2 2,90, Al_2O_3 11,78, MnO 0,18, MgO 11,22, Cr_2O_3 39,37, NiO 0,26, V_2O_5 0,11. Титаномагнетит из базиса породы содержит TiO_2 20,92—21,74, Al_2O_3 2,92—3,89, MnO 1,23—2,05, MgO 0,18—0,20, V_2O_5 0,14—0,23.

V фаза сложена пикритовым порфиритом. Вкрапленники свежего и частично измененного оливина (30—35 %) имеют размер 0,6—1,2 мм. Мелкие кристаллы нередко слипаются в скопления. Основная масса состоит из агрегата мелких (0,1—0,4 мм) призмочек клинопироксена (20—30 %), бурого амфибола (5 %), чешуек биотита, рудной сыпи (7—10 %), в интерстициях — землистый калишпат (15 %). В базисе породы наблюдаются глобулы карбоната часто в ассоциации с палагонитом (15—17 %), их размер 0,2—1,5 мм. В типичном разрезе дайки между IV и V фазами резкий контакт отсутствует, а при переходе между ними в основной массе породы происходит резкое уменьшение количества амфибола, глобул и оцеллей. По простиранию дайки встречен участок, в котором породы IV и V фаз локально обогащены амфиболом, калишпатом и кальцитом. Это отразилось на составе пород, что можно видеть на рис. 5 и в таблице.

Оливин в свежем виде наблюдается только в V фазе. Минерал соответствует хризолиту (Fa_{11-14}), в котором определено MnO 0,15—0,21, CaO 0,24—0,34, NiO 0,28—0,32, CoO 0,026—0,052, Cr_2O_3 0,061—0,091. Состав клинопироксена $\text{Wo}_{47-46}\text{En}_{43-42}\text{Fs}_{9-12}$, он содержит TiO_2 1,50—2,49, Al_2O_3 2,75—4,22, Cr_2O_3 от 0,04—0,41 до 0,87. Наиболее высокие концентрации хрома находятся в микролитах. Керсутит из базиса породы имеет общую железистость 30—35 ат.%, содержание TiO_2 6,37—6,75, F 0,46—0,70 мас.%, флогопит соответственно — f 29 ат.%, TiO_2 5,74, F 1,30 мас.%. Глобулы сложены однородным прозрачным и сферолитовым калишпатом, алюмокремнекислым стеклом и карбонатом, которые проявляются порознь и совместно. K-Na-полевые шпаты проявляются в оцеллях и глобулах. В оцеллях наблюдается мутный пелитизированный калишпат с вросками керсутита и флогопита, а прозрачная однородная глобула имеет состав в центре — $\text{Ab}_{32}\text{Or}_{68}$, в краевой части — $\text{Ab}_{72}\text{Or}_{27}\text{An}_1$. Особенностью состава карбоната, который находится в глобулах, а также замещает оливин, являются широкие вариации MnO (0,29—1,31), FeO (6,22—11,34), MgO (19,03—23,16). Хромшпинелиды из включений в кристаллах оливина содержат TiO_2 2,8—3,24, Cr_2O_3 37,68—41,05, Al_2O_3 11,33—12,31, MnO 0,21—0,31, MgO 9,36—11,55, NiO 0,23—0,28, V_2O_5 0,11—0,24. Титаномагнетит мелкой сыпи из базиса породы имеет TiO_2 17,42—21,74, Cr_2O_3 0,002—1,87, Al_2O_3 2,92—3,89, NiO 0,008—0,087, V_2O_5 0,14—0,49.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Вопросы внутреннего строения даек, условий их формирования, а также кристаллизации магматических расплавов рассматриваются в ряде работ различных авторов [5, 8, 9, 11, 12]. Формирование многофазных даек района р. Намакан — результат рассеянного спрединга, который проявился на севере Сибирской платформы после образования туфоловой толщи. Внедрение расплава имело пульсационный характер и контролировалось периодическим раскрытием трещин, размер которых определял объем интрузирующей жидкости. Последовательно внедряющиеся порции расплава многофазных даек являлись производными единого магматического очага, происходили в один тектономагматический цикл и были сближенными по времени. Количество фаз внедрения расплава в дайках изученного района достигает пяти. Они прослеживаются в телах мощностью не более 0,7—1,5 м. В более мощных дайках (от 5—7 до 15—20 м и более) многофазный характер формирования тел устанавливается только в отдельных случаях по наличию реликтов закалочных фаций поздних фаз внедрения либо предполагается по резкому изменению состава пород в разрезе тела. Можно предполагать, что мощные дайки имели термостатированный режим охлаждения, в результате которого возможные структурные и химические неоднородности различных порций внедряющегося расплава, если таковые существовали, оказались нивелированы в результате перекристаллизации.

