

ОТРАЖЕНИЕ ГРЕНВИЛЬСКИХ СОБЫТИЙ В РАЗНЫХ ИЗОТОПНЫХ СИСТЕМАХ ГРАНИТОИДОВ И МЕТАМОРФИТОВ ЗАПАДНОГО СКЛОНА УРАЛА

© 2018 г. Г. Ю. Шардакова

На Урале тектонотермальные события гренвильского этапа (1250–900 млн лет) проявлены слабо, для разных секторов протяженной границы орогена с Восточно-Европейской платформой природа их трактуется неоднозначно. Датировки в указанном интервале фиксируются в цирконах из гранитов северо-восточной части Башкирского мегантиклинория. В породах юрминского комплекса цирконы распадаются на три возрастных кластера, отвечающих машакским (1380–1350 млн лет, ядра), гренвильским (промежуточные зоны в цирконах) и тиманским (600–500 млн лет, каймы и самостоятельные зерна) событиям. Возраст комплекса, по совокупности геологических и U-Pb изотопных данных, считался как 540 млн лет. По данным Sm-Nd изотопии построена минерально-породная изохрона, давшая 1006 ± 62 млн лет, укладывающаяся в рамки гренвильского события. Возникает вопрос: не являются ли гранитоиды юрминского комплекса фрагментом одного из блоков “машакского” возраста, на которые были наложены последующие процессы, что выразилось в образовании более молодых зон разного возраста в древних цирконах? Проблема остается открытой и требует разрешения другими изотопными методами.

ВВЕДЕНИЕ

Картина геологической эволюции западного склона Южного Урала, который в настоящее время одновременно является восточным краем Восточно-Европейской платформы (ВЕП), представляется достаточно ясной для ранних этапов – в интервале 1700–1300 млн лет. Изучение осадочных последовательностей, тектонических и метаморфических событий, магматических серий однозначно свидетельствует о рифтогенной активности, проявляющейся в это время в краю ВЕП импульсами, как и любой длительный геодинамический процесс [Пучков, 2000; и др.]. Дальнейшая история развития данного сектора трактуется не так однозначно. Данные по стратиграфии, метаморфизму и магматизму далеко не всегда можно увязать между собой даже в пределах отдельных структур, таких, например, как Башкирский мегантиклинорий (БМА). В частности, на Южном Урале в осадконакоплении венда–начала кембрия существует длительный перерыв, свидетельствующий, по-видимому, о высоком стоянии суши и размыве, что возможно в случае орогенеза. Примером данной активности традиционно считается Белорецкий купол, где возраст метаморфических пород отвечает диапазону 600–500 млн лет [Glasmacher et al., 1999]. Однако магматизм в это время проявлен очень слабо [Шардакова, 2016а] и гранитоиды имеют петрогеохимические особенности, промежуточные между рифтогенными и орогенными образованиями, при существенно коровой природе субстрата. По данным автора, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в гранитоиде юрминского комплекса (540–510 млн лет (?), см. да-

лее) в БМА составляет 0.7066 и выше. При этом в соседней, лежащей к северу от БМА структуре, – Уфалейском блоке (УБ) гранитоиды, имеющие близкий возраст и петрогеохимию (битимский комплекс, 533 млн лет [Шардакова, 2016б]) содержат в источнике существенную долю мантийного компонента ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.703389$). В принципе магматы “пестрого” состава могут формироваться в результате трансформных движений по ранее существующим рифтовым трещинам, часть из которых достигает литосферной мантии; в противном случае имеет место анатектическое гранитообразование. Во всяком случае, типичных “орогенных” гранитов венд-кембрийского возраста на Южном Урале (в отличие от Полярного и Северного) [Кузнецов и др., 2005], не зафиксировано. Поэтому вопросы о процессах венд-кембрийского интервала остаются открытыми. Далее, как известно, имели место спрединг, последующее закрытие Уральского палеоокеана и образование коллизионного сооружения. В БМА и УБ магматические породы Уральского этапа развития имеются – это граниты с возрастом 317–300 (ранняя коллизия) и 287–260 млн лет (жесткая коллизия) [Шардакова, 2016а, б], что указывает на причленение данных структур к Уралу и вовлечение краевой части ВЕП в орогенные процессы.

