

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 6, Number 408 (2014), 3 – 17

VALUE INTRAPLATE CONTINENTAL AND MARGIN MAGMATISM IN THE PALEOZOIC HISTORY OF KAZAKHSTAN

L. I. Skrinnik, R. R. Gadeev

Institute of geological sciences named after K. I. Satpaev, Almaty, Kazakhstan

Key words: Plum magmatism, Mantle fluids, hot points, petrochemic, ophiolites, active boundaries, batolites, gabbroides, nefeline sienites, deposits.

Abstract. Considered plume magmatic manifestations in different structures of Kazakhstan: ophiolite belts, areas of granitoid batholites, active continental margins, structures of activation. The most reliable indications of their relationship are isotopes of helium and neon, but more accessible are petrochemical characteristics. Widespread early plume manifestations, the composition corresponding to the types of intraplate oceanic basalts and volcanic islands. They are found among the rocks of all these structures and are easily recognized in the petrochemical diagrams, which are distinguished by high contents of titanium and potassium. Intrusive formations of shallower plumes (hot spots) form arrays of alkali and nepheline syenite, granosyenites, alkali granites and gabbros often associating in time and in space with granite batholithes of continental-margin type. They are accompanied by numerous ore objects and represent the search interest.

УДК 553.0612:551.73(574)

СООТНОШЕНИЕ ВНУТРИПЛИТНОГО И ОКРАИННО-КОНТИНЕНТАЛЬНОГО МАГМАТИЗМА В ПАЛЕЗОЙСКОЙ ИСТОРИИ КАЗАХСТАНА

Л. И. Скринник, Р. Р. Гадеев

ТОО “Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева”, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: плюмовый магматизм, мантийные флюиды, горячие точки, петрохимия, офиолиты, активные окраины, батолиты, габброиды, нефелиновые сиениты, месторождения.

Аннотация. Рассмотрены плюмовые магматические проявления в различных структурах Казахстана: офиолитовых поясах, ареалах развития гранитоидных батолитов, активных окраинах континентов, структурах активизации. Наиболее надежным их признаком являются отношения изотопов гелия и неона и петрохимические характеристики. В частности к первично плюмовым проявлениям относятся базиты, по составу отвечающие внутриплитным океаническим базальтам и базальтам океанических островов. Они встречаются среди пород различных структур и легко распознаются на петрохимических диаграммах по высоким содержаниям титана и калия. Интрузивные продукты менее глубоких плюмов (горячих точек) образуют массивы щелочных и нефелиновых сиенитов, щелочных гранитов и габброидов, нередко ассоциирующие с гранитоидными батолитами окраинно-континентального типа. Они сопровождаются многочисленными рудными проявлениями и представляют поисковый интерес.

Введение. В последние 15 лет в геологической литературе появилось много работ о магматизме плюмовой природы, о структурных и вещественных особенностях его проявлений, геохимической и металлогенической специфике. Особенно важными являются данные о связи с плюмовым магматизмом многочисленных рудных месторождений [1]. Разработаны индикаторные диаграммы для определения плюмовой принадлежности магматических пород и, соответственно, имеется возможность рассмотреть их роль в геологической истории Казахстана.

Кое-что о плюмах. Плюмы – это потоки флюидов, исходящие из глубин в процессе дегазации нашей Планеты [1-7]. На разных уровнях мантии и земной коры они выплавляют магмы и обогащают их щелочами, редкими металлами и флюидными компонентами.

Установлено, что по сравнению с деплетированной мантией срединно-океанических хребтов, средний состав мантийных плюмов обогащен K, U, Ba, La, TR и летучими (H₂O, Cl, H, S, F, P). Вариации состава плюмовых производных обусловлены взаимодействием струй с повышенными содержаниями летучих (и элементов-примесей) и мантийного материала [1, 2].

Мантийные плюмы могут зарождаться на трех уровнях: в верхней мантии, при плавлении ранее субдуцировавшей континентальной плиты; на границе верхней и нижней мантии; на границе нижней мантии с ядром (рисунок 1). "Первичные" глубочайшие плюмы имеют термохимическую природу и поднимаются из пограничного слоя с ядром (слой "D" в общем понимании) [1-3]. Первичный плюм может генерировать вторичные термальные плюмы и множество горячих точек со специфическими щелочными магматитами.

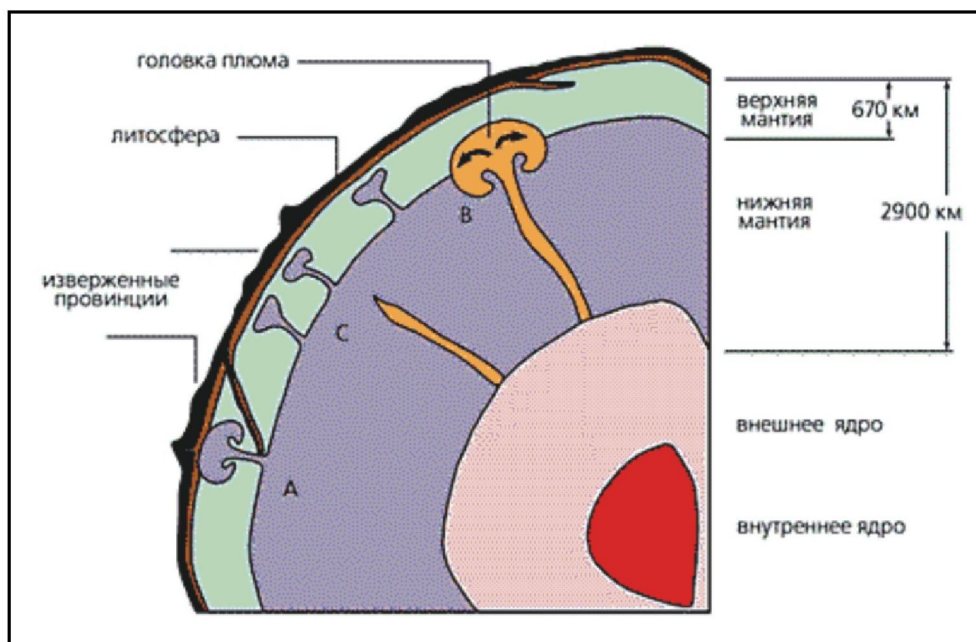


Рисунок 1 – Расположение плюмов в разрезе Земли по [3]

В отличие от плюмов зоны субдукции являются высокоскоростными сейсмозонами, по которым холодные геомассы погружаются до границы с нижней мантией, продуцируя окраинно-континентальный магматизм [1, 2, 4, 5].

Проявления плюмового магматизма – это платобазальты, высокомагнезиальные и титанистые, субщелочные и щелочные базальты океанических островов, щелочно-ультраосновные породы и карбонатиты, дайковые пояса большой протяженности, проявления бимодального магматизма повышенной щелочности, кимберлитовые поля, лампроиты, мелилититы, массивы щелочных, нефелиновых и лейцитовых сиенитов и ассоциирующих с ними пород, интрузивы литий-фтористых и щелочных гранитов [4].

В пограничной зоне между верхней и нижней мантией, где скапливается коровый материал погруженных при субдукции литосферных плит, под влиянием тепла и мантийных эманаций формируются крупные гранитоидные массы, образующие при внедрении в земную кору батолиты,

оконтуренные рифтовыми зонами и многочисленными более мелкими интрузиями плюмового происхождения с редкометальными, золотыми, полиметаллическими и медно-порфировыми месторождениями [4].

Характерными чертами геохимии внутриплитных магматических комплексов являются “повышенные содержания Ti, Fe, P, высокозарядных и редкоземельных элементов, U, Th, Ba, Sr. Мультиэлементные спектры характеризуются отсутствием деплетирования Nb и Ta относительно Th и легких РЗЭ” [5].

Ряд исследователей разграничивает понятия горячей точки и мантийного плюма: горячая точка – это проявление внутриплитной магматической активности, обусловленное процессами в верхней мантии [5, 6]. Для ее пород типично отношение ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}(10^{-6}) < 10$. Для продуктов более глубоких плюмов характерно отношение ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}(10^{-6}) > 20$.

По составу базальты мантийных плюмов относятся к типу Fe-Ti базальтов с феннеровским трендом эволюции. Для них характерны трещинные излияния, присутствие вкрапленников оливина, умеренное обогащение легкими РЗЭ, незначительное развитие кремнекислых пород, температура плавления в плюме 1400–1600°C, глубина зарождения – слой D”. С плюмовым магматизмом связаны платобазальты, несущие никель и элементы платиновой группы не только в нижних частях изверженной колонны, но и, вероятно, в подстилающей плюмовой подушке, сложенной расслоенными интрузивными комплексами скергаардского типа и, вероятно в значительной мере представляющей рестит плюмового магматического расплава, подрастивший литосферу снизу.

По данным А. Ф. Грачева [6] большинство изотопных определений базальтов имеет широкие вариации (от значений MORB до EM-2) и единственным критерием принадлежности пород к плюмовым производным является отношение ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}(10^{-6}) > 20$.

