

ПРОБЛЕМА ИНТЕРПРЕТАЦИИ РОЛИ РАННЕПАЛЕОЗОЙСКОГО МАГМАТИЧЕСКОГО ЭТАПА В СТАНОВЛЕНИИ АНГАРО-ВИТИМСКОГО БАТОЛИТА

Носков Д.А., Герасимов Н.С., Гребенщикова В.И.

*Институт геохимии им. А.П.Виноградова СО РАН, г. Иркутск,
e-mail: den.bboy@gmail.com*

Выделенный по петротипическим признакам Ангаро-Витимский батолит (АВБ) включил в себя известково-щелочные гранитоиды нескольких структурно-формационных зон Западного Забайкалья: баргузинского (витимканского) комплекса на юге и однотипные гранитоиды на севере [Литвиновский и др., 1992]. Кроме того, на территории АВБ выделен пояс субщелочных гранитоидов, которые объединены в зазинский комплекс. По петрографическим и геохимическим данным его гранитоиды генетически отличаются от известково-щелочных гранитоидов АВБ.

Большинство датировок известково-щелочных гранитоидов Ангаро-Витимского батолита указывает на позднепалеозойский возраст (340-280 млн лет), а некоторые относятся к раннему палеозою (440-425 млн лет). При этом датировки известково-щелочных и прорывающих их субщелочных гранитов перекрываются. Существующие интерпретации датировок в основном предполагают полихронный генезис, считая, что подавляющий объем гранитов батолита образовался в позднем палеозое, а гранитоиды с силурийскими датировками являются останцами (ксенолитами) более раннего этапа [Неймарк и др., 1993а; Рыцк и др., 1998; Ненахов и др., 2007]. Одновременное внедрение разнородных гранитоидных расплавов в позднем палеозое объясняется сосуществованием разных магматических источников. По представлению некоторых исследователей внедрение магм происходило в эволюционной последовательности на каждой отдельно взятой территории.

Однако геологические объекты, приводимые как проявление совмещённого во времени разнородного гранитоидного магматизма [Litvinovsky et al., 2011; стр. 869], кроме Хангайского батолита, связаны с резким переходом от коллизионной геодинамической обстановки к внутриплитному магматизму, что предполагает временное различие последовательных магматических этапов, несмотря на наложение магматических этапов в некотором случае. А масштаб проявлений магматизма этих объектов не сравним с масштабом АВБ. На наш взгляд, такие объекты не могут служить примерами совмещённого известково-щелочного и субщелочного магматизма для Ангаро-Витимского батолита.

По всей видимости, ранне- и позднепалеозойский магматический этапы проходили на различных стадиях геодинамической эволюции региона при совершенно разных геологических условиях (мощность коры, глубина нахождения пород современного эрозионного среза). Однако анализ публикаций и наши собственные исследования не обнаружили петрографических и петрохимических (макро- и редкоэлементный составы) отличий между гранитами Ангаро-Витимского батолита с ранне- и позднепалеозойскими датировками, которые позволили бы выделить соответствующие им комплексы. И те, и другие обладают набором сходных черт и имеют составы, характерные для пород Ангаро-Витимского батолита.

В процессе получения собственных Rb-Sr датировок пород АВБ авторами было установлено, что датирование затруднено вследствие измененности пород: нарушений первично-магматической обратной корреляции Rb и Sr, отсутствия комагматических закономерностей распределения точек на диаграмме Л.С. Бородина и сильного рассеяния точек Rb-Sr изотопных составов, дающих очевидную эрохрону [Герасимов и др., 2007]. Особенно заметны признаки наложенных изменений в южной и юго-восточной частях батолита, т.е. в области развития пояса интрузий зазинского и более молодых комплексов.

