

## ПЕРМСКИЙ УЛЬТРАБАЗИТ-БАЗИТОВЫЙ МАГМАТИЗМ И СОПУТСТВУЮЩЕЕ Cu-Ni ОРУДЕНЕНИЕ ГОБИ-ТЯНЬШАНЬСКОГО ПОЯСА КАК РЕЗУЛЬТАТ ТАРИМСКОГО ПЛЮМА

Г.В. Поляков, А.Э. Изох, А.С. Борисенко

*Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, просп. Коптюга, 3, Россия*

Приводятся данные о возрасте, особенностях состава и геодинамических условиях формирования пермских ультрабазит-базитовых комплексов Зайсан-Гобийской зоны восточной части Гоби-Тяньшаньского рифтогенного пояса. Сопряженность во времени с раннепермскими покровными щелочными и толеитовыми базальтами, обнаруженными под чехлом Таримского и Джунгарского платформенных блоков, позволяет рассматривать эти образования как производные Таримского плюма, связанного с пермско-триасовым Сибирским суперплюмом. Об этом свидетельствуют характерные черты состава и металлогении охарактеризованных в статье комплексов, сближающие их с магнезиальными трапповыми интрузиями западной окраины Сибирской платформы.

В области влияния Таримского плюма, включая Зайсан-Гобийскую зону и другие структуры Гоби-Тяньшаньского пояса, проявились разнообразные Cu-Ni-ЭПГ, Ni-Co-As, Au-Hg, Cu-Mo и другие рудные месторождения, связанные с плюмовым магматизмом. Обсуждаются особенности их состава и условия образования, включая связь с магматизмом.

*Пермские пикрит-долеритовые комплексы, рудоносность, Зайсан-Гобийская зона герцинид Гоби-Тяньшаньского пояса, Таримский плюм, Сибирский суперплюм.*

## PERMIAN ULTRABASIC-BASIC MAGMATISM AND ACCOMPANYING Cu-Ni MINERALIZATION IN THE GOBI-TIEN SHAN BELT AS A RESULT OF THE TARIM PLUME ACTIVITY

G.V. Polyakov, A.E. Izokh, and A.S. Borisenko

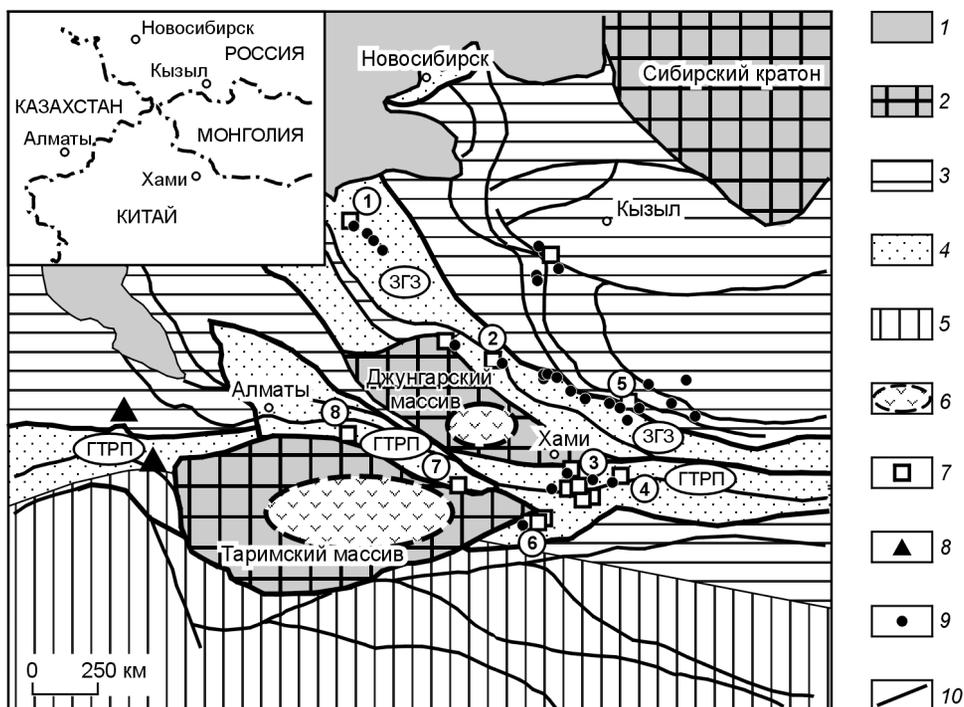
We report data on the age, composition, and geodynamic settings of formation of Permian ultrabasic-basic complexes in the Zaisan-Gobi zone in the eastern Gobi-Tien Shan rift belt. The synchronous formation of these complexes with Early Permian lava alkali and tholeiitic basalts discovered beneath the cover of the Tarim and Junggar platform blocks suggest that they are derivatives of the Tarim plume related to the Permo-Triassic Siberian superplume. This is evidenced from the composition and metallogeny of the complexes similar to those of magnesian trap intrusions on the western periphery of the Siberian Platform.

In the area of the Tarim plume effect, including the Zaisan-Gobi zone and other structures of the Gobi-Tien Shan belt, diverse Cu-Ni-PGE, Ni-Co-As, Au-Hg, Cu-Mo, and ore deposits related to plume magmatism formed. Their composition, formation conditions, and relationship with magmatism are discussed.

*Permian picrite-dolerite complexes, ore potential, Zaisan-Gobi Hercynide zone of the Gobi-Tien Shan belt, Tarim plume, Siberian superplume*

На протяжении фанерозоя в Центральной Азии образовались разновозрастные внутриплитные магматические области — ранне- и среднепалеозойские (Алтае-Саянская и Вилуйская), позднепалеозойско-раннемезозойские (Баргузино-Витимская, Сибирская трапповая, Западно-Сибирская и Центрально-Азиатская), позднемезозойско-кайнозойская [Ярмолюк и др., 2000]. Предполагается, что развитие этих областей определялось либо активностью отдельных мантийных плюмов [Добрецов, 2003], либо контролировалось длительно существовавшим Северо-Азиатским суперплюмом [Кузьмин и др., 2001; Коваленко и др., 2002].

Одним из наиболее ярких проявлений мантийных плюмов на территории Азии является магматизм пермотриасового рубежа [Добрецов, 1997, 2005; Ярмолюк и др., 2000; Nikishin et al., 2002]. Геохронологические данные по магматизму и металлогении позволяют выделить два возрастных уровня его развития: раннепермский и пермотриасовый [Борисенко и др., 2006]. Они проявились в виде траппов (Сибирский кратон), никеленосных и платиноносных ультрабазит-базитовых комплексов (Норильск, Маймеча-Котуйская провинция, Казахстан, Китай и Монголия), рифтогенных бимодальных ассоциаций. В последние годы появились новые данные, свидетельствующие о синхронности с этими образованиями перекрытого рифтового магматизма Западной Сибири [Reichow et al., 2002; Медведев и др., 2003; Saunders et al., 2007]. Базитовый магматизм этого времени широко проявился и в южном обрамлении Сибирского кратона: Семейтауская и Биштайская вулканоплутонические структуры Восточного Казахстана [Ермолов, Изох, 1977; Lyons et al., 2002], высококальциевые ультрабазит-базитовые комплексы Алтае-Саянской области [Довгаль и др., 2004], траппы Кузбасса и базиты Колывань-Томской зоны [Федосеев и др., 2005],



**Рис. 1. Обзорная схема размещения пермских пикрит-долеритовых интрузий и медно-никелевых рудопроявлений в структурах обрамления Таримского и Джунгарского массивов.**

1 — четвертичные отложения; 2 — Сибирский кратон, Таримский и Джунгарский микроконтиненты; 3—5 — фанерозойские структурно-формационные комплексы: 3 — ранне- и позднекаледонские, 4 — герцинские (ГТРП — Гоби-Тяньшаньский рифтогенный пояс, ЗГЗ — Зайсан-Гобийская зона), 5 — палеозойско-кайнозойский ороген; 6 — погребенные раннепермские платообразные Таримского и Джунгарского блоков; 7 — пермские Cu-Ni месторождения и рудопроявления; 8 — Ni-Co-As месторождения; 9 — пермские пикрит-долеритовые комплексы и связанные с ними Cu-Ni рудопроявления: 1 — Максут, 2 — Колотонк, 3 — Хонглинг, 4 — Хуангшань, 5 — Джавхлант, 6 — Побей, 7 — Хингдитаг, 8 — Кушбулак; 10 — разломы.

лампрофировые дайки Горного Алтая [Врублевский и др., 2004], базальтовые излияния в рифтовых зонах Центрально-Азиатской системы [Ярмолюк, Коваленко, 2003].

В ряде районов Центральной Азии установлен раннепермский (290—275 млн лет) этап плюмового магматизма, также представленный траппами (Таримская платформа и Джунгарский блок), ареалами пикродолеритовых и пикритовых интрузивов с Cu-Ni и платиновым оруденением [Поляков и др., 1994; Mao et al., 2005; Борисенко и др., 2006] и бимодальными вулканическими сериями [Ярмолюк, Коваленко, 1991; Ярмолюк и др., 1997; Борисенко и др., 2006]. В частности, кепинские базальты западной окраины Таримской плиты, принадлежащие к щелочно-базитовой и толеитовой вулканическим сериям пермского возраста [Чанъи Цзян и др., 2006], связаны с глубинным мантийным плюмом. В северо-восточной части Таримского блока, кроме того, широко проявлены раннепермские бимодальные ассоциации (трахибазальты и кислые туфы) [Jiang et al., 2007]. Карбон-пермская бимодальная вулканоплутоническая (базальт-щелочнориолитовая) ассоциация хребтов Ноен и Тост в Южной Монголии также относится к Гоби-Тяньшаньской рифтовой зоне, развитие которой связывается с перекрытием континентальной литосферой мантийного плюма [Козловский и др., 2006]. Характерно, что рифтогенез в обрамлении Джунгарского и Таримского блоков протекал в условиях активной континентальной окраины и сопровождался крупно-амплитудными сдвигами (280—290 млн лет) [Laurent-Charvet et al., 2003].

Индикаторами крупных изверженных провинций, связанных с мантийными плюмами, являются, как известно, пикритовые и пикродолеритовые ассоциации [Abbott, Isley, 2002]. Для Таримского плюма такими образованиями являются раннепермские вулканоплутонические пикрит-долеритовые комплексы и сопряженные с ними Cu-Ni рудопроявления Гоби-Тяньшаньского пояса, разделяющего Таримский и Джунгарский древние блоки [Zhou et al., 2004; Борисенко и др., 2006; Pirajno, 2007] и Зайсан-Гобийскую зону, ограничивающую последний с северо-востока [Поляков и др., 1994, 2007]. В то же время многие исследователи относят пикродолеритовые интрузивы этого пояса к постколлизийным [Zhang et al., 1998; Nan et al., 1999, 2004; Wang et al., 2004; Mao et al., 2005] или островодужным [Mao et al., 2006] образованиям, а некоторые [Pirajno, 2007] сопоставляют их с дифференцированными интрузивами аляскинского типа.

