

УДК 552.32

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СТРОЕНИИ И ЭВОЛЮЦИИ НИКЕЛЕНОСНОГО ИНТРУЗИВА КУВАЛОРОГ, ЮЖНАЯ КАМЧАТКА

© 2007 О. Б. Селянгин

*Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН
683002, Петропавловск-Камчатский, Северо-Восточное шоссе, 30;
e-mail: obs@ksnet.ru*

Ревизуются актуальные для ориентации поисково-разведочных работ данные о строении и механизме становления одного из крупных никеленосных интрузивов Камчатки. Показывается, что основная, существенно габбро-норитовая часть массива Кувалорог, считавшегося лополитом, является сложным, не менее, чем двухфазовым и дважды (в разных направлениях) опрокинутым интрузивом, сформированным в два разделенных тектоническим событием этапа многопорционного внедрения магнезиальной базитовой магмы. Обсуждаются петрохимия, петрография интрузива и основные факторы его структурно-вещественной эволюции.

Перидотит-габбро-норитовый интрузив Кувалорог располагается на юге Срединного хребта Камчатки, где слагает водораздельный горный массив р.р. Степановой, Кувалорог, ручьев Правокихчинского, Оленьего, Медвежьего. Тектоническая позиция интрузива — на южном периклинальном замыкании горст-антиклинальной структуры Срединного кристаллического массива Камчатки, в зоне сочленения этого поднятия с заполненным терригенными отложениями прогибом позднемелового времени. Интрузив внедрен в толщу филлитовидных сланцев, аркозовых метапесчаников и метаалевролитов хейванской свиты (поздний мел), и, по последним данным (Конников и др., 2006), имеет эоценовый возраст. В плане выход интрузива (см. далее врезку на рис. 1) имеет форму овала, удлинённого в северо-западном направлении, с размерами по осям 4.5×7 км. Площадь выхода около 28 км².

РАНЕЕ СЛОЖИВШИЕСЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СОСТАВЕ И СТРОЕНИИ ИНТРУЗИВА

Первые достоверные сведения об интрузиве Кувалорог как существенно габбро-норитовом (а не гранитоидном, как считалось ранее) расчленённом массиве были получены в 1966 г. (Лукьянов, Оточкин, 1966¹). Было высказано представление о лополитовой форме массива и, в связи с обнаружением в нем проявлений сульфид-

ной медно-никелевой минерализации, рекомендована его детальная структурная съёмка.

К сожалению, эта рекомендация не была выполнена, и дальнейшее геолого-геофизическое изучение интрузива сразу приобрело чисто поисковую направленность на обнаружение в нем медно-никелевого и возможного благородно-металльного оруденения. В итоге длительных, до конца прошлого века, исследований интрузива Кувалорог — производственных геолого-геофизических (Дзюба, Иванов, 1982²; Евтихов, Лукьянов, 1980³; Зотов, Аврамова, 1982⁴; Лашинский, Лукьянов,

¹ Лукьянов В.Н., Оточкин В.В. Отчет Южно Дукукской партии и Южно-Дукукского отряда о результатах поисково-съёмочных работ масштаба 1:50 000, проведенных в районе перевала «У Четырех Падей» летом 1965 г. Петропавловск-Камчатский, ФГУ ТФИ по Камчатской области и КАО». 1966. 172 с.

² Дзюба Б.М., Иванов Б.П. Отчет о результатах поисковых геолого-геофизических работ, проведенных в пределах Кувалорог-Квинумской рудной зоны и Дукукского массива Квинумской партией в 1981-1982 г.г. Петропавловск-Камчатский, ФГУ «ТФИ по Камчатской области и КАО». 1982. 147 с.

³ Евтихов И.В., Лукьянов В.Н. отчет о результатах поисковых геолого-геофизических работ, выполненных в пределах габбро-норитового массива Кувалорог Кихчинской партией в 1979-1980 г.г. Петропавловск-Камчатский, ФГУ «ТФИ по Камчатской области и КАО». 1980. 124 с.

⁴ Зотов В.П., Аврамова Н.Н. Отчет о результатах детальных поисковых работ на участке Медвежьем Дукук-Кувалорогской рудной зоны, проведенных Кувалорогской поисковой партией в 1979-1982 г.г. Петропавловск-Камчатский, ФГУ «ТФИ по Камчатской области и КАО». 1982. 160 с.

1979⁵) и разноплановых научно-тематических (Гриненко, Минеев, 1984; Милютин, 1985; Полетаев, 2004; Шека, 1975; Шека, Старков, 1968; Шека, Чубаров, 1987) – практически утвердилось представление о его строении и составе как расслоенного лополита кортландит-пироксенит-габбро-норитовой формации, существенно габбро-норитового состава, залегающего в близком к исходному положению в мульдообразной депрессии изоклинально-складчатой толщи хейванской свиты. Интрузиву, по этим данным, свойственно общее центриклинальное падение расслоенности. Эти представления отражены на геологической карте интрузива, последний вариант которой был опубликован (Полетаев, 2004). Судя по первоисточникам, при ее построении использовано лишь несколько замеров элементов залегания пород, в основном в западной части интрузива.

Предполагалось формирование интрузива в три фазы внедрения: габбро-нориты - кортландиты - гранитоиды; последовательность первых трактовалась и в обратном порядке. Гранитоиды развиты по периферии массива, преимущественно на его восточном и юго-восточном флангах. Представления о позиции кортландитов, привлекавших особое внимание как пород, несущих оруденение, менялось в ходе исследований: от утверждения их шлирового характера внутри интрузива при наличии самостоятельных внедрений за его пределами (Шека, Чубаров, 1987) до их положения в интрузиве одновременно в виде слоев и даек (Полетаев, 2004).

По гравиметрическим данным мощность лополита оценивалась от 500-600 м (в западинах подошвы до 900 м) для его плитообразной юго-восточной части до более чем 2100 м у оконечности воронкообразной северо-западной, где предполагалось расположение подводящего канала массива (Евтихов, Лукьянов, 1980³).

Представления о лополитовой форме и чашеобразной структуре расслоенности интрузива как-будто подтверждались и результатами бурения его западной части, предпринятого с целью поисков прогнозировавшихся в нем стратиформных рудных залежей «норильского типа» (Зотов, Аврамова, 1982⁴). Хотя отбора ориентированного керна не проводилось, на разрезе по 2-километровому буровому профилю из четырех вертикальных скважин глубиной от 500 до 900 м, пройденных в долине руч. Медвежьего, показано падение расслоенной толщи пород к востоку,

согласующееся с их залеганием на правом склоне долины и конформное вскрытому одной из скважин крутому (60°) западному, тектонически «сорванному» контакту интрузива, с выполаживанием к центру массива (Дзюба, Иванов, 1982²). Остальные скважины подошвы интрузива не достигли, показав, в частности, что его мощность превышает установленную по гравиметрическим данным и что оценки по ним надо воспринимать как относительные.

Оценка характера контактов интрузива варьировала от представления их практически нормальными интрузивными (Шека, 1975) до изображения полностью тектоническими, в которых выход интрузива выглядел угловатым «окном» во вмещающих сланцах (например, Милютин, 1985). Общим выводом из сопоставления всех данных может быть признание разной степени близости контактов массива к первичным интрузивным на разных его участках, при практически повсеместной их тектонизированности, «сорванности» в ходе позднейших дислокаций.

Разные представления высказывались и о механизмах формирования интрузива Кувалорог. По факту присутствия на разных его уровнях многочисленных протяженных линзо- и пластообразных тел-ксенолитов глубоко метаморфизованных пород хейванской свиты предполагался либо одноактный, но «расщепленный», послыйный характер внедрения его магмы (Шека, Чубаров, 1987), либо формирование его как совокупности множества «субпластовых» внедрений (Гриненко, Минеев, 1984). На основании интенсивной, но локально проявленной (в цирке р. Кувалорог) деформированности и «закатанности» отмеченных блоков-ксенолитов хейванских сланцев в меланж пород интрузива была высказана крайняя мобилистская концепция о его вовлеченности в общекамчатскую систему шарьяжей и сложении массива серией тектонических пластин (Жегалова, 1981).

Поисковое бурение интрузива не обнаружило достаточно богатых «базовыми» элементами (Ni, Cu, Co) «подвешенных» залежей сульфидных руд, и, не достигнув подошвы интрузива, не решило и вопроса о наличии в нем их донной залежи. Эта неудача поисков повлекла за собой пересмотр представлений о связи медно-никелевого оруденения Камчатки с расслоенными интрузиями (сама расслоенность Кувалорога была сочтена «несовершенной») в пользу идеи его генетической ассоциации с небольшими самостоятельными внедрениями ультрамафитов (в первую очередь кортландитов), подобными установленным в окрестностях интрузива Кувалорог (Шека, Чубаров, 1987), и гипотезы формирования эпигенетических рудных «выжимок» из глубоких зон

⁵ Лашинский Г.В., Лукьянов В.Н. Отчет о результатах региональных и поисковых геолого-геофизических работ, выполненных в южной части Срединно-Камчатского выступа Дукукской партией в 1976-1979 г.г. Петропавловск-Камчатский, ФГУ «ТФИ по Камчатской области и КАО». 1979. 155 с.

