

О критериях выявления гипабиссальных дайковых образований и их подразделений на комплексы в постскладчатых вулcano-плутонических поясах

На примере одного из вулcano-плутонических поясов рассмотрены признаки (структурно-геологические, морфологические, петрографические, петрохимические и др.) гипабиссальных дайковых комплексов, сформированных в пределах магматогенных кольцевых структур различных этапов развития пояса. Совокупность этих признаков может быть положена в основу выявления автономных гипабиссальных образований и их расчленения на петрографические подразделения в регионах со сходной историей развития.

Ключевые слова: гипабиссальные дайковые комплексы, магматогенные кольцевые структуры, вулcano-плутонические пояса, критерии расчленения магматических образований.

L. N. SHARPENOK, E. A. KUKHARENKO, A. E. KOSTIN (VSEGEI)

On the criteria of identifying the hypabyssal dyke formations and their subdivision into complexes in postfolding volcano-plutonic belts

On the example of one of the volcanic-plutonic belt the features (structural-geological, morphological, petrographic, chemical, etc.) of the hypabyssal dyke complexes in the magmatogenic ring structures formed at various stages of this belt development are discussed. The combination of these features can be the basis for identifying hypabyssal autonomous formations and subdividing them into petrographic units in regions with a similar history of development.

Keywords: hypabyssal dyke complexes, magmatogenic ring structures, volcanic-plutonic belts, criteria of magmatic formations subdivision.

Гипабиссальные дайковые образования играют важную роль в строении многих регионов, и с ними часто связаны разнообразные оруденения, в том числе промышленные [1–4, 9]. Значимость этих образований в решении практических задач по геологической съемке и поискам полезных ископаемых, а также фундаментальных проблем геологического развития регионов объясняет повышенный интерес геологов к дайковым телам при проведении работ различной направленности. Основное внимание исследователей, как следует из анализа публикаций, направлено на изучение мафических дайковых поясов, в то время как значимость дайковых комплексов кислого или контрастного составов, индикаторных для режимов постскладчатого сводообразования, зачастую недооценивается.

Как показал анализ материалов по геологическому картированию (в том числе Госгеолкарт), гипабиссальные дайковые комплексы часто не выявляются и не выделяются, особенно в регионах с преобладанием даек кислого состава. Это объясняется тем, что термодинамические условия, при которых кристаллизуются породы, сходные по структурным признакам с гипабиссальными образованиями (т. е. имеющие гипабиссальный облик), могут существовать не только на гипабиссальном уровне глубинности. Такие условия могут возникать при формировании экструзивно-жерловых и субвулканических тел, во внутренних частях мощных вулканических покровов, в приконтактных зонах плутонических массивов. Образующиеся в этих условиях породы гипабиссального облика являются

структурными или фаціальными разновидностями пород вулканического или плутонического происхождения. Таким образом, то или иное происхождение пород гипабиссального облика должно обосновываться, и прежде всего непосредственными полевыми наблюдениями, доказывающими связь малых тел с вулканическими или плутоническими образованиями либо их обособленность, автономность.

При невозможности установить статус пород гипабиссального облика непосредственными полевыми наблюдениями следует основываться на анализе совокупности структурно-геологических и вещественных признаков – критериев, индикаторных для каждого из комплексов.

Для демонстрации эффективности такой методики и иллюстрации ее применения выбран типовой (с точки зрения многообразия проявлений постскладчатого гранитоидного магматизма) регион – Токрауская впадина, одна из зон Прибалхашско-Илийского вулcano-плутонического пояса Казахстана. Эта впадина объединяет Центрально-Токраускую систему магматогенных кольцевых структур различных типов [10, 11], каждая из которых образована магматитами одной из вулcano-плутонических ассоциаций определенного возраста – C_3-P_1 , P_1 , P_2 или P_3-T_1 . В большинстве из этих структур, наряду с другими магматитами (вулканическими и плутоническими), широко проявлены разновозрастные дайковые образования кислого и контрастного составов. Проводившиеся авторами статьи многолетние исследования в регионе при

полной обнаженности территории позволили установить непосредственные геологические взаимоотношения между различными магматитами и определить положение дайковых образований в составе каждой из разновозрастных вулканоплутонических ассоциаций, а также определить их роль в развитии магматогенных структур различных типов. Всё это в совокупности с изучением вещественного состава дайковых образований позволило подразделить их на ряд комплексов. Результаты этой работы могут способствовать совершенствованию методики выявления и расчленения на комплексы разновозрастных близких по составу гранитоидных дайковых образований на основе структурно-геологических и вещественных признаков.

Петрографический кодекс характеризует гипабиссальный комплекс (ПК, 2009, ст. III.4.15) как совокупность локализованных в пространстве и времени автономных малых интрузивных тел, сложенных породами, образованными на этапе гипабиссального дайкообразования. При этом в подвижных областях дайковые комплексы особенно характерны для сводового и рифтогенного геодинамических режимов, где они входят в состав разновозрастных вулканодайково-плутонических ассоциаций.

Важнейшим признаком, характеризующим дайковые образования каждого из комплексов, является специфика их структурно-пространственного положения в магматогенной структуре того или иного типа и определенными возрастными отношениями с вулканическими и плутоническими породами этой структуры. Эта специфика обусловлена условиями формирования магматогенных структур на каждом этапе развития постскладчатых вулканоплутонических поясов. Магматогенным структурам начального (раннеорогенного, C_3-P_1) этапа разви-

тия этих поясов автономные дайковые образования не свойственны [11]. Однако в строении структур последующих этапов (средне-, поздне- и посторогенного) ассоциации дайковых тел последовательно от этапа к этапу приобретали, как будет показано далее, все более широкое развитие. При этом они, как правило, контролируются радиальными, коническими и кольцевыми разломами, сформированными магматогенной тектоникой и достигающими главным образом области плавления в пределах сиалической части коры. В связи именно с этим среди магматитов, в том числе дайковых, преобладают породы гранитоидного состава.

Итак, рассмотрим признаки гипабиссальных дайковых образований различных этапов развития вулканоплутонических поясов.