Для горячих точек Планеты, в отличие от продуктов глубоких плюмов типичны вулканы и интрузивы центрального типа с щелочными базальтоидами и бимодальными сериями, резко обогащенными РЗЭ. Их температура плавления 1200–1250°C, глубина зарождения менее 100 км. В результате процессов контаминации магм в камерах изотопные метки родоначальных расплавов могут меняться, в то время как их петрохимическая специфика более устойчива. С помощью индикаторных диаграмм, подтверждающих геологические данные, можно статистически достоверно судить о принадлежности магматических пород к продуктам плюмов, горячих точек или активных окраин даже при отсутствии результатов прецизионных анализов.

С позиций плитно-плюмовой гипотезы объяснимо разнообразие металлогении и нередкое совмещение несовместимых металлогенических ассоциаций [2, 3]. Щелочной плюм, согласно [5] состоит из двух ветвей. Главная ветвь-породообразующий расплав, определяющий петрохимический состав пород, имеет мантийно-литосферное происхождение, зарождается в астеносферной зоне и развивается при движении к поверхности Земли. Вторая ветвь флюидная, представлена щелочами, в том числе редкими, водородом, углеродом, радиоактивными элементами и редкими землями, вероятно, отделяющимися непосредственно от жидкого ядра [5]. Эта флюидная часть создает геохимическую специфику всех интрузивных, вулканических пород и метасоматитов щелочных комплексов.

Примеры плюмовых проявлений описаны в работах Н. Л. Добрецова, В. В. Ярмолюка, В. Г. Лазаренкова и др. [1, 5, 6]. С кембрия по девон на Казахстан влиял Алтае-Саянский плюм, продукты которого представлены пикритами, щелочно-ультраосновными комплексами, карбонатитами, нефелиновыми сиенитами и литий-фтористыми гранитами. С ним связаны редкометальные гранитоидные комплексы с ниобием, танталом, литием и редкими землями. Более поздние плюмы формировались на границе нижней и верхней мантии, то есть представляли собой горячие поля и горячие точки мантии. В осевых частях таких полей размещаются гранитоидные батолиты, окруженные рифтовыми зонами с редкометальными гранитоидами, а также золотыми, оловянными, полиметаллическими и медно-порфировыми месторождениями [1, 5, 6].

В позднем палеозое и раннем мезозое в Северной Азии образовался ряд крупных магматических областей, в том числе трапповые провинции Сибири, Тарима и рифтовые системы Урало-Монгольского пояса [7]. Формирование породившего их плюма началось в позднем карбоне и завершилось в ранней юре, охватив временной интервал около 110 млн лет. В зоне его влияния

широко распространены породы, типичные для океанических плато и океанических островов. Северным краем этот плом захватывал Тянь-Шань, для которого характерна позднепермская бимодальная субщелочная ассоциация с комендитами и пантеллеритами. С нею связаны редкометалльно-редкоземельные граниты, а в обрамлении Таримского плато формировались расслоенные габброиды с медно-никеле-платиновым оруденением [1, 7].

Плюмовые проявления в различных структурах Казахстана. Палеозоида Казахстана включает серию офиолитовых поясов, палеозойскую активную окраину западно-тихоокеанского типа (занимающую большую часть Казахстана), срединные массивы, пассивные окраины и тыловые рифты. В офиолитовых поясах выведены на поверхность гипербазиты, базальты и океанические осадки. Это Чарский, Майкаин-Кызылтасский, Тектурмасский, Итмурундинский, Жалаир-Найманский, Жаркулак-Терскейский пояса Казахстана [8].

Чарский пояс, по общепринятому мнению, представляющий сутуру Палеоазиатского океана, в настоящее время является протяженной зоной мегамеланжа из блоков континентальной и океанической коры, в том числе гипербазитов, базальтов и кремней, раннеостроводужных бонинитов, а также толеитовых и известково-щелочных базальтов развитых островных дуг. Исследования клинопироксенов и расплавленных включений в базальтах показывают, что они формировались в условиях развивающейся островной дуги [9, 10]. Образование первичных расплавов базальтовых серий Чарской зоны происходило при 1350–1530°C на глубинах 50–95 км [10]. Базальты океанических островов (плюмовые производные) по имеющимся анализам не установлены (рисунок 2а).

Офиолиты Центрального и Северного Казахстана. Характерные для этого региона гипербазиты по данным В. Г. Степанца содержат хромитовые сегрегации и, прежде всего, по этому признаку аналогичны таковым современных задуговых бассейнов [11, 13]. Входящие в офиолитовые ассоциации базальты Центрального Казахстана представлены океаническими и островодужными толеитами, а также известково-щелочными базальтами [12]. Ажейский и астаховский комплексы преимущественно окраинно-континентальные, но с небольшим участием предостроводужных базальтов, бонинитов и гипербазитов (см. рисунок 2а).

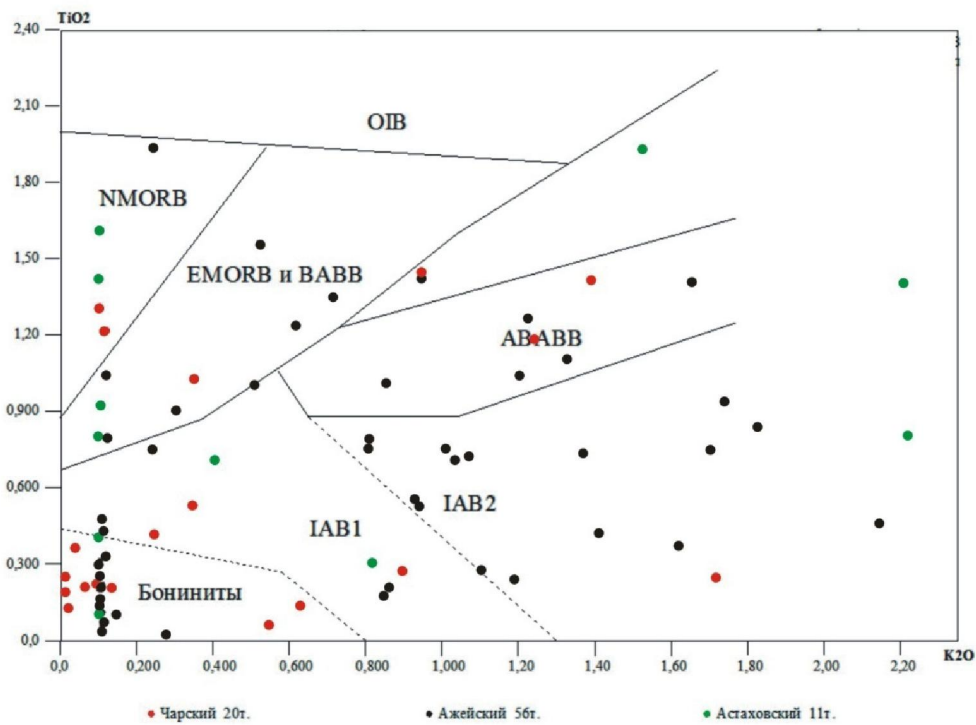
На преимущественно задуговую природу раннеордовикских базальтов этого региона указывают содержания K, Mg, Ni, Cr, резко отличные от базальтов срединно-океанических хребтов [13].

Тектурмасский и Итмурунды-Тюлькуламский гипербазитовые пояса. В пределах Джунгаро-Балхашской складчатой системы офиолиты образуют выходы в составе Тектурмасской и Итмурунды-Тюлькуламской зон, которые являются фрагментами единого субширотного пояса, имеющего продолжение в Китае. Их базальты петрогеохимически наиболее близки вулканитам энсиалических окраинных бассейнов [11, 12], вулканитам активных континентальных окраин и в небольшом объеме содержат базальты, по содержаниям калия и титана близкие к внутриплитным (рисунок 2б).

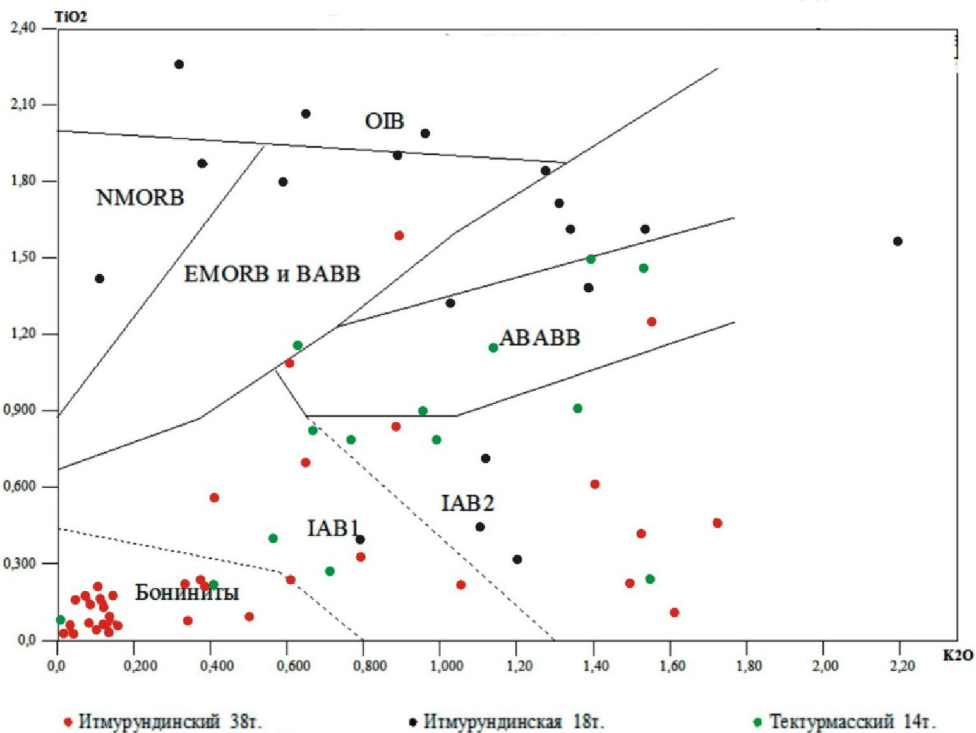
Сравнение показывает, что тесно связанные гипербазиты Итмурундинского пояса и базальты итмурундинской свиты фиксируют единую эволюционную последовательность от заложения впадины с известково-щелочным вулканизмом через излияния толеитов и экспозицию выступов мантии до возникновения симаунтов с высокотитанистыми субщелочными базальтами, типичными для горячих точек Планеты.