интрузивов. На обнаружение подобных объектов и были направлены позднейшие поисковые работы в районе, в том числе и в пределах массива Кувалорог.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СТРУКТУРЕ ИНТРУЗИВА КУВАЛОРОГ

Настоящая работа основана на результатах геолого-петрологического изучения северо-западной трети интрузива Кувалорог, выполненного в сезон 2006 г. по договору с научно-производственной компанией (ЗАО НПК) «Геотехнология». Предусматривалось освещение петрологии намеченных участков детального опознания массива – на практически готовой геологической основе, как предполагалось для столь длительно и разносторонне изучавшегося интрузива. Однако уже начало полевой работы показало кардинальное отличие его реального строения от вышеизложенных представлений, что потребовало существенного расширения объема исследований с распространением их на всю площадь выхода интрузива, доступную с базы поисковых работ в долине руч. Медвежьего.

Систематические замеры элементов залегания расслоенности пород интрузива (даже при небольшом, по условиям обнаженности, их количестве) показали, с одной стороны, ее общий плоско-параллельный характер и достаточную выдержанность (точнее, умеренную, равномерную по площади изменчивость) ее пространственной ориентировки на крупных участках, а с другой – резкое азимутальное и угловое несогласие между соответствующими им частями интрузива. Так, на правом берегу руч. Медвежьего его породы залегают с наклоном по аз. 90-110° под углами $45^\circ \pm 10-15^\circ$; на левобережном участке и в смежном с ним с юга бассейне руч. Оленьего фиксируется падение слоев по аз. 140° под углами $70^\circ \pm 10^\circ$, а восточнее, на водораздельном участке между бассейнами руч. Медвежьего и р. Кувалорог – по тому же аз. 140°, но под углами $50^\circ \pm 5^\circ$. Изменчивость простирания и наклонов слоев может отражать как неточность измерений в обнажениях малых, порой, размеров, так и обычные в расслоенных интрузивах локальные несогласия из-за трансгрессивных размывов слоев кумулатов, элементов косой слоистости, структур вдавливания слоев крупными ксенолитами или облекания последних, и т.п.

Плоско-параллельный и в целом выдержанный по ориентировке характер расслоенности дал возможность составления геологической карты изученной части интрузива (по существу, полузакрытой) путем построения выходов локально обнажающихся слоев и пачек его пород по указанным средним значени-

ям элементов залегания для каждого участка (рис. 1). Эффективность такого приема подтверждается реальным положением ряда хорошо прослеживаемых горизонтов пород и совпадениями положений разобобщенных выходов слоев петрографически однотипных пород с теоретически ожидаемыми, что также подтверждает правомерность выполненных интер- и экстраполяций. Составленная таким образом схематическая геологическая карта не заменяет, конечно, кондиционной крупномасштабной съемки с картировочными горными выработками, однако достаточно объективно отражает общую структуру изученной части интрузива.

Полученные данные показали, что представлениям о лополитовой форме интрузива Кувалорог не соответствует, являясь сложным и сложнодислоцированным расслоенным массивом, отдельные части которого опрокинуты в разной степени и в разных направлениях.

Представляют ли эти части фрагменты некогда единого (однофазового) интрузивного тела? Граница между частями интрузива с разным простиранием расслоенности пород проходит по дну долины руч. Медвежьего, где она закрыта рыхлыми отложениями, а ее продолжение к северо-востоку, на водоразделе с бассейном р. Кувалорог устанавливается только предположительно из-за недостаточной здесь обнаженности, с выходами лишь бесструктурных лейконоритов. Резонно, однако, ожидать, что при расколе и сложном взаимном «проворачивании» гигантских блоков единого массива должна была бы образоваться мощная зона дробления на их контакте. Признаков такой зоны не установлено ни в обнажениях, ни в скважинах по руч. Медвежьему, ни на указанном участке водораздела. Вероятнее всего, граница между этими частями интрузива представляет контакт двух крупных фаз внедрения (I и II, рис. 1). Показанное на упомянутом буровом профиле падение расслоенности интрузива к востоку означает, что скважинами была пересечена толща пород II фазы, а контакт между фазами наклонен к югу - юго-востоку.

Одинаковое простирание расслоенности на левобережном и водораздельном участках интрузива (Ia и Ib, рис. 1) и коррелируемость их разрезов указывают, что различие в углах падения толщ их пород отражает взаимное смещение блоков некогда действительно единого тела по разлому шарнирного типа, с нарастанием амплитуды смещения в юго-восточном направлении.

Последовательность внедрения фаз и история дислокаций интрузива восстановимы на основе логического положения, что более дислоцированные (круче залегающие) толщи пород слагают и более раннюю фазу интрузива. Первую из них,

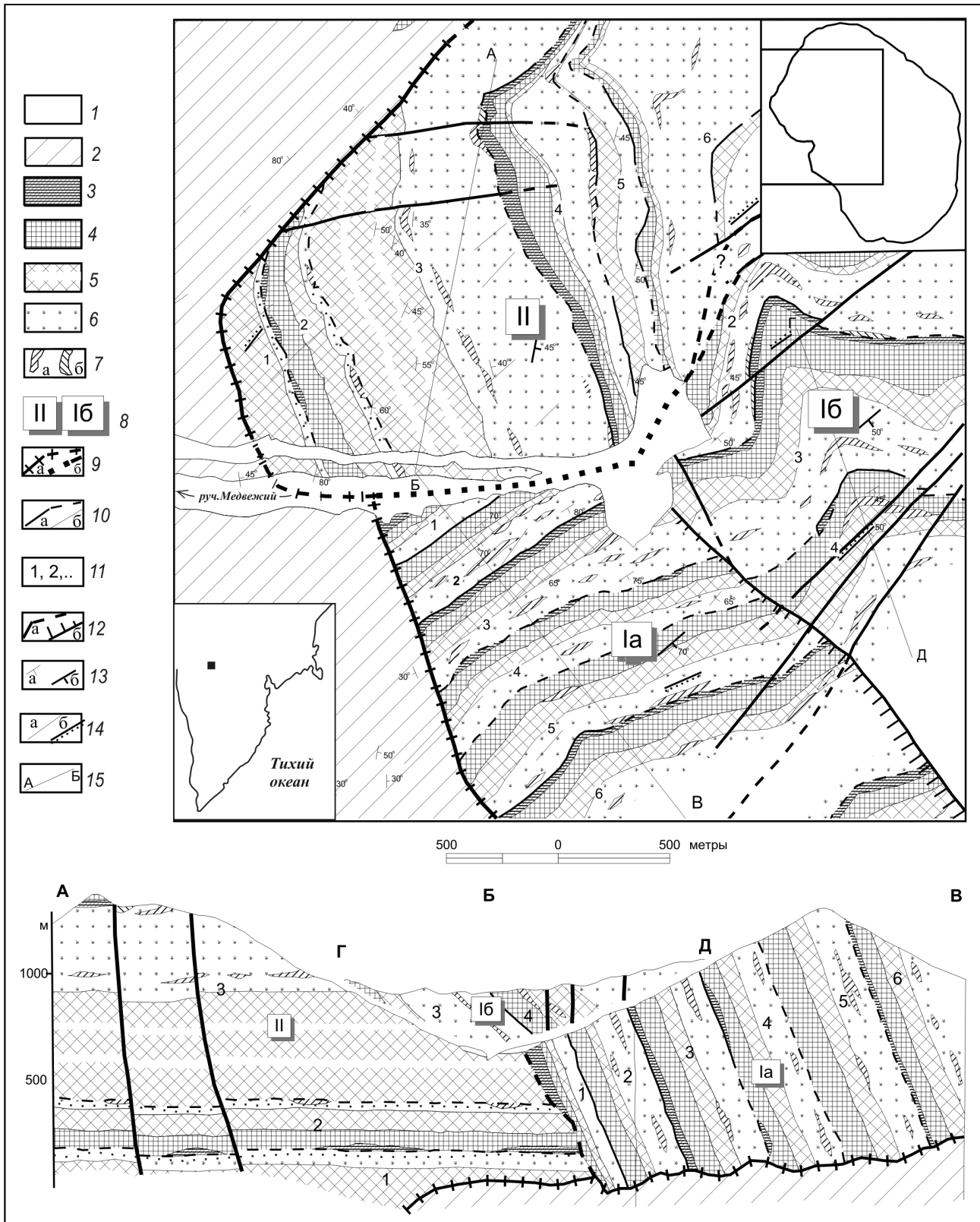


Рис. 1.

таким образом, слагают породы левобережного и водораздельного участков, вторую — породы правобережья руч. Медвежьего. После формирования интрузива I фазы он был опрокинут в южном направлении при складчатой деформации толщи вмещающих пород, с одновременным его расколом и большим наклоном левобережного блока (Ia на рис. 1), меньшим — водораздельного (Iб). По завершении формирования II фазы интрузива «спянный» ансамбль обеих фаз новым импульсом дислокаций был опрокинут к востоку на 45° ; суммарная дислокация для блоков первой фазы выразилась изменением азимута падения их пород на юго-восточный и увеличением углов наклона до современных 70° и 50° .

Соотношения фаз внедрения интрузива показаны на разрезах к его карте (рис. 1). С истинным падением пластов и их истинной мощностью показан блок первой фазы Ia; линия разреза интрузива II фазы проведена по простиранью толщи его пород, отчего следы сечения ее ритмов и слоев располагаются горизонтально. Для показа различия в залегании пород блоков Ia и Iб фрагмент разреза последнего (по линии Г-Д) помещен в створе долины руч. Медвежьего.