В статье рассматриваются пермские пикродолеритовые и пикритовые комплексы в структурах северо-восточной окраины Гоби-Тяньшаньского пояса, включая Зайсан-Гобийскую зону (ЗГЗ) и ее обрамление. Эта зона образует северо-западную ветвь Гоби-Тяньшаньского пояса. Оконтуривая с севера Джунгарский блок, она простирается в северо-западном направлении на многие сотни километров от Гобийского сегмента герцинид Южной Монголии через обширную территорию Северного Синьцзяна до Зайсанской области Восточного Казахстана (рис. 1). В ее пределах и в соседних более древних структурах обрамления прослеживаются многочисленные пикрит-долеритовые и другие ультрабазит-базитовые интрузии пермского возраста [Поляков и др., 1994, 2006, 2007; Mao et al., 2005]. Авторами исследованы и в настоящей статье обсуждаются такого рода проявления в трех сегментах ЗГЗ: северо-западном (Зайсанском), центральном (Синьцзянском) и расположенном на юго-востоке Южно-Монгольском (Гобийском).

### УЛЬТРАБАЗИТ-БАЗИТОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ И СОПРОВОЖДАЮЩЕЕ ИХ ОРУДЕНЕНИЕ ЗАЙСАНСКОГО СЕГМЕНТА ЗГЗ

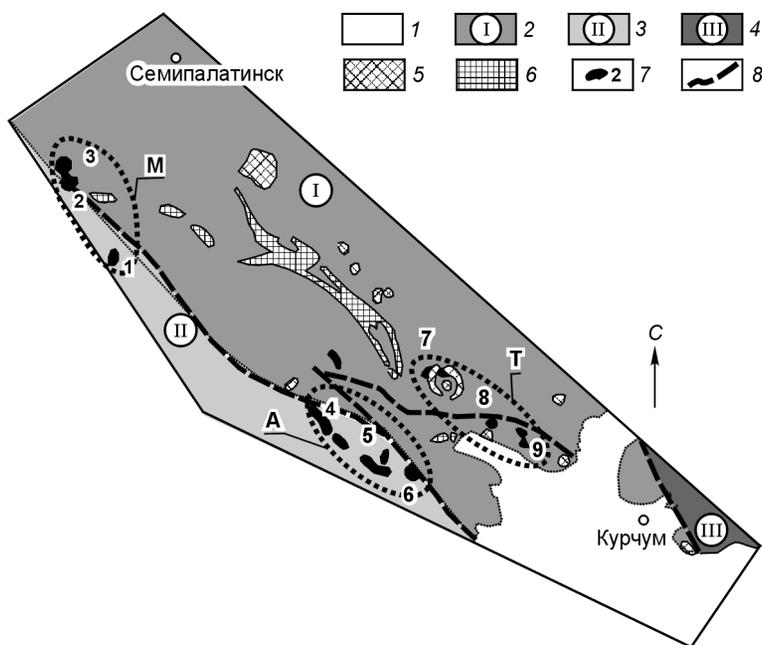
В зайсанской части ЗГЗ позднепалеозойские ( $C_3$ —P) ультрабазит-базитовые интрузии проявились в Жарма-Саурской и Западно-Калбинской структурно-формационных зонах герцинид Восточного Казахстана. Они приурочены к системе крупных региональных, северо-западного простирания, тектонических нарушений, включая расположенные между Жарминским и Калба-Нарымским глубинными разломами промежуточные и оперяющие эти разломы структуры (рис. 2). Возраст интрузий находится, согласно геологическим данным, в интервале между поздним карбоном и пермью. Изотопные датировки пород архимбийского комплекса составляют  $293 \pm 2$  млн лет, а максутского 278—280 млн лет [Хромых и др., 2007; Владимир и др., 2008], что согласуется с геологическими данными [Владимир и др., 1979]. Выделяются три главных ареала развития таких интрузий: Максутский (Коконьский), Аргимбайский и Таастауский [Кузубный и др., 1979; Ермолов и др., 1983; Колотило и др., 1990].

В Максутском ареале находятся наиболее представительные интрузивы максутского комплекса, относящегося в Зайсанском регионе к типичным проявлениям ультрабазит-базитового магматизма раннепермского возраста. В нем выделяются Койтасская и Максутская группы массивов. Первые характеризуются однородным недифференцированным внутренним строением, вторые — сложные многофазные, с элементами магматической расслоенности. Относительно крупные дифференцированные интрузивы второго типа сложены породами трех фаз внедрения: наиболее ранними оливиновыми габбро-диабазами, следующими за ними и преобладающими по объему габброноритами и норитами второй фазы и, наконец, небольшими телами плагиперидотитов, пикритов и мезократовых оливиновых норитов завершающей стадии формирования комплекса. В интрузивных телах второй и третьей фаз внедрения иногда обнаруживается грубая слабовыраженная расслоенность с чередованием в разрезе различных по меланократовости основных и ультраосновных пород.

Основные породы рудоносного Южно-Максутского массива характеризуются повышенными содержаниями кремнезема, что обусловлено отчетливо выраженным ортопироксеновым уклоном их минералогического состава. В нижней, придонной, части массива находится сульфидное медно-никелевое оруденение, масштабы которого в полной мере еще не оценены. Руды преимущественно вкрапленные и прожилково-вкрапленные, по содержа-

**Рис. 2. Схематическая карта размещения пермских ультрабазит-базитовых комплексов в структурах Зайсанского сегмента ЗГЗ, по [Ермолов и др., 1983].**

I — четвертичные отложения Зайсанской впадины; 2—4 — структурно-формационные зоны: I — Чарская, II — Жарма-Саурская, III — Калба-Нарымская; 5 — гранитоиды таастауского и преображенского комплексов; 6 — Чарский офиолитовый пояс; 7 — пермские ультрабазит-базитовые интрузивы: М — Максутский ареал (1 — Максут, 2 — Южный Койтас, 3 — Северный Койтас), А — Аргимбайский ареал (4 — Карасуйский, 5 — Петропавловский, 6 — Кокпектинский); Т — Таастауский ареал (7 — Таастауский, 8 — Буконьский, 9 — Преображенский); 8 — региональные разломы.



ниям основных рудных компонентов относятся к категории сравнительно бедных (Cu — 0.44 %, Ni — 0.33 %, Co — 0.017 %). Сплошные богатые руды распространены в меньшей степени. Среди них преобладают пентландит-халькопирит-пирротиновые руды, реже встречаются магнетит-халькопирит-пирротиновые (с пентландитом) разновидности.

В Аргимбайском ареале преобладают небольшие линейные дайко- и силлообразные интрузивные тела, реже встречаются относительно крупные лополитообразные интрузивы, достигающие в плане 10 км<sup>2</sup> (Аргимбайский массив). Характерной чертой состава интрузивов этого ареала является доминирующая роль в них габброидов и монцонитоидов повышенной щелочности и титанистости, сочетающихся с небольшими по масштабам инъекциями плагиосиенитов. Это так называемый аргимбайский тип герцинских базитовых интрузивов Зайсанской области [Ермолов и др., 1983], отвечающих габбро-монцонит-сиенитовой формации. Пикрит-долеритовые интрузии максутского типа встречаются здесь значительно реже (Карасуйский, Петропавловский, Кокпектинский и др. интрузивы, см. рис. 2).

В Тастауском ареале Западно-Калбинской зоны пермские пикрит-долеритовые интрузии максутского типа (Тастауский, Буконьский, Преображенский и др.) находятся в полях более крупных позднепалеозойских гранитоидных плутонов (Тастауского, Преображенского и др.). Это преимущественно мелкие бескорневые тела, расположенные в кровле более поздних гранитных плутонов и подвергающиеся под воздействием последних дезинтеграции и различного рода изменениям. Наиболее сохранившиеся, не подвергшиеся глубоким изменениям их разновидности соответствуют по составу типичным породам максутского комплекса.

По петрохимическим признакам, базирующимся на большой выборке (62 анализа пород из различных наиболее типичных интрузивов), собственно максутский комплекс представляет собой ультрабазит-базитовую (преимущественно пикрит-долеритовую) ассоциацию несколько повышенной щелочности и титанистости. Фактически на всех бинарных диаграммах (рис. 3) отчетливо выражена дискретность в