Дайковые образования среднеорогенного (раннепермского) этапа развития впадины являются одним из элементов магматогенных структур вулканогенно-плутонического типа, характерных для этого этапа [11]. Типовой структурой с максимальным разнообразием дайковых тел может служить структура Аюльозек (рис. 1), которая образована породами раннепермской ассоциации, включающей вулканический, гипабиссальный и плутонический комплексы. Вулканы этого возраста, как отчетливо видно на модели структуры, образуют мульду-впадину с экстрозивно-жерловыми телами трахириолитов во внутренней ее части.

По периферии этой мульды в небольшом количестве развиты гипабиссальные дайковые образования, слагающие сфенолиты, радиальные и конические тела с четкими ровными границами, в целом образующие прерывистую полукольцевую структуру, пространственно удаленную от вулканического центра. Дайки, как и вулканы, прорваны на отдельных участках структуры плутоническими

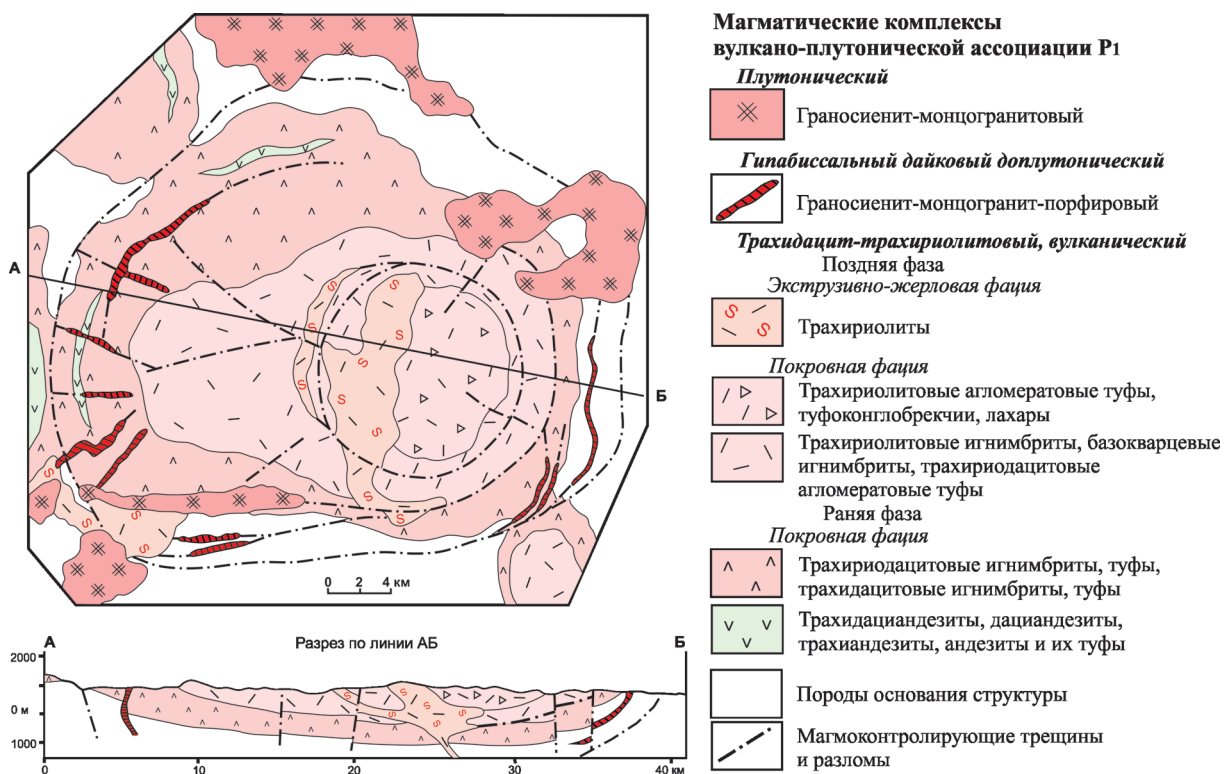


Рис. 1. Гипабиссальный дайковый комплекс в строении магматогенной структуры среднеорогенного этапа развития Прибалхашско-Илийского вулканоплутонического пояса (палеорекострукция структуры Аюльозек)

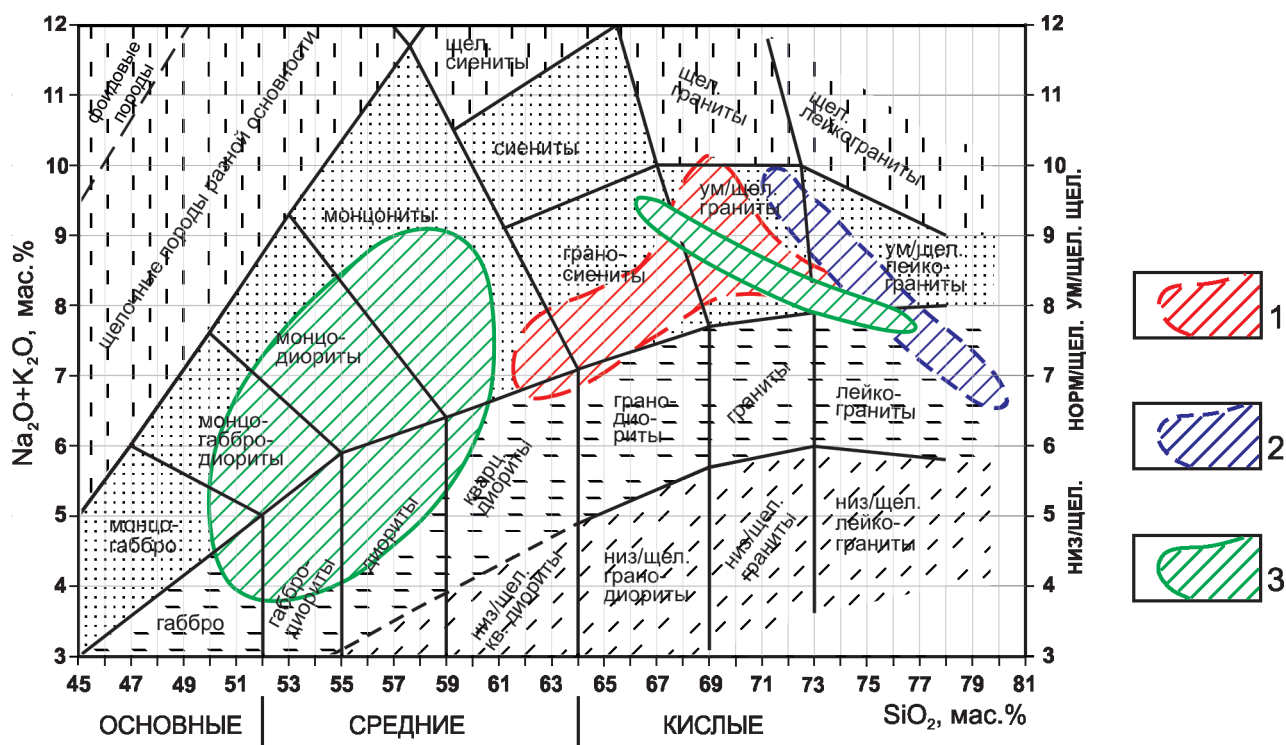


Рис. 2. TAS-диаграмма для пород гипабиссальных дайковых комплексов последовательных этапов развития вулканоплутонических поясов