Наименее понятны масштаб и геодинамическая природа процессов в интервале 1250–900 млн лет. Как известно, глобальной фазой диастрофизма, крупным событием рифейского времени выступает проявление гренвильской активности. Во многих регионах планеты – на северо-западе Европы, в Северной и Южной Америке, в Южной Аф-

рике, Австралии, Антарктиде – это процессы орогенного характера (гренильские орогенения). “Однако до настоящего времени все еще неизвестными остаются признаки проявления указанного события в наиболее полных и достаточно хорошо изученных осадочных разрезах позднего докембрия на территории Северной Евразии, таких как стратотип (Башкирский мегантиклинорий)...” [Маслов и др., 2014]. Данные авторов последней статьи касаются анализа петрохимических особенностей состава терригенных пород и указывают на то, что “гренильские события не внесли существенного вклада в формирование наиболее полных осадочных последовательностей рифея Северной Евразии”. Во всяком случае, об орогенной природе этого этапа на Южном Урале они не свидетельствуют.

Цель данной работы – на основе анализа возрастных и изотопных данных по магматическим и метаморфическим породам БМА и близлежащих структур (как новых, так и имеющих в литературе) дополнить представления о масштабе проявления и возможной природе гренильских событий на Южном Урале. Материал вынесен в порядке обсуждения, поэтому автор позволил себе вольный стиль изложения.

Методики. U-Pb датирование цирконов было проведено во ВСЕГЕИ (SHRIMP-2) Д.В. Матуковым по классической методике, данные частично опубликованы ранее [Шардакова, 2016а]. Sm-Nd датирование (изохрона породы + минералы) произведено в ЦКП “Геоаналитик” ИГГ УрО РАН (аналитик Н.В. Солошенко) методом TIMS на мультиколлекторном термоионизационном масс-спектрометре двойной фокусировки Triton Plus, включающий химическое разложение и хроматографическое разделение проб.

КРАТКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ

На Урале магматические породы в возрастном интервале, отвечающем гренильским событиям, почти не известны. Единственная цифра – возраст долерита из силла среди метаморфизованных осадков ишеримской свиты (Северный Урал) – 1079 ± 41 млн лет [Петров и др., 2005; Петров, 2016], $\epsilon Nd + 6.57$ (т. е. мантийное вещество в субстрате, по-видимому, порода имеет отношение к структурам спрединга). Отметим, что разные участки протяженной границы Урала с ВЕП развивались не вполне синхронно, поэтому, имея проявления магматизма в северных блоках, не следует обязательно ожидать их в южных секторах, где магматизм может возникать в несколько других временных рамках или отсутствовать совсем. В целом отмечается, что при формировании западной континентальной окраины ВЕП в позднерифейский период имел место амагматичный период (1250–700 млн лет), который, вероятно, отвечал этапу наиболее активного

раскрытия Уральского палеоокеана, расположенного к востоку [Холоднов и др., 2017].

Тем не менее геологические процессы в литосфере, по-видимому, имели место. Анализ данных по возрастам цирконов из магматических пород БМА показывает, что датировки в интервале 1280–970 млн лет фиксируются (как этапы преобразований) в цирконах множества объектов: Ахмеровском [Краснобаев и др., 2008], Бердяшском [Краснобаев и др., 2011] Медведевском [Холоднов, Шагалов, 2012] массивах. U-Pb возраст, определенный по монофракциям цирконов для гнейсов и амфиболитов УБ, лежит в интервале 1100–900 млн лет; имеются также и K-Ar возраста минералов [Гаррис, 1977] из пород юга БМА – все это отражает возраст метаморфических процессов. Датировки 1230–1010 млн лет получены М.Т. Крупнинным [2004] для месторождений флюорита, сидерита и металлоносных эксгальций БМА, свидетельствуя о флюидной миграции в осадочном бассейне на востоке ВЕП.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Автором ранее были исследованы цирконы из гранитоидов юрминского комплекса (юго-восточный отрог г. Юрма, БМА), подробно данные приведены в ряде работ [Шардакова и др., 2007, 2008]. Комплекс представляет собой переслаивание гнейсов и амфиболитов (подобно тому, что наблюдается в центральной части древнего УБ [Кейльман, 1974]). Породы образуют полосы вдоль тектонических нарушений среди кварцитопесчаников таганайской свиты (средний рифей?) и не имеют явных секущих контактов с последней, или они не прослежены ввиду очень слабой обнаженности. Отдельные тонкие существенно лейкократовые жилы гранитов явно секущего характера могут являться поздними анатектическими выплавками. Породы, слагающие “гнейсово-амфиболитовый блок” близ г. Юрма, именовались и трактовались по-разному. В старых геологических отчетах это “шумгинский комплекс”; они считались вендскими образованиями, метаморфизованными фрагментами машакской свиты или даже александровского комплекса. Автором показано, что возраст главной популяции цирконов (из гранитогнейсов), лежащей на конкордии, с большой вероятностью отвечает возрасту анатектического расплава, давшего описываемые породы (около 540 млн лет). При этом уровень насыщения расплава Zr мог быть низким, а интервал процесса – коротким, поэтому собственные “гранитные” цирконы не образовывались, а изменялись многочисленными зернами, заимствованными из субстрата, – цифры получены по краевым частям цирконов. Субстратом, по-видимому, являлись цирконы “машакского типа”, имеющие возраст около 1380 млн лет, – такие датировки име-