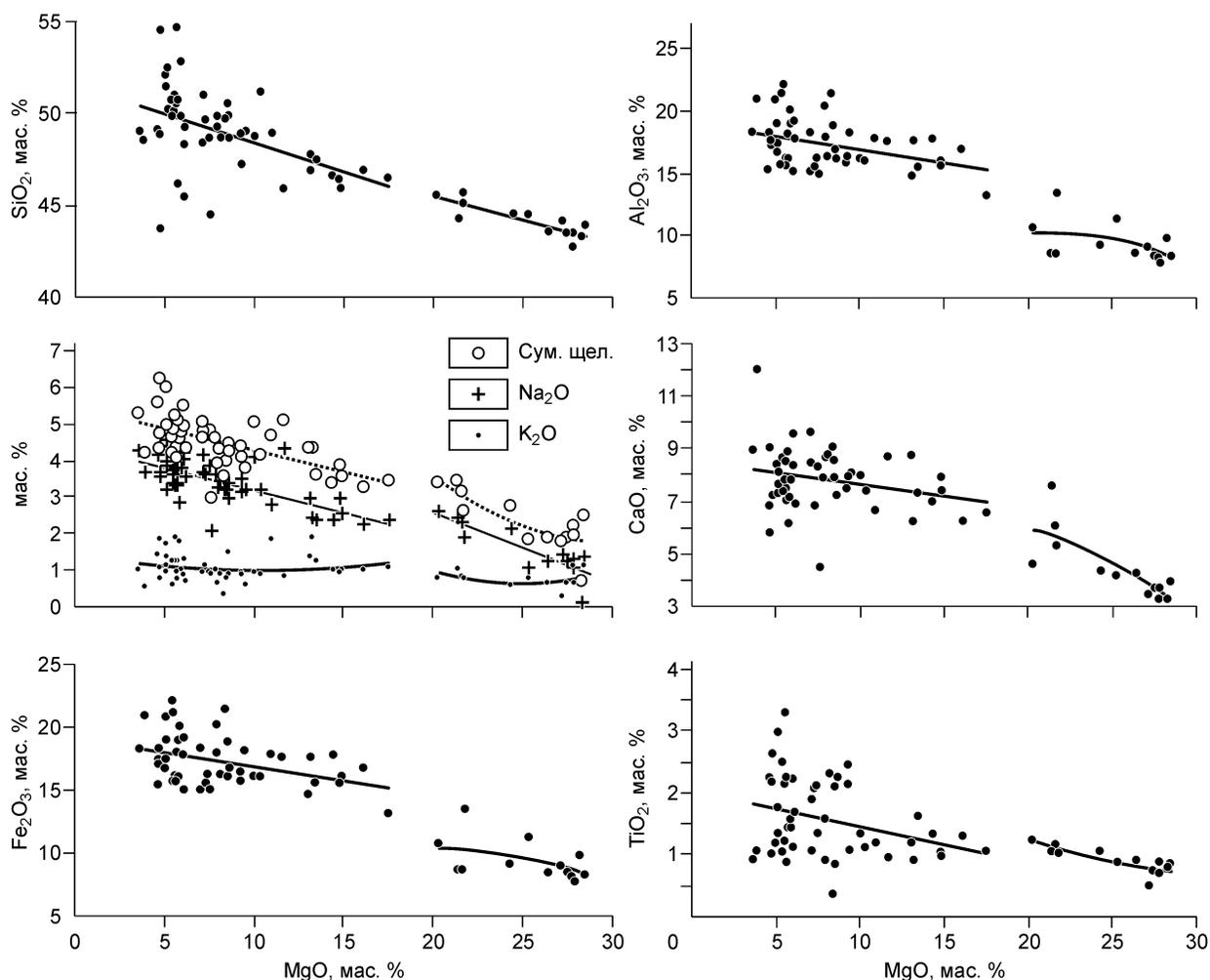


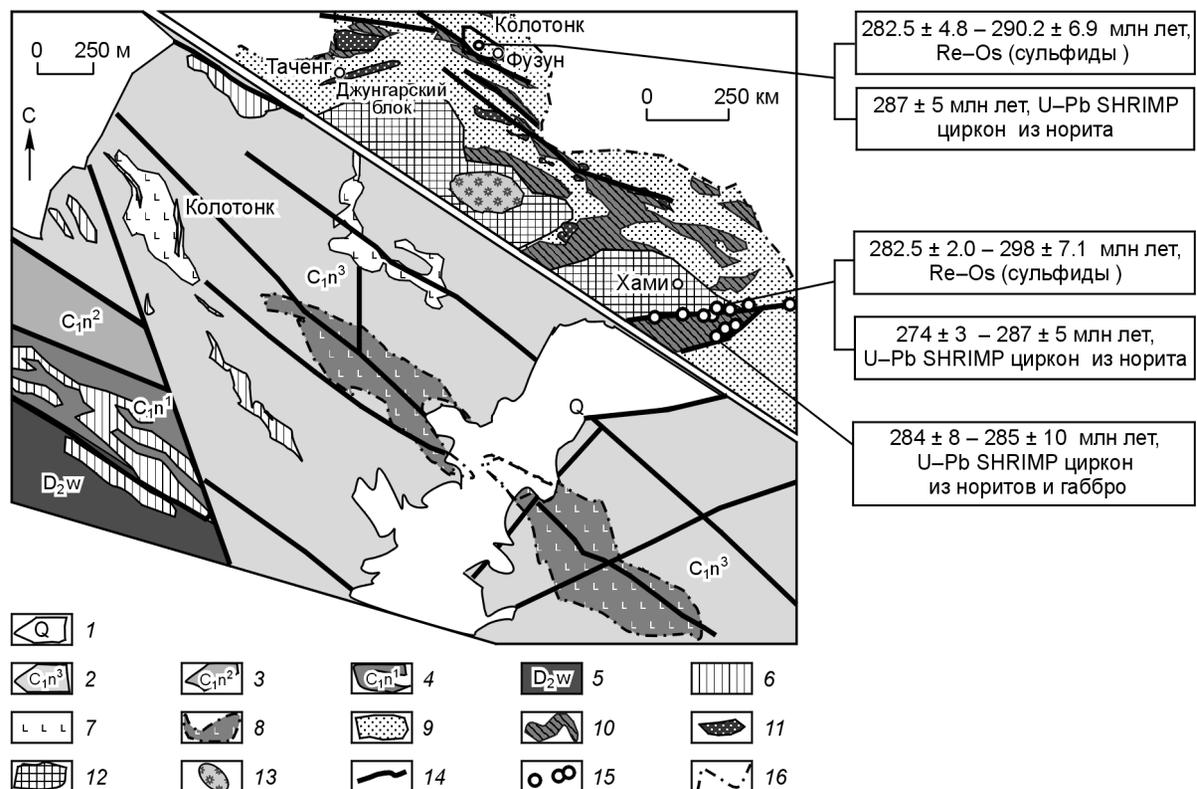
Рис. 3. Бинарные диаграммы содержаний основных породообразующих окислов в породах максутского комплекса Зайсанского сегмента ЗГЗ.

составе ассоциации с обособлением ультрамафитовой (пикритоидной) и мафитовой (габброидной) породных групп. Та и другая группы пород обладают принципиально сходными особенностями состава и подчинены единому тренду, отражающему единую эволюцию состава и таким образом подчеркивающему генетическую их общность. Для всей ассоциации характерна повышенная общая щелочность с очень незначительным возрастанием калиевого содержания от ультраосновных к основным группам пород. Содержания натрия, во всех случаях заметно превосходящие калий, существенно увеличиваются в базитах. Обращает на себя внимание обогащенность этой группы  $\text{SiO}_2$ , что согласуется с ортопироксеновым (норитовым) уклоном ее минерального состава. В целом по петрохимическим признакам максутский комплекс сходен с толеит-базальтовыми сериями, сближаясь с траппами платформенных областей Центральной Азии, включая Таримский и Джунгарский блоки. Более ранние габбро-монцит-сиенитовые интрузии аргимбайского типа обнаруживают большее сходство с оливин-базальтовыми сериями континентальных рифтогенных структур.

#### УЛЬТРАБАЗИТ-БАЗИТОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ И СОПУТСТВУЮЩЕЕ Cu-Ni ОРУДЕНЕНИЕ СИНЬЦЗЯНСКОГО СЕГМЕНТА ЗГЗ

Синьцзянский сегмент представляет собой среднюю часть ЗГЗ. На северо-западе он граничит с рассмотренными выше структурами Зайсанской области, на юго-востоке смыкается с герцинидами Южной Монголии. Южнее располагаются герцинские структуры Восточного Тянь-Шаня, разделяющие Джунгарский и Таримский континентальные блоки (рис. 4). Здесь сконцентрировано наибольшее количество ультраосновных и основных интрузий раннепермской пикрит-долеритовой формации Гоби-Тяньшаньского пояса и связанных с ними Cu-Ni рудопроявлений.

В Северном Синьцзяне в полосе более 200 км по простиранию при ширине 20 км, протягивающейся вдоль северо-западного фланга разлома Эртикс (Ertix), выделено 11 таких интрузивов [Shenghao at al., 2003]. В Тянь-Шаньском поясе воронкообразные зональные интрузивы внедрялись вдоль меридиональ-



**Рис. 4.** Схематическая карта размещения пермских пикрит-долеритовых и других ультрабазит-базитовых интрузий в структурах Синьцзянского сегмента ЗГЗ.

1 — четвертичные отложения; 2—4 — нижнекарбоновые отложения: 2 — углистые аргиллиты, 3 — туфы, 4 — аргиллиты и мергели; 5 — девонские аргиллиты и вулканогенные породы (андезиты); 6 — гранит-порфиры и кварцевые порфиры; 7 — пермские ультрабазит-базитовые (пикрит-долеритовые), 8 — скрытые (погребенные) интрузивы района Колотонк. Карта составлена с использованием материалов геологической службы рудника Колотонк. На врезке (справа вверху): 9—12 — осадочные комплексы: 9 — докарбоновые, 10 — карбоновые, 11 — пермские, 12 — мезозойско-кайнозойские; 13 — погребенные базальтовые покровы; 14 — разломы; 15 — Cu-Ni (ЭПГ) месторождения и рудопроявления; 16 — государственная граница, составлена по [Tectonic Evolution..., 2003].

ных сдвиговых зон [Zhang et al., 1998; Han et al., 1999, 2004, 2006; Wang et al., 2004; Mao et al., 2005]. Рудоносные (Cu-Ni) пикрит-долеритовые комплексы образуют на этой территории несколько разоб- щенных ареалов: Байшикван (Baishiquan) — массивы Хуангшань, Хонглинг; Побей (Pobei) — массивы Ксингдитаг (Xingditage) и др. (см. рис. 4).

Рудоносный интрузивный комплекс в районе месторождения Колотонк Синьцзянского сегмента ЗГЗ представлен относительно небольшими ультрабазит-базитовыми интрузивами. В большинстве случаев вмещающими являются карбоновые свиты верхнепалеозойского комплекса отложений Восточно-Джун- гарской области. Выделяются два пояса таких интрузивов: южный, включающий три отчетливо диффе- ренцированных рудоносных массива, и северный, в состав которого входят слабодифференцированные тела, не сопровождающиеся промышленным оруденением [Shenghao et al., 2003]. Рудовмещающий интру- зив месторождения Колотонк прорывает углистые аргиллиты, алевролиты и мергели каимшанской свиты С<sub>1</sub>. Он имеет линзообразную форму и относительно небольшие (700 × 300 м в плане) размеры, обладая вместе с тем отчетливо выраженным дифференцированным внутренним строением. Верхние его гори- зонты сложены биотит-амфиболовыми норитами, иногда приближающимися к двупироксеновым дио- ритам, в низах преобладают меланократовые габбро-нориты, плагиоперидотиты и перидотиты (пикриты). Здесь же находятся массивные и вкрапленные сульфидные руды, богатые разновидности которых содер- жат в среднем 3.5 % Ni, 6.1 % Cu, 1.0 г/т Au и 31.6 г/т Ag, отношения Ni/(Ni + Cu) составляют 0.37—0.4. Сульфиды представлены в основном халькопирит-пирротиновым парагенезисом с участием виоларита и пентландита. По химическому составу среди них выделяются железистые, медистые и аномально ме- дистые руды. Близкая к обратной зависимость отношений S/Se и содержаний ЭПГ свидетельствует о значительной роли в формировании руд фракционной кристаллизации сульфидной жидкости [Готов и др., 2002].

Датирование пород из рудовмещающего интрузива месторождения Колотонк U-Pb SHRIMP методом по циркону дало раннепермский возраст (287 ± 5 млн лет) [Han et al., 2004]. Re-Os возраст сульфидного оруденения приближается к датировке 305 ± 15 млн лет [Han et al., 2006]. Этот возраст отвечает времени формирования гранитоидов А-типа, широко проявленных в данном регионе. Таким образом, геологиче- ские и радиологические данные свидетельствуют о раннепермском возрасте пикрит-долеритовых интру- зий этого района.