Подчеркнем новое, отличающееся от ранее сложившегося, содержание понятия «фазы интрузива Кувалорог». Речь теперь идет о двух продолжительных (и разделенных тектоническим событием) фазах (этапах) внедрения мафической базитовой магмы и, соответственно, становления двух расслоенных комплексов ультрамафит — габбро — норитового состава, слагающих основной объем интрузива. Кортландиты — шрисгеймиты в виде каких-либо самостоятельных внедрений в изученной части массива не наблюдались, и, как и положено породам кумулятивного происхождения (Селянгин, 2006), присутствуют лишь в виде слоев расслоенных толщ интрузива, отдельной фазы не образуя. В соответствии с этим линейный «рой

даек» кортландитов, показанный на прежних картах интрузива и представляющий, вероятнее всего, фрагменты единого пластового тела, переинтерпретирован нами в качестве слоя предположительно выделяемого здесь макроритма расслоенности (в юго-восточном углу карты рис. 1). Гранитоиды (являющиеся, возможно, дифференциатами интрузива) на изученной территории в контакте с ним не проявлены и здесь в качестве фазы не рассматриваются.

Поскольку нашими исследованиями была охвачена не вся площадь выхода интрузива, не исключено иное строение его неизученных участков, прилегающих к площадям развития выделенных фаз (в том числе наличие еще и других фаз или иначе опрокинутых блоков). Однако, ввиду сравнительной ограниченности указанных участков (за вычетом площади предполагаемой фазы гранитоидов), иное их строение представляется маловероятным, и мы полагаем возможной, в первом приближении, экстраполяцию выявленных особенностей строения на весь объем интрузива Кувалорог, являющегося, таким образом, пред- и синкинематическим, не менее, чем двухфазовым и не менее, чем дважды опрокинутым.

Совместная дислокация вмещающих и интрузивных пород при их резко различной компетентности обусловила тектонический срыв контактов массива, с отторжением его вероятных боковых апофиз. Одной из них, по-видимому, является небольшой рудоносный интрузив руч. Оленьего, расположенный к юго-западу от изученной территории. По отмеченным данным бурения, по нашим наблюдениям контактовой зоны интрузива на правобережье руч. Медвежьего и, по данным Р.М. Новакова, на всем остальном протяжении контакта изученной части интрузива с вмещающими сланцами хейванской свиты он имеет характер зоны дробления, мощностью от

Рис. 1. Схематическая геологическая карта северо-западной части интрузива Кувалорог. Составил автор с использованием данных Р.М. Новакова. Условные обозначения: 1 — рыхлые четвертичные отложения; 2 — филлитовидные сланцы, метапесчаники и метаалевролиты хейванской свиты (поздний мел.). Породы интрузива (эоцен): 3 — кортландиты-шрисгеймиты, оливиновые флогопит-плагиоклаз-амфиболовые ортопироксениты; 4 — безоливиновые амфиболовые ортопироксениты — пироксеновые горнблендиты; 5 — мелано-габбро-нориты, в т.ч. полосчатые (ритмически расслоенные); 6 — амфибол-биотитовые, биотитовые ильменитовые лейконориты; 7: а — пегматоидные ильменитовые горнблендиты, слюдяные горнблендиты, биотитовые слюдиты; б — блоки-ксенолиты ороговикованных, мигматизированных пород хейванской свиты. Прочие обозначения: 8 — фазы внедрения интрузива (цифры) и блоки его пород с разным наклоном расслоенности (буквы); 9: а — тектонизированные (сорванные) контакты интрузива; б — граница фаз внедрения, погребенная и предполагаемая; 10: а — границы между макроритмами расслоенности, установленные и предполагаемые (пунктир); б — границы между слоями в макроритмах; 11 — нумерация макроритмов расслоенности по порядку напластования в каждой фазе; 12: а — разломы, установленные и предполагаемые (пунктир); б — предполагаемое положение шарнирного сброса, разделяющего блоки Ia и Iб; 13 — элементы залегания расслоенных пород: а — замеренные; б — принятые в качестве средних для фаз и блоков интрузива; 14: а — дайки андезитов-дацитов (кимитинский комплекс, неоген); 15 — линии разрезов. На врезках: внизу — положение района исследований, вверху — общий контур интрузива и изученная часть его выхода.

первых метров до десятков метров. Судя по степени конформности-дисконформности ему структур расслоенности (рис. 1) и по направлениям нарастания степени дифференцированности пород обеих фаз (см. далее), для I фазы интрузива это был боковой, а для II – нижний контакт, очерчивающий форму этой части камеры в виде широкой воронки. Ближайшей к придонной части интрузивной камеры I фазы является северо-западная часть толщи ее пород.

В связи с выявлением опрокинутого залегания обеих фаз интрузива и, соответственно, положения бывших придонных зон их камер, могут быть переинтерпретированы гравиметрические данные о распределении его мощности (как теперь очевидно – вертикальной, а не истинной). В частности, раздвиг мощности у северо-западной оконечности интрузива, толковавшийся в качестве его подводящего канала, может быть либо ветвью его II фазы, некогда простиравшейся к востоку и при ее опрокидывании погруженной на глубину, либо действительно корневой частью, но тогда скорее «оторванной» от нее толщи пород I фазы и скорее в виде плотного «пучка» даек, чем монолитного тела. Подобным же образом следы магмопитающей системы II фазы интрузива надо искать западнее ее западного края. Не исключено, что отторгнутым и перемещенным фрагментом этой системы является плохо обнаженное тело габброидов с названием Медвежий Мыс (за западной рамкой карты рис. 1).

СТРОЕНИЕ И МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ИНТРУЗИВНЫХ ФАЗ МАССИВА КУВАЛОРОГ

Интрузив Кувалорог характеризуется макроритмической расслоенностью обеих его фаз, выраженной повторяемостью в их разрезах пачек слоев пород («циклических единиц», или макроритмов) мощностью от десятков до сотен метров, с направленным изменением их химического и минерального состава – от ультрамафических и мафических в основаниях пачек до лейкократовых в их верхних частях (модальная расслоенность). Некоторые макроритмы осложняются расслоенностью в масштабе метров – дециметров, которую можно назвать мезо- и микро- ритмической. Из-за отсутствия достаточных данных по составу минералов интрузива не исследована другая возможная составляющая его структуры – скрытая расслоенность визуально монотонных слоев.

На карте (рис. 1) выделенные макроритмы каждой фазы интрузива пронумерованы по порядку их напластования. Наиболее полные из них начинаются слоями оливиновых или оливинсодержащих плагиоклаз-флогопит-амфи-

боловых ортопироксенитов, иногда с прослоями или линзами кортландит-шрисгеймитов – с меньшей или большей примесью клинопироксена (вебстеритовая тенденция), интенсивно замещаемого магматическим амфиболом. С этими породами связано практически все наблюдавшееся в интрузиве сульфидное оруденение (от первых до 10-12%). Выше залегают безоливиновые и практически безрудные разности этих пород, еще выше сменяющиеся ортопироксеновыми горнблендитами и биотит-амфиболовыми мелано-габбро-норитами, к верхам слоев обычно более мелкозернистыми и лейкократовыми. В разрезе II фазы, в нижней части ее мощного третьего макроритма, особенно богатые амфиболом породы этого типа подвержены мезо- и микро- ритмическому расслоению, с вариациями от плагиоклазовых горнблендитов до мезократовых габбро-норитов.

Завершают макроритмы слои относительно мелкозернистых амфибол-биотитовых и биотитовых ильменитовых лейконоритов, иногда содержащих альмандинный гранат и местами обильно насыщенных графитом. Преимущественно в этих породах присутствуют многочисленные обломки и целые горизонты крупных линзо- и пластообразных блоков-ксенолитов углистых сланцев хейванской свиты мощностью до 10-15 метров, глубоко метоморфизованных до кварцитов, гранатовых, гранат-герцинитовых, графит- и пиритсодержащих роговиков и мигматитов. Лейкосома последних имеет состав биотит-гранатовых диоритов и плагиогранитов. Книзу, под экранами пластообразных ксенолитов, аналогичные им, но резко перегруженные гранатом породы («плагиогранитные гранатиты» с содержанием SiO_2 до 55%) плавно сменяются лейконоритами. Несомненно, что общий «норитовый уклон» интрузива Кувалорог связан с широким развитием приконтактового анатексиса вмещающих пород и контаминацией его магмы веществом этих перглиноземистых выплавов.

Неполные макроритмы могут начинаться с амфиболовых пироксенитов или даже с мелано-габбро-норитов. В составе полных местами проявлены линзообразные, по-видимому, участки пород пегматоидного облика – железистых ильменитовых горнблендитов, слюдяных (биотитовых) горнблендитов и плагиоклазовых слюдитов. Их положение в разрезах и на карте рис. 1 показано условно, поскольку эти породы во всех случаях наблюдались лишь в составе делювия ультрамафитов.