1 – среднеорогенного (аюльюзекский комплекс); 2 – позднеорогенного (кызылжальский комплекс); 3 – посторогенного (кызылрайский комплекс).

Поля плутонических пород на диаграмме по [12]

умереннощелочными гранитоидами. Очевидно, что возрастная последовательность магматитов отражает закономерное последовательное увеличение глубинности условий их формирования (приповерхностные вулканические → гипабиссальные → плутонические).

Породы даек имеют относительно однородный состав – граносиенит- и монцогранит-порфиры, иногда приближающиеся к умереннощелочным лейкогранит-порфирам или монцонит-порфирам. Породы, как правило, с большим количеством вкрапленников, среди которых отчетливо преобладает кварц, в подчиненном количестве присутствуют альбит-олигоклаз и олигоклаз, калиево-натриевый полевой шпат и в небольшом количестве, но постоянно – биотит; основная масса микропиклитовая, переходящая в микрогранитовую.

Породы умеренно кислые, содержание SiO_2 в них 62–73 %. Тренд эволюции их составов на TAS-диаграмме расположен в полях пород умереннощелочного петрохимического ряда (рис. 2) – суммарная щелочность составляет от 7,5 до 9,0 %. Тип щелочности калиево-натриевый при преобладании оксида калия.

Породы дайкового раннепермского комплекса принадлежат в основном к высококалиевой известково-щелочной серии и частично к ультракалиевой (рис. 3). Изменение состава пород в гомодромном ряду соответствует боуэновскому тренду – накоплению в поздних дифференциатах щелочей, особенно калия, что подчеркивается однотипностью трендов пород даек на TAS-диаграмме и диаграмме $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$.

Для дайковых образований кислого состава в рассматриваемом регионе важным параметром

каждого из комплексов является отношение суммарного содержания оксидов железа к содержанию кремнезема. Для пород раннепермского дайкового комплекса увеличение кремнезема в породах сопровождается уменьшением содержания суммарного железа практически в два раза (рис. 4).

Обобщая характеристику дайковых образований раннепермской магматогенной структуры Аюльюзек, следует отметить, что их статус как автономного гипабиссального комплекса обосновывается рядом признаков. Прежде всего это соответствующий облик пород, отличающий их от трахириолитов экструзивно-жерловой фации, а также пространственная обособленность (рис. 1) полукольцевого пояса конических даек как от вулканического центра структуры, так и от плутонических граносиенит-монцогранитов.

Дайковые образования позднеорогенного (среднепермского) этапа развития Центрально-Токрауской системы магматогенных структур являются одним из элементов структуры дайково-плутонического типа [11]. Типовой моделью такой структуры с максимальным разнообразием дайковых тел может служить асимметричная (с более широкой и пологой северо-западной зоной) эллипсовидная структура Кызылжал (рис. 5).

Эта структура сформирована породами среднепермской вулканоплутонической ассоциации, состоящей (в возрастной последовательности) из вулканических (покровных, экструзивно-жерловых и субвулканических), доплутонических дайковых, плутонических, а также постплутонических дайковых образований. Среди них гипабиссальным обликом обладают образования трех групп пород: монцогранит–граносиенит-порфиры, монцогранит–

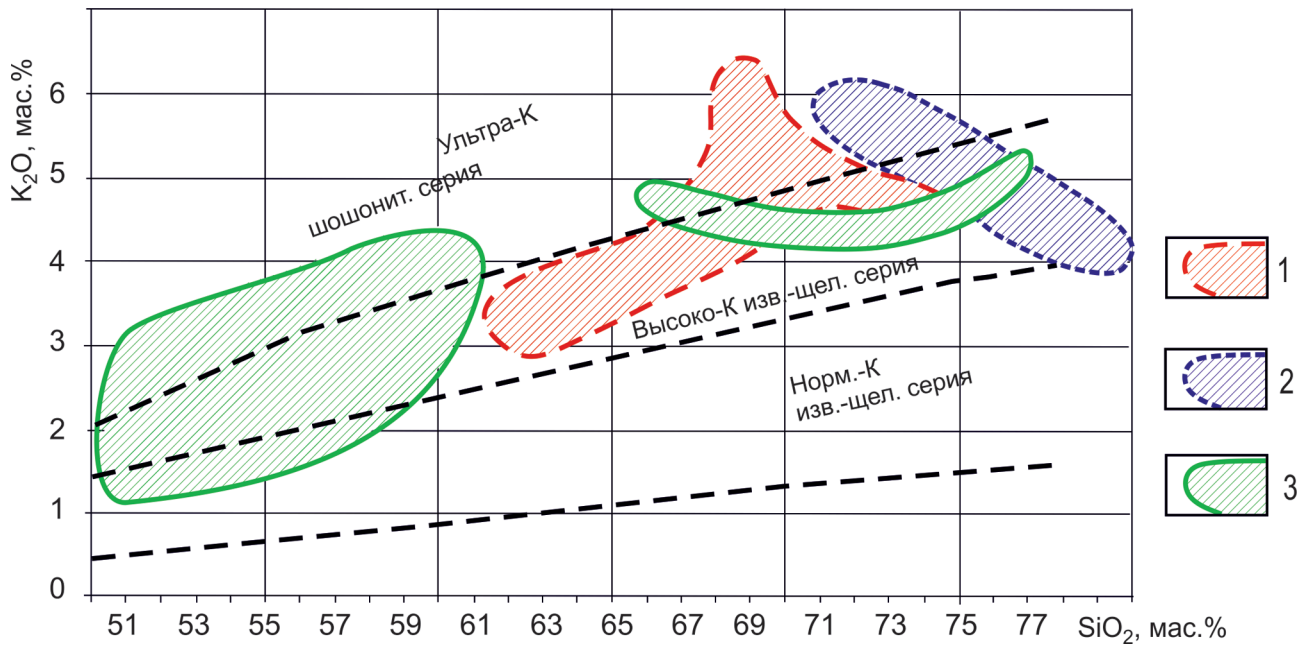


Рис. 3. Диаграмма K_2O-SiO_2 для пород гипабиссальных дайковых комплексов последовательных этапов развития вулcano-плутонических поясов