Рудный пояс Хуангшань—Джинеркван (Huangshan—Jing'erquan) включает более 25 небольших дифференцированных пикрит-долеритовых интрузивов Хуангшаньдонг (Huangshandong), Хуангшанькси (Huangshanxi), Ксингшань (Xiangshan) и др. юго-восточного обрамления Джунгарского блока. Эти интру- зивы прорывают нижнекарбоновые турбидитовые отложения формации Гандун [Zhou et al., 2004; Han et al., 2006] и, в свою очередь, инъецируются герцинскими гранитоидами. Дифференцированный рудо- носный интрузив Хуангшаньдонг (6 км<sup>2</sup>) имеет ромбовидную в плане форму (3.5 × 1.2 км). Он форми- ровался в три этапа. Первая фаза сложена широко дифференцированной серией пород, варьирующих по составу от оливиновых меланогаббро и амфиболовых габбро до диоритов. Вторая фаза представлена габброноритовыми дайками, секущими породы первой фазы. Третья, наиболее поздняя фаза, состоит из роговообманковых лерцолитов с горизонтами троктолитов. Таким образом, как и для интрузивов максут- ского комплекса в Казахстане, здесь фиксируется антидромная последовательность формирования интру- зивов. Некоторыми исследователями данный массив рассматривается как корневая часть крупной магма- тической камеры [Mao et al., 2006]. Интрузив Хуангшанькси (3.8 × 0.8 км) также имеет штокообразную форму и многофазное строение, но гомодромную последовательность формирования. Первая фаза в нем (2 % объема) сложена однородными перидотитами. Продукты второй фазы (75 % объема) образуют несколько зон: верлиты, оливиновые вебстериты, плагиоклазовые вебстериты, габбро и габбронориты, диориты. Третья фаза (20 % объема) представлена мелкозернистыми габброноритами. Возраст этого массива определен по цирконам из диоритов U-Pb SHRIMP методом и отвечает ранней перми: 269 ± ± 2 млн лет [Zhou et al., 2004].

В северной части Центрально-Тяньшаньского пояса располагается Cu-Ni месторождение Байшикван, связанное с ультрамафит-мафитовым интрузивом (см. рис. 4). Циркон из минерализованных габброидов этого месторождения показал возраст кристаллизации 281 ± 0.9 млн лет [Mao et al., 2006].

С раннепермской рифтовой зоной Бейшань в южном обрамлении Джунгарского блока также связаны медь-никеленосные пикрит-долеритовые интрузивы. В восточной ее части установлены небольшие интрузивы рудного района Побей, Поши (Poshi), Пойи (Poyi) и Люодонг (Luodong), возраст которых отвечает ранней перми: массив Поши — 278 ± 2 млн лет, массив Пойи — 274 ± 4 млн лет. В средней части зоны находится крупный лополит Жонгпошаньбей (Zhongposhanbei) (180 км<sup>2</sup>), сложенный оливиновыми пироксенитами, оливиновыми габбро, габброноритами, анортозитами и амфиболовыми габбро. U-Pb возраст пород массива по циркону 274 ± 4 млн лет [Jiang et al., 2007].

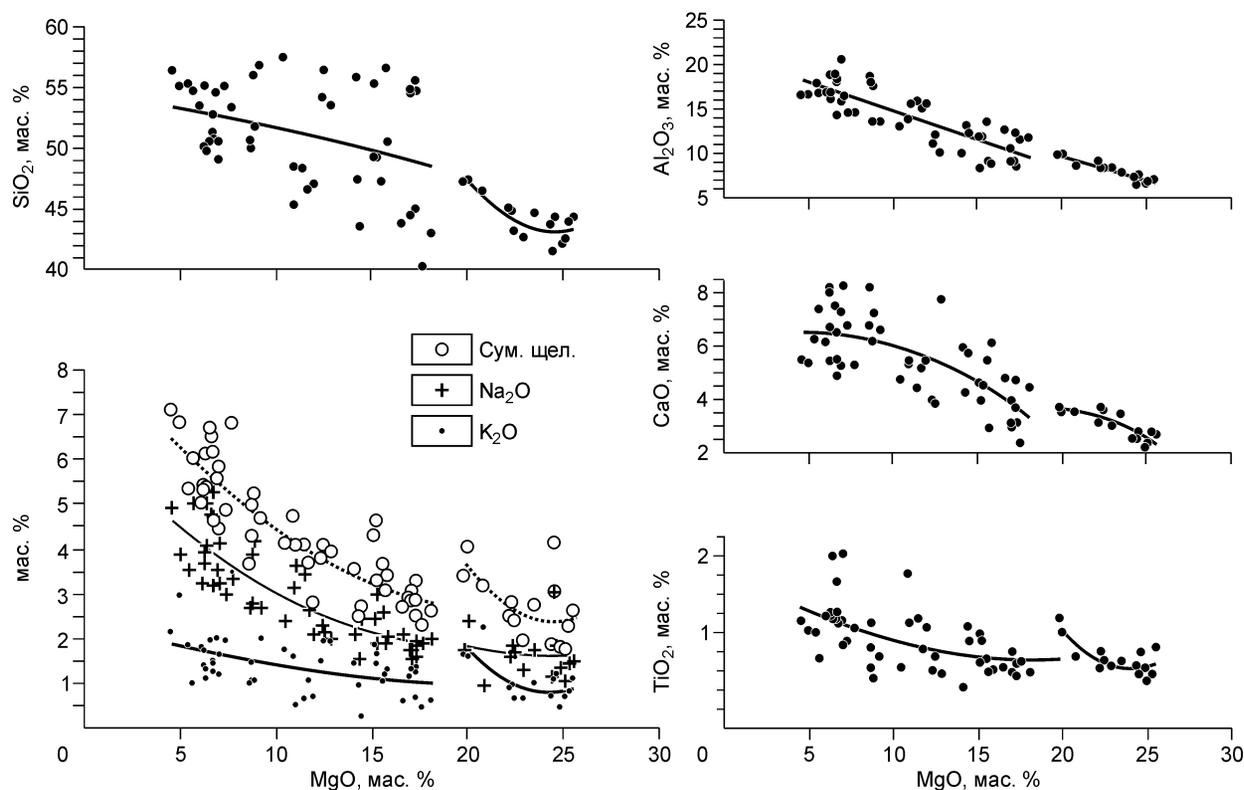


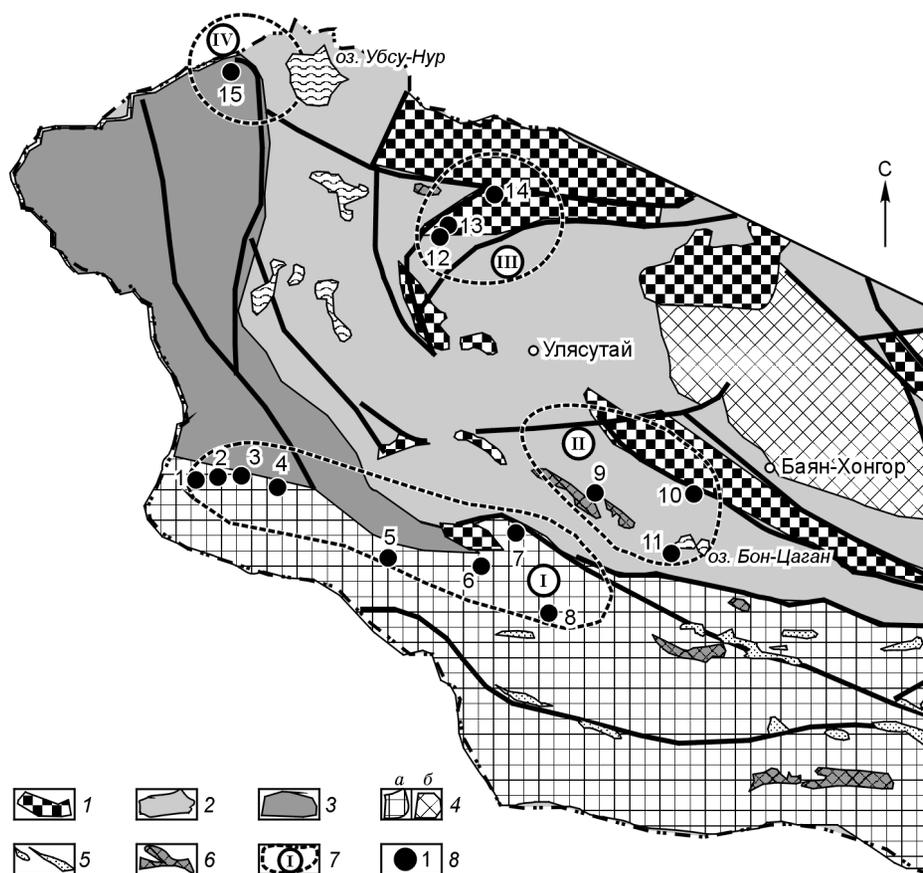
Рис. 5. Бинарные диаграммы содержаний основных породообразующих окислов в породах пермских ультрабазит-базитовых интрузий Синьцзянского сегмента ЗГЗ.

Петрографический состав и петрохимические характеристики ассоциации в целом близки к рассмотренным выше раннепермским ультрабазит-базитовым комплексам Зайсанской области. На петрохимических диаграммах (рис. 5) эта ассоциация также распадается на две разделяющиеся небольшими перерывами, но взаимосвязанные группы пород: ультрамафитовую (пикритоидную) и мафитовую (габбро-долеритовую). Обе группы пород (особенно мафитовая) характеризуются несколько повышенной щелочностью с постоянным и весьма существенным преобладанием натрия над калием. Как и в максутском комплексе, отчетливо выражен норитовый тренд, связанный с ортопироксеновым уклоном минерального состава базитов. Уровень титанистости несколько ниже, чем в породах максутского комплекса.

#### ПИКРИТ-ДОЛЕРИТОВЫЕ ИНТРУЗИИ ГОБИЙСКОГО СЕГМЕНТА ЗГЗ (ЮГО-ЗАПАДНАЯ МОНГОЛИЯ)

В Гобийском сегменте крайнего юго-восточного фланга ЗГЗ раннепермские пикрит-долеритовые интрузии выявлены и изучены [Изох и др., 1990; Поляков и др., 1994] в области сопряжения Эдрэнгийнской и Барунхурайской структур герцинид Юго-Западной Монголии (рис. 6). Кроме того, ареалы развития таких интрузий выделены авторами в соседних каледонских и докембрийских структурах Северного мегаблока Западной Монголии, что свидетельствует о выходе позднепалеозойского ультрабазит-базитового магматизма в структуры обрамления герцинид Южной Монголии. В этих структурах пикритовые и пикрит-долеритовые интрузии установлены в южной части Монгольского Алтая, в юго-восточных районах Озерной зоны, а также на территории Байдарикского докембрийского блока, где они тесно ассоциируют с раннепермским бимодальным вулканизмом [Гаврилова и др., 1991].