В силурийский период впадина Джунгаро-Балхашского бассейна заполнялась терригенными отложениями. Вулканизм проявлялся эпизодически как в самой впадине, так и в обрамляющих ее краевых грабенах. Это тюретайская свита Северного Прибалхашья и шимбулакская свита Джунгарского Алатау, их базальты (рисунок 3) отвечают составу толеитов рифтовых, окраинных морей и симаунтов.

Жалаир-Найманский офиолитовый пояс – это линейная шовная зона северо-западного простирания, к осевой части которой приурочена цепь гипербазитовых протрузий кембрийского чу-балхашского комплекса, блоков кембрийских базальтов (ащисуйская, сулусайская свиты), а также габбро, диабазов, плагиогранитов, образующих офиолитовый меланж [15]. Ордовикские терригенные накопления перекрывают офиолиты с размывом. В середине раннего ордовика вследствие тектонического сжатия произошло полное закрытие Жалаир-Найманского рифта и выжимание заполнявших его геомасс в виде меланжа.



a



б

Рисунок 2 – Индикаторная диаграмма для определения петрогенетической и палеогеодинамической принадлежности основных пород: *a* – Северного Казахстана (диаграмма В. А. Симонова [14]); *б* – Центрального Казахстана (диаграмма В. А. Симонова [14]).

Поля эталонных составов: OIB – океанических островов, NMORB – океанических рифтов, EMORB и BABB – океанических плато и задуговых бассейнов, ABABB – известково-щелочные островодужные и задуговых бассейнов, IAB1 – островодужных толеитов, IAB2 – известково-щелочных пород.

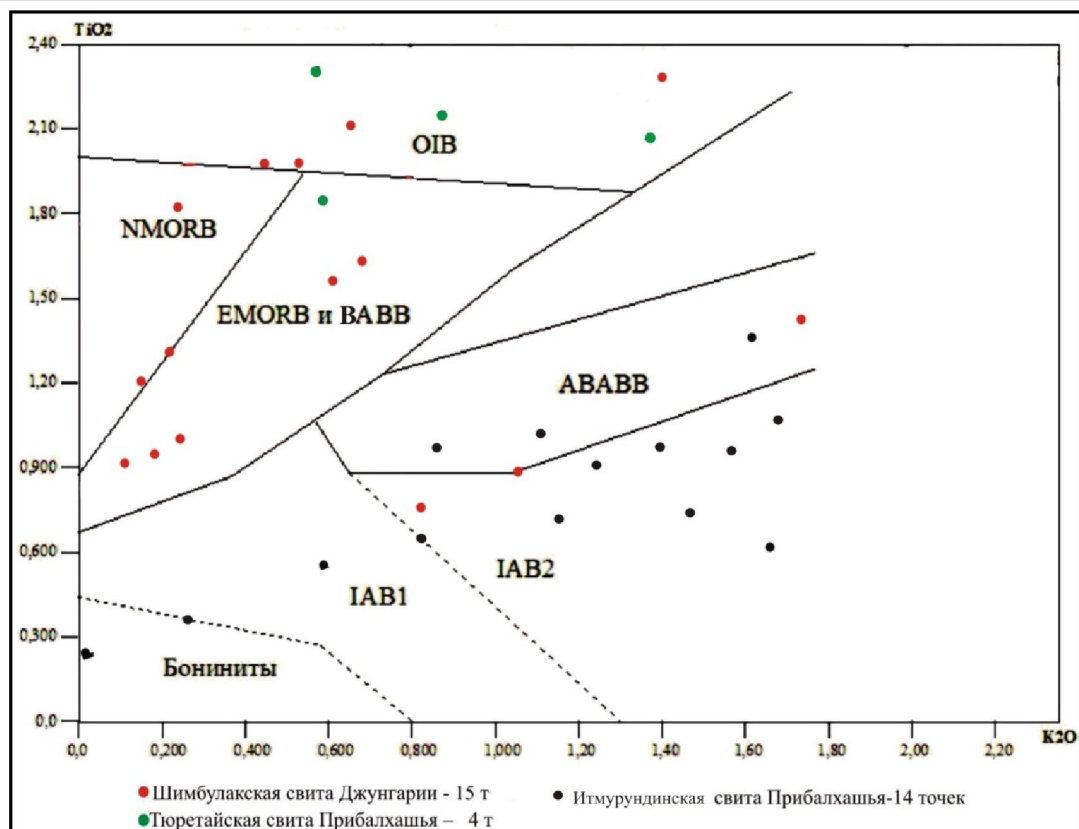


Рисунок 3 – Диаграмма В. А.Симонова [14] для силурийских базальтов Джунгаро-Балхашского бассейна

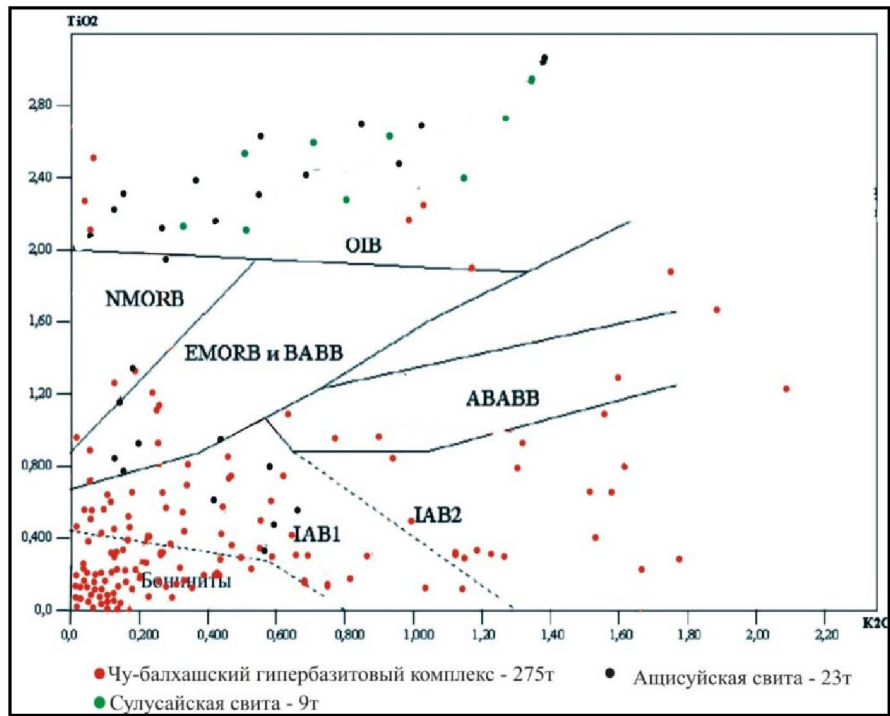
Изучение петрохимического состава чу-балхашского комплекса по данным 275 анализов, любезно предоставленных Э. С. Кичманом [16], позволяет выделить преобладающую группу низкотитанистых и низкокалиевых гипербазитов, типично океанических; менее развитые умеренно калиевые и умеренно титанистые островодужные и малочисленную группу высокотитанистых пород, типичных для океанических островов (производные горячих точек мантии). Выделяются явно плюмовые щелочные ультраосновные породы (фергуситы, миссуриты), с которыми связаны титано-магнетитовые залежи Тымлайского рудного узла.

На диаграмме В. А. Симонова (рисунок 4а) породы чу-балхашского комплекса располагаются преимущественно в поле океанических рифтовых, предостроводужных и островодужных образований, в то время, как сопровождающие их базальты ащисуйской свиты принадлежат ассоциации магматических пород окраинных морей и океанических островов, а более поздние базальты сулусайской свиты попадают в поле океанических островов и континентальных рифтов [17]. Таким образом, здесь производные горячих точек имеют более широкое распространение.