1 – среднеорогенного, 2 – позднеорогенного, 3 – посторогенного (тафрогенного)

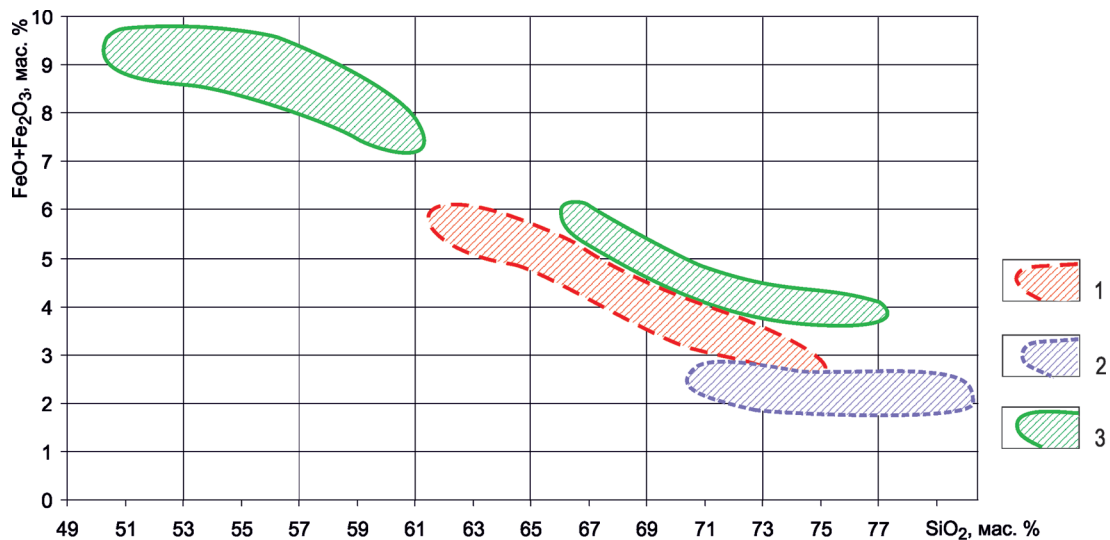


Рис. 4. Диаграмма $FeO+Fe_2O_3-SiO_2$ для пород гипабиссальных дайковых комплексов последовательных этапов развития вулcano-плутонических поясов

1 – раннеорогенного, 2 – позднеорогенного, 3 – посторогенного (тафрогенного)

нит–монцолейкогранит–порфиры, монцолейкогранит–лейкогранит–порфиры.

Наиболее ранними из названных пород гипабиссального облика являются монцогранит–граносиенит–порфиры. Они развиты только во внутренней круговой зоне структуры (рис. 5) и пространственно тяготеют к породам покровной и экструзивно-жерловой фаций вулканического комплекса, прорывая их, и прорваны в свою очередь монцолейкогранитами плутонического комплекса. Образуют монцогранит–граносиенит–порфиры относительно крупные пологие силлообразные залежи с извилистыми контурами и апофизами во вмещающие породы. Все перечисленные геолого-структурные признаки свидетельствуют о том, что монцогранит–граносиенит–порфиры представляют собой корневую зону

вулканической постройки, т. е. являются субвулканическими образованиями.

Следующие по возрасту породы гипабиссального облика в пределах структуры Кызылжал – монцогранит–монцолейкогранит–порфиры, которые прорывают вулканы структуры и прорываются монцолейкогранитами, являясь, таким образом, поствулканическими, но доплутоническими. Картируются они как конические дайкообразные тела, иногда силлообразные пологие залежи, реже радиальные дайки с четкими ровными границами, расположенные преимущественно во внешней, относительно пологой зоне структуры, значительно удаленной к северо-западу от ее вулканического центра. Коническая форма и четкие границы трещинных тел иные, чем у субвулканических тел,