В герцинидах Юго-Западной Монголии пикрит-долеритовые интрузии приурочены преимущественно к Булгано-Заалтайской [Хаин, 1979] системе региональных разломов, отделяющей Внешнюю (Гобийскую) и Внутреннюю (Заалтайскую) области. Эти структуры находятся на продолжении Иртышской сдвиговой зоны Казахстана и Северо-Западного Китая. Массивы размещаются в Барунхурайской и Эдрэнгийнской структурно-формационных зонах, образуя многочисленные очаговые ареалы: Баирта-Даба, Бадмин-Хара-Тологой, Харулин-Обо, Алтан-Гасани-Ула и др. [Изох и др., 1990] (см. рис. 6). Сюда же, вероятно, могут быть отнесены расположенные юго-восточнее существенно пикритоидные интрузии района р. Гоханчин-Гол (Шара-Ундур) и хр. Ярын Хад к югу от сомона Цэл. В большинстве случаев вмещающими для этих интрузий являются средне- и позднепалеозойские вулканогенно-осадочные комп-



**Рис. 6. Схематическая карта размещения пермских пикрит-долеритовых интрузий в структурах Гобийского сегмента ЗГЗ (Юго-Западная Монголия), по [Изох и др., 1990].**

1—4 — структурно-формационные комплексы: 1 — дорифейские, 2 — раннекаледонские, 3 — позднекаледонские, 4 — герцинские (а — Южно-Монгольская система, б — наложенные прогибы в пределах Северо-Монгольского мегаблока); 5—7 — герцинские магматические комплексы: 5 — альпинотипные гипербазиты, 6 — позднепалеозойские вулканические комплексы, 7 — ареалы развития пермских пикрит-долеритовых интрузий: I — Эдрэнгийско-Барунхурайский, II — Байдарикский, III — Сонгинский, IV — Цаган-Шибитинский; 8 — районы проявления пикрит-долеритовых комплексов: Эдрэнгийн-Барунхурайский ареал: 1 — Баирта-Даба, 2 — Бадмин-Хара-Тологой, 3 — Харулина-Обо, 4 — Алтан-Гасани-Ула, 5 — Шара-Ундур, 6 — Цэл, 7 — Хухутийн-Холой, 8 — Эдрэнгийн-Нуру; Байдарикский ареал: 9 — Ундур-Хурэн-Ула, 10 — Байдарик, 11 — Бон-Цаган-Нур; Сонгинский ареал: 12, 13 — Сонгино-Хаирхан-Ула, 14 — Оуют-Тологой; Цаган-Шибитинский ареал: 15 — Урэг-Нур.

лексы ( $S_2$ — $C_1$ ). В некоторых ареалах пикрит-долеритовые интрузивы находятся в виде мелких разобщенных останцов в кровле позднепалеозойских ( $C_3$ — $P$ ) гранитоидов.

По составу в рассмотренных ареалах выделяются существенно пикритоидные и более сложные дифференцированные пикрит-долеритовые тела. Первые сложены преимущественно пикритами, которые нередко сопровождаются плагиоперидотитами и шрисгеймитами. Они встречаются в равной степени как в герцинских структурах Южной Монголии, так и в отдельных ареалах Северного мегаблока, обрамляющего с севера Южно-Монгольский пояс герцинид (Байдарагин-Гол). Вторая разновидность, представленная пикрит-долеритовыми интрузивами, близкими по составу к ультрабазит-базитовым массивам района Колотонк в Северном Синьцзяне и максутского комплекса Зайсанской области Восточного Казахстана, распространена наиболее широко в граничащей с Китаем Барунхурайской зоне Юго-Западной Монголии. Интрузивы этого типа сложены преимущественно оливиновыми габбро и долеритами, в ассоциации с которыми находятся в сравнительно меньших объемах пикриты, плагиоперидотиты и шрисгеймиты.

Петрохимические характеристики, основанные на больших выборках химических анализов пород этих ассоциаций, соответствуют их минеральным особенностям. В первом случае в парагенезисе находятся породы только ультрамафитовой группы, содержащие больше 16 % MgO (рис. 7, а), а во втором — это более сложные ассоциации, состоящие из доминирующих мафитов и менее распространенных ультрамафитов (см. рис. 7, б). Характер распределения порообразующих окислов в ультрамафитах обоих типов ассоциаций очень сходен и подчиняется фактически одинаковым трендам. В ареалах, выходящих

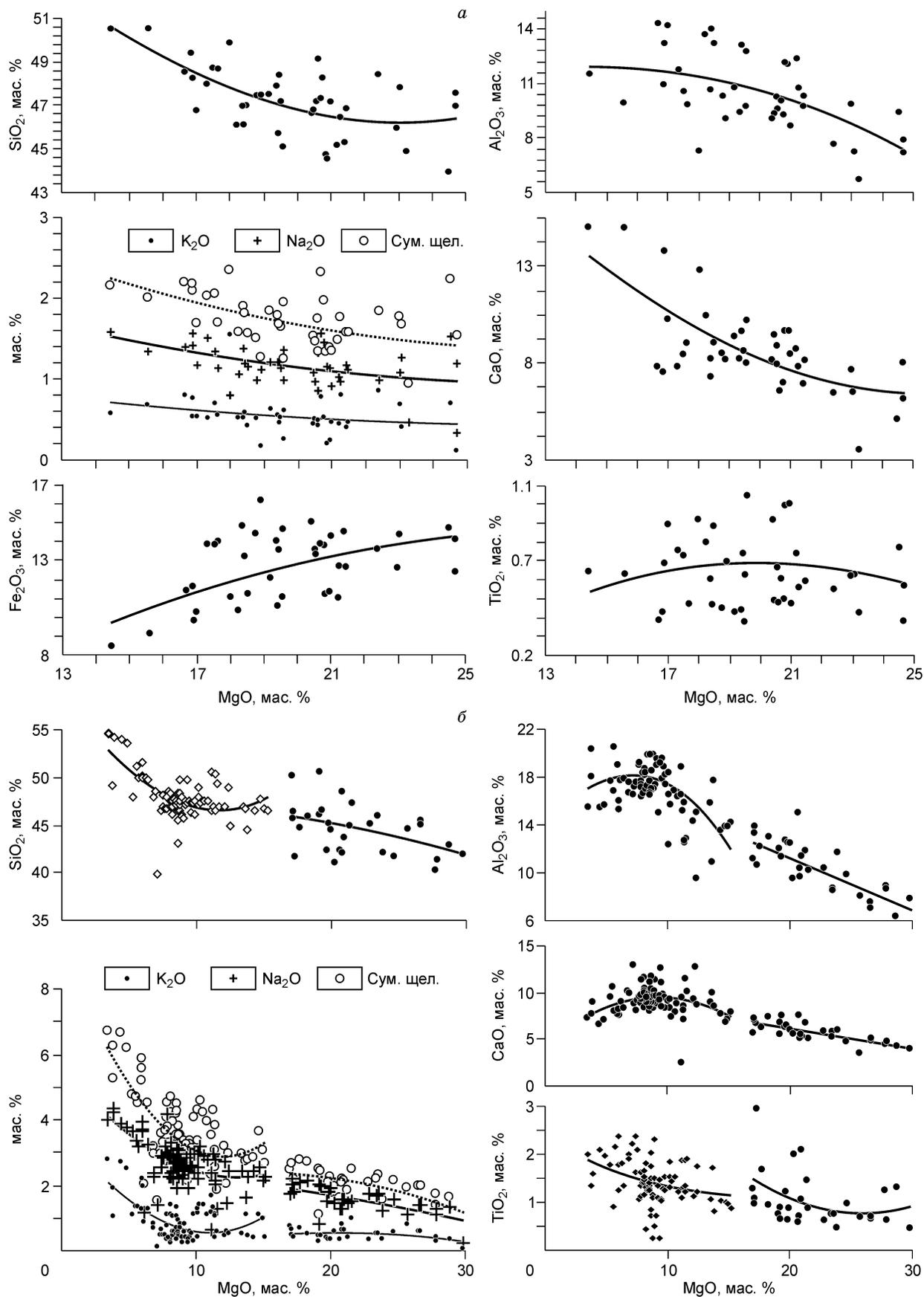


Рис. 7. Бинарные диаграммы содержаний основных породообразующих окислов в породах пермских: *a* — пикритовых комплексов, *б* — пикрит-долеритовых интрузий Юго-Западной Монголии (Гобийский сегмент ЗГЗ).

за пределы Южно-Монгольского герцинического пояса в более древние структуры Северного мегаблока, также обнаруживаются ассоциации двух типов. Причем по характеру проявления, минералого-петрографическим и петрохимическим параметрам они по существу подобны пикритоидным и пикрит-долеритовым комплексам герцинид Южной Монголии.

Надежных геохронологических данных по возрасту пикритовых и пикрит-долеритовых интрузий Юго-Западной Монголии пока нет. Калий-аргоновые определения по биотитам из базитов этих ассоциаций дают широкий диапазон значений (340—304 млн лет) [Изох и др., 1990] и с учетом последних данных по Китаю не могут безоговорочно приниматься в расчет. Как отмечалось выше, пикродолериты прорываются позднепалеозойскими гранитами. В то же время в районе хр. Эдрэнгийн-Нуру пикрит-долеритовые интрузии прорывают карбоновые отложения, а в Хантайширской зоне — вулканогенный комплекс пород предположительно раннепермского возраста [Изох и др., 1990]. На основании этих и других данных, включая идентичность состава и сходство структурного положения, их можно с большой вероятностью считать близкими по времени проявления с ультрабазит-базитовыми интрузиями района Колотонк Северного Синьцзяня, имеющими, как это было показано выше, надежно обоснованный пермский возраст.