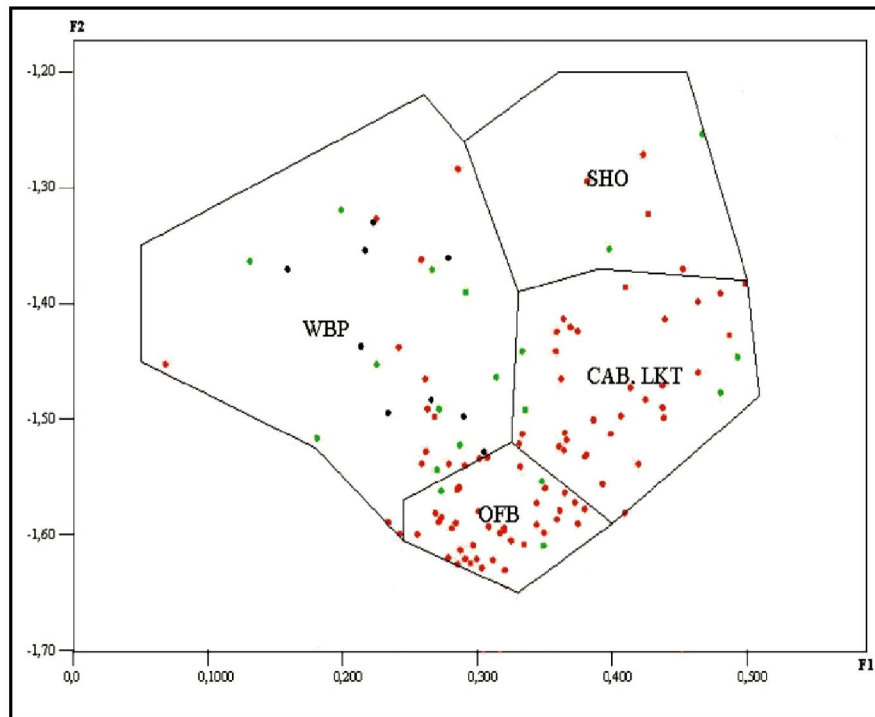
Вероятно, заложение Жалаир-Найманского рифта также происходило на континентальной коре с развитием через островодужную обстановку и раздвигом вплоть до океанического раскрытия, экспозиции деплетированной мантии и поступления выплавок в виде низкокалиевых и низкотитанистых габбро и плагиогранитов. Зрелой стадии Жалаир-Найманского рифта соответствуют излияния продуктов плавления более глубокой, обогащенной калием и титаном мантии, типичных для океанических островов (сулусайской свиты) и других плюмовых производных. Диаграмма Дж. Пирса подтверждает эти выводы (рисунок 4б).

Таким образом, в Жалаир-Найманском гипербазитовом поясе мы видим проявление как океанического срединного магматизма, так и островодужного и даже океанических островов, в последних преобладает доля плюмового компонента.

Терскейский офиолитовый пояс протягивается в осевой части Срединного Тянь-Шаня в виде цепочки выходов гипербазитов и базальт-кремнистых отложений кембрия. В западной части Киргизского хребта в этом поясе расположены выходы карарчинского гипербазитового массива и



а



б

● Чу-балхашский комплекс- 168т ● Сулузайская свита - 11т ● Ащисуйская свита- 28т

Рисунок 4 – Индикаторные диаграммы для магматических пород Жалаир-Найманской зоны:
а – диаграмма В. А. Симонова; б – диаграмма Дж Пирса (Pearce, 1976)

базальтов карарчинской и туоксайской свит, на востоке, в хр. Терскей – базальты баянкольской и аштурукской свит. В хр. Кендыктас ему принадлежат акжазыкский и карабаурский базальтовые комплексы, слагающие аллохтонную пластину, вероятно, перемещенную из Киргизского хребта. По палеонтологическим данным время заложения Терскейского пояса – ранний кембрий, время закрытия – начало тремадока, что синхронно эволюции Джалаир-Найманского пояса. В основании караарчинской свиты залегают тектонизированные гипербазиты, свидетельствуя о ее формировании на океанической коре. Судя по диаграммам А. П. Пискунова и В. А. Симонова (петрохимические данные из отчетов Е. П. Мамонова, А. Н. Эсминцева), в большинстве базальты Терскейского пояса принадлежат полю вулканитов континентальных окраин.

Наиболее близка к срединно-океаническим часть базальтов караарчинской свиты, остальные относятся к базальтам задуговых бассейнов и островодужным (рисунок 5).

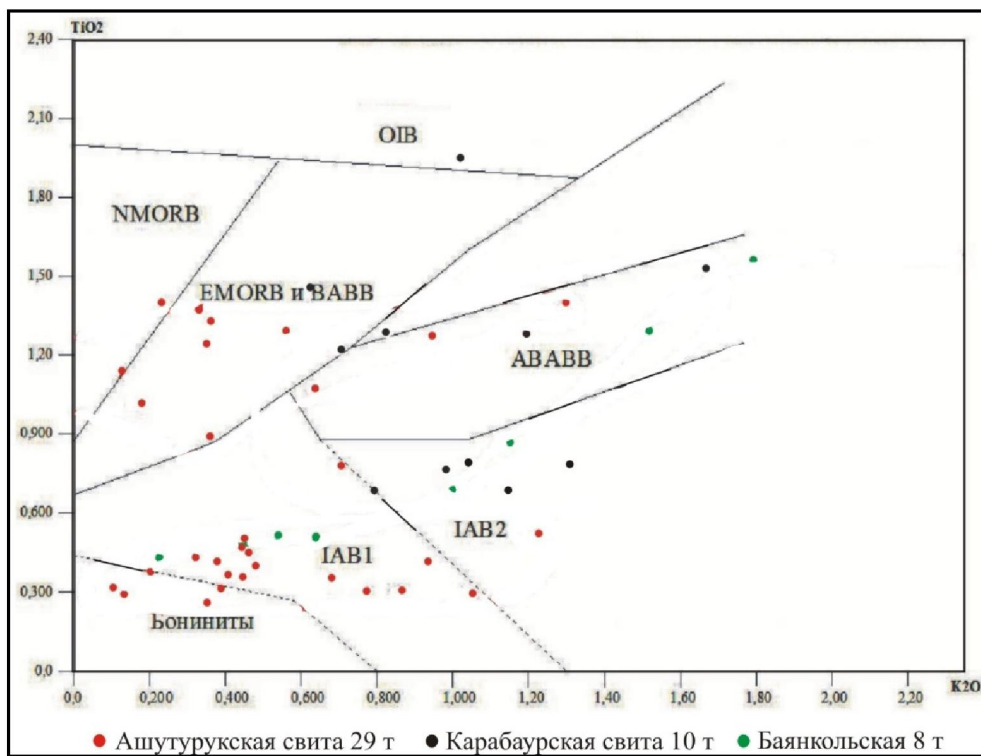
Караарчинская и аштурукская свиты, вероятно, спрединговые, возможно задугового спрединга, акжазыкская наиболее близка к внутриплитным базальтам океанических островов (ОИВ), карабаурская свита задуговая, баянкольская – островодужная. Последняя имеет характерное для островных дуг гомодромное строение, в нижней части ее разреза доминируют базальты и углеродистые алевролиты, в верхах песчаники и известняки чередуются с базальтами, андезитами, андезидацитами, туффитами.

Таким образом, на территории Центрального и Юго-Восточного Казахстана офиолиты раннего палеозоя включают островодужные, задуговые образования и частично внутриплитные океанические, аккрецированные в процессе субдукции. Срединговые океанические базальты предполагаются в составе Жалаир-Найманского и Терскейского поясов, однако для их более точной идентификации необходимы геохимические данные. К плюмовым производным принадлежат субщелочные и щелочные высокотитанистые базальты и щелочные гипербазиты океанических островов, выжатые с меланжем. Их выходы развиты незначительно, но являются показателем плюмовых проявлений [7, 17].