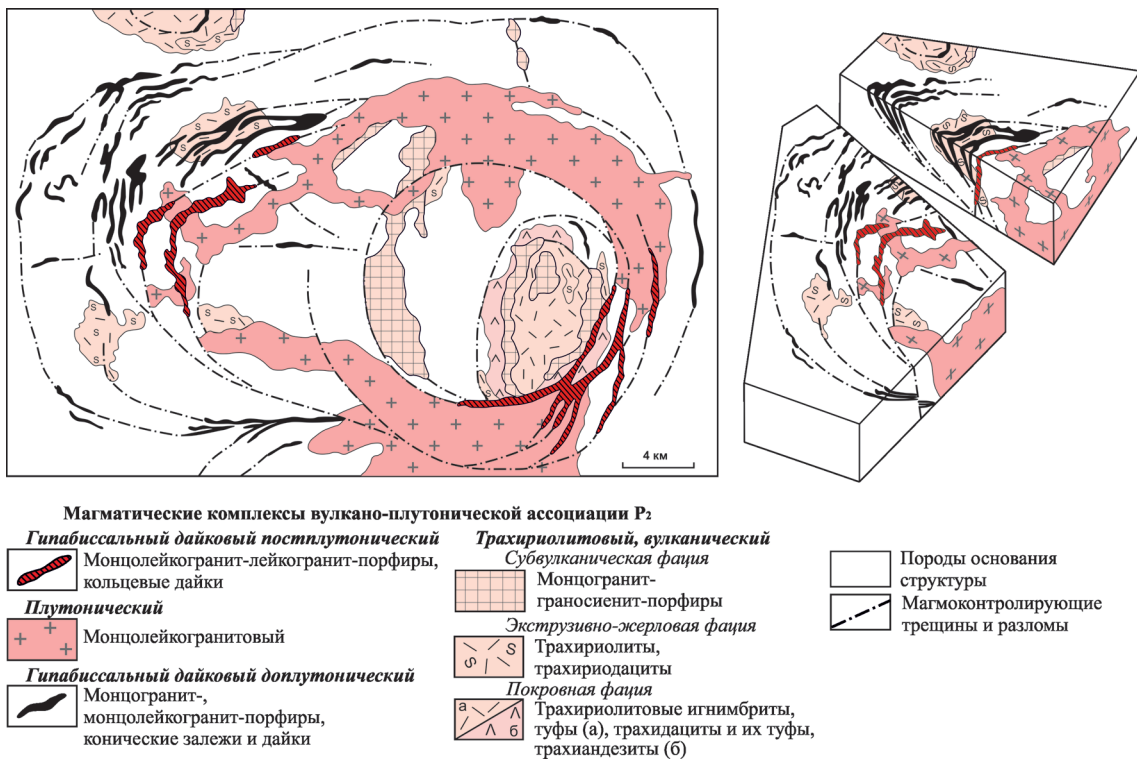


Рис. 5. Гипабиссальные дайковые комплексы в строении магматогенной структуры позднеорогенного этапа развития Прибалхашско-Илийского вулcano-плутонического пояса (палеорекострукция структуры Кызылжал)

структурное их положение по отношению к вулканическому центру (рис. 5) и сформированный этими коническими телами полукольцевой в плане пояс позволяют обосновать автономность этих образований и их в предплутонический гипабиссальный силло-дайковый комплекс.

Постплутонические породы гипабиссального облика структуры Кызылжал — это монцолейкогранит-лейкогранит-порфиры, образующие дайкообразные тела, заполняющие крутопадающие кольцевые трещины, которые отчетливо прорывают все магматиты этой структуры, в том числе плутонические, завершая ее формирование. Геолого-структурная автономность монцолейкогранит-лейкогранит-порфировых дайковых образований свидетельствует об их независимости как от вулканического, так и от плутонического комплексов, что позволило выделить их в самостоятельный гипабиссальный дайковый комплекс.

Породы конических предплутонических и кольцевых постплутонических даек по составу близки и в целом представляют собой единый ряд пород от монцогранитов через монцолейкограниты до лейкогранитов. У них четко выраженная порфировая структура, во вкрапленниках, в отличие от пород раннепермского дайкового комплекса, преобладают калиево-натриевый пертитовый полевой шпат и кварц, в меньшем количестве присутствует плагиоклаз, биотит встречается в виде единичных зерен или отсутствует; основная масса микрогранитовая.

Породы обладают высокой (71–79 %) кремнекислотностью (рис. 2), и тренд эволюции их составов на TAS-диаграмме расположен в полях умереннощелочного и нормальнощелочного петрохимических рядов при ярко выраженной пантеллеритовой тенденции. Породы характеризуются калиево-на-

триевым типом щелочности при преобладании оксида калия и принадлежат преимущественно к высококальциевой петрохимической серии, реже к ультракальциевой (рис. 3). Изменение содержания кремнезема в породах сопровождается, в отличие от раннепермских даек, незначительными колебаниями содержания суммарного железа (рис. 4).

Таким образом, среднепермские дайковые образования магматогенной структуры Кызылжал объединены в пред- и постплутонический гипабиссальные комплексы на основании ряда признаков: порфировой структуры пород; структурно-геологической обособленности дайковых образований как от вулканического центра структуры, так и от гранитоидного массива; различной позицией даек по отношению к гранитоидам вулcano-плутонической ассоциации (рис. 5); специфического вещественного состава пород этих даек (рис. 2–4), позволяющего отделять их от даек иного возраста.

Дайковые образования посторогенного (тафrogenного) позднепермско-раннетриасового этапа развития Центрально-Токрауской системы магматогенных структур. Континентальное сводообразование подвижных поясов завершается посторогенным (тафrogenным) режимом, при котором остаточное сводообразование сочетается с горизонтальными растяжениями в вершинных частях сводов, приводящими к заложению главным образом линейных зон магмоподводящих глубинных разломов и трещин с приуроченными к ним дайковыми образованиями [5, 6, 11]. Тафrogenезу свойственно формирование как магматогенных центрально-кольцевых структур плутогенного типа, так и протяженных линейных структур, а также сосуществование в вертикальной магматической колонне мантийных и коровых очагов, что приводит к проявлению контрастно-бимодального по

вещественному составу магматизма при различной фациальной глубинности.

Наиболее полно тафрогенные дайковые комплексы Центрально-Токрауской системы магматогенных структур [11] проявлены в структуре плутогенного типа Кызылрай (рис. 6).

Структура сформирована породами позднепермско-раннетриасовой вулcano-плутонической ассоциации, состоящей (в возрастной последовательности) из вулканических (покровных и экструзивно-жерловых), дайковых доплутонических, плутонических, дайковых постплутонических образований. В этой ассоциации жило- или дайкообразную форму тел имеют породы трех разных возрастных уровней.

Наиболее ранние из этих пород – лавы с порфировой структурой, игнимбриоподобные лавы, игниспумиты трахириодацит-трахириолитового состава. Они имеют неполнокристаллическую структуру и образуют ветвящиеся тела или цепочки жилообразных тел с извилистыми контурами и апофизами во вмещающие породы. Расположены эти тела только в непосредственной близости к вулканогенной мульде в ее северо-западном обрамлении (рис. 6), фиксируя центры извержения вулканитов этого времени (вулкан Жантау). Таким образом, вулканический облик пород, форма тел, возрастное и структурно-пространственное положение образованных названными породами тел позволяют считать их экструзивно-жерловыми проявлениями вулканического комплекса структуры Кызылрай.