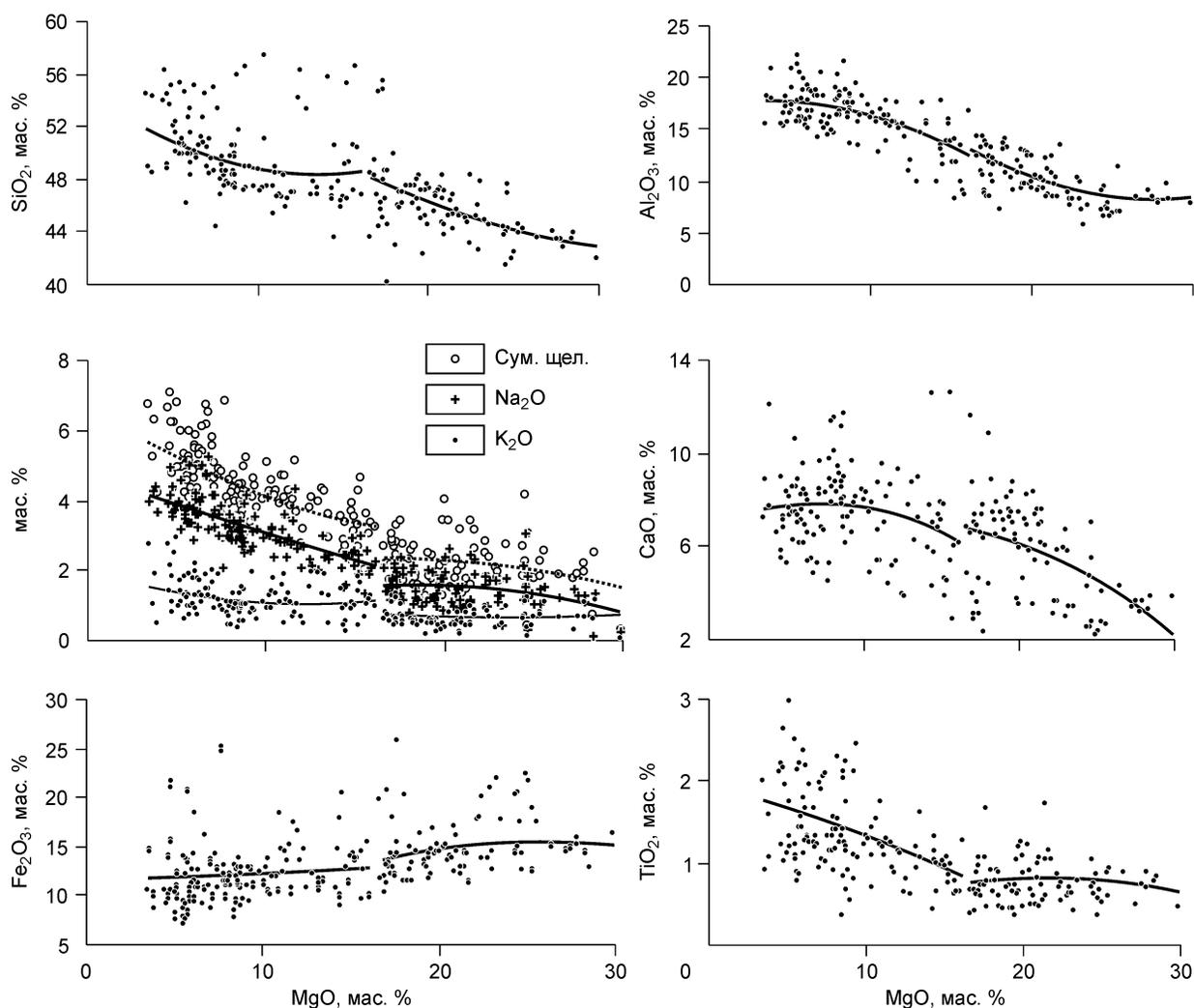
Сходство проявляется и в рудной специализации комплексов. В Юго-Западной Монголии, как и в Синьцзяне, пикрит-долеритовые интрузии сопровождаются Cu-Ni сульфидной минерализацией. Каплевидная и интерстициальная сульфидная вкрапленность (пирротин, халькопирит, пентландит) установлена в Джавхлантском пикродолеритовом интрузиве в Монгольском Алтае. Тонкая интерстициальная халькопирит-пирротинная вкрапленность зафиксирована в Дзахойском массиве в Заалтайском Гоби. Учитывая это, а также весьма широкое развитие пикрит-долеритовых интрузий в герцинидах Юго-Западной Монголии и их окружении, можно прогнозировать обнаружение и в этом сегменте ЗГЗ промышленных по масштабам месторождений меди и никеля, сопутствующих ультрабазит-базитовому магматизму пермского возраста.

Оценивая особенности состава пермских пикрит-долеритовых интрузий герцинид Южной Монголии и структур их обрамления в целом, следует подчеркнуть высокую степень сходства их минералого-петрографических и петрохимических черт с рассмотренными выше характеристиками химического состава пермских пикрит-долеритовых комплексов Зайсанского и Синьцзянского сегментов ЗГЗ. Пикрит-долеритовая ассоциация здесь, как и в других сегментах ЗГЗ, распадается на мафитовую и ультрамафитовую (пикриты, плагиоперидотиты, шрисгеймиты) группы пород, подчиняющиеся единому эволюционному тренду (см. рис. 7, б). Породы обеих групп характеризуются повышенной общей щелочностью. Титанистость пород варьирует в широких пределах, особенно это свойственно мафитовой породной группе, включающей относительно большой процент пород повышенной титанистости. Обращает на себя внимание, что такими особенностями обладают пикрит-долеритовые комплексы не только герцинид Южной Монголии, но и обрамляющих их структур Северо-Монгольского мегаблока. Суммарно имеющиеся петрохимические данные по пикрит-долеритовым комплексам Гобийского сегмента ЗГЗ (см. рис. 7, б) свидетельствуют о ярко выраженной компактности и единой эволюционной направленности их состава, а также фактически полном их подобию рассмотренным выше комплексам Зайсанского и Синьцзянского сегментов.

Важной особенностью производных этого магматизма в Южной Монголии является присутствие в них собственно пикритоидных комплексов, не содержащих в своем составе дифференциатов базитового класса. По основным петрохимическим параметрам (см. рис. 7, а) такие комплексы имеют много общего с ультрамафитами сложных дифференцированных пикрит-долеритовых интрузий этого и ранее рассмотренных сегментов и ареалов ЗГЗ. Таким образом, в данном случае, что не исключается и для других сегментов и ареалов ЗГЗ, в формировании пермских пикрит-долеритовых комплексов участвовали не только базитовые, но и ультраосновные (собственно пикритоидные) магмы, внедрившиеся иногда отдельно от пикродолеритов. Участие таких расплавов в формировании пермских пикрит-долеритовых комплексов ЗГЗ является весьма важной в петрологическом и металлогеническом отношении их характеристикой, свидетельствующей о функционировании в процессе образования таких ассоциаций крупно-объемных промежуточных магматических резервуаров, продуцировавших в ходе дифференциации заполнявших их исходных расплавов основные и ультраосновные интрузии, сопровождавшиеся в ряде случаев рудоносными флюидами. Следует заметить, что аналогичное допущение лежит в основе моделей образования рудоносных трапловых интрузий платформенных областей.

#### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

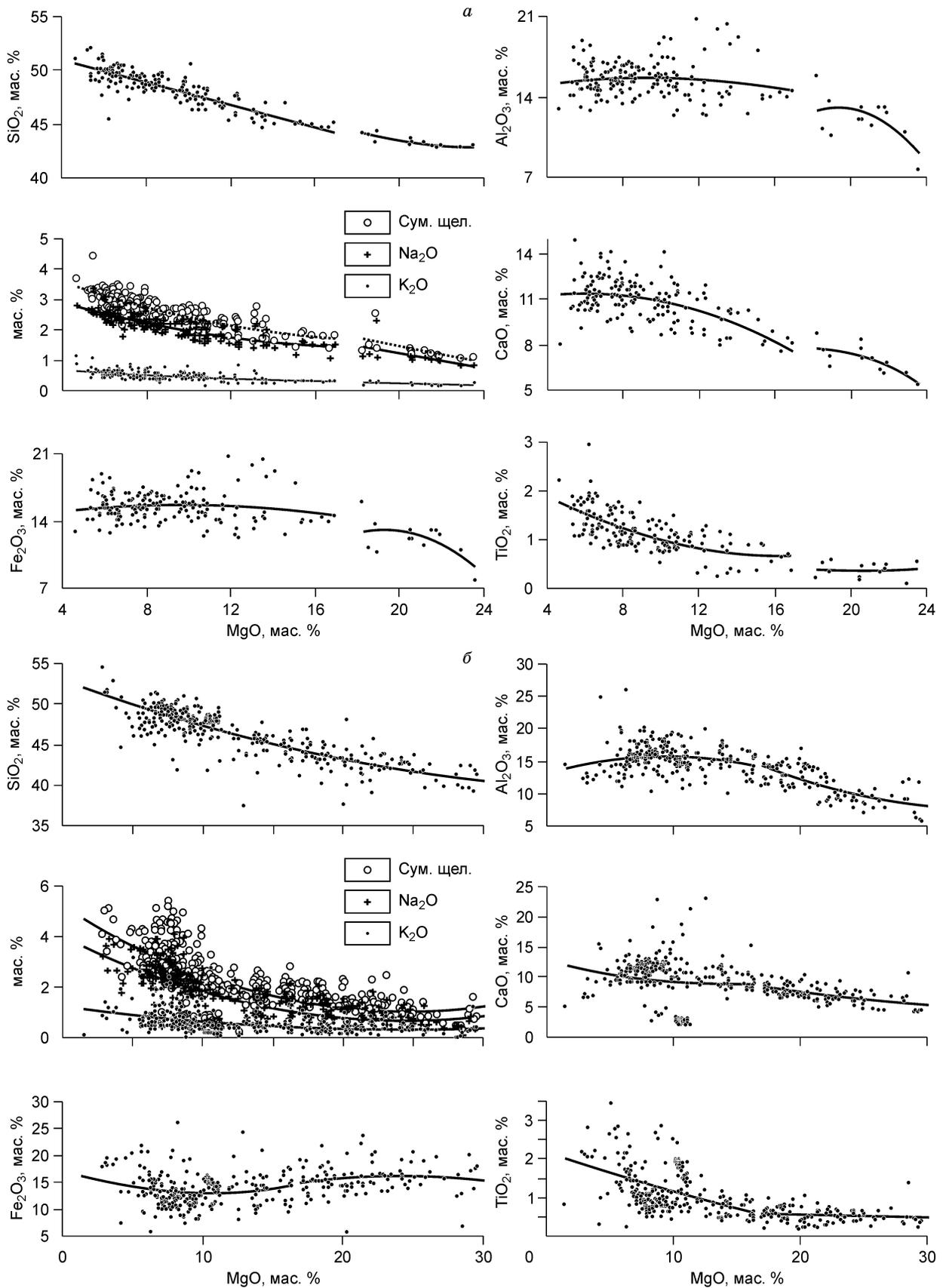
Приведенные выше данные свидетельствуют о высокой степени устойчивости характера проявления и общности состава пермских пикрит-долеритовых комплексов по всему простиранию Зайсан-Гобийской зоны, что хорошо прослеживается как в масштабах этой мегаструктуры в целом, так и в пределах главных ее сегментов и отдельных ареалов ультрабазит-базитового магматизма.