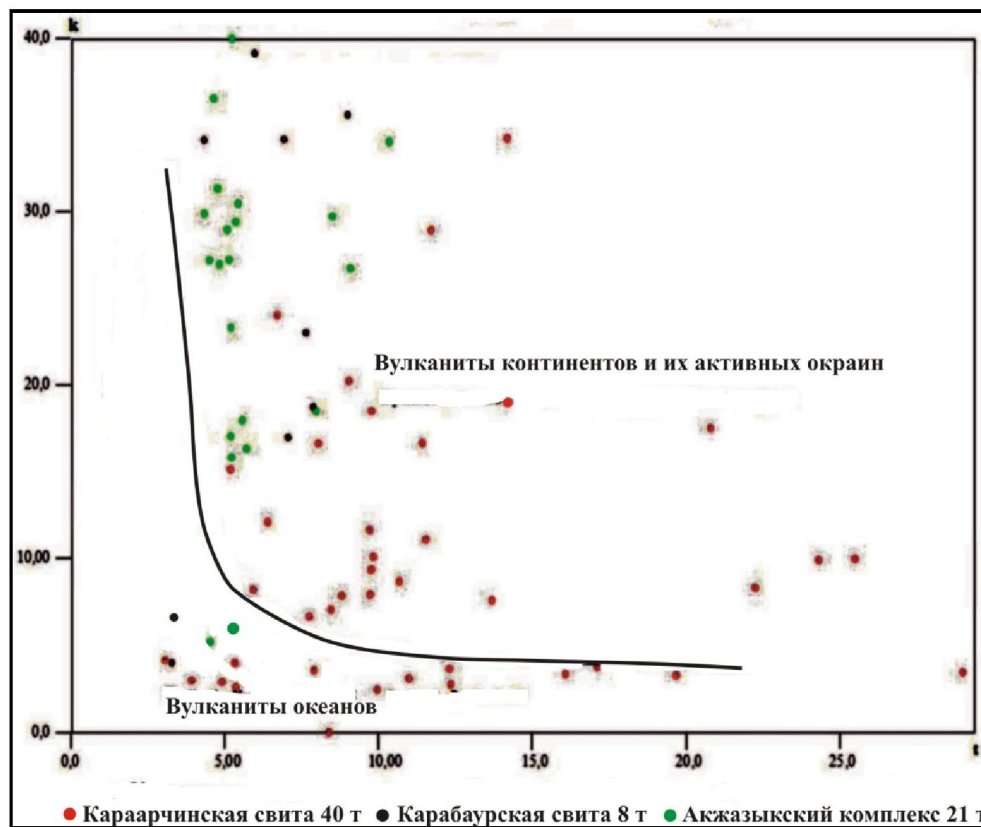
Роль плюмов в гранитоидном магматизме Казахстана. В недавние годы появились статьи о генетической связи с плюмами гранитных батолитов [1, 4, 17, 18]. На примере гранитоидов Южной Сибири упомянутые авторы показывают ремобилизацию материала, погруженного в процессе погружения слэба, его прогрев и пропитку щелочными флюидами и формирование пояса батолитов в южном обрамлении Сибирской платформы. Вблизи, а нередко и в осевой части гранитоидных плутонов по их данным формируются рифтовые структуры, контролирующее размещение синхронных батолитам мелких тел щелочных и субщелочных гранитоидов, дифференцированных серий, базитовых интрузий и щелочных пород плюмового генезиса, включающих многочисленные месторождения редких и редкоземельных элементов.

Гранитоидные батолиты широко развиты в Казахстане [8]. Стратифицированные окраинно-континентальные отложения докембрия и палеозоя прорваны многочисленными батолитами преимущественно плагиогранитного и гранодиоритового составов. Детальное изучение, проведенное П. В. Ермоловым, показало, что их формирование шло в процессе корово-мантийного взаимодействия [17]. При этом наиболее коровыми являются докембрийские гранитоиды, в которых мантийный материал составляет от первых десятков до 50–60%, остальное – архей-протерозойская сиалическая кора. Примером является Кокчетавский массив, входящий в состав раннепалеозойской островодужной системы [17]. Позднерифейская кора Северного Казахстана, по П. В. Ермолову, по составу отвечает зрелой островной дуге с 60% мантийного материала. Ей соответствуют гранодиоритовые и монцо-гранодиоритовые батолиты и малые тела габбро-диорит-плагиогранитового состава. Гранитоиды венд-раннепалеозойской островной симатической дуги (Итмурундинский пояс) принадлежат I типу, содержат меланократовые включения и минеральный парагенезис основного состава. Вклад мантии в формирование ее коры, согласно П. В. Ермолову, составляет уже 75–85% [17], отражая ее базификацию.

Ранне-среднепалеозойский гранитоидный магматизм Казахстана развивался как островодужный. Вероятно, в течение раннего палеозоя имела место дальнейшая прогрессирующая ассимиляция коровой составляющей мантийным расплавом, подогреваемым плюмовым источником [17]. Интрузивный магматизм второй половины палеозоя в основном также принадлежит окраинно-континентальному типу, но в процесс коро-мантийного взаимодействия вовлечена уже более молодая кора.



а



б

Рисунок 5 – Индикаторные диаграммы для пород Терсейского офиолитового пояса:
 а – диаграмма А. П. Пискунова [14]. Красный контур – океанические острова, зеленый – СОХ.
 б – Диаграмма В. А. Симонова. Поля эталонных составов см. рис. 2

Широко развитые на территории Казахстана девонские, каменноугольные и пермские гранитоидные батолиты, вероятно, сформировались плавлением погруженных на глубину терригенных и вулканогенных пород (как это описывают Н. Л. Добрецов и В. В. Ярмолюк) с обогащением мантийными флюидами [19, 20]. Поэтому они также имеют редкометалльную геохимическую и металлогеническую специализацию, а многочисленные мелкие тела субщелочных и щелочных гранитов и граносиенитов в их обрамлении обогащены плюмовыми компонентами и включают грейзеновые и пегматитовые месторождения редких металлов. Наблюдается увеличение во времени объема субщелочных гранитов, граносиенитов, щелочных лейкогранитов. В силуре лишь изредка встречаются тела кварцевых сиенитов, в девоне это часто встречающиеся граносиенитовые массивы, в перми они приобретают еще более широкое распространение. При этом видна центростремительная по отношению к Джунгаро-Балхашскому бассейну миграция граносиенитового магматизма во времени.

Роль плюмового компонента в вулканических поясах Казахстана. Изложенная выше наиболее свежая трактовка генезиса батолитов [1, 20] не противоречит данным о субдукционной природе в целом окраинно-континентального магматизма Казахстана. Вулкано-плутонические пояса девонского, каменноугольного и пермского возраста, как известно, обрамляют Джунгаро-Балхашский окраинный бассейн. Общими чертами их вулканических накоплений являются преимущественно кремнекислый известково-щелочной и субщелочной состав, при этом базальты и андезиты составляют не более 30% общего объема вулканитов. В тыловых грабенах распространены базальты субщелочной и толеитовой серий.

Характерно широкое развитие туфов и игнимбритов, наземные условия формирования [21, 22], наличие поперечной петрохимической зональности, выраженной в увеличении щелочности кремнекислых пород (в первую очередь за счет калия) и роста содержаний титана, магния и калия в базальтах по мере удаления от края континента. Типично также многократное чередование гомодромно построенных магматических комплексов, отвечающих импульсам поступления базальтовых расплавов в земную кору. На диаграмме K_2O-TiO_2 точки составов базальтов фронтальных и главных вулканических зон располагаются в поле окраинно-континентальных структур, в то время как базальты тыловых грабенов попадают в поле океанических островов и континентальных рифтов, что говорит об их более глубинном происхождении и вероятном участии в их образовании плюмового источника (рисунок 6). В частности это видно на примере живетских вулканитов фронтальной (ащибулакская свита), осевой (куркакшолакская свита) и тыловой (сугандинская свита) зон девонского пояса.

Каждый из вулкано-плутонических поясов, обрамляющих Джунгаро-Балхашский бассейн, в современном плане представляет собой дугу, вписанную в предшествующую ему структуру континентальной окраины. При этом девонский и каменноугольный пояса формировались на аккреционных комплексах окраинного бассейна, а пермский наложен на вулканиты карбонового пояса и прилегающие к нему осадочные отложения как фронтального, так и тылового бассейнов. Во времени отмечается некоторое увеличение доли участия пород среднего и основного состава. Соответственно изменяется и металлогеническая нагрузка, отражая меняющуюся петрохимическую и геохимическую специфику магматизма. Девонский вулкано-плутонический пояс имеет медно-золото-редкометалльно-урановый металлогенический профиль, карбоновый вулканизм характеризуется золото-медно-полиметаллической специализацией, что соответствует более щелочно-земельному составу его продуктов. Карбоновые интрузивы сопровождаются скарновыми полиметаллическими с оловом залежами. Березиты и пропилиты каменноугольного возраста слабо золотоносны. Пермский вулканический пояс несет медно-порфировые, полиметаллические и золото-серебряные месторождения [23]. Окраинно-континентальная вулканическая деятельность завершилась в раннем триасе внедрением дифференцированного габбро-граносиенитового комплекса, слагающего мелкие массивы, нередко приуроченные к вулканическим аппаратам.