Следующие по возрасту породы прорывают вулканогенные образования структуры и в свою очередь прорваны плутоническими гранитоидами. Они имеют преимущественно гипабиссальный облик и контрастны по составу, представлены как средне-основными породами, главным образом трахидолеритами, иногда переходящими

по простиранию в трахиандезибазальты, базальты и трахизальты, реже монцодиорит-порфирами, так и породами гранитоидного состава, преимущественно умереннощелочными (монцогранит-, граносиенит-, лейкогранит-порфирами), местами переходящими в трахириолиты. Породы среднеосновного и кислого составов перемежаются во времени (с преобладанием базальтоидов среди более ранних пород), что отражает перемежающиеся тектонические импульсы растяжений и сжатий. Эти породы слагают трещинные тела – дайки с четкими линейными контактами мощностью от 0,5 до 5–10 м и протяженностью 2–2,5, редко до 10 км и более. Они образуют густо насыщенный телами преимущественно линейный протяженный трансрегиональный пояс северо-западного простирания. Только в южной части структуры Кызылрай этот пояс имеет полукольцевое ответвление, фиксирующее границу надочаговой зоны растяжения (рис. 6). Все перечисленные признаки образований этого возраста – порфировый облик пород, структурное и возрастное положение, дайковая форма тел с четкими ровными границами и формирование этими телами протяженного пояса, выходящего далеко за пределы вулcano-плутонической структуры, свидетельствуют об их автономности и позволяют выделять их в доплутонический гипабиссальный дайковый комплекс.

Наконец, наиболее поздними породами, слагающими трещинные тела – дайки, в структуре Кызылрай являются граносиенит-, монцогранит-порфиры и трахидолериты, прорывающие аляскитовый плутон. Они также имеют гипабиссальный облик и образуют линейный пояс, но уже северо-восточного простирания, разреженный и менее протяженный (рис. 6). Этот пояс приурочен в основном к внутренней части орогенного свода, главным образом к аляскитовому плутону. Гипабиссальный облик



Рис. 6. Гипабиссальные дайковые комплексы в строении магматогенной структуры посторогенной (тафрогенной) стадии развития Прибалхашско-Илийского вулcano-плутонического пояса (палеорекострукция структуры Кызылрай)

пород, слагающих дайки этого пояса, трещинная форма тел с четкими ровными границами и, главное, поперечное положение по отношению к предшествующим дайкам образованного ими пояса позволяют отнести их к автономному постплутоническому гипабиссальному дайковому комплексу.

По составу породы доплутонического и постплутонического контрастно-бимодальных дайковых комплексов структуры Кызылрай близки — входящие в их состав как базальтоиды, так и гранитоиды в целом представляют собой единые совокупности пород со специфическими петро-геохимическими признаками.

В порфировых кислых породах кызылрайских даек во вкрапленниках резко преобладает пелитизированный калиево-натриевый полевой шпат и практически отсутствует или содержится в небольшом количестве кварц, т. е. преобладают породы базокварцевые с единичными чешуйками биотита. Структура связующей массы пород варьирует даже в пределах одного дайкового тела от фельзитовой с флюидальной текстурой до массивной микрогранитовой. В основном это кислые (до ультракислых) умереннощелочные породы с пантеллеритовой тенденцией дифференциации, принадлежащие к высококалиевой и ультракалиевой сериям (рис. 2, 3) при калиево-натриевом и калиевом типах щелочности. Характерно, что при росте кремнекислотности и суммарной щелочности содержание оксида калия практически постоянно (4,2–5,1 %); кроме того, породам свойственна отчетливая обогащенность железом (рис. 4).

Базитовые породы даек структуры Кызылрай (массивные, порфировидные, иногда миндалекаменные) содержат во вкрапленниках плагиоклаз (андезин — лабрадор) и моноклинный пироксен, погруженные в плагиоклаз-пироксен-роговообманковую основную массу с офитовой, пилотакситовой или интересной структурой. Породы образуют гомодромный ряд (50–61 % SiO_2 ; Кф 60–79) повышенной, реже нормальной щелочности калиево-натриевого (до калиевого) типа (рис. 2, 3) при росте ее главным образом за счет калия. При этом они принадлежат как к ультракалиевой (шошонитовой), так и к высококалиевой известково-щелочной сериям. Повышенная кремнеземистость базитовых пород даек может быть связана с захватом материала из риолитоидной составляющей единого, но контрастного по составу комплекса.

Образования гипабиссального облика магматогенной структуры Кызылрай на основании свойственных им признаков (формы тел и характера их контактов, а также геолого-структурной позиции этих тел по отношению вулканическому и плутоническому центрам и др.) объединены в пред- и постплутонический автономные гипабиссальные комплексы (рис. 5).

Итак, гипабиссальные комплексы каждого из этапов развития Прибалхашско-Илийского пояса имеют ряд отличительных геолого-структурных и вещественных признаков:

1. *Морфология тел и образованных ими поясов.* Преимущественно коническая форма дайковых тел среднеорогенного гипабиссального комплекса отражает их формирование при заполнении расплавом конических трещин, возникавших в связи с куполообразованием вследствие возрастания давления в магматическом очаге. Морфология тел среднеорогенных комплексов отражает их форми-

рование в различные периоды развития магматогенной структуры и в различных условиях. Тела доплутонического комплекса — конические дайковые, реже силловые, формировались, как и в предыдущем случае, в период возрастания давления в очаге. В то же время постплутонические дайки, по форме кольцевые, контролируются крутопадающими кольцевыми разломами, образование которых и заполнение расплавом было, вероятно, обусловлено проседанием внутренних частей структуры в связи со снижением давления магматического очага. Совокупности гипабиссальных тел как средне-, так и позднеорогенных комплексов во всех случаях представляют собой прерывистые кольцевые дайковые пояса в периферических частях магматогенных структур (рис. 1, 5). Именно по этой форме даек и образованных ими поясов орогенные дайковые комплексы отличаются от тафрогенных. Тафрогенные дайки имеют преимущественно трещинно-линейную форму и образуют главным образом протяженные линейные дайковые пояса, выходящие за пределы структуры. Лишь в непосредственной близости к центральной части магматогенного свода (рис. 6) доплутонические дайки образуют дугообразное ответвление. Подобные протяженные пояса весьма характерны для посторогенных бимодальных комплексов (например, для позднепалеозойских дайковых поясов Западного Забайкалья и Монголии [8, 13]).

2. *Специфические петрографо-минералогические признаки разновозрастных гипабиссальных дайковых комплексов.*

Породный состав комплексов. Для орогенных дайковых комплексов характерен относительно однородный гранитоидный состав, в отличие от тафрогенных, которым свойственна контрастность породного состава. В среднеорогенном раннепермском комплексе преобладают дайки монцогранит-и граносиенит-порфиров, в позднеорогенном (среднепермском) — монцолейкогранит — лейкогранит-порфиров, в кислой составляющей контрастного по составу тафрогенного (позднепермско-раннетриасового) комплекса — дайки монцогранит-порфиров, перемежающиеся с дайками основного состава, преимущественно трахидолеритовыми.