**Рис. 8.** Сводные диаграммы составов пород пермских пикрит-долеритовых комплексов Зайсан-Гобийской зоны.

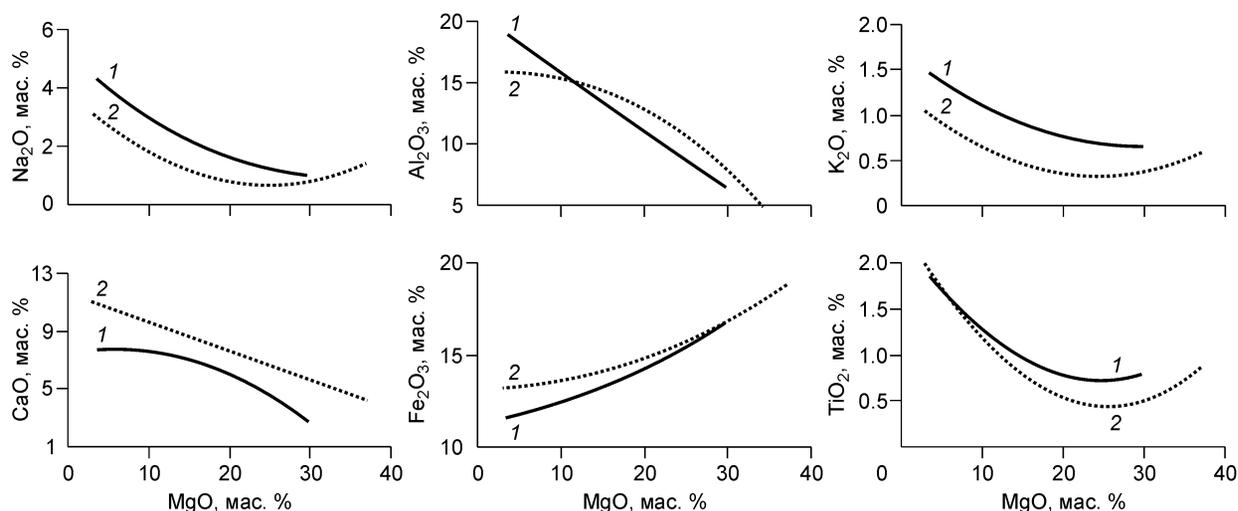
Это в полной мере отражается на представленных петрохимических графиках по различным сегментам и ареалам проявления пикрит-долеритовых интрузий ЗГЗ (см. рис. 3; 5; 7, б), а также на сводных петрохимических диаграммах пермских пикрит-долеритовых комплексов данной структуры в целом (рис. 8). Эти диаграммы прежде всего иллюстрируют принадлежность всех комплексов к ультрабазит-базитовым ассоциациям повышенной магнезиальности. По основным петрохимическим показателям рассмотренные комплексы особенно близки к магнезиальным ультрабазит-базитовым трапповым интрузиям краевых зон платформенных областей и внутриконтинентальных рифтов. В частности, обнаруживается большое их петрохимическое сходство с магнезиальными трапповыми интрузиями западной окраины Сибирской платформы [Васильев и др., 2003] (рис. 9, а) и рифтогенных структур Норильского района северо-западной ее части [Рябов и др., 2000] (см. рис. 9, б), которые рассматриваются [Золотухин и др., 1984] как исходные для сибирских траппов в целом. В наибольшей степени пермские пикрит-долеритовые комплексы Зайсан-Гобийской зоны сближаются по основным петрохимическим показателям с интрузиями Норильского района, что хорошо проявляется при сравнении полиномиальных графиков распределения основных породообразующих оксидов этих ассоциаций (рис. 10).

Вместе с тем сравнительный анализ петрохимических характеристик показывает, что пикрит-долеритовые комплексы ЗГЗ отличаются от магнезиальных трапповых интрузий западной окраины Сибирской платформы, включая интрузии Норильского района, несколько более высокой щелочностью (особенно калиевостью) и титанистостью. То и другое сближает их с ультрабазит-базитовыми комплексами внутриконтинентальных рифтов. Следует заметить, что такой вывод хорошо согласуется с принадлежностью ЗГЗ к системе Гоби-Тяньшаньского рифтогенного пояса. В то же время подобные ультрамафит-мафитовые



**Рис. 9. Бинарные диаграммы содержаний основных породообразующих окислов в породах:**

*a* — магезиальных трапповых интрузий западной окраины Сибирской платформы, по [Васильев и др., 2003], *б* — трапповых интрузий Норильского района северо-западной части Сибирской платформы, по [Рябов и др., 2000].



**Рис. 10. Полиномиальные тренды составов пород:**

1 — пикрит-долеритовых комплексов ЗГЗ, 2 — трапповых интрузий Норильского района.

интрузии Китая рассматриваются некоторыми исследователями как аналоги зональных массивов аляскинского типа [Pirajino, 2007].

Устанавливается уже отмечавшаяся выше возрастная сопряженность пикрит-долеритовых комплексов Зайсан-Гобийской зоны с пермскими покровными базальтами Таримского и Джунгарского платформенных блоков. Имеющиеся различия в составе покровных базальтов этих блоков и пермских пикрит-долеритовых комплексов структур их обрамления, к которым относится, в частности и ЗГЗ, хорошо согласуются с латеральной изменчивостью (зональностью) состава траппового магматизма в центральных и краевых частях платформ, установленной на примере Восточно-Сибирской провинции [Шарапов и др., 2003]. Обнаруживающееся сходство составов и эволюционных трендов пермских пикрит-долеритовых комплексов ЗГЗ с трапповыми интрузиями западной окраины Сибирской платформы позволяет отнести их к производным плюмового магматизма, в частности магматизма, связанного с Таримским плюмом. Такой вывод вполне соответствует современным представлениям [Добрецов, 1997, 2005; Ярмолук и др., 2000; Nikishin et al., 2002] о развитии на территории Центральной Азии пермотриасового суперплюма. В его эволюции можно предполагать локальные проявления разновременных плюмов, в том числе пермского на территории Таримского и Джунгарского платформенных блоков с обрамляющими их Гоби-Тяньшаньской и Гоби-Алтайской мобильными зонами.

В областях влияния таких плюмов, включая структуры обрамления платформенных блоков, в это время образовались разнообразные рудные месторождения Cu-Ni-ЭПГ, Ni-Co-As, Hg, Au-Hg, Cu-Мо-порфиновые и др., связанные с плюмовым магматизмом. Весьма перспективными в отношении медно-никелевого и сопутствующего платинометалльного оруденения представляются охарактеризованные в статье пикрит-долеритовые комплексы Зайсан-Гобийской зоны. Об этом свидетельствует установленное их сходство с рудоносными трапповыми интрузиями Норильского района на Сибирской платформе (включая известные модели их образования), а также обнаруженные здесь в ассоциации с отдельными ультрабазит-базитовыми интрузивами пермского возраста (Максут, Колотонк и др.) промышленно значимые Cu-Ni месторождения. Многочисленные рудопроявления аналогичного типа выявлены в последнее время в связи с пермскими пикрит-долеритовыми интрузиями смежных герцинских структур Восточного Тянь-Шаня, также принадлежащих к Гоби-Тяньшаньскому рифтогенному поясу [Tectonic Evolution..., 2003]. Предпосылки для обнаружения такого оруденения установлены [Поляков и др., 1994] в Барунхурайской и Эдрэнгийнской зонах герцинид Южной Монголии, включая соседние более древние структуры их обрамления.

Вся совокупность приведенных данных позволяет рассматривать Зайсан-Гобийскую зону ГТРП как крупную металлогеническую провинцию, перспективную в отношении платинометалльно-медно-никелевого и другого оруденения, связанного с пермотриасовым плюмовым магматизмом Центральной Азии.

Авторы благодарны чл.-кор. РАН В.В. Ярмолуку и проф. Ю.Р. Васильеву за ценные конструктивные замечания и рекомендации при подготовке статьи.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 06-05-64354, 07-05-90009), научной школы (НШ-49333.2006.5) и интеграционного проекта СО РАН № 6.11.

## ЛИТЕРАТУРА

**Борисенко А.С., Сотников В.И., Изох А.Э., Поляков Г.В., Оболенский А.А.** Пермотриасовое ору-  
днение Азии и его связь с проявлением пломового магматизма // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (1),  
с. 166—182.

**Васильев Ю.Р., Дмитриев А.Н., Золотухин В.В., Неволин В.А.** Дифференцированные трапповые  
интрузивы междуречья Курейки—Подкаменной Тунгуски и логико-математический прогноз их медно-  
никелевой рудоносности (Сибирская платформа). Новосибирск, Изд-во Новосиб. ун-та, 2003, 144 с.

**Владимиров А.Г., Изох А.Э., Яковлева Н.А.** Пикритовые порфириды Зайсанской складчатой  
области и их генезис // Докл. АН СССР, 1979, т. 247, № 5, с. 1236—1240.

**Владимиров А.Г., Крук Н.Н., Хромых С.В., Полянский О.П., Червов В.В., Владимир В.Г.,  
Травин А.В., Бабин Г.А., Куйбида М.Л., Хомяков В.Д.** Пермский магматизм и деформации литосферы  
Алтая как следствие термических процессов в земной коре и мантии // Геология и геофизика, 2008,  
т. 49 (7), с. 621—636.

**Врублевский В.В., Гертнер И.Ф., Поляков Г.В., Изох А.Э., Крупчатников В.И., Травин А.В.,  
Войтенко Н.Н.** Ag-Ag-изотопный возраст лампроитовых даек Чуйского комплекса, Горный Алтай // Докл.  
РАН, 2004, т. 399, № 4, с. 516—519.

**Гаврилова С.П., Лучицкая А.И., Фрих-Хар Д.И., Оролмаа Д., Бадамгарав Ж.** Вулканоплуто-  
нические ассоциации Центральной Монголии // Труды совместной советско-монгольской науч.-иссл.  
геол. экспедиции, 1991, № 50, с. 1—229.

**Глотов А.И., Кривенко А.П., Поляков Г.В., Уварова Е.А.** Петрология сульфидного медно-нике-  
левого месторождения Колотонк (Северо-Западный Китай) // Геология и геофизика, 2002, т. 43 (11),  
с. 990—1001.

**Добрецов Н.Л.** Пермотриасовый магматизм и осадконакопление в Евразии как отражение ман-  
тийного суперплюма // Докл. РАН, 1997, т. 354, № 4, с. 457—500.

**Добрецов Н.Л.** Мантийные плюмы и их роль в формировании анорогенных гранитоидов // Геология  
и геофизика, 2003, т. 44 (12), с. 1243—1261.

**Добрецов Н.Л.** Крупнейшие магматические провинции Азии (250 млн лет): сибирские и эмейшань-  
ские траппы (платобазальты) и ассоциирующие гранитоиды // Геология и геофизика, 2005, т. 46 (9),  
с. 870—890.

**Довгаль В.Н., Изох А.Э., Поляков Г.В., Телешев А.Е.** Тектоническое положение и особенности  
состава высококальциевых ультрабазит-базитовых магматических комплексов складчатых областей (на  
примере Алтае-Саянского и других регионов) // Геология и геофизика, 2004, т. 45 (9), с. 1102—1113.

**Ермолов П.В., Изох А.Э.** Петрология магматических пород семейтауской вулканической серии //  
Геология и геофизика, 1977 (6), с. 52—62.

**Ермолов П.В., Владимир А.Г., Изох А.Э., Полянский Н.В., Кузубный В.С., Ревякин П.С.,  
Борцов В.Д.** Орогенный магматизм офиолитовых поясов (на примере Восточного Казахстана) // Тр. ИГиГ  
СО АН СССР. Вып. 561. Новосибирск, Наука, 1983, 207 с.

**Золотухин В.В., Виленский А.М., Васильев Ю.Р., Межвилк А.А., Рябов В.В., Щербакова З.В.**  
Магнезиальные базиты запада Сибирской платформы и вопросы никеленосности // Тр. ИГиГ СО АН  
СССР. Вып. 574. Новосибирск, Наука, 1984, 207 с.

**Изох А.Э., Поляков Г.В., Кривенко А.П., Богнибов В.И., Баярбилэг Л.** Габброидные формации  
Западной Монголии. Новосибирск, Наука, 1990, 269 с.