Внедряющийся по трещинам расплав крепко приваривался к их стенкам и, равномерно охлаждаясь от контактов к центру тела, уменьшался в объеме, создавая трещину термоусадки в его осевой части. По этой трещине внедрялся расплав второй фазы. Термическая история этой порции расплава повторялась, как в первой фазе внедрения, и в ее осевой части вновь возникала трещина термоусадки, по которой при раскрытии трещины снова внедрялся расплав и т. д. Периодическая повторяемость процесса и закономерная эволюция расплава в конечном счете создали симметричное строение многофазных даек.

Каждая интрузивная фаза состоит из закалочной и внутренней зон. Наличие закала более поздней фазы на границе с предыдущей свидетельствует о консолидированном состоянии последней при внедрении последующей порции расплава. Явления подплавления на границах различных фаз не наблю-

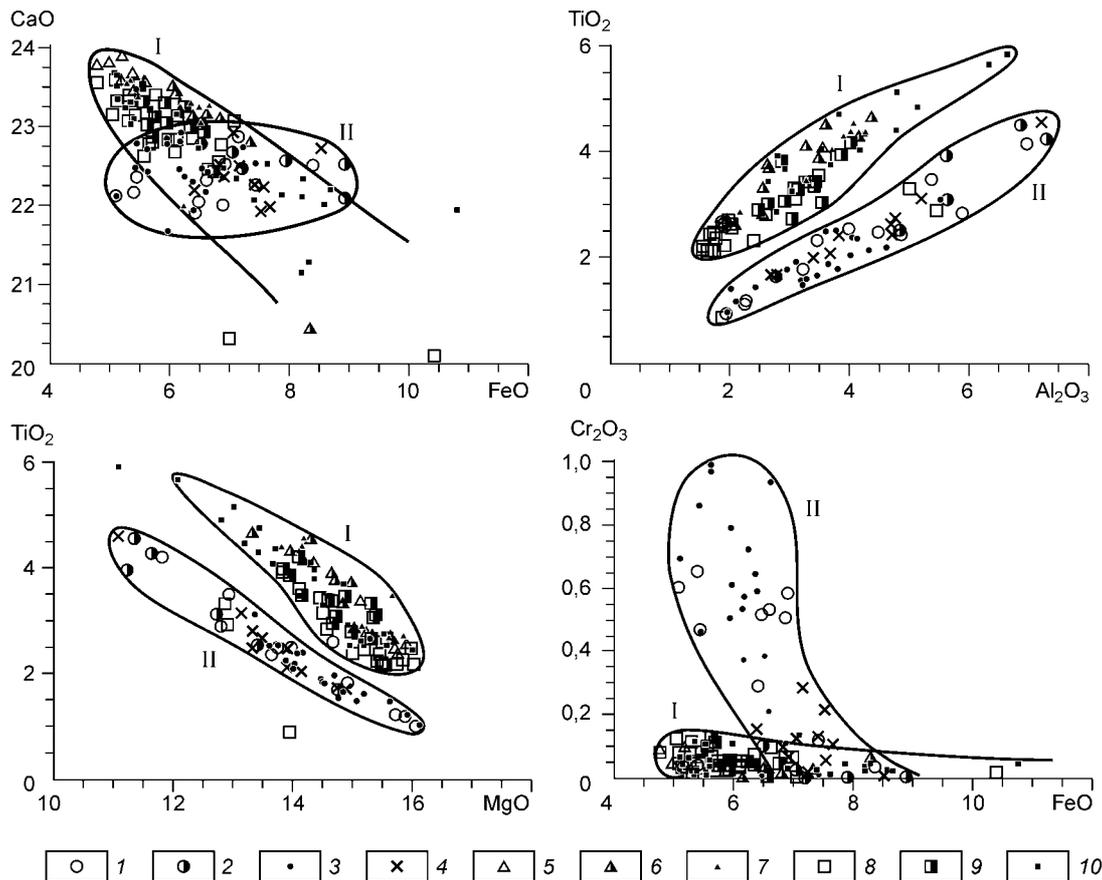


Рис. 6. Диаграммы зависимости содержания некоторых минералообразующих оксидов (мас.%) в клинопироксенах стекловатых (поле I) и кристаллических (поле II) даек.

1—4 — центр (1), край (2) фенокристалла, микролит (3), дендрит (4) из дайки Н-27/34; 5—7 — центр (5), край (6) фенокристалла, микролит (7) из дайки Н-125; 8—10 — центр (8), край (9) фенокристалла, микролит (10) из даек Н-121, Н-126; Н-127; Н-132; Н-135.