Анализ геологического положения и петрографических особенностей пород (см. далее) интрузива показывает, что их разнообразие обусловлено сочетанием трех главных факторов петрогенеза: кристаллизационной дифферен-

циации, смешения магм и контаминации их выплавками из вмещающих пород. Поскольку смешение эволюционирующей в интрузиве магмы-резидента с новыми порциями исходной магмы вызывает не только общее реверсивное смещение ее состава к более примитивному, но и может менять пути ее дифференциации (Ирвин, 1983), не исключено, что, например, начало некоторых сокращенных макроритмов с почти мономинеральных ортопироксенитов связано именно с этим процессом. Его результат определяется составами и объемными пропорциями ингредиентов смеси.

Изложенные данные показывают, что интрузивы обеих фаз массива Кувалорог формировались путем последовательного, действительно силлообразного (первично горизонтального) внедрения множества порций базитовой мафической магмы. Интрузивы, однако, представляют не «стопки» силлов, а толщи оставшихся в результате их дифференциации кристаллических фракций — кумулатов, жидких магматических эквивалентов не имеющих. С учетом смешения и контаминации исходной магмы веществом приконтактных выплавок доля ее кислых, собственно магматических дифференциатов (плагиигранитного типа) могла составлять до 10–15% объема каждой ее порции. Эти легкие фракции, очевидно, удалялись из объема интрузива на более высокие уровни в коре в результате всплывания и, возможно, частичного «выталкивания» новыми порциями базитовой магмы. Не исключено, что гранитоиды верхних для каждой из фаз, соответственно юго-восточной и восточной «оторочек» интрузива представляют эти его кислые дифференциаты.

Неизменное присутствие в лейконоритах верхних частей макроритмов блоков-ксенолитов измененных сланцев хейванской свиты показывает, что новые поступления мафитовой магмы регулярно размещались поверх толщ ранее накопившихся кумулатов, между ней и кровлей интрузива, вызывая новые отслоения последней, термальный метаморфизм и парциальное плавление отторженцев, с увеличением их плотности и погружением на уровень нейтральной плавучести в слое гибридной магмы или на поверхность толщ кумулатов. Новые поступления исходной магмы происходили через трещины в этой толще, которые могли закрываться после пропуска очередной порции расплава или заполняться кумулатами по типу нептунических даек.

Результатом этой магматической активности стало формирование интрузива I фазы мощностью (высотой) ~3.2 км — если экстраполировать строение изученного участка массива до его

юго-восточной оконечности. Мощность интрузива II фазы составляет не менее 2.4 км.

Описанный механизм формирования массива Кувалорог — показательное проявление зависимости возможности подъема и депонирования магмы на определенном уровне в земной коре от соотношения ее плотности с плотностью окружающей среды, т.е. плавучести магмы (Walker, 1989). Не будучи способной к подъему крупной порцией в низкоплотные вмещающие породы, магма, по существу, сама формирует себе пути подъема последовательным накоплением плотных кумулатов (Селянгин, Пономарева, 1999). Плотность исходной магмы, очевидно, должна быть промежуточной между её значениями для лейконоритовых кумулатов и хейванских сланцев. Расчеты их плотности по методу (Bottinga, Weill, 1970) при температуре 1100°C (без учета присутствия H₂O) дают значения соответственно 2.6 и 2.4 г/см³.

Такой механизм формирования интрузива менее благоприятен для образования в нем рудных залежей, чем быстрое единовременное внедрение и последующая дифференциация крупной порции рудоносной магмы. Влияние вмещающих пород как плотностного фильтра должно вынуждать магму освобождаться от ее тяжелых (в т.ч. рудных) фракций уже на докамерной стадии эволюции. По-видимому, с этим связано небольшое, в общем, присутствие в интрузиве оливиновых разностей пород, не наблюдается в них и раннемагматических, досиликатных выделений сульфидов — присутствующие формировались уже на стадии кристаллизации ортопироксена и раннего амфибола. Тем не менее, в случае более стремительного поступления в камеру интрузива относительно более крупной порции глубинной магмы, не исключено образование в нем «подвешенных» залежей руд в связи с гибридными пироксенитами, как это проявлено в одной из каледонских интрузий Норвегии (Jensen et al., 2003).

С указанных общих физических и геологопетрологических позиций более перспективными на образование залежей магматических сульфидных медно-никелевых руд должны быть ультрабазит-базитовые интрузивы, локализующиеся в более плотных породах нижнего структурного этажа района — колпаковской и камчатской серий, или межформационные внедрения на контакте последней с хейванской свитой. Подобную позицию занимают интрузивы известных рудопроявлений Квинум I и II (Чубаров и др., 2005), расположенные в 16 км к северо-западу от интрузива Кувалорог. По признаку интенсивного рассланцевания пород пологой межформационной контактовой зоны, затрагивающего и отмеченные рудопроявления, она трактуется как

сместитель крупного надвига хейванского аллохтона на метаморфиты основания в северо-западном направлении.

Сопоставление указанной мощности интрузива I фазы массива Кувалорог с оценками мощности хейванской свиты (2.3 км) указывает, что началом его формирования могло быть также межформационное внедрение магмы. Опрокидывание обеих фаз интрузива, в целом противоположное направлению предполагаемого надвига, свидетельствует скорее в пользу гравитационных срывов, оползания и складчатых деформаций хейванской свиты при пульсирующих воздыманиях Срединного кристаллического массива.

ПЕТРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИНТРУЗИВА

Интрузив Кувалорог сложен сериями кумулатных пород с составами от высокомагнезиальных до высокоглиноземистых. Подавляющая их часть представлена основными разностями с содержанием SiO_2 в габбровом диапазоне 44-53%. Ультрабазиты немногочисленны (по содержанию SiO_2 в их группу формально попадают богатые гранатом породы массива и ксенолиты вмещающих пород), ограничена и доля пород, более кремнеземистых, чем базиты. Представительные анализы основных разновидностей пород интрузива приведены в таблице.

Существенных систематических отличий по составу между сериями кумулатов различных фаз и макроритмов интрузива не наблюдается (повышенная магнезиальность части пород блока Ia отражает несколько более детальное опробование одного из прослеживавшихся горизонтов ультрамафитов).

По соотношению щелочей и кремнезема большинство пород характеризуется нормальной щелочностью, лишь некоторые обогащенные биотитом разности попадают в поле щелочных (рис. 2a). По соотношению Na_2O и K_2O кумулаты интрузива не обнаруживают специфической принадлежности к какому-либо из обычно выделяемых рядов магматитов, перекрывая весь их спектр от калиевого и калий-натрового до натрового. Тем не менее, можно говорить о нарастании натриевой щелочности пород в ходе дифференциации интрузива (рис. 2б).

Большинство пород интрузива, реально оливина не содержащих, являются оливин-нормативными из-за присутствия в них магматических слюды и, главным образом, амфибола. Это косвенно определяет принадлежность последнего к ряду низкокремнеземистых паргасита – гастингсита. Участие этих амфиболов, содержащих в своем составе Na_2O и K_2O , в диф-

ференциации магмы способствовало повышению темпа накопления в ней кремнезема сравнительно со щелочами. Часть пород интрузива, содержащих гранат и шпинель, являются корунд-нормативными.

На классификационных диаграммах с использованием железо-магниевого отношения в соотношении со щелочами (рис. 3a) и кремнеземом (рис. 3б) большая часть пород интрузива занимает противоречиво-несовпадающие положения – в поле толеитовых составов на первой и в поле известково-щелочных на второй. На диаграмме Мияширо (рис. 3б) лейконориты образуют заметно обособленную группу наиболее железистых пород. Надо отметить, что обе диаграммы, предложенные для сравнительного анализа серий собственно магматических (вулканических) пород, для кумулатных пород имеют, в основном, формально-иллюстративное значение, позволяя лишь косвенно судить о возможных путях эволюции комплементарных им расплавов.

Ввиду ограниченной вариативности пород интрузива по содержанию SiO_2 и, напротив, высокой по магнезии, вариации всех других компонентов рассматриваются в зависимости от содержания MgO (рис. 4).

Резко выраженную отрицательную корреляцию с магнезией показывают глинозем и Na_2O , что отражает последовательное фракционирование из магмы и накопление в толщах кумулатов сначала фемических, а затем все более лейкократовых ассоциаций с преобладанием плагиоклаза.

Закись железа показывает незначительное снижение содержаний при резком снижении MgO , что означает существенное возрастание относительной железистости лейкократовых кумулатов и, очевидно, эволюцию к железистым составам их фемических минералов, при убыли их общего количества.

