

глубин до первых сотен метров. При пересечении такими разломами рудоносных тел, имеющих «слепое» залегание, рудные обломки могут быть выведены на дневную поверхность. С учетом этих природных явлений автором разработан новый метод валунных поисков рудных месторождений [7,8], приобретающей теперь не только поверхностную, но и глубинную составляющую.

Другая часть крупнообломочных масс поступала за счет разрушения крутых склонов неотектонически поднятых горстов, также широко развитых на Балтийском щите. В последующем глыбы и щебень окатывались в руслах рек, на побережьях морей и озер.

#### Литература

1. Тектоника восточной части Балтийского щита (Перевозчикова В.А., Беляев К.Д., Булин Н.К. и др.). Л.: Недра, 1974. 288 с.
2. Николаев Н.И. Роль неотектоники в эволюции Земли // Геоморфология. 2001. №3. С. 5–18.
3. Савицкий А.В., Афанасьев Е.Н., Гукасян Г.О., Петрова Ю.В. Разрывные нарушения северо-запада Русской платформы и их металлогеническое значение // Блоковая тектоника и перспективы рудоносности северо-запада Русской платформы. Л.: Наука, 1986. С. 39–52.
4. Загородный В.Г., Радченко А.Т. Тектоника карелид северо-восточной части Балтийского щита. Л.: Наука, 1988. 110 с.
5. Чувардинский В.Г. Неотектоника восточной части Балтийского щита. Апатиты: КНЦ РАН, 2000. 287 с.
6. Чувардинский В.Г. Букварь неотектоники. Новый взгляд на ледниковый период. Апатиты: КНЦ РАН, 2006. 85 с.
7. Чувардинский В.Г. Методология валунных поисков рудных месторождений. М.: Недра, 1992. 138 с.
8. Чувардинский В.Г. Разрывная неотектоника и новые поисковые методики. Апатиты: КНЦ РАН, 2001. 100 с.

### О геолого-геохимической эволюции гранитоидного магматизма Уфалейского антиклинория (Средний-Южный Урал)

Шардакова Г.Ю.

Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, e-mail: shardakova@igg.uran.ru

Уфалейский антиклинорий (УА) является составной частью Уфалейского-Уралтаусского мегантиклинория (система Центрально-Уральского поднятия), и протягивается параллельно общепараллельно уральским структурам с севера на юг на расстояние около 150 км. На севере он граничит с Кваркушко-Синегорским, на юге – с Башкирским антиклинориями, расположенными в Западно-Уральской структурно-формационной зоне, которая в R<sub>2</sub>-V представляла собой систему рифтогенных структур западной периферии Восточно-Европейской платформы.

Анализ литературного и фондового материала показывает, что описываемая структура изучена крайне неравномерно. К тому же увязка информации по петрологии, геохимии и изотопно-возрастным характеристикам разных частей УА не производилась. Задача наших исследований – продвинуться в этом направлении, дополнить представления об эволюции гранитоидного магматизма УА и сопоставить с расположенными севернее и южнее структурами. Данная работа – это только «первые шаги».

Истории геологического развития северной части УА посвящена новая публикация московских исследователей [2]. Их данные показывают, что в позднем докембрии развитие территории шло от субплатформенного режима осадконакопления через рифтогенный магматизм (R<sub>2</sub>) к накоплению мощных осадочно-вулканогенных толщ с контрастными вулканитами (R<sub>3</sub>). Здесь распространены метабазалты и метариолиты указарской свиты, которую принято параллелизовать с щеголовитской свитой басегской серии Кваркушко-Синегорского антиклинория (верхний рифей) [11]. Определения Pb-Pb возраста [2] дают цифры 1100 и 600 млн. лет. Из интрузивных гранитоидов в северной части УА развиты гранито-гнейсы чувовского (V<sub>1</sub>, по [2]) и битимского (559 млн. лет)

комплексов. Авторы считают, что здесь имела место орогенная стадия развития, формирование вендских гранитоидных серий происходило в условиях сжатия.

Уфалейский блок (УБ) пространственно входит в одноименный антиклинорий, он отделен от северной части УА субширотным разломом. Многими исследователями принято рассматривать блок в качестве самостоятельной структуры ввиду крайней сложности строения; некоторые из них [6, 9] склоняются к тому, что собственно Уфалейским блоком (террейном) следует считать лишь центральную, клиноподобную часть, расположенную напротив Уфимского выступа и сложенную амфиболитами и гнейсами различной основности и, в меньшей степени, гранитоидами. По мнению А.И. Русина [9], совокупность геологических признаков не позволяет прямо сопоставлять УБ с какой-либо из уральских структур; и процедура эта невозможна без корректных изотопных данных. Проблемам геологии и генезиса УБ посвящены работы Г.А.Кейльмана [4], Т.И. Глушковой [1983ф], А.И. Белковского [1 и др.] и ряда других исследователей [12-14].