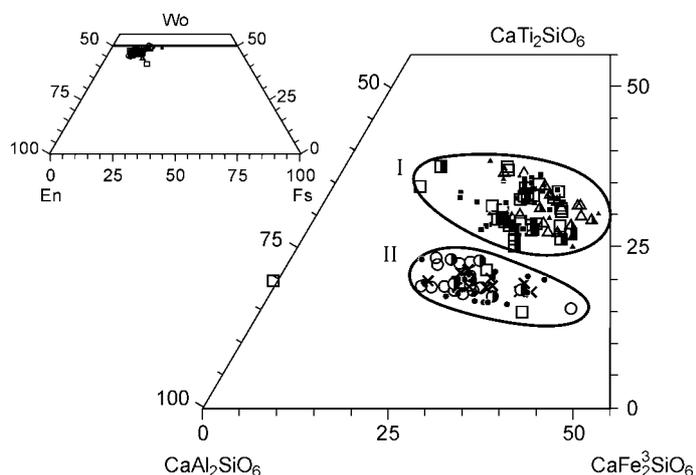


Рис. 7. Диаграмма $\text{CaTi}_2\text{SiO}_6$ — $\text{CaAl}_2\text{SiO}_6$ — $\text{CaFe}_2\text{SiO}_6$ для клинопироксенов стекловатых (поле I) и кристаллических (поле II) дайковых пород.

На врезке — классификационная диаграмма-трапеция Хесса для тех же клинопироксенов. Усл. обозн. см. на рис. 6.

даются. Строение вариационных диаграмм оксидов в разрезах многофазных даек свидетельствует об увеличении магнезиальности пород поздних фаз внедрения расплава вплоть до проявлений пикритовых порфиритов. Это, по-видимому, связано с эшелонированным строением магматической колонны, которое возникло в результате ликвидно-гравитационной

дифференциации в процессе движения расплава и привело к отставанию более вязкой пикритовидной жидкости от сравнительно легкоподвижной базитовой [6].

Режим охлаждения расплава в дайках отразился в структуре и фазовом составе пород. Закалочные фации пород имеют, как правило, витрофировую структуру и представлены оливиновыми или пироксен-оливиновыми порфиритами, которые с учетом петрохимии позволяют предполагать лимбургитовый состав исходного расплава. Проявления сходных по составу покровов в этом районе были описаны ранее [7]. В отдельных случаях в дайках Н-121 и Н-27/34 режим охлаждения расплава оказался благоприятным для образования вариолитовой структуры.

Кристаллизация расплава начиналась в магматическом канале с образования вкрапленников хромшпинелида и оливина. В дальнейшем в стекловатых дайках появлялись мелкоочаговые образования полнокристаллических полиминеральных агрегатов (полная раскристаллизация расплава в маломощных дайках не происходила). Переохлаждение расплава стимулировало кристаллизацию вкрапленников клинопироксена, а в ряде случаев массовое образование его микролитов. Некоторое представление об особенностях состава клинопироксена стекловатых и раскристаллизованных даек дают диаграммы рис. 6. Обогащенность пород клинопироксеном, а также морфология, внутреннее строение и широкие вариации состава минерала указывают на кристаллизацию его в условиях переохлаждения расплава [11]. Наиболее ярко это проявилось в некоторых дайковых фазах, где вместо лимбургита или оливинового порфирита кристаллизовались гетероморфные им клинопироксениты. В результате этого в структуру клинопироксена вошли потенциальные компоненты оливина (MgO), хромшпинелидов (Cr_2O_3 , $\text{FeO}_{\text{общ.}}$), титаномагнетита (TiO_2) и полевых шпатов (CaO , Al_2O_3). На классификационной диаграмме-трапеции Хесса клинопироксены изученных дайковых пород образуют компактное слабовытянутое по направлению En — Fs поле (рис. 7, врезка). Повышенные содержания в минерале Al^{IV} , Ti , Fe^{3+} и положительная корреляционная связь между ними дают основание рассчитать миналы Са-чермакитового компонента [11]. На диаграмме (см. рис. 7) вытянутость полей клинопироксенов стекловатых и кристаллических даек указывает на сходные закономерности изменения состава минерала, но для первых характерны повышенные количества Са-титаночермакитового компонента, для вторых — Са-алюмочермакитового.