Породам интрузива, не содержащим магнетита (Щека, Чубаров, 1987), свойственна, тем не менее, значительная окисленность. Содержания Fe_2O_3 в серии в среднем до 4%, при отношении $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO} \approx 0.4$, до 0.6. По-видимому, существенная часть окисного железа входит в состав амфибола и слюд, о чем свидетельствует снижение его содержаний в слоях лейкократовых кумулатов и, напротив, экстремально высокие содержания в некоторых вполне свежих горнблендитах. Другим фактором повышенной окисленности пород интрузива является их гипергенное окисление и ожелезнение, с большим или меньшим привнесением гидроокислов железа. «Ржавые», обожженные породы широко распространены на территории интрузива в пологих зонах кливажирования пород. Гидроокислы пропитывают их по микротрещинам и межзерновым границам минералов практически без изменения

Таблица. Состав основных разновидностей пород массива Кувалорог, мас. %

Окислы	36-1	37-1	39-1	37-4	38-2	57-1	55-1	40-4	56-1	50-2	50-4	3-1	33-2	71-1	76-1	42-2	46-1	47-2	29-2	28-4
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SiO ₂	48.56	48.98	35.85	51.98	49.79	48.99	48.97	49.70	44.96	45.96	46.92	48.86	50.05	46.64	49.10	45.05	45.68	51.22	46.95	49.81
TiO ₂	0.96	0.65	1.80	1.33	0.62	0.74	2.69	0.97	0.45	0.65	0.94	2.76	0.60	1.72	2.09	0.69	0.84	0.91	2.97	0.53
Al ₂ O ₃	9.91	14.67	16.12	19.39	18.78	4.26	20.03	4.60	4.41	6.79	11.80	20.92	3.79	8.73	19.81	7.12	5.58	7.15	20.52	4.62
Fe ₂ O ₃	1.35	1.94	1.98	0.73	1.20	1.01	0.10	2.16	3.41	2.70	2.34	0.27	6.81	2.37	1.17	1.93	2.33	4.06	0.89	1.57
FeO	11.33	7.47	15.80	5.96	5.89	9.70	8.84	9.55	7.25	7.76	7.90	7.54	5.89	10.48	7.61	10.70	10.78	13.43	6.97	10.77
MnO	0.23	0.16	0.13	0.11	0.11	0.23	0.12	0.20	0.18	0.19	0.18	0.11	0.17	0.22	0.14	0.18	0.20	0.25	0.10	0.21
MgO	13.42	10.15	6.20	5.60	7.10	19.86	3.66	25.20	25.72	21.65	14.74	3.64	17.18	14.99	4.40	22.62	25.37	16.67	4.60	23.63
CaO	9.69	11.61	5.52	9.04	11.37	10.79	8.92	3.30	6.26	11.03	10.34	9.22	10.18	9.16	9.43	4.76	3.69	1.58	10.56	3.85
Na ₂ O	1.37	1.74	1.94	2.85	2.51	0.66	3.44	0.74	0.73	1.08	1.67	3.65	0.52	1.20	3.15	0.96	1.36	0.45	3.34	0.63
K ₂ O	0.35	0.26	0.23	0.66	0.29	0.27	0.37	0.60	0.55	0.15	0.30	0.31	0.18	0.42	0.29	0.82	0.61	3.26	0.28	0.11
P ₂ O ₅	0.25	0.11	0.03	0.15	0.09	0.05	1.27	0.03	0.14	0.06	0.09	0.17	0.06	0.30	0.90	0.12	0.12	0.49	1.05	0.08
П.П.П.	2.04	1.83	7.50	1.89	1.95	2.59	1.47	2.09	5.22	2.81	2.29	1.29	4.12	3.25	1.70	3.57	2.59	0.01	1.59	2.24
Сумма	99.46	99.57	93.10	99.70	99.71	99.15	99.78	99.14	99.27	99.26	99.50	99.74	99.55	99.48	99.80	98.52	99.05	99.50	99.82	98.07

Примечания. 1-12 – породы I фазы интрузива, по ее блокам соответственно рис. 1, вверх по разрезам макроритмов. 1-5 – макроритм 2 в блоке I а: 1 – плагиоклаз-ортопироксеновый горнблендит; 2 – мелано-габбро-норит; 3 – пиритизированная, с графитом, плагиоклаз-шпинель-гранатовая порода блока-ксенолита вмещающих пород; 4 – кварц-содержащий амфибол-биотитовый лейконорит у контакта с отмеченным ксенолитом; 5 – мезократовый амфиболовый габбро-норит. 6, 7 – тот же макроритм 2 в блоке I б: 6 – амфиболовый вебстерит; 7 – биотитовый ильменитовый лейконорит. Макроритм 3, блок I а: 8 – флогопит-амфиболовый оливиновый ортопироксенит базального слоя; блок I б: 9 – кортландит-шрисгеймит; 10 – шрисгеймит; 11 – мелано-габбро-норит; 12 – биотитовый ильменитовый лейконорит.

13-20 – породы II фазы интрузива; макроритм 2: 13 – апобестеритовый горнблендит; макроритм 3: 14 – плагиоклаз-ортопироксеновый горнблендит; 15 – амфибол-биотитовый лейконорит; макроритм 4: 16 – гибридный ультрамафит с мегакристаллами оливина; 17 – флогопит-амфиболовый оливиновый ортопироксенит; 18 – пегматоидный плагиоклаз-биотитовый слюдит; 19 – обогащенная вкрапленниками граната порода с основной массой состава кварцевого диорита; макроритм 6: 20 – ортопироксенит базального слоя.

36-1 – 28-4 – номера образца, 1-20 – номера анализа. Анализ выполнен на рентгенофлуоресцентном спектрометре S-4 Pioneer Аналитического центра института вулканологии и сейсмологии ДВОРАН, исполнители Е.В. Карташева, Н.И. Чеброва, В.М. Рагулина.

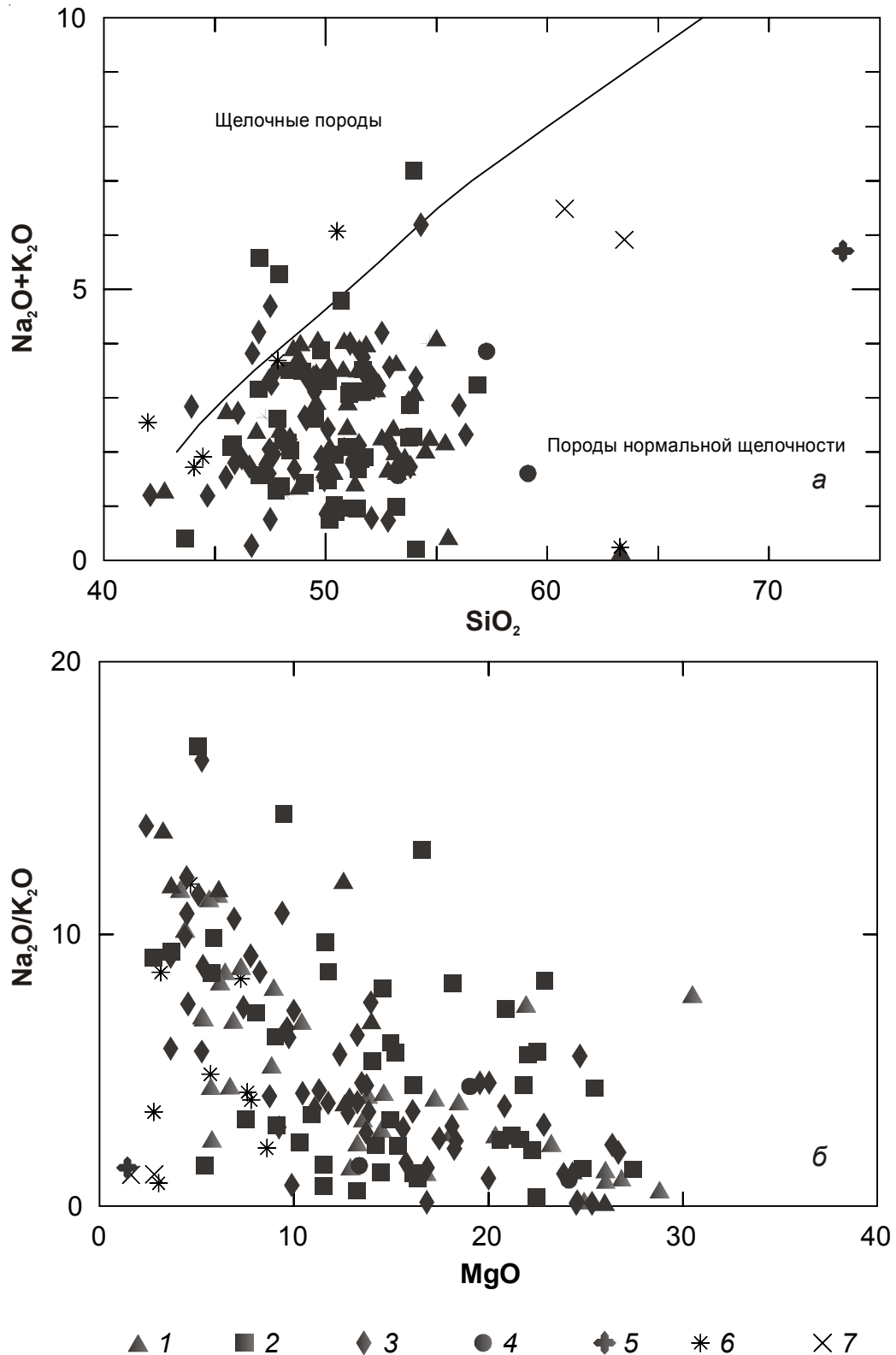


Рис. 2. Щелочность пород западной части интрузива Кувалорог и сопутствующих образований (вмещающих, ксеногенных и жильных пород): *a* – общая щелочность (по Irvine, Baragar, 1971); *b* – отношение натровой и калиевой щелочности. Условные обозначения: 1 – породы I фазы интрузива, блок I а; 2 – породы I фазы интрузива, блок I б; 3 – породы II фазы интрузива; 4 – породы интрузива руч. Оленьего; 5 – сланцы хейванской свиты; 6 – породы ксенолитов метаморфизованных сланцев хейванской свиты в интрузиве: гранатовые, гранат-графит-шпинелевые роговики, гранатовые плагиогранитные мигматиты, гибридные биотит-мусковит-гранатовые диориты; 7 – плагиоклаз-роговообманковые андезиты-дациты даек кимитинского комплекса (неоген). Составы пересчитаны на безводные, содержания в мас. %.