В целом эволюция активной палеоокраины Центрального и Юго-Восточного Казахстана с начала девона до конца пермского периода (в течение 170 млн лет) отражает с одной стороны, процесс базификации земной коры за счет многократных излияний, внедрений мантийного материала и, вероятно, подращивания снизу (андерплейтинга). Соответственно преобладающая редкометалльная нагрузка девона, обязанная переплавлению древней гранитоидной коры, сменилась

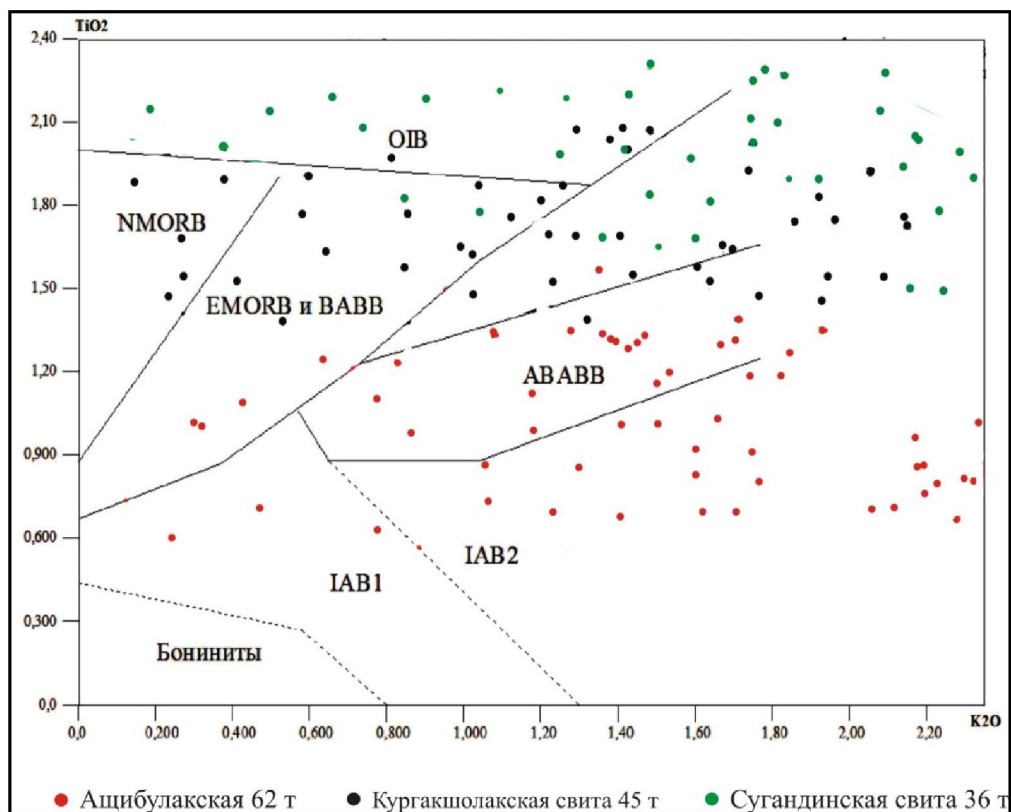


Рисунок 6 – Диаграмма В. А. Симонова для живецких вулканитов Юго-Восточного Казахстана. Поля составов см. рис. 2

полиметаллической, а затем медной и золоторудной, достигшими максимума в пермском периоде, соответствуя увеличению объема мантийного материала [23]. С другой стороны, воздействие мантийных флюидов, несущих редкие и редкоземельные плюмовые компоненты, отразилось на металлогенической специализации батолитовых гранитоидных массивов на обширной территории Казахстана.

Наиболее широкое распространение имеет окраинно-континентальный магматизм как результат корово-мантийного взаимодействия. В составе вулканических поясов плюмовыми могут быть только базальты тыловых грабенов, по содержанию титана и калия близкие OIB и рифтовым базальтам континентов. К ним также принадлежат граносиениты, субщелочные и щелочные граниты постплутонического этапа.

Магматизм горячих точек в Казахстане. К плюмовым образованиям (связанным с горячими точками), несомненно, принадлежат комплексы щелочно-ультраосновных и основных пород, такие как ишимский, семейтауский, ирисуйский, сарыкамынский лампроит-кимберлитовый комплексы. Они имеют небольшое распространение и нередко размещаются в наиболее древних срединных массивах. Так ишимский комплекс образует протяженную меридиональную цепочку небольших тел, секущую Кокчетавский и Улытауский докембрийские массивы. Лампроиты, кимберлиты и пикрит-базальты сарыкамынского комплекса пересекают Чуйскую глыбу и Кендыктасский массив [8].

Как показывает рисунок 7, их составы отчетливо автономны, а сходство выражено в высокой щелочности пород и склонности к образованию вулкано-плутонических массивов центрального типа.

Не смотря на значительные пространственные и временные промежутки между перечисленными массивами, видно постоянство состава исходных щелочных плюмов и однотипный характер их эволюции. В составе фоновитового, карбонатитового и щелочно-риолит-гранитового комплексов они несут однотипную металлогеническую нагрузку (редкие щелочи и земли, радиоактивные элементы, малые элементы с большим радиусом и зарядом), обусловленную влиянием нижней мантии и ядра [4, 5]. Содержание щелочей в щелочных комплексах определяется только степенью взаимодействия плюма с астеносферой [5, 18, 19, 20].

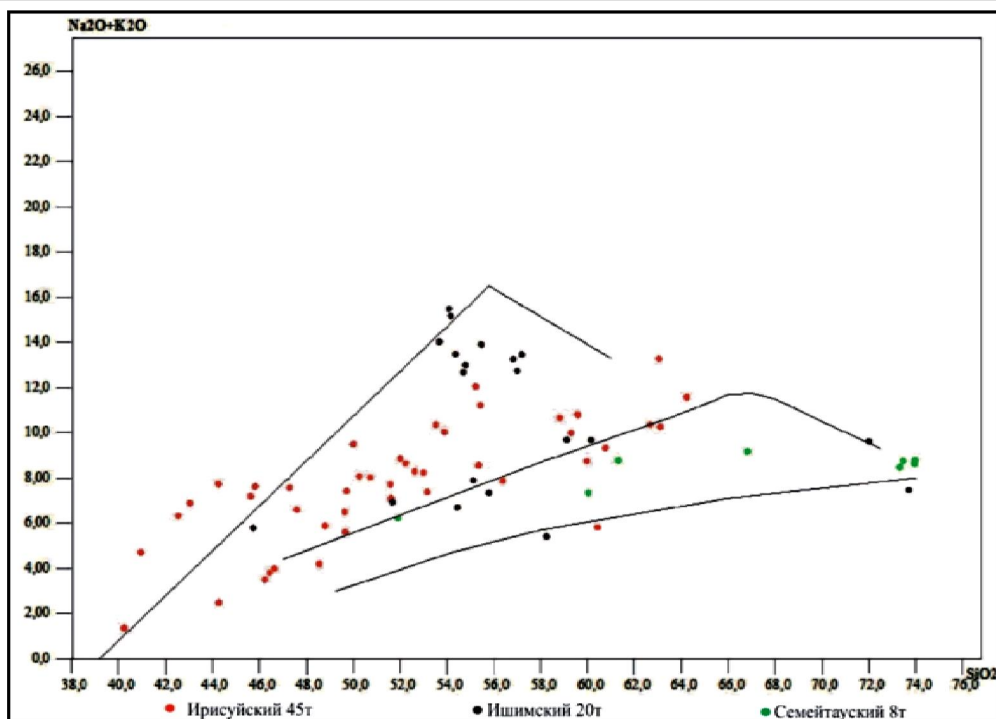


Рисунок 7 – Диаграмма кремнезем-щелочи для пород Ирисуйского, Ишимского и Семейтауского комплексов Казахстана.

Нижняя линия – Исландия, средняя линия – остров Вознесения, верхняя (левая) линия – остров Принсипи

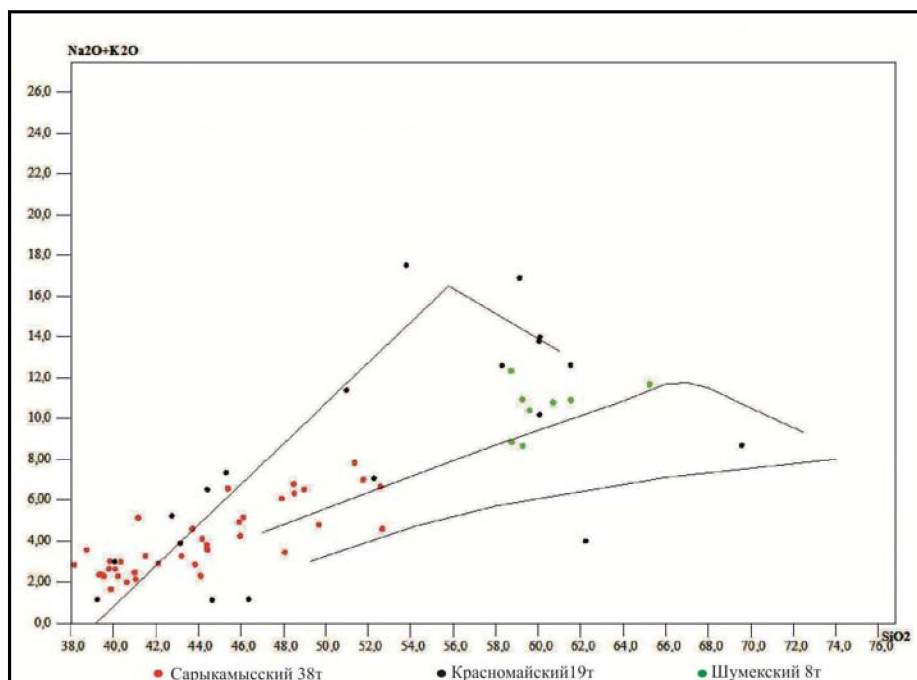
В Казахстане, возможно, плюмовую природу, кроме названных выше, имеют позднерифейский карсакапайский комплекс щелочных сиенитов Майтюбинского антиклинория, шумекский сиенитовый комплекс Атасу-Моинтинского района. Они принадлежат петрогенетическим сериям океанических островов и горячих точек континентов. Щелочно-ультраосновным плюмовым является позднекембрийский красномайский комплекс, конечные дифференциаты которого представлены нефелиновыми сиенитами (рисунок 8а).