Наличие наложенных изменений подтверждают опубликованные данные Rb-Sr геохронологических исследований по породам АВБ. Так, Rb-Sr датировки Хасуртинского

(283 ± 3.7 млн лет, СКВО=1.4), Хангитуйского (329 ± 64 млн лет, СКВО=1.1) и Зеленогривского (299 ± 19 млн лет, СКВО=3.1) массивов в двух случаях отличаются от U-Pb датировок для тех же массивов: Хасуртинский – 283.7 ± 5.3 млн лет, Хангитуйский – 302 ± 3.7 млн лет, Зеленогривский – 325 ± 2.8 млн лет, как видно, на десятки млн лет [Цыганков и др., 2007]. Точки составов проб этих массивов на диаграмме Rb-Sr и диаграмме Л.С. Бородина образуют рассеянные группы, не соответствующие комагматическим породам, а также имеют положительную корреляцию Rb и Sr в Хасуртинском и Зеленогривском массивах, что не характерно для неизменённых магматических пород.

Расчеты, проведенные нами по опубликованным аналитическим данным с помощью программного модуля Isoplot 2.49 [Ludwig, 2002], показывают, что опубликованные этими авторами результаты не отвечают современным требованиям к качеству анализа, а именно, изохроны построены с ошибками определения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ на много больше допустимой погрешности (± 0.01 % относительных). Рассчитанные нами линии регрессии для диаграмм $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ - $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ по данным объектам с погрешностями $\pm 1\%$ $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ и $\pm 0.01\%$ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ показали, что все они являются эрохронами с большим СКВО (Хасуртинский – 24; Хангитуйский – 23; Зеленогривский – 33) и поэтому не могут рассматриваться в качестве валидных датировок. Для пород Хасуртинского массива линия регрессии проведена между группой точек валовых проб и единственной точкой пробы биотита. Биотит как легкопроницаемый слоистый силикат часто не является полностью закрытой системой. Поэтому определять угол наклона линии регрессии по единственной пробе биотита методически не оправданно. Удаление точки биотита с диаграммы дает эрохрону с возрастом 541 ± 450 . Определение возраста Зеленогривского массива, которое проведено по породам его краевой части, методически неверно, так как процессы изотопного обмена вблизи контакта с вмещающими породами искажают магматические соотношения Rb и Sr. Линия регрессии проведена с учетом единственной, далеко отстоящей точки ультракислого гнейсогранита (SiO_2 –78%, Rb–40 г/т, Sr–60 г/т).

При опробовании АВБ нами были выявлены наименее измененные породы, отвечающие критериям пригодности для Rb-Sr датирования в двух пространственно разобщенных частях батолита: Тельмамском (среднее течение р. Витим) и Гаргинском (долина р. Баргузин) массивах. Оба района по геофизическим данным располагаются над магмаподводящими каналами. Отобранные для изотопных анализов образцы гранитов (SiO_2 =70-74%) имеют высокие концентрации стронция (600-1500 г/т) и относятся к наименее измененным разновидностям с первичными магматическими соотношениями рубидия и стронция. Полученные аналитические данные дали изохроны для Гаргинского массива – 425 ± 22 млн лет, СКВО=1.4, для Тельмамского – 429 ± 15 млн лет, СКВО=0.093. Раннепалеозойский возраст гранитов батолита в центральной части Гаргинского массива подтвержден U-Pb конкордантной датировкой по монациту – 425 ± 2 млн лет [Рыцк и др., 2008]. Таким образом, из всех рассмотренных Rb-Sr датировок только раннепалеозойские достоверно отражают возраст процесса магматической кристаллизации.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями было доказано что U-Pb система в цирконах обладает высокой подвижностью [Богомолов, Морозова, 1991; Левский и др., 1997]. Атомы U и Pb находятся преимущественно в нарушениях кристаллической решётки. Кроме того, высокая энергия деления ядер U приводит к накоплению дефектов и возникновению проницаемой структуры цирконов вплоть до метамиктной. Установлено, что возрастание щелочности флюида приводит к резкому росту растворимости циркона [Азимов, 2003] и к диффузионному выносу радиогенного свинца. Поскольку при метасоматическом изменении цирконов наиболее дефектные, метамиктные участки кристаллов замещаются новой фазой, часто имеющей конкордантный возраст [Каулина, 2001], то не всякая конкордантная датировка будет соответствовать возрасту минерала. Таким образом, метасоматические процессы, повлиявшие на Rb-Sr изотопную систему в породах Ангаро-Витимского батолита, также должны были вызвать изменения U-Pb системы в цирконах.