Для ясности автор придерживается схемы, согласно которой в строении УБ принято выделять две зоны – Западно- и Восточно-Уфалейскую [4, 3]. Первая из них, по-видимому, является краем фундамента Русской платформы, вторая – глубинным срезом палеосубдукционной зоны Урала с реликтами океанических образований. Кроме того, в работе [1] отмечается, что Западно-Уфалейская зона имеет двучленное строение (указарская и егустинская пластины), которые принципиально отличаются между собой и от восточной части по предполагаемому составу протолита, в результате эволюции и переработки которого сформировались все типы пород указанных сегментов. В любом случае никем не оспаривается, что УБ – структура сложная, сформирована в результате комплекса геотектонических процессов, на фоне которых проявлены магматические серии, имеющие различный состав, геохимические и изотопно-возрастные характеристики.

Автором (с коллегами) подробно изучена центральная часть УБ (Западно-Уфалейская зона), сложенная гранито-гнейсами и ассоциированными с ними амфиболитами и прорывающими их гранитоидами (Н-Уфалейский массив). Показано, что первые 2 типа пород по петрогеохимическим и возрастным характеристикам близки к среднерифейским metabазальтоидам и метариолитам кувашской и машакской свит и их интрузивным аналогам – габброидам и гранитоидам (Рябиновский и Губенский массивы) Кусинско-Копанской интрузии, а то есть являются вещественным выражением процесса континентального рифтогенеза в этой области. Гранитоиды Н-Уфалейского массива, датированные Rb-Sr и Sm-Nd методами [12] (317 млн. лет), принципиально отличаются от древних гранито-гнейсов по петрогеохимическим параметрам и формально близки к породам надсубдукционных серий, эталоном которых для Урала является верхисетская. Гранитоиды имеют низкие первичные отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (0,70428) и высокие  $\epsilon_{\text{Nd}}$  (около +4), что указывает на значительную роль мантийного (океанического?) материала в субстрате для их выплавления. Модельные Nd-возраста (655-541 млн. лет) пород Нижнеуфалейского массива не подтверждают A-PR<sub>1</sub> возраст субстрата, как считалось ранее [4, 6], и позволяют предполагать, что гнейсы и амфиболиты «рамы» не являются источником для выплавления нижеуфалейских гранитоидов. Расчеты, наряду с ярко выраженными геохимическими различиями, не позволяют согласиться и с представлениями о том, что единым протолитом для гранитов Н-Уфалейского массива явились среднерифейские габбро-нориты «кусинского» типа, как утверждается в работе [1].

По всей видимости, тому, что источник для интрузивных гранитоидов Н-Уфалейского массива был «смешанный», способствовала аккреция, сопровождавшая коллизионный процесс на границе Восточно-Европейского и Казахстанского континентов. Поскольку доля океанической компоненты в нем существенна, гранитоиды УБ, а также ряда пограничных с Восточно-Европейской платформой сегментов (Киалимский и Уржумский массивы, север зоны Уралтау) приобрели геохимические параметры, близкие к таковым для надсубдукционных образований [12, 13].

Полученные в последнее время изотопные датировки офиолитов и базитов из разных зон Урала [7, 8 и др.] –670-540 млн. лет, относящиеся к кадомскому циклу, фиксирующему переход от рифтогенно-платформенного этапа к этапу раскрытия Палеоуральского океана, позволяют предполагать присутствие в центральной части УБ нескрытых (ксеногенных?) «океанических» пород R<sub>3</sub>-V, которые играли существенную роль в субстрате гранитоидов Н-Уфалейского массива. Таковыми могли являться, например, фрагменты докембрийской офиолитовой ассоциации типа тиманид [8].

По минеральному составу, возрасту и геохимическим характеристикам к гранитам Н-Уфалейского массива очень близки породы В-Уфалейского (Суховязовского) массива, расположенного на границе УБ с зоной Главного Уральского разлома, описанные ранее в работах [14 и авторов].

Кроме того, в фондовых материалах приводятся К-Аг возраста тоналитов (образующих небольшие тела среди гранитов Н-Уфалейского массива), составляющие около 430 млн. лет; декларируется, что эти породы имеют реоморфическое происхождение [Глушкова, 1983ф]. Несомненно, эти цифры нуждаются в подтверждении более современными методами.