Внутриплитный характер вероятно имеет аралаульский комплекс субщелочных гранитов, лейкогранитов и граносиенитов Степнякского, Сарысу-Тенизского, Ешкиольмесского районов, интрузивы которого имеют кольцевую и воронкообразную форму. Особняком стоят в региональном ряду окраинно-континентальных интрузивов габброидный юккольский комплекс, макутовский габбро-норитовый.

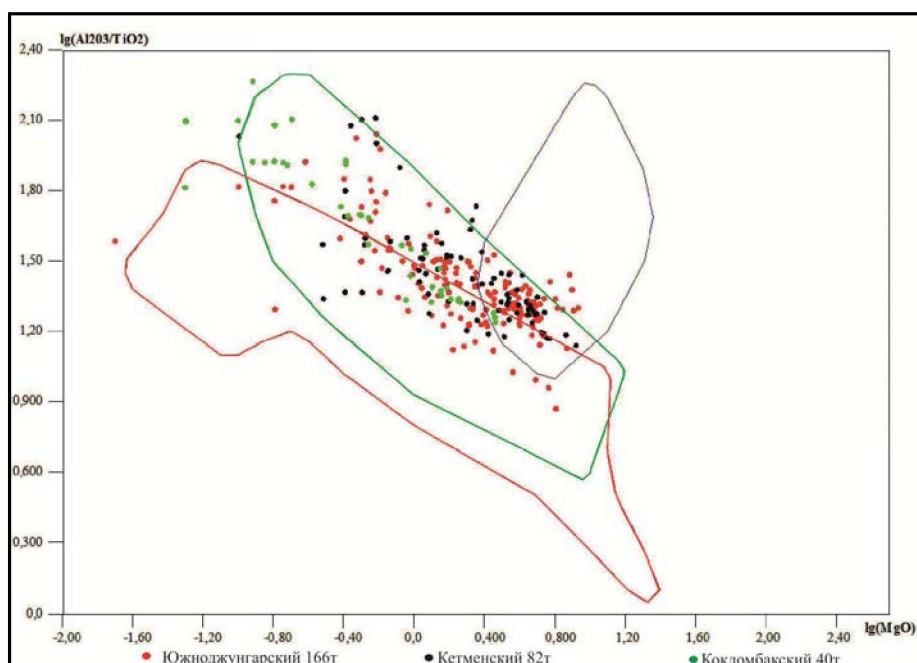
Если следовать построениям [1, 4, 20], щелочные граниты и граносиениты являются продуктами максимального воздействия мантийных эманаций на погруженное вещество сиалической коры, поэтому они характеризуются редкометально-редкоземельной специализацией. Наиболее близки к таковым раннепермский вишневыский щелочно-гранитовый комплекс в Северном Казахстане, тлеумбетский щелочногранитовый Чингиз-Тарбагатайского района, найзатасский граносиенитовый комплексы Прибалхашья, миролюбовский в Восточной Калбе, белоубинский щелочных гранитов и граносиенитов Южного Алтая.

В отличие от них кокдомбакский комплекс Северного Прибалхашья, южно-джунгарский и кетменский габбро-граносиенитовые раннетриасовые интрузивные комплексы Юго-Восточного Казахстана являются типично окраинно-континентальными, что видно на диаграмме (рисунок 8б).

Изложенные материалы показывают, что продукты плюмового магматизма имеют значительное развитие в Казахстане и их роль возрастает от раннего палеозоя к позднему. Наиболее распространены субщелочные и щелочные производные типа базальтов океанических островов и рифтовые базальты. Следующие - это щелочные граниты и граносиениты поздней перми и триаса, а вслед за ними щелочные комплексы и лампроиты стадии постколлизийного альпийского рифтогенеза.



а



б

Рисунок 8 – а – диаграмма кремнезем-щелочи для пород плюмового генезиса. Нижняя линия – Исландия, средняя линия – остров Вознесения, верхняя (левая) линия – остров Принсипи; б – индикаторная диаграмма для разделения пород островных дуг, вулканических поясов и континентальных рифтов [8]. Красный контур – континентальные рифты, зеленый – краевые пояса, синий – островные дуги

С каким плюмом соотносить то или иное проявление внутриплитного магматизма Казахстана? Н. Л. Добрецов и др. связывают раннепалеозойские проявления плюмового магматизма Южной Сибири и Казахстана с Исландским плюмом, пермские – с Сибирским плюмом [19, 20].

В. А. Симонов и А. В. Миколайчук провели геохимическое и геохронологическое изучение базальтов Юго-Восточного Казахстана (Тянь-Шаня и Джунгарского Алатау), которое позволило

им идентифицировать в этом районе продукты Таримского (P_1), Джунгарского (J_1) и Тянь-Шанского (K_2 -Pg) плюмов [24].

Дальнейшее изучение плюмовых производных может быть весьма эффективным в металлогеническом отношении, поскольку с ними обычно связан широкий спектр полезных ископаемых.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кузьмин М.И., Ярмолук В.В. Мантийные плюмы Северо-Восточной Азии и их роль в формировании эндогенных месторождений // Геол. и геоф. – 2014. – № 2. – С. 153-184.
- [2] Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г., Кирдяшкин А.А. Глубинная геодинамика. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2001. – 407 с.
- [3] Courtillot V., Davaille A., Besse J., Stock J. Three distinct types of hotspots in the Earth's mantle. *Earth and Planetary Science Letters* 205 (2003) 295-308.
- [4] Ярмолук В.В., Коваленко В.И. Глубинная геодинамика, мантийные плюмы и их роль в формировании Центрально-Азиатского складчатого пояса // Петрология. – 2003. – Т. 11, № 6. – С. 556-586.
- [5] Лазаренков В.Г. Щелочные плюмы континентов и океанов // Геол. и геоф. – 2014. – № 9. – С. 1240-1248.
- [6] Грачев А.Ф. Мантийные плюмы и проблемы геодинамики // Физика Земли. – 2000. – № 4. – С. 3-37.
- [7] Грачев А.Ф. Идентификация мантийных плюмов на основе изучения вещественного состава вулканитов и их изотопно-геохимических характеристик // Петрология. – 2003. – Т. 11, № 6. – С. 618-654.
- [8] Бекжанов Г.Р., Копкин В.Я., Скринник Л.И. Геологическое строение Казахстана. – Алматы: АМР РК, 2000. – С. 235-325.
- [9] Хомяков В.Д. Петрология офиолитов Чарской зоны (Восточный Казахстан): Автореф. канд. дис. – 1984. – 237 с.
- [10] Симонов В.А., Сафонова И.Ю., Ковязин С.В. Петрогенезис островодужных комплексов Чарской зоны, Восточный Казахстан // Петрология. – 2010. – Т. 18, № 6. – С. 59-72.
- [11] Степанец В.Г., Антоноч Р.М., Кряжева Т. В., Марченко И. А., Раннепалеозойские надсубдукционные офиолиты Агырек-Арсаланской аккреционной призмы северо-востока Центрального Казахстана // Горно-геологический журнал. – 2012. – № 1-2(29-30). – С. 25-32.
- [12] Ермолов П.В. Новый взгляд на происхождение офиолитовых поясов Казахстана // Известия НАН РК. Серия геологическая. – 2008. – № 1. – С. 76-85.
- [13] Степанец В.Г. Петрология и геологическая позиция офиолитов Северо-Востока Ц. Казахстана: Дис. ... канд. геол.-минер. наук ИГН АН РК. – Алма-Ата, 1992. – 325 с.
- [14] Фишман И.Л., Рыбин В.М. Путеводитель по геодинамическим режимам (методические рекомендации и Банк данных) // Геология и охрана недр. – 2008. – № 1(26). – С. 81-83.
- [15] Абдулин А.А., Волков В.М., Щерба Г.Н. Чу-Илийский рудный пояс. – Т. 2. Металлогения Чу-Илийского региона. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1980. – 304 с.
- [16] Кичман Э.С. Начальные этапы геосинклинального развития Джалаир-Найманской тектонической зоны (Южный Казахстан): Дис. ... канд. геол.-минер. наук. – Фонды ИГН АН РК. – Алма-Ата, 1969. – 197 с.; Сейферт К.К. Мантийные плюмы и горячие точки // Структурная геология и тектоника плит. Линейность и сфенохазм. – М.: Мир, 1991. С. 19-47.
- [17] Ермолов П.В., Хайнхорст Я., Крёнер А., Сидоренко И.С. Геодинамика гранитоидного магматизма и оруденение в Казахстане // Граниты и эволюция Земли. Первая международная конференция. Тезисы доклада. – Улан-Удэ, 2008. С. 57-59.
- [18] Цыганков А.А. Позднепалеозойские гранитоиды Западного Забайкалья: последовательность формирования, источники магм. геодинамика // Геол. и геоф. – 2014. – № 4. – С. 197-227.
- [19] Добрецов Н.Л., Буслов М.М. О проблемах геодинамики, тектоники и металлогении складчатых поясов // Геол. и геоф. – 2011. – № 12. – С. 1911-1926.
- [20] Добрецов Н.Л. Эволюция структур Урала, Казахстана, Тянь-Шаня и Алтае-Саянской области в Урало-Монгольском складчатом поясе // Геол. и геоф. – 2003. – Т. 44, № 1-2. – С. 5-27.
- [21] Скринник Л.И. Среднепалеозойские геодинамические комплексы и обстановки на территории Казахстана (по результатам анализа Приложения к геологической карте Казахстана масштаба 1:1 000 000) статья 1 и статья 2 // Известия НАН РК. Сер. геол. – 2003. – № 5. – С. 79-81; № 6. – С. 82-93.
- [22] Скринник Л.И., Рыбин В.М. Вертикальные ряды магматических комплексов как отражение геодинамической эволюции активной окраины (на примере Джунгарского Алатау) // Terra. – 2010. – № 2. – 2009-N1. – 2010. – С. 90-98.
- [23] Скринник Л.И., Гадеев Р.Р. Металлогеническая специализация вулканических поясов Юго-Восточного Казахстана // Изв. НАН РК. – 2013. – № 2. – С. 84-91.
- [24] Simonov V.A., Mikolaichuk A.V., Safonova I.Yu., Kotlyarov A.V., Kovyazin S.V. Late Paleozoic-Cenozoic intra-plate continental basaltic magmatism of the Nienshan-Junggar region in SW Central Asian Orogenic Belt // *Gondwana Research*. – 2014. – XXX GR-01226. – 1342-1363 p.