Анализ существующих дискордантных U-Pb датировок гранитоидов батолита показал, что в большинстве из них возраст оценивается по нижнему пересечению конкордии, а дискордия рассматривается как линия смещения свинца двух генераций. Верхнее пересечение при этом рассматривается как возраст протолита. Между тем, при диффузионных потерях свинца нижнее пересечение дискордии либо вообще не имеет смысла, либо отвечает времени проявления наложенного процесса [Левский, 2003; Рассказов и др., 2005].

Показательным примером может служить датировка, полученная Л.А. Неймарком и др. [1993] по нижнему пересечению конкордии. В таблице [Неймарк и др., 1993, стр. 727] показано, что навески метамиктных цирконов (пробы Бмп Ia и Бмп II) имеют повышенные в 3-4 раза содержания U относительно остальных и дают более молодой $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ возраст, равный (Бмп Ia) 314 ± 8 млн лет, который не может в этом случае рассматриваться как возраст кристаллизации. Такое высокое содержание U в метамиктном цирконе объясняется не столько его захватом в момент кристаллизации, сколько привнесом через пористую структуру в метасоматическом процессе. На диаграмме с дискордией видно, что вычисленные по метамиктным цирконам точки (Бмп Ia и Бмп II) ложатся ближе всего к нижнему пересечению полученной дискордии с конкордией, чего не должно быть в случае первично-магматической природы наблюдаемой U-Pb системы. Это свидетельствует о том, что нижнее пересечение конкордии не отражает процесс магматической кристаллизации, следовательно, и сама дискордия не имеет физического смысла.

В ряде публикаций [Цыганков и др., 2007] U-Pb SHRIMP датировки, несмотря на явные признаки метасоматического изменения исследуемых цирконов, отождествляются с возрастом кристаллизации. Это не обосновано, в связи с тем, что, как уже было сказано, изменённые и перекристаллизованные участки цирконов часто дают конкордантные датировки. Таким образом, из всего сказанного видно, что опубликованные U-Pb датировки также имеют признаки наложенных изменений.

Для сравнения датировка [Неймарк и др., 1993a] по неизменному циркону из гнейсо-гранитов Богодиктинского массива (426 ± 24 млн лет) получена по дискордии, которая имеет только одно верхнее пересечение с конкордией, что означает отсутствие влияния наложенных процессов на U-Pb систему циркона. Возраст при этом соответствует времени кристаллизации циркона из гранитоидного расплава.

В.М. Ненахов и др. [2007] датировали плагиограниты, имеющие расплывчатые границы с гранитоидами витимканского комплекса (аналога баргузинского комплекса), что свидетельствует о синхронности образования тех и других. Вычисленный ими возраст 439 ± 1.6 млн лет (U-Pb метод, SHRIMP) совпадает в пределах погрешности с нашей оценкой возраста баргузинских гранитов.

Присутствие раннепалеозойского этапа с узким возрастным диапазоном (440-425 млн лет) в известково-щелочных гранитоидах, относимых к АВБ, достоверно устанавливается как U-Pb, так и Rb-Sr методами. Таким образом, только позднепалеозойские датировки известково-щелочных гранитоидов АВБ имеют признаки наложенных изменений. Из этого следует, что для разграничения вещественного состава ранне- и позднепалеозойских этапов, помимо детального исследования геохимии и петрографии гранитоидов, необходимо тщательно оценивать сохранность изотопных систем при дальнейшем датировании пород батолита. Для этого необходимо использовать весь набор современных методов оценки сохранности изотопных систем в исследуемых породах и минералах, включая геохимическое изучение цирконов. Получение такой информации позволит выяснить реальное взаимоотношение и петротипический состав палеозойских магматических этапов. Также это должно помочь уточнить роль и место субщелочного магматизма в геологической эволюции района.

Литература

Азимов П.Я. Термодинамический анализ устойчивости циркона во флюидных метаморфических системах // Изотопная геохронология в решении проблем геодинамики и рудогенеза: Материалы II Рос. конф. по изотопной геохронологии (25-27 нояб. 2003 г.) – СПб, 2003. С. 18-21.