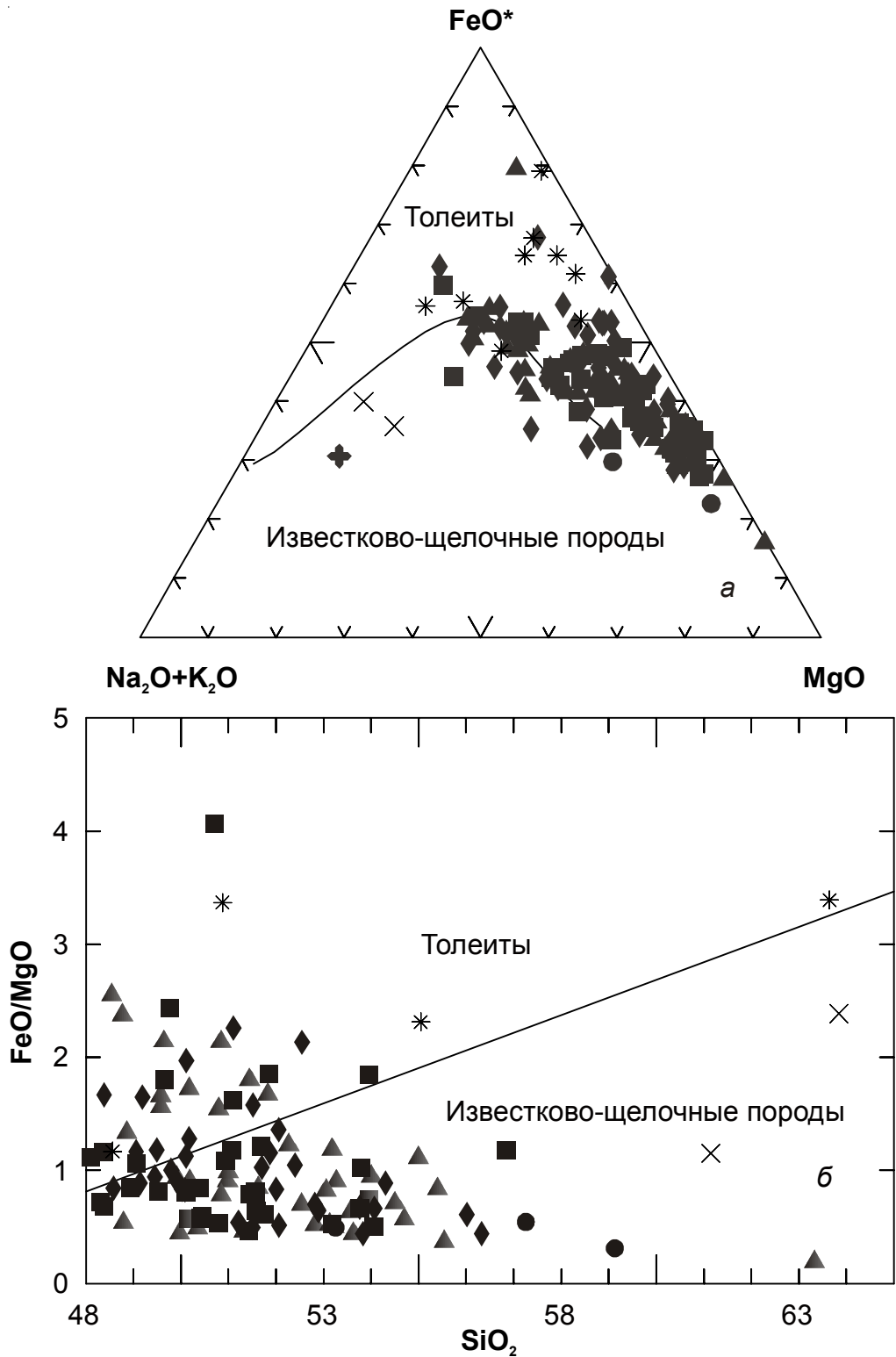


Рис. 3. Сериальная принадлежность пород интрузива и сопутствующих образований: а – по (Irwine, Varagar, 1971); б – по (Myashiro, 1975). Условные обозначения см. на рис. 2.

последних. В качестве механизма наложенного ожелезнения пород можно предполагать циркуляцию холодных растворов из некогда существовавших на поверхности интрузива зон окисления, «стертых» последующими эрозией и оледенением.

Содержание извести возрастает при переходе от кумулатов железо-магнезиальных минералов к их смеси с кальцийсодержащими, стабилизируется на уровне до 11% в мелано-габброноритах и снижается в лейконоритах – очевидно, с падением основности их плагиоклаза. Форма

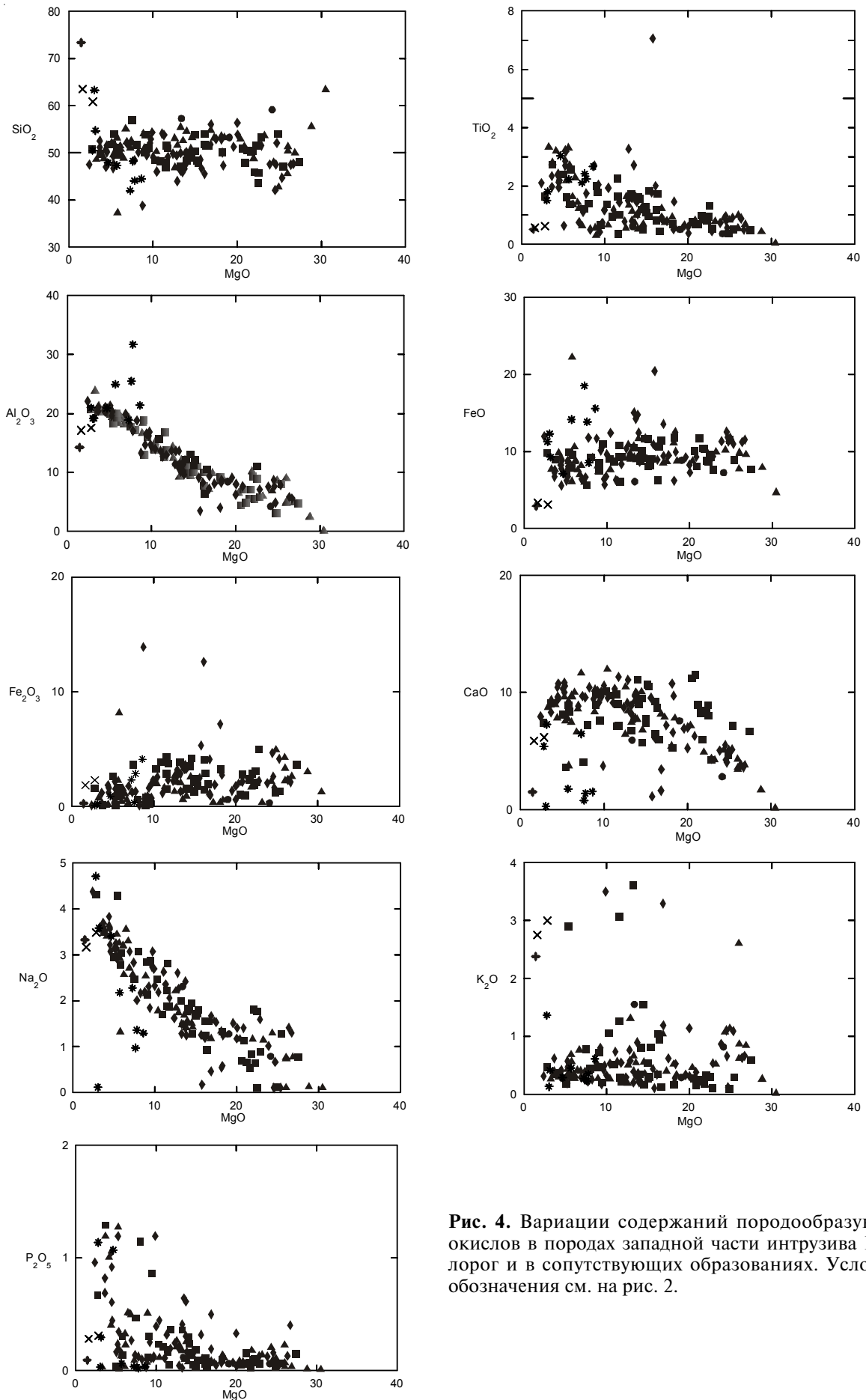


Рис. 4. Вариации содержаний породообразующих окислов в породах западной части интрузива Кувалорог и в сопутствующих образованиях. Условные обозначения см. на рис. 2.

роя фигуративных точек отражает суммарную вариацию двух разновидностей извести: салической (плагноклазовой), «ведомой» вариацией глинозема, и фемической (клинопироксеновой и кальций-амфиболовой), избыточной против её стехиометрических отношений в плагноклазе. С известной приближенностью отдельные их вариации отражаются на диаграммах для нормативных анортита и диопсида (рис. 5).