ют ядра в цирконах из юрминских гранитогнейсов. Помимо этого имеются замеры возраста в промежуточных зонах (1056–1200 млн лет). Именно они указывают на гренвильский этап преобразования, отраженный в изотопном составе зерен (рис. 1, на врезке показан Pb-Pb возраст). Отметим, что поведение U и Th в цирконах “стандартное”, указывает на снижение содержаний U от ядер к промежуточным зонам и каймам зерен, т. е. на прямую зависимость от времени, без нарушения изотопной системы (рис. 2).

Эти данные приведены для того, чтобы прокомментировать Sm-Nd изохрону, полученную в конце 2017 г., и заново поставить вопрос о датировке пород юрминского комплекса. Для определения реального Sm-Nd возраста требуются минимально измененные образцы пород или минералы, отвечающие магматической стадии кристаллизации. Поскольку в нашем случае породы относительно древние, взяты из зоны тектонических контактов, участками перекристаллизованы и пр., то они не являются идеальными для датирования. Помимо нескольких проб собственно гранитогнейсов и амфиболитов выделялись монофракции минералов, в которые могли попасть как зерна с первичными составами, так и более поздние генерации. Наблюдения в шлифах, разброс значений и предварительный подсчет возрастов показали, что плагиоклаз – поздний (он реально альбитизирован), гранат имеет несколько генераций, различающихся по составу, поэтому не попадает на линию согласованных возрастов. Амфибол – наименее измененный среди всех минералов, имеет стабильный

состав (по данным микрозондового анализа) как в гнейсах, так и в амфиболитах, и, даже если он метаморфический, то это самые первые преобразования. Поэтому он скорее всего пригоден для датирования. В результате по породам + амфиболу была построена изохрона (рис. 3), имеющая следующие параметры: 1006 ± 62 млн лет, СКВО = 0.6, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.511417$, что укладывается в рамки интересующего нас гренвильского события.

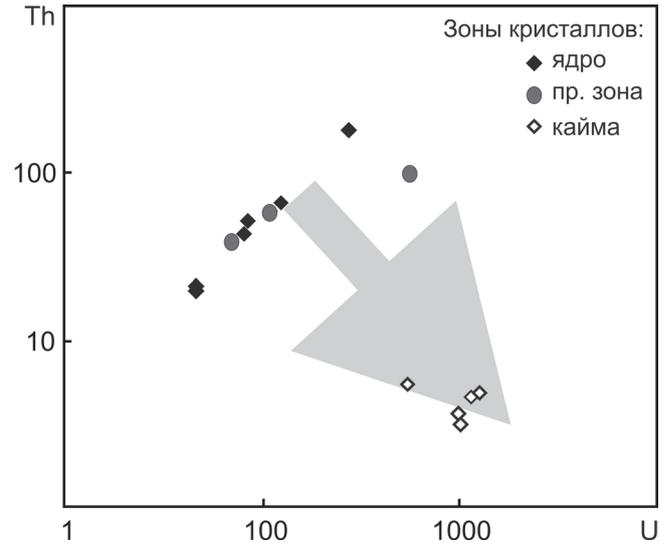


Рис. 2. Диаграмма U-Th для цирконов.

Замеры в разных частях кристаллов обозначены разными символами.