Южная и восточная части УА изучены подробно, но несколько фрагментарно; геохимии и металогении представленных здесь пород (гранитоидов и метасоматитов) посвящены работы Е.П. Мельникова [5], В.Н. Сазонова и др. [10]. Важными являются приводимые ими возрастные датировки гранитов, секущих гнейсы и амфиболиты куртинской свиты (р-н пос. Слюдорудник) –245 млн. лет (К-Аг метод, по слюдам), что, учитывая вторичные изменения гранитов, может отражать и время наложенных на них преобразований.

Возрастные и геохимические параметры гранитоидов УА представлены в таблице. Туда не включены данные, приводимые в обстоятельной работе А.И. Белковского, Я.А. Белковской [1], поскольку их трактовка несколько неоднозначна, поэтому просто отсылаю всех интересующихся к данной работе.

**Таблица.** Обобщенные геолого-геохимические параметры гранитоидов Уфалейского антиклинория

Объект параметр, по [2]	Указарская свита	Чусовской комплекс, южный ареал	Чусовской комплекс, чусовской ареал	Битимский комплекс, южн. ареал	Битимский комплекс, чусов. ареал
Позиция	Северная часть УА				
Состав серии	метариолиты, гранито-гнейсы	гнейсо-граниты	гранодиориты, адалеллиты, граниты	гнейсо-граниты, лейкограниты	граниты, гнейсо-граниты
Гл. фаза	гранито-гнейсы	гнейсо-граниты	граниты	гнейсо-граниты	гнейсо-граниты
Rb, Sr (г/т)	13-111, 29-160	4-40, 15-40	200-230, 670-870	81-122, 13-27	52, 385
Возраст, млн. лет	1100, 600 (Pb-Pb)	V <sub>1</sub> (?)	V <sub>1</sub> (?)	559 (Pb-Pb)	V <sub>1</sub> (?)
Σ PЗЭ, (г/т)	49-115	41-160	96-108	121-258	182
La <sub>n</sub> /Yb <sub>n</sub>	2,2-5,8	2-12	13-14	11-21	21
Аномалии распредел. PЭ	–	–	Nb (+), Ti (–), Sr (+), Ba (–)	Nb (0), Ti (–), Sr (–)	–
Eu/Eu*	<1, около 1	<1	<1	<1	<<1
Режим формирования	континент. рифтогенез	рифтогенез+орогенез	рифтогенез+орогенез	орогенез	орогенез
Механизм генерации	дифференциация+метаморфизм	дифференциация+метаморфизм	анатексис	анатексис	анатексис

Объект параметр	Уфалейский комплекс	Ранне-н.уфалейский комплекс	Суховязовский массив [12]	Н-Уфалейский массив	пос.Слюдорудник [8]
Позиция	Уфалейский блок, центр УА	УБ, центр УА	Граница ГУР и УБ, восток УА	УБ, центр УА	УБ, Ю-З часть УА
Состав серии	гранодиориты-гранито-гнейсы	гранодиориты-граниты	габбро-адалеллиты	гранодиориты-граниты	граниты
Гл. фаза	гранито-гнейсы	гранодиориты	адалеллиты	граниты	граниты
Rb, Sr (г/т)	25-80, 79-200	–	30–60, 600–980	47–100, 400–900	–
Возраст, млн. лет	1100–900 (U-Pb)	433 (K-Ar)	317 (U-Pb)	317 (Rb-Sr, Sm-Nd)	245 (K-Ar)
Σ PЗЭ, г/т	100–300	–	50–100	40–100	26–36
La <sub>n</sub> /Yb <sub>n</sub>	6–9	–	10–25	10–30	2,3–2,7
Аномалии распредел. PЭ	Ti (–), Sr (–), Ba (–)	–	Nb (–), Ti (–), Sr(+)	Nb (–), Ti (–), Sr (+)	–
Eu/Eu*	<1	–	около 1	около 1	<1
Режим формирования	континент. рифтогенез	островодужная стадия (?)	субдукция (на границе зон)	коллизия+аккреция	коллизия
Механизм генерации	дифф.+метаморфизм	анатексис (?)	дифф.+анатексис	дифф.+анатексис+метаморфизм	анатексис

Сопоставление результатов новых анализов, выполненных в ходе геологосъемочных работ в 2006-07 гг., с составами гранитоидными серий известных геодинамических обстановок, геохимических типов и возрастных рядов показывает, что в пределах УА наблюдается еще большее разнообразие гранитоидов, чем показано в таблице; процесс гранитообразования в данной структуре был многоэтапным, и механизм формирования серий не был однотипным.