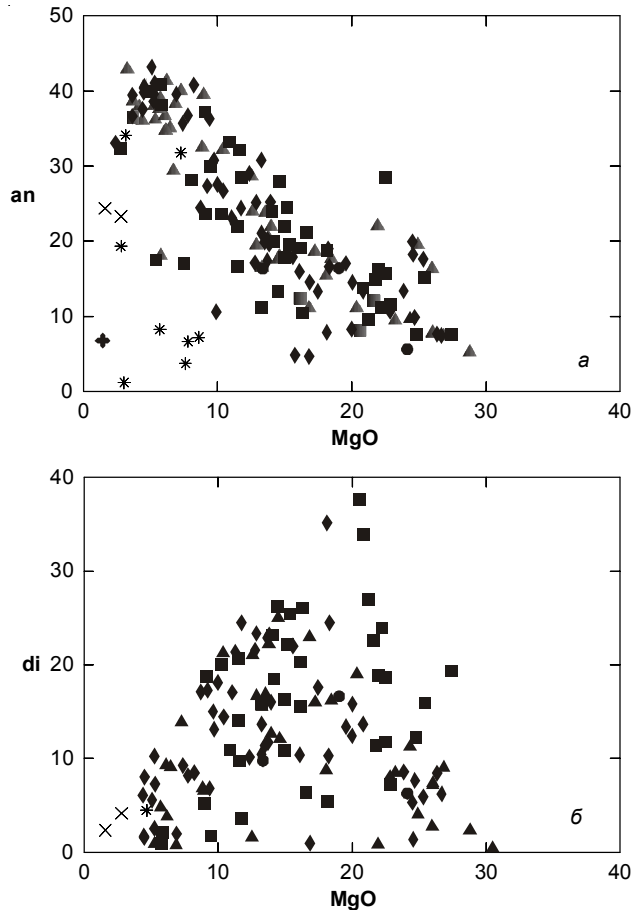


Рис. 5. Содержание нормативных анортита (а) и диопсида (б) в породах массива Кувалорог как косвенных показателей вариаций салической и фемической долей извести в ходе их эволюции. Условные обозначения см. на рис. 2.

Содержание K_2O в серии кумулатов прямо связано с количеством содержащейся в них слюды ряда флогопит-биотит. Повышенное содержание окиси калия в ранних магнезиальных кумулатах отражает, вероятно, достаточно высокую калиевость исходной магмы и эффект её смешения с более продвинутыми дифференциатами, в то время как высокое её содержание в промежуточных мелано-габбро-норитовых разностях скорее связано с контаминацией магмы выплавками из вмещающих интрузив двуслюдяных сланцев хейванской свиты. К лейконоритам содержание K_2O по верхнему пределу в массиве анализированных пород снижается от 1.6%, а по

нижнему повышается от 0.1% до 0.3-0.4%. Отдельную группу экстремально калиевых пород составляют пегматоидные слюдяные горнблендиты и биотитовые слюдиты.

Содержания TiO_2 и P_2O_5 возрастают в лейкократовых кумулатах, отражая этап насыщения магмы ильменитом и апатитом и их вхождение в число кумулятивных фаз.

ПЕТРОГРАФИЯ И ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПЕТРОГЕНЕЗА

Породы-кумуляты интрузива Кувалорог – производные водосодержащей магнезиальной базитовой магмы – сложены оливином (Ol), ортопироксеном (Orx), клинопироксеном (Cpx), амфиболом (Am), слюдой ряда флогопит (Phl)-биотит (Bi), плагноклазом (Pl), ильменитом (Il), апатитом (Ap), кварцем (Q) и гранатом (Ga) в варьирующих и направленно изменяющихся количественных соотношениях. В лейкократовых, по преимуществу, породах содержится заимствованный из вмещающих сланцев графит. Во всей серии отсутствует первичный магнетит.

В отсутствие достаточных данных о составе минералов интрузива возможен лишь общий анализ генетических отношений его пород на структурной и парагенетической (котектической) основе. Последовательное выделение и накопление ранних ассоциаций минералов кумулуса с разным количеством захораниваемого интеркумулусного расплава, с наложением и реакционным воздействием ассоциаций более поздних, особенно гидроксил-содержащих минералов, обуславливают значительную изменчивость петрографического облика пород даже близкого химического состава и размытость переходов между их типами, затрудняя расчленение и корреляцию разрезов кумулатных толщ. Дополнительные осложнения вносят отмечавшиеся явления смешения магм разных стадий дифференциации и контаминации их выплавками из вмещающих пород.

В породах интрузива наблюдается следующая генеральная последовательность выделения минералов кумулуса и их котектических ассоциаций при кристаллизации одной порции исходной магмы и образовании одного полного макроритма расслоенности: $Ol \rightarrow Orx \rightarrow Orx + Cpx + Am + Phl \rightarrow Orx + Pl + Am + Bi \rightarrow Orx + Pl + Bi + il + Ap + Am + Ga \rightarrow Pl + Bi + Q + Ga$. Минералы всех последующих ассоциаций могут присутствовать в качестве интеркумулусного материала более ранних, в виде ойкокристаллов и интерстициальных выделений.

Указанной последовательности соответствует ряд пород: оливинит – ортопироксенит –

флогопит-амфиболовый вебстерит или (обычно) пироксеновый горнблендит – биотит-амфиболовые габбро и габбро-норит – норит – плагиогранит. Последний на изученной территории интрузива самостоятельных тел не образует, и его материал присутствует лишь в качестве мезостазиса гранатовых пород и контаминированных кварц-биотитовых лейконоритов. Зоны («гало») последних возникают, в частности, над блоками-ксенолитами наиболее метаморфизованных и плотных (богатых гранатом и шпинелью) вмещающих пород, некогда погружившихся в слои более мафических кумулатов; это нарушает указанную общую последовательность напластования пород в макроритмах возникновением интервалов ее обратной направленности (см. ряд анализов пород макроритма 2 фазы I в табл.).

Оливин, вследствие небольшого, в общем, его количества в интрузиве, также не образует самостоятельных слоев, входя в существенно ортопироксеновые ассоциации ультрамафитов. В нормальной последовательности кристаллизации – в реакционных отношениях с ортопироксеном – он наблюдается лишь в редких кортландитах-шрисгеймитах, образуя обычные для них включения резорбированных реликтов-хадакристаллов в ойкокриссталлах ортопироксена (ассоциация пойкилитовых гарцбургитов) и вместе с ними – в крупных ойкокриссталлах амфибола и флогопита. В большинстве же оливиновых ультрамафитов интрузива оливин (3–10%) присутствует в виде кристаллов, одинаково идиоморфных с пойкилитовым ортопироксеном, вместе с ним образуя хадакристаллы в амфиболе и флогопите. Такого рода ассоциация оливина и ортопироксена соответствует гранулярным гарцбургитам, образующимся при смешении магмы, выделявшей ортопироксен, с более примитивной магмой, содержавшей вкрапленники оливина (Wilson, 1992). Плагиоклаз в этих породах образует мелкие интерстициальные выделения. В некоторых горизонтах описанных ультрамафитов содержатся прослои троктолитоподобных пород, обогащенных плагиоклазом и оливином и обедненных амфиболом, при сохранении доли ортопироксена. Оливин в них, однако, не контактирует с плагиоклазом, неизменно отделяясь от него каймами реакционного ортопироксена и амфиболом, образующим тонкостенные, «ажурные» ойкокриссталлы. Появление таких пород отражает, вероятно, смешение мафической магмы с магмой-резидентом, слоистой по содержанию Al_2O_3 .

Выразительный пример смешения магмы, содержавшей крупные, до 30 мм, мегакристаллы оливина, с магмой-резидентом достаточно кислого состава представляют сульфидоносные

породы юго-восточной части горизонта ультрамафитов 4-го ритма II фазы интрузива (рис. 1). Мегакристы оливина интенсивно резорбированы и окаймлены венцовым агрегатом мелких кристаллов ортопироксена и мелкочешуйчатого флогопита, переходящим в зону гранулярного амфибола и интерстиции, заполненные пойкилитовым плагиоклазом и крупными выделениями биотита. Зерна сульфидов располагаются в амфиболовой зоне. Появление пород с множеством мегакристов оливина, для интрузива экзотичных, связано, видимо, с близостью их положения к бывшему источнику (входу в камеру проводника) магмы, пополнявшей интрузив. В других предполагаемых выходах этого горизонта породы представлены обычными оливиновыми флогопит-(плагиоклаз)-амфиболовыми ортопироксенитами. С различными механизмами пополнения камеры интрузива новыми порциями магмы (в виде «фонтанов», плюмов, придонных слоев, одновременно или частями) и её смешения с магмой-резидентом может быть связана значительная латеральная и вертикальная изменчивость минерального и химического состава базальных для каждого макроритма слоев ультрамафитов и мафитов.