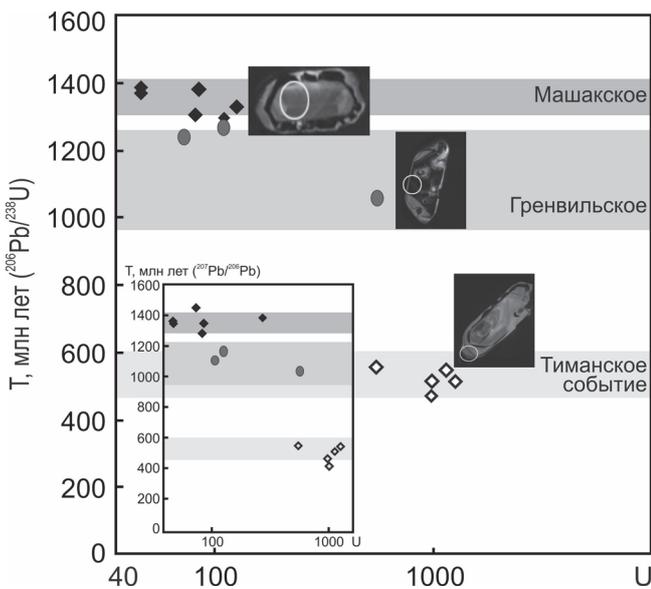


Рис. 1. Графики зависимости отношений Pb и U с общим содержанием U в цирконах из гранитогнейсов юрминского комплекса.

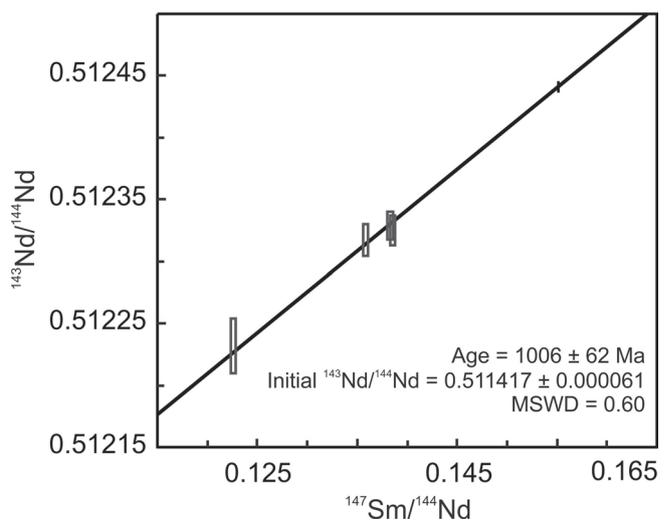


Рис. 3. Sm-Nd изохрона для минералов и пород юрминского комплекса.

ОБСУЖДЕНИЕ. ВОПРОСЫ

Таким образом, в изотопных системах (U-Pb, Sm-Nd) гранитоидов юрминского комплекса так или иначе проявились главные этапы геодинамического развития БМА: машакский, гренвильский, тиманский (кадомский) (см. рис. 2, 3). Предположение о “коровом” анатектическом образовании пород, казалось бы, подтверждается отношениями изотопов: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7066$; ϵNd_t (в пересчете на ранее принимаемый возраст 540 млн лет) составляет $-2\dots-3$.

Sm-Nd датировка явно метаморфизованных пород подчеркивает, что полученная гренвильская цифра определяет именно возраст события. Однако это ставит под сомнение полученные ранее вендикембрийские цифры. Снова возникает вопрос: не являются ли гранитогнейсы (и амфиболиты) юрминского комплекса фрагментом одного из блоков “машакского” возраста, на которые были наложены последующие процессы, что выразилось в образовании более молодых зон разного возраста (гренвильские, тиманские датировки, см. рис. 2) в древних зернах цирконах? Проблема остается открытой и требует разрешения другими изотопными методами. Отметим, что если ϵNd_t пересчитать на возраст 1000 млн лет, он составит примерно +1.5, а такая цифра почти совпадет с ϵNd в гранитоидах Никольского массива (УБ), который имеет аналогичную с юрминским комплексом геохимию [Шардакова, 2016б].

Проливает ли приведенная информация свет на природу гренвильских событий на западном склоне Урала? Ясно, что дополнительных данных, указывающих на орогенную природу процесса, геохимические и изотопные данные не дают. Цифры возраста, которых появляется все больше благодаря современным методам анализа, относятся лишь к метаморфическим событиям и рудообразованию. Безусловно, само событие имело место и масштаб его проявления значителен – как минимум, это южная часть западного склона Урала. Однако трактовать активность следует как тектоно-термальную, производящую преобразования уже имеющихся пород, вызывающую формирование гидротермальных месторождений. Повышаются количество и объем флюидной фазы, и, вероятно, происходит подновление уже имеющихся тектонических нарушений, поэтому флюид начинает активно мигрировать в соответствующие толщи, благоприятные для рудоотложения. Магматических следствий гренвильской “орогении” на Южном Урале пока не имеется, и это может говорить об относительно слабом отражении процессов, идущих в Западной Европе, на восточной периферии ВЕП. Данное заключение справедливо не только для Урала, но и для его ближайшего северо-западного обрамления, где эволюция структур в указанном временном ин-

тервале могла происходить сходно с уральскими [Кузнецов и др., 2005; и др.]. Активно датируются гранитоиды и ортопорыды фундамента Печорской плиты (Тиманский и Большеземельский мегаблоки). Получены первые данные: на границе среднего и позднего рифея в Ижемской зоне внедрялись граниты с возрастом 1056 млн лет (U-Pb, скв. 1-Ю. Болотная [Андреичев и др., 2014]).