Вариации состава хромшпинелида включений в оливине, фенокристаллов и мелкой вкрапленности из базиса породы указывают на его кристаллизацию в широком диапазоне температур с изоморфным замещением Cr , Al , Mg на Fe , Ti , Mn . Проявления в закалочных фациях даек эмульсии глобул кремнекислого стекла и карбоната, а во внутренних частях тел — оцеллей калишпата в сростании с керсутитом или слюдой и с шариками карбоната свидетельствует о силикатно-силикатном и силикатно-солевом расщеплении расплава на несмешивающиеся жидкости, которое происходило в условиях его переохлаждения [6]. Судя по данным хроматографического анализа пород [10] и состава минералов содержащих летучие компоненты, лимбургитовый расплав был обогащен летучими (CO_2 , H_2O , Cl , F , P_2O_5), которые явились агентами ликвации и в условиях переохлаждения расплава стимулировали его флюидно-магматическую дифференциацию [7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многофазные дайки р. Намакан формировались при импульсивном раскрытии трещин, в которые внедрялся магматический расплав лимбургитового состава. Равномерное охлаждение расплава от контактов к центру даек обусловило их симметричное строение. Резкое переохлаждение расплава в маломощных дайках приводило к образованию стекловатых пород, а в сравнительно мощных телах оно проявлялось в

гетероморфной кристаллизации ранних фаз внедрения расплава и полной раскристаллизацией поздних фаз. В процессе внедрения расплава легкоподвижный лимбургитовый расплав опережал пикритоидный.

Динамика формирования магматических тел отразилась в структурно-текстурных особенностях пород, в количественно-минералогических и петрохимических вариациях их состава, а также в кристалломорфологии и составе минералов. Глобулярная, оцеллярная и вариолитовая структуры пород указывают на ликвационную дифференциацию расплава, которая проходила в условиях резкого падения температуры флюидизированного лимбургитового расплава, обогащенного CO_2 , H_2O , F, Cl [6]. Переохлаждение расплава явилось причиной гетероморфизма, в результате которого лимбургитовый расплав кристаллизовался как клинопироксенит. В структуру клинопироксена вошли нормативные компоненты оливина, хромшпинелида, титаномагнетита и полевых шпатов. Скелетные формы фенокристаллов оливина, а также внутреннее строение кристаллов и аномальный состав клинопироксена, обогащенного Са-чермакитовыми компонентами, свидетельствуют о начале кристаллизации расплава в магматических каналах в процессе его внедрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бушканец Ю.С., Невская А.В., Беляков Г.Д.** Каменская магматическая провинция щелочных пород // Карбонатиты и щелочные породы севера Сибири. Л., 1970, с. 157—169.
2. **Государственная геологическая карта СССР м-ба 1:200 000, Серия Тунгусская.** Лист R—46-XVII-XVIII: Объясн. зап. М., 1978, 89 с.
3. **Королева О.В., Олейников Б.В., Золотухин В.В.** Многофазный интрузивный комплекс Фенаи Мата (Деканская трапповая провинция, Индия) и его аналоги на Сибирской платформе // Геология и геофизика, 2002, т. 43, № 10, с. 916—927.
4. **Куренков С.А.** Меймечитовые комплексы типа „дайка в дайке“ в составе Гулинского плутона // Докл. АН СССР, 1986, т. 290, № 2, с. 421—424.
5. **Куренков С.А.** Рассеянный спрединг в мезозойской истории Сибирской платформы и Таймырской складчатой области // Внутриплитные явления в земной коре. М., Наука, 1988, с. 57—70.
6. **Рябов В.В.** Ликвация в природных стеклах (на примере траппов). Новосибирск, Наука, 1989, 224 с.
7. **Рябов В.В.** Покров лимбургитов и пикритовых порфиритов мокулаевской свиты — новый геодинамический рубеж // Вестн. ТГУ, 2003, № 3, с. 1904—1920.
8. **Рябов В.В., Шевко А.Я., Гора М.П.** Магматические образования Норильского района. Новосибирск, Нонпарель, 2000, т. I, 408 с., т. II, 600 с.
9. **Рябов В.В., Шевко А.Я., Гриб Д.Е., Гора М.П.** Особенности проявления щелочно-основного магматизма на северо-западе Сибирской платформы // Петрография на рубеже XXI века, итоги и перспективы. Т. IV (материалы Второго всерос. петрограф. совещ. 27—30 июня 2000 г.). Сыктывкар, 2000, с. 317—319.
10. **Рябов В.В., Томиленко А.Я., Шевко А.Я. и др.** Состав летучих в расслоенных дайках Каменской провинции на севере Сибирской платформы // Физико-химические проблемы эндогенных геологических процессов (Тез. докл. международного симпозиума, посвящ. 100-летию акад. Д.С. Коржинского). М., 1999, с. 48—49.
11. **Цветков А.И.** Изоморфные замещения в группе бесщелочных пироксенов. М., 1951, 108 с. (Тр. Ин-та геологических наук, Вып. 138, петрограф. сер. № 41).
12. **Шарапов В.Н.** О структурно-динамических зонах и магматических фациях базитовых даек // Геология и геофизика, 1997, т. 38, № 10, с. 1563—1573.

*Рекомендована к печати 22 октября 2004 г.
Г.В. Поляковым*

*Поступила в редакцию 10 октября 2003 г.,
после доработки — 7 июля 2004 г.*