**Коваленко В.И., Ярмолюк В.В., Владыкин Н.В., Иванов В.Г., Ковач В.П., Козловский А.М.,  
Костицын Ю.А., Котов А.Б., Сальникова Е.Б.** Эпохи формирования, геодинамическое положение и  
источники редкометалльного магматизма Центральной Азии // Петрология, 2002, т. 10, № 3, с. 227—253.

**Козловский А.М., Ярмолюк В.В., Саватенков В.М., Ковач В.П.** Источники базальтоидного маг-  
матизма в условиях рифтогенеза на активной континентальной окраине (на примере бимодальной ассоциа-  
ции хребтов Ноен и Тост позднепалеозойской Гоби-Тяньшаньской рифтовой зоны, Южная Монголия) //  
Петрология, 2006, т. 14, № 4, с. 358—383.

**Колотилов Л.И., Петров В.В., Глотов А.И.** Позднепалеозойские габброиды Зайсанской области //  
Медь-никеленосные формации складчатых областей Сибири. Новосибирск, Наука, 1990, с. 136—145.

**Кузубный В.С., Владимир А.Г., Ермолов П.В., Марьин А.М.** Главные типы габброидных инт-  
рузий Зайсанской складчатой области // Базитовые и ультрабазитовые комплексы Сибири // Тр. ИГиГ СО  
АН СССР. Вып. 441. Новосибирск, Наука, 1979, с. 166—195.

**Кузьмин М.И., Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Иванов В.Г.** Эволюция Центрально-Азиатского  
„горячего“ поля в фанерозое и некоторые проблемы плюм-тектоники // Щелочной магматизм и проблемы  
мантийных источников: Материалы Международного семинара (Иркутск, 2001 г.) Иркутск, Изд-во  
ИрГТУ, 2001, с. 246—262.

**Медведев А.Я., Альмухамедов А.И., Рейчов М.К., Сандерс А.Д., Вайт Р.В., Кирда Н.П.** Абсолютный возраст базальтов доюрского основания Западно-Сибирской плиты (по  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  данным) // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (6), с. 617—620.

**Поляков Г.В., Кривенко А.П., Изох А.Э., Глотов А.И.** Медьникеленосная пикрит-долеритовая формация Зайсан-Гобийской складчатой зоны // Докл. РАН, 1994, т. 336, № 2, с. 229—233.

**Поляков Г.В., Изох А.Э., Кривенко А.П.** Платиноносные ультрамафит-мафитовые формации подвижных поясов Центральной и Юго-Восточной Азии // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (12), с. 1227—1241.

**Поляков Г.В., Изох А.Э., Борисенко А.С.** Пермские пикрит-долеритовые комплексы и связанное с ними Cu-Ni оруденение Зайсан-Гобийской зоны как производные Таримского мантийного плюма // Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей: Материалы Междунар. конф., 20—25 августа 2007 г. Иркутск, 2007, с. 218—223.

**Рябов В.В., Шевко А.Я., Гора М.П.** Магматические образования Норильского района. Т. 1. Петрология траппов. Новосибирск, Изд-во Нонпарель, 2000, 408 с.

**Федосеев Г.С., Сотников В.И., Рихванов Л.П.** Геохимия и геохронология пермотриасовых базитов северо-западной части Алтае-Саянской складчатой области // Геология и геофизика, 2005, т. 46 (3), с. 289—302.

**Ханн В.Е.** Региональная геотектоника (Внеальпийская Азия и Австралия). М., Недра, 1979, 353 с.

**Хромых С.В., Владимиров А.Г., Крук Н.Н., Куйбида М.Д., Травин А.В.** Первые свидетельства активности Таримского плюма в Восточном Казахстане // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы совещ. Вып. 5. Т. 2. Иркутск, ИЗК СО РАН, 2007, с. 152—154.

**Чаньи Цзян, Ючжу Ли, Пэнбо Чжан, Шуфен Е.** Петрогенезис пермских базальтов Западной окраины Таримской впадины (Китай) // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (2), с. 232—241.

**Шарапов В.Н., Васильев Ю.Р., Альмухамедов А.И., Медведев А.Я.** О локальной и региональной изменчивости в составе пермотриасовых эффузивных траппов Сибирской платформы // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (8), с. 741—752.

**Ярмлюк В.В., Коваленко В.И.** Рифтогенный магматизм активных континентальных окраин и его рудоносность. М., Наука, 1991, 263 с.

**Ярмлюк В.В., Коваленко В.И.** Батолиты и геодинамика батолитообразования в Центрально-Азиатском складчатом поясе // Современные проблемы формационного анализа, петрологии и рудоносности магматических образований: Тез. докл. Всероссийского совещания (Новосибирск, 16—19 апреля 2003 г.). Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал „Гео“, 2003, с. 399—400.

**Ярмлюк В.В., Воронцов А.А., Коваленко В.И., Журавлев Д.З.** Изотопная неоднородность источников позднепалеозойского внутриплитного магматизма Центральной Азии (на основе данных по изотопам Sr и Nd базальтов бимодальных ассоциаций) // Геология и геофизика, 1997, т. 38 (6), с. 1142—1147.

**Ярмлюк В.В., Коваленко В.И., Кузьмин М.И.** Северо-Азиатский суперплюм в фанерозое: магматизм и глубинная геодинамика // Геотектоника, 2000, № 5, с. 3—29.

**Abbott D.H., Isley A.E.** The intensity, occurrence, and duration of superplume events and eras over geological time // J. Geodyn., 2002, v. 34, № 2, p. 265—307.

**Han B.F., He G.Q., Wang S.** Postcollisional mantle-derived magmatism, underplating and implications for basement of the Junggar Basin // Sci. China, 1999, v. 42, № 2, p. 113—119.

**Han B.F., Ji J.Q., Song B., Chen L.H., Li Z.** SHRIMP zircon U-Pb ages of Kalatongke No. 1 and Huangshandong Cu-Ni-bearing mafic-ultramafic complexes, North Xinjiang, and geological implications // China Sci. Bull., 2004, v. 49, № 22, p. 2424—2429.

**Han C.M., Xiao W.J., Zhao G.C., Qu W.J., Mao Q.G., Du A.D.** Re-Os isotopic analysis of the Kalatongke Cu-Ni sulfide deposit, northern Xinjiang, NW China, and its geological implication // Acta Petrol. Sinica, 2006, v. 22, № 1, p. 163—170.

**Jiang C.Y., Xia M.Z., Wei W., Ye S.F.** Liuyuan trachybasalt belt in the Northeastern Tarim Plate: products of asthenosphere mantle decompressional melting // Acta Petrol. Sinica, 2007, v. 23, № 7, p. 1765—1778.

**Laurent-Charvet S., Charvet J., Monie P., Shu L.S.** Late Paleozoic strike-slip shear zones in eastern central Asia (NW China): new structural and geochronological data // Tectonics, 2003, v. 22, № 2, p. 1009—1009.

**Lyons J.J., Coe R.S., Zhao X.X., Renne P.R., Kazansky A.Y., Izokh A.E., Kungurtsev L.V., Mitrokhin D.V.** Paleomagnetism of the Early Triassic Semeitau igneous series, eastern Kazakhstan // J. Geophys. Res. Solid Earth, 2002, v. 107, № B7, p. 2139—2139.

**Mao J.W., Goldfarb R.J., Wang Y.T., Hart C.J., Wang Z.L., Yang J.M.** Late Paleozoic base and precious metal deposits, East Tianshan, Xinjiang, China: characteristics and geodynamic setting // Episodes, 2005, v. 28, № 1, p. 23—36.

**Mao Q.G., Xiao W.J., Han C.M., Sun M., Yuan C., Yan Z., Li J.L., Yong Y., Zhang J.E.** Zircon U-Pb age and the geochemistry of the Baishiquan mafic-ultramafic complex in the Eastern Tianshan, Xinjiang province; constraints on the closure of the Paleo-Asian Ocean // *Acta Petrol. Sinica*, 2006, v. 22, № 1, p. 153—162.

**Nikishin A.M., Ziegler P.A., Abbott D., Brunet M.F., Cloetingh S.** Permo-Triassic intraplate magmatism and rifting in Eurasia: implications for mantle plumes and mantle dynamics // *Tectonophysics*, 2002, v. 351, № 1—2, p. 3—39.

**Pirajno F.** Zoned mafic-ultramafic intrusions in the Altay and Tian Shan orogens, NW China: implications for mantle dynamics and ore systems // *Large Igneous Provinces of Asia, Mantle Plumes and Metallogeny*. Abs. Int. Sym. Novosibirsk, Publishing House of SB RAS, 2007, p. 48—51.

**Reichow M.K., Saunders A.D., White R.V., Pringle M.S., Al'Mukhamedov A.I., Medvedev A.L., Korda N.** New  $^{40}\text{Ar}$ — $^{39}\text{Ar}$  data on basalts from the West Siberian Basin: extent of the Siberian flood basalt province doubled // *Science*, 2002, v. 296, p. 1846—1849.

**Saunders A.D., Jones S.M., Morgan L.A., Pierce K.L., Widdowson M., Xu Y.G.** Regional uplift associated with continental large igneous provinces: the roles of mantle plumes and the lithosphere // *Chem. Geol.*, 2007, v. 241, № 3—4, p. 282—318.

**Shenghao Y., Zhang Z., Wang D., Chen B., He L., Zhou G.** Kalatonke magmatic-copper-nickel sulfide deposit // *Tectonic Evolution and Metallogeny of the Chinese Altay and Tianshan*. JAGOD Guidbook series 10 / Eds. J. Mao, R.J. Goldfarb. London, Cercams and Nat. History Mus., 2003, p. 131—151.

**Tectonic Evolution and Metallogeny of the Chinese Altay and Tianshan**. JAGOD Guidbook series 10 / Eds. J. Mao, R.J. Goldfarb. London, Cercams and Nat. History Mus., 2003, 282 p.

**Zhang Z.C., Guo Z.J., Liu S.W.** Age and tectonic significance of the mafic dyke swarm in the Kuruktag region, Xinjiang // *Acta Geol. Sinica*, 1998, v. 72, № 1, p. 29—36.

**Zhou M.F., Leshner C.M., Yang Z.X., Li J.W., Sun M.** Geochemistry and petrogenesis of 270 Ma Ni-Cu-(PGE) sulfide-bearing mafic intrusions in the Huangshan district, Eastern Xinjiang, Northwest China: implications for the tectonic evolution of the Central Asian orogenic belt // *Chem. Geol.*, 2004, v. 209, № 3—4, p. 233—257.

**Wang Y.W., Wang J.B., Wang L.J., Fang T.H.** REE characteristics of Cu-Ni sulfide deposits in the Hami area, Xinjiang // *Acta Petrol. Sinica*, 2004, v. 20, № 4, p. 935—948.

*Поступила в редакцию  
16 ноября 2007 г.*