Работа выполнена в рамках темы № ААА-А18-118052590034-0 государственного задания ИГГ УрО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреичев В.Л., Соболева А.А., Довжикова Е.Г. Первые U-Pb-данные о возрасте гранитоидного магматизма фундамента Печорской синеклизы // Докл. РАН. 2014. Т. 458, № 5. С. 559–566.
- Гаррис М.А. Этапы магматизма и метаморфизма в доюрской истории Урала и Приуралья. М.: Наука, 1977. 295 с.
- Кейльман Г.А. Мигматитовые комплексы подвижных поясов. М.: Недра, 1974. 199 с.
- Краснобаев А.А., Козлов В.И., Пучков В.Н., Родионов Н.В., Нехорошева А.Г., Кисеева К.Н. Ахмеровский гранитный массив – представитель мезопротерозойского интрузивного магматизма на Южном Урале // Докл. РАН. 2008. Т. 418, № 2. С. 241–246.
- Краснобаев А.А., Попов В.С., Беляцкий Б.В. Цирконология нефелиновых сиенитов Бердяшского массива (Южный Урал) // Докл. РАН. 2011. Т. 436, № 3. С. 377–380.
- Крупенин М.Т. Минерагеническое и геодинамическое значение среднерифейского времени на западном склоне Южного Урала // Докл. РАН. 2004. Т. 399, № 4. С. 503–505.
- Кузнецов Н.Б., Соболева А.А., Удоратина О.В., Герцева М.В. Доордовикские гранитоиды Тимано-Уральского региона и эволюция проторурид-тиманид. Сыктывкар: Геопринт, 2005. 100 с.
- Маслов А.В., Подковыров В.Н., Гареев Э.З., Ронкин Ю.Л. К вопросу о вкладе гренвильских событий в формирование наиболее полных осадочных последовательностей рифея северной Евразии // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2014. Т. 22, № 2. С. 46–61.
- Петров Г.А. Геология допалеозойских комплексов средней части Уральского подвижного пояса: автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2016. 41 с.
- Петров Г.А., Маслов А.В., Ронкин Ю.Л. Допалеозойские магматические комплексы Кваркушко-Каменногорского антиклинория (Средний Урал): новые данные по геохимии и геодинамике // Литосфера. 2005. № 4. С. 42–69.
- Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 379 с.
- Холоднов В.В., Феритатер Г.Б., Шагалов Е.С., Шардакова Г.Ю. Рифейский магматизм и рудообразование, предшествующие раскрытию Уральского палеоокеана (западный склон Южного Урала) // Литосфера. 2017. № 2. С. 5–26.

- Холоднов В.В., Шагалов Е.С.* Верхний и нижний возраст рубежи среднерифейских рудоносных (Ti-Fe-V) интрузий кусинско-копанского комплекса на Южном Урале: U-Pb датирование цирконов Медведского месторождения // Докл. РАН. 2012. Т. 446, № 4. С. 432–437.
- Шардакова Г.Ю.* геохимические особенности и изотопный возраст гранитоидов Башкирского мегантиклинория – свидетельства импульсов эндогенной активности в зоне сочленения Уральского орогена с Восточно-Европейской платформой // Геохимия. 2016а. № 7. С. 607–622.
- Шардакова Г.Ю.* Гранитоиды Уфалейского блока: геодинамические обстановки, возраст, источники, проблемы // Литосфера. 2016б. № 4. С. 133–137.
- Шардакова Г.Ю., Ронкин Ю.Л., Холоднов В.В.* U-Pb возраст цирконов из гранитоидов юрминского комплекса: отражение сложности и длительности геологической истории Башкирского мегантиклинория // Вестн. Урал. отд. РМО. № 5. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 121–131.
- Шардакова Г.Ю., Шагалов Е.С., Серeda М.С.* Геохимические различия гранитоидов Таганайско-Иремельского антиклинория (Центрально-Уральская мегазона) // Докл. РАН. 2007. Т. 413, № 4. С. 545–549.
- Glasmacher U., Reynolds P., Alekseyev A.A.* $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Thermochronology west of the Main Uralian fault, Southern Urals, Russia // Geologische Rundschau. 1999. V. 87. P. 515–525.