Петрографические признаки пород кислого состава. Для пород среднеорогенного комплекса отличительным признаком является обилие вкрапленников, резкое преобладание среди них кварца над полевыми шпатами, а также постоянное присутствие среди вкрапленников биотита. В породах позднеорогенных даек содержание калиево-натриевого полевого шпата во вкрапленниках соизмеримо с кварцем при подчиненной роли плагиоклаза и лишь спорадическом появлении биотита. Для тафрогенных дайковых пород кислого состава характерно резкое преобладание во вкрапленниках калиево-натриевого полевого шпата при практическом отсутствии кварца, т. е. это породы в основном базокварцевые.

3. *Петрохимические особенности пород кислого состава.*

Породы среднеорогенных даек имеют отчетливо относительно низкую кремнекислотность по сравнению с позднеорогенными при преимущественно боуэновской тенденции дифференциации (увеличение общей щелочности при возрастании SiO_2) для первых и пантеллеритовой тенденции (уменьшение общей щелочности при возрастании SiO_2) для вто-

рых, что хорошо видно на TAS-диаграмме (рис. 2). Составы кислых пород тафрогенных контрастных комплексов по кремнекислотности занимают промежуточное положение между ними при пантеллеритовой тенденции тренда дифференциации, хотя несколько менее ярко выраженной, чем в позднеорогенных комплексах.

Кислые породы последовательных дайковых комплексов в значительной мере отличаются друг от друга по распределению K_2O (рис. 3). Породы даек орогенных комплексов принадлежат преимущественно к высококалиевой известково-щелочной и частично ультракалиевой сериям. Изменение их суммарной щелочности по мере роста содержания SiO_2 происходит в основном за счет оксида калия, о чем свидетельствует почти полная идентичность конфигураций полей составов орогенных пород на диаграммах TAS и K_2O-SiO_2 (рис. 2, 3). Однако если для среднеорогенного комплекса в эволюционирующем расплаве происходит накопление оксида калия, то породы позднеорогенных комплексов характеризуются снижением их калиевости по мере роста кремнекислотности. Наконец, кислые породы даек тафрогенных контрастных комплексов полностью принадлежат к высококалиевой известково-щелочной серии, и их спецификой является практически постоянное содержание оксида калия, а снижение общей щелочности по мере роста кремнекислотности происходит за счет снижения натрия в породах.

Породы последовательных дайковых комплексов трех этапов развития вулканоплутонического пояса особенно отчетливо различаются по содержанию суммарного железа по отношению к кремнезему (рис. 4). Выявлена закономерность, отражающая снижение железистости в последовательном ряду орогенных дайковых комплексов. В то же время установлена отчетливая обогащенность железом пород даек кислого состава тафрогенного (посторогенного) контрастного комплекса.

4. *Геохимические особенности.* Анализ содержания ряда микроэлементов в породах рассматриваемого ряда дайковых комплексов показал [7], что геохимические особенности пород дайковых комплексов различных этапов развития вулканоплутонического пояса также специфичны. Так, гранитоиды контрастно-бимодальных по составу тафрогенных дайковых комплексов имеют ярко выраженную геохимическую специализацию – повышенные по сравнению с орогенными содержания высокочarged элементов (Zr, Nb), что характерно для кислых пород рифтогенных режимов, а также тяжелых редкоземельных элементов (Yb, Y) и Cu при пониженных содержаниях Pb и Be.

Выводы. Магматогенные структуры различных типов, формировавшиеся на различных этапах развития постскладчатых вулканоплутонических поясов, могут включать гипабиссальные дайковые образования, в том числе занимающие разное положение в строении этих структур. По мере развития поясов от этапа к этапу значимость этих образований в строении магматогенных структур возрастает от полного их отсутствия в раннеорогенной структуре до широкого их проявления в посторогенных (тафрогенных) структурах.

Поскольку магматогенные структуры различных этапов развития вулканоплутонических поясов зачастую накладываются друг на друга, то разновоз-

растные, но в целом близкие по составу дайковые образования могут быть пространственно совмещены (как это имеет место в пределах Токрауской впадины), что крайне осложняет их расчленение.

Гипабиссальные образования каждого из этапов развития вулканоплутонических поясов, при в целом близости их состава, обладают рядом отличительных признаков (геолого-структурного положения, морфологии тел и образуемых ими дайковых поясов, вещественного состава, структурно-текстурных и др.), обусловленных особенностями условий их формирования на каждом из этапов и позволяющих произвести корректное расчленение дайковых образований на разновозрастные комплексы при составлении карт геологического содержания.

Диагностика условий формирования пород гипабиссального облика должна основываться на том, что этот облик может быть свойствен как породам автономных дайковых комплексов, так и субвулканическим и экстрезивно-жерловым образованиям – составляющим вулканических комплексов. В связи с этим определение их статуса должно быть основано не столько на их облике, сколько на комплексе геолого-структурных признаков образуемых ими тел.

Для субвулканических и экстрезивно-жерловых образований характерна пространственная приуроченность их тел к вулканическим центрам. Тела имеют обычно штоко- и жилообразную, реже силло- и дайкообразную форму с извилистыми границами и апофизами во вмещающие породы.

Гипабиссальным дайковым образованиям свойственны структурная автономность, а часто и площадная обособленность как от вулканических, так и от плутонических образований в пределах магматогенных структур, элементом которых они являются; приуроченность к магмоконтролирующим разломам, которые в структурах различных типов могут быть коническими, кольцевыми, радиальными или линейными; трещинный характер тел, часто зональных, с четкими, резкими контактами.

Несмотря на некоторую региональную специфику рассмотренных в статье критериев диагностики гипабиссальных дайковых образований, в основном эти диагностические признаки для каждого из последовательных дайковых комплексов закономерны, поскольку отражают общую направленность развития магматизма в постскладчатых вулканоплутонических поясах. Предлагаемый комплекс критериев может быть использован для выявления гипабиссальных дайковых образований и их расчленения на петрографические подразделения в регионах, близких к типовому по истории развития.

1. *Абдуллаев Х.М.* Дайки и оруденение. – М.: Изд-во литературы по геологии и охране недр, 1957. – 232 с.