Богомолов Е.С., Морозова И.М. Миграция свинца в неметамитных цирконах // Геохимия. 1991. №4. С. 564-572

Герасимов Н.С., Гребенщикова В.Н., Носков и др. О раннепалеозойском возрасте Ангаро-Витимского баолита / Материалы Всерос. Науч. совещ. «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)». Вып. 5. Иркутск: Институт Земной коры СО РАН, 2007. Т.1. С. 49-51.

Каулина Т.В. Особенности метаморфических цирконов с позиций кристаллогенезиса// XVI симпозиум по геохимии стабильных изотопов имени акад. А.П. Виноградова: Тез. докл. Москва. 2001. С. 98-99.

Левский Л.К., Безмен Н.И., Гайдамако И.М., Левченков О.А., Лохов К.И., Макеев А.Ф., Маслеников А.В., Морозова И.М., Ризванова Н.Г., Сергеева Н.А. Миграция изотопов свинца и урана в цирконе и полевых шпатах при их взаимодействии с расплавом и флюидом // Информационный бюллетень РФФИ. 1997. Т.5. №5. С. 370.

Левский Л.К. U-Pb система: некоторые нерешенные вопросы // Изотопная геохронология в решении проблем геодинамики и рудогенеза: Материалы II Российской конференции по изотопной геохронологии (25-27 нояб. 2003 г.). – СПб, 2003. С.287-291.

Литвиновский Б. А., Занвилевич А. Н., Алакшин А. М., Подладчиков Ю. Ю. Ангаро-Витимский батолит – крупнейший гранитный плутон. – Новосибирск: Изд-во ОИГГМ СО РАН, 1992. – 141 с.

Неймарк Л. А., Рыцк Е. Ю., Ризванова Н. Г. Герцинский возраст и докембрийский коровой протолит баргузинских гранитоидов Ангаро-Витимского батолита: U-Pb и Sm-Nd изотопные свидетельства // Докл. РАН. 1993. Т.331. №6. С. 726-729.

Неймарк Л. А., Рыцк Е. Ю., Ризванова Н. Г., Гороховский Б. М. О полихронности Ангаро-Витимского батолита по данным U-Rb метода по циркону и сфену // Докл. РАН. 1993а. Т. 333. №5. С. 634-637.

Ненахов В.М., Никитин А.В., Доронина Н.А. и др. О полихронности Ангаро-Витимского батолита // Доклады Академии наук. 2007. Т. 414. № 4. С. 509-512.

Рассказов С.В., Брандт С.Б., Брандт И.С., Иванов А.В. Радиоизотопная геология в задачах и примерах. – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2005. – 268 с.

Рыцк Е. Ю., Неймарк Л. А., Амелин Ю. В. Возраст и геодинамические обстановки формирования палеозойских гранитоидов северной части Байкальской складчатой области // Геотектоника. 1998. № 5. С.46-60.

Рыцк Е.Ю., Макеев А.Ф., Сальникова Е.Б., Федосеенко А.М. Возраст гнейсогранитов Гарганской «глыбы» Баргузино-Витимского супертеррейна // Граниты и эволюция Земли: геодинамическая позиция, петрогенезис и рудоносность гранитоидных батолитов: Материалы I междунар. геол. конф. (Улан-Уде, 26-29 авг. 2008). – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. 2008.

Цыганков А. А., Матуков Д. И., Бережная Н. Г. и др. Источники магм и этапы становления позднепалеозойских гранитоидов Западного Забайкалья // Геология и геофизика. 2007. Т. 48. № 1. С. 156-180

Litvinovsky V.A., Tsygankov A.A., Jahn B.N., Katzir Y., Be'eri-Shlevin Y. Origin and evolution of overlapping calc-alkaline and alkaline magmas The Late Paleozoic post-collisional igneous province of Transbaikalia (Russia) // Lithos. 2011. V.125. P. 845-874.

Ludwig, K.R. Isoplot/Ex Version 2.49; A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. / Berkeley Geochronology Center Special Publication 1a. 2002. – 71 p.