Существенную сложность расшифровки генетических отношений пород интрузива создает кристаллизация в них гидроксил-содержащих минералов, особенно амфибола. В низкокальциевых оливиновых и безоливиновых ортопироксенитах кальциевый амфибол (паргасит, по данным (Щека, Чубаров, 1987)) кристаллизуется после оливина, ортопироксена и редкого в них клинопироксена. Не находясь в реакционных отношениях с первыми, амфибол интенсивно замещает клинопироксен, и с накоплением в магме извести и воды следующей в ряду кумулатов породой (в безводных условиях это был бы вебстерит) оказывается плагиоклаз-(флогопит-)ортопироксеновый горнблендит, в котором амфибол представляет субликвидусную фазу, уже полностью заменяющую клинопироксен. Лишь изредка среди этих пород встречаются прослои относительно бедных амфиболом вебстеритов с реликтами клинопироксена, представлявших изначально более плотный кумулат с минимальным количеством погребенного расплава.

Переход от пироксеновых горнблендитов к следующей в ряду котектике амфиболового габбро–габбро-норита выражен постепенным увеличением доли и изменением структурного положения в породах плагиоклаза – от небольших интерстициальных выделений через ойкокриссталлические, с включениями ортопироксена и амфибола, до одинаковой с ними степени идиоморфизма и количественного над ними преобладания. Породы именно этого спектра переходов

выделены на карте (рис. 1) в виде слоев с общим названием «мелано-габбро-нориты». Котектические и субкотектические амфиболовые ($\pm V_i$) габбро-нориты более других пород интрузива склонны к мезо- и микроритмическому расчленению, с чередованием слоев с составами от горнблендитов до лейкократовых габбро-норитов – норитов.

В ряду котектических ассоциаций минералов интрузива определенную аномалию представляет ассоциация безамфиболовых, кварц-содержащих биотит-ильменитовых лейконоритов. В аналогичных по составу «сухих» сериях магматитов в ходе нормальной фракционной кристаллизации невозможен переход от плагиоклаз-двупироксеновой габбровой котектики к плагиоклаз-ортопироксеновой норитовой, поскольку по физико-химическим законам невозможно выделение одного ортопироксена после начала кристаллизации клинопироксена (Ирвин, 1983). В водных кувалорогских кумулатах переход от амфиболовых габбро-норитов к норитам выражен также неестественным для нормальной фракционной кристаллизации «уходом» амфибола с позиции ликвидусной и кумулусной фазы вновь в положение интеркумулусной, ойкокриталлической и интерстициальной, с постепенным полным исчезновением. Очевидно, как это предполагается для «сухих» серий, описываемый переход в серии кумулатов Кувалорога связан с появлением в магме избыточного глинозема, связывающего всю фемическую известь в плагиоклаз. Присутствие в лейконоритовых слоях ксенолитов парциально плавившихся двуслюдяных сланцев с очевидностью показывает, что причиной повышения глиноземистости магмы интрузива и образования норитов была её контаминация выплавками из вмещающих пород.

Отсутствие первичного магнетита в породах интрузива свидетельствует о его кристаллизации в условиях низкой фугитивности кислорода, буферировавшейся углистым веществом ассимилируемых вмещающих пород. В этих условиях в наиболее продвинутых (плагиогранитных) дифференциатах интрузива – продуктах водной высокоглиноземистой магмы – заменителем магнетита, связывающим остаточную закись железа, является спессартин-альмандитовый гранат в ассоциации с биотитом и ильменитом (или пиритом) (Ферштатер, 1987).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование совокупности рудо- и петрогенетических процессов в интрузиве Кувалорог, являющегося своего рода «стратотипическим» объектом среди других образований водного сульфидно-рудогенного магматизма Камчатки,

необходимо продолжить на более детальном уровне и на всей площади его выхода. В поисковом плане особенно существен структурно-петрологический аспект исследования. Практически все наблюдавшиеся в изученной части массива сульфидное оруденение имеет сингенетический характер и связано со слоями ультрамафических пород, т.е. контролируется структурой расчлененности интрузива; признаков предполагавшихся поздних внедрений малых тел рудоносных ультрабазитов или самостоятельных рудных «выжимок» не обнаружено. Наиболее перспективными объектами поисков в районе интрузива представляются возможные фрагменты его магмопроводящих систем, которые могли быть коллекторами-«уловителями» рудной нагрузки каждой из протекавших через них порций магмы интрузива, а также «висячие» горизонты сульфидных руд или гибридных «малосульфидных» пород, перспективных и в отношении вероятной концентрации металлов платиновой группы (Naldrett et al., 1987).

Автор признателен В.Е. Кунгуровой за помощь в полевой и камеральной обработке материала, Е.М. Газзаевой, Е.П. Михайловой, А.В. Петренко и И.В. Масловской за помощь в оформлении статьи.

Список литературы

- Гриненко Л.Н., Минеев С.Д.* Условия становления массива Кувалорог (Центральная Камчатка) и связанного с ним оруденения по изотопно-геохимическим данным // *Геохимия*. 1984. № 10. С. 1491-1502.
- Жегалова Г.В.* Меланж в массивах габбро-норит-кортландитового комплекса Срединного хребта Камчатки // *Геотектоника*. 1981. № 3. С. 105-112.
- Ирвин Т.Н.* Изверженные породы, состав которых обусловлен аккумуляцией и сортировкой кристаллов // *Эволюция изверженных пород*. М.: Мир, 1983. С. 230-241.
- Конников Э.Г., Чубаров В.М., Травин А.В. и др.* Время проявления никеленосной норит-кортландитовой формации на востоке Азиатского континента // *Геохимия*. 2006. № 3. С. 1-7.
- Милютин А.Г.* Эндеогенное оруденение Корьякско-Камчатской складчатой области. Л.: Недра, 1985. 168 с.
- Полетаев В.А.* Камчатская платиноидно-никеленосная зона – геология и рудоносность // Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. М., 2004. 22 с.
- Селянгин О.Б.* Кортландит – амфиболовый пироксенит – горнблендитовая серия расчлененного никеленосного интрузива Восточно-Геофизический, Шанучское рудное

- поле, Камчатка // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2006. № 2. Вып. 8. С. 9-29.
- Селянгин О.Б., Пономарева В.В.* Строение и развитие Гореловского вулканического центра, Южная Камчатка // Вулканология и сейсмология. 1999. № 2. С. 3-23.
- Феритатер Г.Б.* Петрология главных интрузивных ассоциаций. М.: Наука, 1987. 232 с.
- Чубаров В.М., Игнатьев Е.К., Москалева С.В. и др.* Медно-никелевое рудопроявление Квинум-1 в кортландитах южной части Срединного хребта Камчатки // Докл. РАН. 2005. Т. 403. № 2. С. 231-236.
- Щека С.А.* Некоторые общие закономерности эволюции базит-гипербазитового магматизма // Основные проблемы металлогении Тихоокеанского пояса. Владивосток: ДВФ СО АН СССР, 1971. С. 300-313.
- Щека С.А., Старков Г.Н.* О сопряженности состава интрузивов и литолого-фациального состава вмещающих толщ (на примере базитов и гипербазитов Камчатки) // Докл. АН СССР. 1968. Т. 181. № 3. С. 710-713.
- Щека С.А., Чубаров В.М.* Никеленосные кортландиты Камчатки // Изв. АН СССР. Серия геологическая. 1987. № 12. С. 50-61.
- Bottinga Y., Weill F.* Density of liquid silicate systems calculated from partial molar volumes of oxide components // Amer. J. Sci. 1970. Vol. 269. № 2. P. 169-182.
- Irvine T.N., Baragar W.R.A.* A guide to the chemical classification of the Common volcanic rocks // Canad. J. Earth. Sci. 1971. № 8. P. 523-548.
- Jensen K.K., Wilson J.R., Robins B., Chiodoni F.* A sulphide – bearing orthopyroxenite layer in the Bjerkheim-Sokndal Intrusion, Norway: implications for processes during magma – chamber replenishment // Lithos 2003. № 67. P. 15-37.
- Miyashiro S.* Classification, characteristics and origin of ophiolites // J. Geology. 1975. Vol. 83. № 2. P. 249-281.
- Naldrett A.J., Cameron G., Von Grunewald G., Sharpe M.R.* The formation of stratiform PGE Deposits in Layered intrusions // Parsons, I (Ed.). Origins of Igneous Layering. Reidel, Dordrecht. P. 313-397.
- Walker G.P.L.* Gravitational (density) controls of volcanism, magma chambers and intrusions // Austral. J. Earth Sci. 1989. Vol. 36. P. 149-165.
- Wilson A.H.* Geology of the Great Dyke Zimbabwe: Crystallisation, Layering and Cumulate Formation in the P 1 Pyroxenite of Cyclic Unit 1 of the Darwendale Subchamber // J. of Petrology. 1992. Vol. 33. Part 3. P. 611-613.

NEW DATA ON STRUCTURE AND EVOLUTION OF NICKEL – BEARING INTRUSION KUALOROG, SOUTH KAMCHATKA

O. B. Selyangin

Research Geotechnological Centre, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences Severo-Vostochnoye shosse, 30, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683002, Russia. Phone: (41522) 92639, fax: (41522) 92639, e-mail: obs@kscnet.ru

Data on structure of one of the large nickel-bearing intrusions of Kamchatka as lopolith is revised. Principal peridotite-gabbro-norite part of layering massif is formed by two phases of many-portions injection of water magnesian basic magma. These phases were separated by tectonic event and overturned in different extent and different directions. Petrochemistry and petrography of the massif are discussed; recommendations for ores prospecting are given.