Что касается субстрата для выплавления гранитоидов УА, для установления его природы во всех объектах данных, конечно, не достаточно. Остановимся лишь на конкретных примерах. В северной части УА присутствуют вулканиты с возрастными 1100 и 600 млн. лет, развивающиеся, по мнению авторов [2], на коре переходного типа. Первые, по нашим данным, близки к амфиболитам УБ, расположенного южнее, а вторые могли бы входить как составная часть в субстрат для выплавления гранитоидов Нижнеуфалейского массива. В северной части УА присутствуют также гранитоиды (450 и 559 млн. лет), соответствующие внутриплитным образованиям и являющиеся результатом «поздневендских орогенно-коллизийных процессов» [там же]; по геохимическим параметрам некоторые из них сходны с соответствующими породами изученной нами центральной части УБ. Авторы работы [2] склонны рассматривать северный сегмент УА в качестве периферической части байкалид (тиманид) Полярного и Северного Урала, тектонически сближенной с субплатформенным обрамлением (Западно-Уральская мегазона). Если это так, то не исключено и присутствие скрытых фрагментов пород с океаническими характеристиками; это также может являться одним из аргументов в пользу изложенного нами выше предположения о субстрате для выплавления гранитоидов Н-Уфалейского массива.

В целом, полученные нами возрастные и изотопные данные в сочетании с имеющиеся опубликованными сведениями свидетельствуют о гетерогенности состава и строения Уфалейского антиклинария и значительной части западного сектора Центрально-Уральского поднятия.

#### Литература

1. *Белковский А.И., Белковская Я.А.* Биотиты и вермикулиты Уфалейского метаморфического блока (Средний Урал). Миасс: ИМин УрО РАН, 2006. 130 с.
2. *Гаврилова С.П., Градовский И.Ф., Караулов В.Б и др.* Позднепротерозойский магматизм Уфалейского антиклинария // Известия ВУЗов. Геология и разведка. 2007. № 1. С. 11–21.
3. *Иванов К.С.* Основные черты геологической истории (1.6–0.2 млрд. лет) и строения Урала. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1998. 252 с.
4. *Кейльман Г.А.* Мигматитовые комплексы подвижных поясов. М.: Недра, 1974. 199 с.
5. *Мельников Е.П.* Геология, генезис и промышленные типы месторождений кварца. М.: Недра, 1988. 215 с.
6. *Нечехун В.М., Краснобаев А.А., Соколов В.Б.* В сб: Общие вопросы расчленения докембрия. Апатиты: КНЦ РАН, 2000. С. 201–203.
7. *Пучков В.Н.* Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 144 с.
8. *Пучков В.Н.* Проблема докембрийских офиолитов на Урале // XII Чтения памяти А.Н. Заварицкого. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2006. С. 121–129.
9. *Русин А.И.* Метаморфические комплексы Урала и проблема эволюции метаморфизма в полном цикле развития литосферы подвижных поясов. Автореф. дис. .... докт. геол.-мин. наук. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2004. 28 с.
10. *Сазонов В.Н., Викентьева О.В., Огородников В.Н. и др.* РЗЭ в колонках пропилитизации, альбитизации, эйситизации и березитизации-лиственнитизации пород различной кремнекислотности: эволюция распределения, причины и практическое значение // Литосфера. 2006. № 3. С. 108–124.
11. *Шалагинов В.В. и др.* Схема стратиграфии докембрийских отложений Урала // Объяснительная записка к стратиграфическим схемам Урала. Докембрий, палеозой. Екатеринбург, 1994. С. 9–20.
12. *Шардакова Г.Ю., Шагалов Е.С., Ронкин Ю.Л. и др.* Rb-Sr возраст и геохимия интрузивных гранитоидов Уфалейской зоны (Ю.Урал) // ДАН. 2005. Т. 405. № 6. С. 799–803.
13. *Шардакова Г. Ю., Шагалов Е. С., Середа М. С.* Геохимические различия гранитоидов Таганайско-Иремельского антиклинария (Центрально-Уральская мегазона) // ДАН. 2007. Вып. 413. № 4. С. 545–549.
14. *Hetzl R., Romer R.L.* U-Pb dating of the Verkhniy Ufaley intrusion, middle Urals, Russia: a minimum age for subduction and amphibolite facies, overprint of the East European continental margin // Geol. Mag. 1999. V. 136. № 5. P. 593–597.