REFERENCES

- [1] Kuz'min M.I., Jarmoljuk V.V. Mantijnye pljummy Severo-Vostochnoj Azii i ih rol' v formirovanii jendogennyh mesto-rozhdenij. *Geol. i geoф.* 2014. N 2. S. 153-184.
- [2] Dobrecov N.L., Kirdjashkin A.G., Kirdjashkin A.A. Glubinnaja geodinamika. *Novosibirsk: Izdatel'stvo SO RAN*, 2001. 407 s.
- [3] Courtillot V., Davaille A., Besse J., Stock J. Three distinct types of hotspots in the Earth's mantle. *Earth and Planetary Science Letters*. 205 (2003) 295-308.
- [4] Jarmoljuk V.V., Kovalenko V.I. Glubinnaja geodinamika, mantijnye pljummy i ih rol' v formirovanii Central'no-Aziatskogo skladchatogo pojasa. *Petrologija*. 2003. T. 11, N 6. S. 556-586.

- [5] Lazarenkov V.G. Shhelochnye pljumy kontinentov i okeanov. Geol. i geof. 2010/N 9. S. 1240-1248.
- [6] Grachev A.F. Mantijnye pljumy i problemy geodinamiki. Fizika Zemli. 2000. N 4. S. 3-37.
- [7] Grachev A.F. Identifikacija mantijnyh pljumov na osnove izuchenija veshhestvennogo sostava vulkanitov i ih izotopno-geohimicheskikh karakteristik. Petrologija. 2003. T. 11, N 6. S. 618-654.
- [8] Bekzhanov G.R., Koshkin V.Ja., Skrinnik L.I. Geologicheskoe stroenie Kazahstana. Almaty: AMR RK, 2000. S. 235-325.
- [9] Homjakov V.D. Petrologija ofiolitov Charskoj zony (Vostochnyj Kazahstan): Avtoref. kand. dis. 1984. 237 s.
- [10] Simonov V.A., Safonova I.Ju., Kovjazin S.V. Petrogenezis ostrovozduznyh kompleksov Charskoj zony, Vostochnyj Kazahstana. Petrologija. 2010. T. 18, N 6. S. 59-72.
- [11] Stepanec V.G., Antonjuk R.M., Krjazheva T.V., Marchenko I.A. Rannepaleozojskie nadsubdukcionnye ofiolity Agyrek-Arsalanskoj akkrecionnoj prizmy severo-vostoka Central'nogo Kazahstana. Gorno-geologicheskij zhurnal. 2012. N 1-2(29-30). S. 25-32.
- [12] Ermolov P.V. Novyj vzgljad na proishozhdenie ofiolitovyh pojasov Kazahstana. Izvestija NAN RK. Serija geologicheskaja. 2008. N 1. S. 76-85.
- [13] Stepanec V.G. Petrologija i geologicheskaja pozicija ofiolitov Severo-Vostoka C. Kazahstana: Dis. ... kand. geol-miner nauk IGN AN RK. Alma-Ata, 1992. 325 s.
- [14] Fishman I.L., Rybin V.M. Putevoditel' po geodinamicheskim rezhimam (metodicheskie rekomendacii i Bank dannyh). Geologija i ohrana neдр. 2008. N 1(26). S. 81-83.
- [15] Abdulin A.A., Volkov V.M., Shherba G.N. Chu-Ilijskij rudnyj pojas. T. 2. Metallogeniya Chu-Ilijskogo regiona. Alma-Ata: Nauka KazSSR, 1980. 304 s.
- [16] Kichman Je.S. Nachal'nye jetapy geosinklinal'nogo razvitija Dzhalaïr-Najmanskoj tektonicheskoy zony (Juzhnyj Kazahstan): Dis. ... kand. geol-miner nauk. Fondy IGN AN RK. Alma-Ata, 1969. 197 s.; Sejfert K.K. Mantijnye pljumy i gorjachie tochki. Strukturnaja geologija i tektonika plit. Linejnost' i sfenohazm. M.: Mir, 1991. S. 19-47.
- [17] Ermolov P.V., Hajnhorst Ja., Krjoner A., Sidorenko I.S. Geodinamika granitoidnogo magmatizma i orudnenie v Kazahstane. Granity i jevoljucija Zemli. Pervaja mezhdunarodnaja konferencija. Tezisy doklada. Ulan-Udje, 2008. S. 57-59.
- [18] Cygankov A.A. Pozdnepaleozojskie granitoidy Zapadnogo Zabajkal'ja: posledovatel'nost' formirovanija, istochniki magm, geodinamika. Geol. i geof. 2014. N 4. S. 197-227.
- [19] Dobrecov N.L., Buslov M.M. O problemah geodinamiki, tektoniki i metallogenii skladchatyh pojasov. Geol. i geof. 2011. N 12. S. 1911-1926.
- [20] Dobrecov N.L. Jevoľjucija struktur Urala, Kazahstana, Tjan'-Shanja i Altae-Sajanskoj oblasti v Uralo-Mongol'skom skladchatom pojase. Geol. i geof. 2003. T. 44, N 1-2. S. 5-27.
- [21] Skrinnik L.I. Srednepaleozojskie geodinamicheskie komplekсы i obstanovki na territorii Kazahstana (po rezul'tatam analiza Prilozhenija k geologicheskoy karte Kazahstana masshtaba 1:1 000 000) stat'ja 1 i stat'ja 2. Izvestija NAN RK. Ser. geol. 2003. N 5. S. 79-81; N 6. S. 82-93.
- [22] Skrinnik L.I., Rybin V.M. Vertikal'nye rjady magmaticeskikh kompleksov kak otrazhenie geodinamicheskoy jevoľjucii aktivnoj okrainy (na primere Dzhungarskogo Alatau). Terra. 2010. N 2; 2009. N 1. 2010. S. 90-98.
- [23] Skrinnik L.I., Gadeev R.R. Metallogenicheskaja specializacija vulkanicheskikh pojasov Jugo-Vostochnogo Kazahstana. Izv. NAN RK. 2013. N 2. S. 84-91.
- [24] Simonov V.A., Mikolaichuk A.V., Safonova I.Yu., Kotlyarov A.V., Kovyazin S.V. Late Paleozoic-Cenozoic intra-plate continental basaltic magmatism of the Nienshan-Junggar region in SW Central Asian Orogenic Belt. Gondwana Research. 2014. XXX GR-01226. 1342-1363 p.

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ПАЛЕЗОЙ ТАРИХЫНДАҒЫ ІШКІ ТАҚТАЛЫ ЖӘНЕ АЙМАҚШЕТІ КОНТИНЕНТТІ МАГМАТИЗІМІНІҢ АРАСЫНДАҒЫ БАЙЛАНЫСЫ

Л. И. Скринник, Р. Р. Гадеев

Қ. И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты, Алматы

Тірек сөздер: плюмалық магматизм, мантиялық флюидтер, қайнар көзі, петрохимия, офиолиттер, белсенді аймақтар шеті, баталиттер, габроидтар, нефелинді сиениттер, кенорындар.

Аннотация. Қазақстанның әртүрлі құрылымдарындағы офиолитті белдеулерде, гранит батолитінің даму ареалы, белсенді континенттің аймағы, активизация құрылымдарында плюманың магмалық белсенділігі қарастырылған. Өте сенімді белгі болып гелий және неон изотоптарының қарым-қатнасы болып табылады, бірақ петрохимиялық сипаттамалар өте қолайлы. Ішкі тақталы мұхитты базальт және жанартаулы аралдардың құрамы бойынша ерте плюмалық белсенділік кеңінен тараған. Олар аталған құрылымдардың арасында кездесетін және габроидтардың кеністікте және уақытта гранитті батолиттермен аймақ шетінің континенталды типі жиі ассоциацияланған. Олар сансыз рудалы объектілермен іздеу барлау қызығушылығын тудырады.

Поступила 27.11.2014 г.