2. *Волков А.В.* Месторождения золота в дайках Яно-Колымского пояса / А.В. Волков, В.Н. Егоров, В.Ю. Прокофьев, А.А. Сидоров, Н.А. Горячев, А.В. Бирюков // Геология рудных м-ний. 2008. Т. 50. № 4. – С. 311–337.

3. *Ефремова С.В.* Дайки и эндогенное оруденение. – М.: Недра, 1983. – 224 с.

4. *Индолев Л.Н.* Дайки рудных районов Восточной Якутии. – М.: Наука, 1979. – 195 с.

5. *Костин А. Е.* Некоторые специфические особенности тафрогенных риолитоидов // Вулканизм и геодинами-

ка: Материалы III Всерос. симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Т. 3. – Улан-Удэ, 2006. – С. 554–558.

6. Михайлов Н.П., Шарпенюк Л.Н. Специфика магматизма тафрогенеза как разновидности рифтогенеза // Сов. геология. 1978. № 3. – С. 43–53.

7. Скублов Г.Т., Шарпенюк Л.Н. Геохимические особенности вулканогенных и интрузивных образований района гор Кызылрай (Центральный Казахстан) // Минералогия и геохимия. Вып. 4. – Л., 1972. – С. 3–13.

8. Хубанов В.Б., Шадаев М.Г. Особенности строения и состава позднепалеозойских дайковых поясов Западного Забайкалья // Вулканизм и геодинамика: Материалы III Всерос. симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Т. 2. Улан-Удэ, 2006. – С. 391–395.

9. Царев Д.И. Дайки, метасоматизм, оруденение. – Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2009. – 328 с.

10. Шарпенюк Л. Н. Магматогенные кольцевые структуры. – Л.: Недра, 1979. – 231 с.

11. Шарпенюк Л. Н. Закономерности развития орогенного и тафрогенного магматизма подвижных поясов (на примере Казахстана и Средней Азии): автореф. дис. ... доктора геол.-минер. наук. – СПб., 1998. – 71 с.

12. Шарпенюк Л.Н., Костин А.Е., Кухаренко Е.А. TAS-диаграмма сумма щелочей – кремнезем для химической классификации и диагностики плутонических пород // Регион. геология и металлогения. 2013. № 56. – С. 40–50.

13. Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Горегляд А.В. Дайковые пояса в пермских базальт-командит-трахилипаритовых вулканических полях Монголии // ДАН СССР. 1980. Т. 258. № 2. – С. 451–455.

3. Efremova S.V. Dayki i endogennoye orudneniye [Dikes and endogenous mineralization]. Moscow: Nedra. 1983. 224 p.

4. Indolev L.N. Dayki rudnykh rayonov Vostochnoy Yakutii [Dikes of ore regions of Eastern Yakutia]. Moscow: Nauka. 1979. 195 p.

5. Kostin A.E. Some characteristic features of taphrogenic rhyolitoid. *Materials of the Third All-Russian Symposium on Volcanology and Paleovolcanology «Volcanism and geodynamics»*. Ulan-Ude. 2006. Vol. 3, pp. 554–558. (In Russian).

6. Mikhaylov N.P., Sharpenok L.N. The specificity of magmatism tafrogeneza as a kind of rift. *Sovetskaya geologiya*. 1978. No 3, pp. 43–53. (In Russian).

7. Skublov G.T., Sharpenok L.N. Geochemical features of volcanic and intrusive rocks of the mountains Kyzylray district (Central Kazakhstan). *Mineralogy and Geochemistry*. Leningrad: 1972. Is. 4, pp. 3–13. (In Russian).

8. Khubanov V.B., Shadaev M.G. Features of the structure and composition of the Late Paleozoic dike belts Western Transbaikalia. *Volcanism and geodynamics. Materials of the Third All-Russian Symposium on Volcanology and Paleovolcanology*. Ulan-Ude, BNTs SO RAN, 2006. Vol. 2, pp. 391–395. (In Russian).

9. Tsarev D.I. Dayki, metasomatizm, orudneniye [Dikes, metasomatism, mineralization]. Ulan-Ude: Publishing House BSU. 2009. 328 p. Izd-vo BGU.

10. Sharpenok L.N. Magmatogennyye kol'tsevye struktury [Magmatic ring structures]. Leningrad: Nedra. 1979. 231 p.

11. Sharpenok L.N. Zakonomernosti razvitiya orogenogo i tafrogennogo magmatizma podvizhnykh pojasov (na primere Kazakhstana i Sredney Azii) [dissertation]. St. Petersburg. 1998. 68 p. (In Russian).

12. Sharpenok L.N., Kostin A.E., Kukharenko E.A. Diagram alkali sum – silica (TAS) for chemical classification and diagnostics of plutonic rocks. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2013. No 56, pp. 40–50. (In Russian).

13. Yarmolyuk V.V., Kovalenko V.I., Goreglyad A.V. Dike belts in Permian basalt-komendite-trachylyparite Mongolia volcanic fields. *DAN SSSR*. 1980. Vol. 258. No 2, pp. 451–455. (In Russian).

1. Abdullayev H.M. Dayki i orudneniye [Dikes and mineralization]. Moscow. 1957. 232 p.

2. Volkov A.V., Egorov V.N., Prokof'ev V.Yu., Sidorov A.A., Goryachev N.A., Biryukov A.V. Gold deposits in dykes of the Yana-Kolyma belt. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*. 2008. Vol. 50. No 4, pp. 311–337. (In Russian).

Шарпенюк Людмила Николаевна – доктор геол.-минер. наук, гл. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ ¹. <Lyudmila_Sharpenok@vsegei.ru>

Кухаренко Елена Александровна – вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ ¹. <Elena_Kukharenko@vsegei.ru>

Костин Александр Евгеньевич – ст. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ ¹. <Aleksandr_Kostin@vsegei.ru>

Sharpenok Lyudmila Nikolayevna – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Researcher, VSEGEI ¹. <Lyudmila_Sharpenok@vsegei.ru>

Kukharenko Elena Aleksandrovna – Leading Researcher, VSEGEI ¹. <Elena_Kukharenko@vsegei.ru>

Kostin Aleksander Evgen'evich – Senior Researcher, VSEGEI ¹. <Aleksandr_Kostin@vsegei.ru>

¹ Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия.

A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74, Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia