

- Вертушков Г. Н., Соколов Ю. А., Якишин В. И., Борисков Ф. Ф.* Кварцеметрическая съемка как метод поисков жильных месторождений // Тр. СГИ. 1966. Вып. 48. С. 224–230.
- Вертушков Г. Н., Борисков Ф. Ф., Емлин Э. Ф., Синкевич Г. А., Соколов Ю. А., Якишин В. И.* Жильный кварц восточного склона Урала // Тр. СГИ. 1970. Вып. 66. Ч. II. 103 с.
- Емлин Э. Ф., Синкевич Г. А., Якишин В. И.* Жильный кварц Урала в науке и технике. Свердловск: Ср.-Ур. книжное изд-во, 1988. 270 с.
- Кораго А. А., Козлов А. В.* Текстуры и структуры жильного кварца хрусталеносных областей. Л.: Недра, 1988. 159 с.
- Мельников Е. П.* Геология, генезис и промышленные типы месторождений кварца. М.: Недра, 1988. 216 с.
- Огородников В. Н., Сазонов В. Н., Поленов Ю. А.* Минерагения шовных зон Урала. Ч. 3. Уфалейский гнейсово-амфиболитовый комплекс (Южный Урал). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН–УГГУ, 2007. 187 с.
- Огородников В. Н., Коротеев В. А., Поленов Ю. А. и др.* Золоторудная, редкометальная и хрусталеносная минерализация месторождений Урала кварцево-жильного типа. Екатеринбург: УрО РАН–УГГУ, 2014. 312 с.
- Серкова Л. Е.* Типоморфные особенности жильного безрудного кварца (по данным ИК- и ЭПР-спектроскопии) // Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Свердловск, 1990. 20 с.

***В. И. Сначев***

*Институт геологии УНЦ РАН, г. Уфа  
SAVant@inbox.ru*

### **Новый вариант модели образования Белорецкого метаморфического комплекса (Южный Урал)**

Белорецкий высокобарический зональный метаморфический комплекс расположен в восточной части Башкирского мегантиклинория в пределах Маярдакского антиклинория. Он подковообразно огибает северное замыкание Зилаирского синклинория и протягивается в северо-восточном направлении на расстоянии около 120 км при ширине 20–40 км. В его строении принимают участие нижне-, средне- и верхнерифейские отложения, общая мощность которых составляет 4–5 км [Алексеев и др., 2009]. Исходными породами комплекса являются песчано-глинистые, карбонатные и углеродистые отложения, заметно реже – интрузивные тела и эффузивы основного состава. Они испытали несколько этапов преобразований, в результате чего сформировался зональный комплекс, центральная часть которого диаметром 7–8 км сложена породами эклогитовой, промежуточная шириной 2–10 км – амфиболитовой и внешняя шириной 15–20 км – зеленосланцевой фаций метаморфизма. Их образование происходило при 12–13 кбар и 600–650 °С, 5.0–5.5 кбар и 500 °С и 2–3 кбар и 350–400 °С, соответственно (рис.).

Интерес к Белорецкому комплексу связан с выявлением в углеродистых отложениях зигазино-комаровской свиты проявлений золота Отнурок и ряда локальных участков с его промышленным содержанием [Рыкус и др., 2000; Сначев и др., 2007].

На проблему формирования комплекса существует множество точек зрения, что само по себе уже говорит о неоднозначности ее решения. В частности, интенсивный метаморфизм пород восточной части западного склона Урала, в том числе и

Белорецкого комплекса, различными исследователями связывался с геосинклинальным тектогенезом, невоскрытыми гранитными интрузиями, влиянием зоны Главного Уральского разлома, эпиконтинентальной орогенной активизацией, конвергенцией литосферных плит, орогенезом в обстановке активной континентальной окраины и коллизии литосферных плит, преобразованием пород в зонах тектонического сжатия и т. д. [Алексеев и др., 2009]. Однако ни одна из точек зрения не в состоянии объяснить концентрическую зональность метаморфического комплекса.

Вариант с невоскрытым Ахмеровским гранито-мигматитовым массивом, на поверхности представленным небольшими выходами гнейсовидных и метаморфизованных гранитов [Алексеев и др., 2009; Рыкус и др., 2011] и четко фиксируемым на глубине геофизическими методами, также не подходит, т. к. время его становления ( $1381 \pm 23$  млн лет [Краснобаев и др., 2008]) исключает метаморфизм развитых по его периферии средне-верхнерифейских образований. Вместе с тем известно, что гранито-мигматитовые купола являются многофазными и формируются на протяжении нескольких сотен миллионов лет. С заключительной (вендской?) фазой становления рассматриваемого гранитоидного массива, хотя и с большой натяжкой, по-видимому, можно увязать формирование Белорецкого зонального метаморфического комплекса в его современном виде.

Нами предлагается другой вариант образования комплекса. Его физическая суть заключается в следующем. Всем автолюбителям хорошо известно, если на лобовом стекле машины образуется трещина, ее движение можно на время остановить, лишь просверлив на самом острие трещины отверстие размером 1.5–2 мм. В этом случае напряжение, возникающее во время тряски автомобиля, концентрируется уже не на острие трещины, а распределяется по всей периферии отверстия. При этом в зависимости от величины напряжения здесь образуется сеть микротрещин, интенсивность которой заметно уменьшается с удалением от отверстия. В результате получается классическая картина концентрической зональности, связанная с результатом разрядки напряжения. Понятно, что с течением времени и наложением новых ударов сеть микротрещин постепенно сгущается и продвигается перпендикулярно границе отверстия и на каком-то этапе трещина все же преодолевает отверстие и движется вперед. Этот простой механизм попробуем применить для объяснения зональности в пределах Белорецкого метаморфического комплекса, немного усложнив его, поместив на пути трещины сложно преодолимое препятствие.

Для решения проблемы образования комплекса достаточно обратиться к Красноморской рифтовой системе, механизм формирования которой рассмотрен А. В. Разваляевым [1988]. В данной работе показано, что в процессе образования рифтов проявляется одна и та же закономерность: при внедрении рифтовых структур в древние кратоны происходит их выклинивание (Кенийский рифт) либо отклонение от своего первоначального простирания по периферии этих древних кратонов (Байкальский рифт при приближении к Алданскому щиту). Развитие Красноморской рифтовой системы в северо-западном направлении было существенно ослаблено Синайской глыбой, привело к ее расщеплению на заметно менее выраженный Суэцкий грабен, трансформирующийся серией параллельных разломов того же направления в сторону дельты р. Нил, и грабен залива Акаба, далее в северном направлении прослеженный по системе разломов долины р. Иордан [Разваляев, 1988]. При этом породы южного окончания Синайского блока испытали интенсивный дислокационный метаморфизм в период возрастания и разрядки напряжения, связанного с продвижением Красноморского рифта в северо-западном направлении.

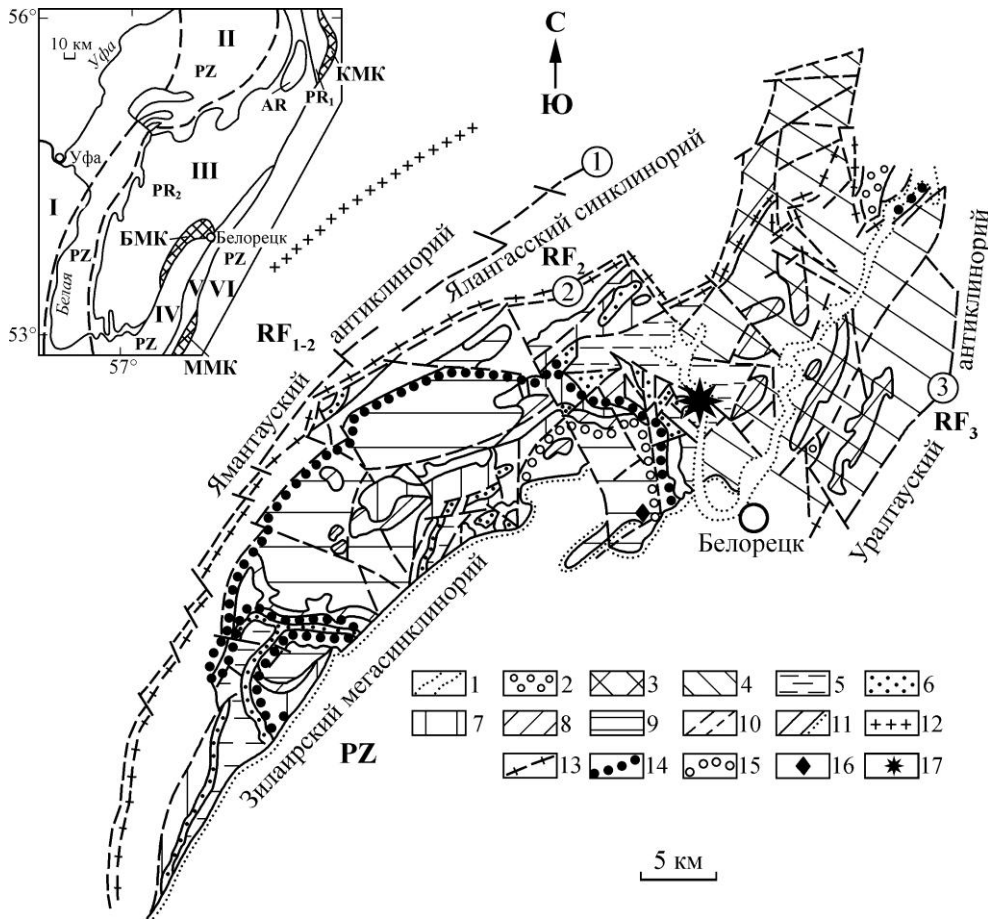


Рис. Схема геологического строения и метаморфической зональности Белорецкого комплекса (по А. А. Алексееву).

1 – кайнозой; 2 – венд, аршинская свита; 3 – верхний рифей, зильмердакская свита; 4–8 – средний рифей: 4 – авзянская, 5 – зигазино-комаровская, 6 – зигальгинская, 7 – белетарская, 8 – аюсапканская свиты; 9 – нижний рифей, кызылташская и буганакская свиты; 10 – разрывные нарушения региональные (а) и местного значения (б); 11 – геологические границы согласные (а) и несогласные (б); 12–15 – изограды: 12 – хлоритоида, 13 – биотита, 14 – граната, 15 – омфацита; 16 – участок развития кианит-талковых сланцев; 17 – положение проявления золота Отнурок. На врезке: I – Восточно-Европейская платформа, II – Предуральский прогиб, III – Башкирский мегантиклинорий, IV – Зилаирский синклинорий, V – Уралтауский антиклинорий, VI – Магнитогорский мегасинклинорий; КМК – куртинский эклогит-сланцевый комплекс, БМК – белорецкий эклогит-сланцевый комплекс, ММК – максютовский эклогит-глаукофановый комплекс; PZ – палеозойские, PR<sub>2</sub> – верхнепротерозойские, PR<sub>1</sub> – нижнепротерозойские, AR – архейские породы.

На Южном Урале в раннепалеозойское время в связи с началом новой эпохи растяжения формируется серия рифтогенных структур (Медногорско-Кракинская, Магнитогорская, Восточно-Уральская и Октябрьско-Денисовская), представляющих

собой либо самостоятельные образования, либо сложноветвящуюся рифтовую систему, подобную Красноморской, ось которой приходилась, по всей видимости, на Магнитогорскую мегазону. Основанием, подвергшимся в раннем палеозое деструктивным процессам, явился рифей-венский субстрат, реликты которого обнажены в пределах Башкирского мегантиклинория и Восточно-Уральского поднятия, представляющих собой к этому времени единую структурно-формационную зону. В ее пределах нас интересует Медногорско-Кракинская рифтовая структура (Зилаирский синклиниорий), как было отмечено в начале статьи, на северном замыкании которой и расположен Белорецкий метаморфический комплекс.

Можно предположить длительную, многоэтапную историю формирования комплекса, которая началась в среднем рифее во время становления Ахмеровского гранито-гнейсового массива, несомненно, оказавшего метаморфическое воздействие на отложения нижнего рифея и являющегося интрузивным аналогом кислых пород машакской свиты [Савельев и др., 2009]. В дальнейшем в пределах Южного Урала, как уже было отмечено выше, этапы рифтогенеза были проявлены в начале верхне-рифейского и вендского времени, первый из которых – в ослабленном виде. Однако наиболее мощный период рифтогенеза отмечен в раннепалеозойское время, когда была заложена разветвленная сеть континентальных рифтов, из которых только Магнитогорский рифт прошел океаническую стадию и практически весь цикл Уилсона, а развитие Медногорско-Кракинского континентального рифта остановилось уже в начале ордовика. Учитывая, что возраст основной фазы метаморфизма пород Белорецкого комплекса оценивается соответственно в 510–635 и 542–597 млн лет [Glasbacher et al., 1999], можно предположить, что начало заложения глубинных разломов и формирования Медногорско-Кракинского континентального рифта произошло в позднем (а, возможно, в раннем) венде или на границе докембрия и палеозоя, тем более что последующий этап рифтогенеза унаследует многие черты предыдущего, проявляя при этом автономность.

Продвигаясь сначала в меридиональном, а затем в северо-восточном направлении система разломов «уперлась» в вязкие породы гранито-гнейсового Белорецкого купола. Нарастающее напряжение вызвало резкое увеличение давления и оказало интенсивное метаморфизирующее воздействие как на гранитоиды, так и на вмещающие их рифей-вендские отложения. В этот период, по-видимому, и образовался зональный метаморфический комплекс в современном его виде. В какой-то момент произошла разрядка напряжения, и разлом, обогнув его с востока, а, возможно и расщепившись на две дугообразные ветви (западную и восточную), продвинулся по дуге, трансирруемой габбро-гипербазитовыми массивами (Кракинским, Тирлянским, Бирсинским, Кирыбинским), до сочленения с Главным Уральским разломом [Знаменский и др., 1994; Ковалев, Сначев, 1998].

Предложенный механизм формирования Белорецкого зонального метаморфического комплекса в дальнейшем может быть уточнен новыми абсолютными датировками, полученными по образующим его гранитоидам и вмещающим породам, а также заменен более обоснованной моделью или использован для объяснения истории образования других гранито-гнейсовых куполов, в частности, Ларинского, а также веерного расщепления Челябинского грабена одноименным гранито-гнейсовым массивом.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ-Поволжье № 14-05-97005.*

## Литература

- Алексеев А. А., Ковалев С. Г., Тимофеева Е. А.* Белорецкий метаморфический комплекс. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2009. 210 с.
- Знаменский С. Е., Ковалев С. Г., Сначев В. И., Даниленко С. А., Знаменская Н. М., Рачев П. И.* Платиноносность гипербазитовых массивов Башкирской части зоны Главного Уральского разлома // Познание, освоение и сбережение недр Республики Башкортостан. Уфа: АН РБ, 1994. С. 57.
- Ковалев С. Г., Сначев В. И.* Гипербазитовые массивы Крака (геология, петрология, металлогения). Уфа: УНЦ РАН, 1998. 104 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 // Доклады академии наук. 2008. Т. 418. № 2. С. 241–246.
- Разваляев А. В.* Континентальный рифтогенез и его предыстория. М.: Недра, 1988. 191 с.
- Рыкус М. В., Сначев В. И., Бажин Е. А.* Анорогенные граниты западного склона Южного Урала: состав, петрогенезис, минерагения // Нефтегазовое дело. 2011. № 5. С. 282–301.
- Рыкус М. В., Сначев В. И., Сначев А. В.* Золото в дислоцированных углеродистых толщах палеоконтинентального сектора Южного Урала // Геологическая служба и горное дело Башкортостана на рубеже веков. Уфа: Тау, 2000. С. 179–191.
- Савельев Д. Е., Пучков В. Н., Ардисламов Ф. Р., Сначев В. И.* Вулканогенные породы машакской свиты среднего рифея: геология и петрогеохимия // Литосфера. 2009. № 4. С. 3–26.
- Сначев В. И., Пучков В. Н., Савельев Д. Е., Мосейчук В. М., Сначев А. В., Шиянова А. А., Рыкус М. В.* Рудоносность углеродистых отложений северной половины Маярдакского и Ямантауского антиклинориев // Геологический сборник № 6. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2007. С. 227–232.
- Glasmacher U. A., Reynolds P., Alekseev A. A., Puchkov V. N., Taylor K., Gorozhanin V., Walter R.* <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar Thermochronology west of the Main Uralian Fault, Southern Urals, Russia // Geologische Rundschau. 1999. 87. P. 515–525.

***А. М. Косарев<sup>1</sup>, С. А. Светов<sup>2</sup>, С. Ю. Чаженгина<sup>2</sup>, Г. Т. Шафигуллина<sup>1</sup>***

<sup>1</sup> – *Институт геологии УНЦ РАН, г. Уфа*

*amkosarev@mail.ru*

<sup>2</sup> – *Институт геологии КАР НЦ, г. Петрозаводск*

### **Вариолитовые бониниты бурибайского вулканического комплекса, Южный Урал: химия минералов**

В работе исследован химический состав минералов бонинитовых вариолитов (пробы Т-27 и Т-21, Т-42, br<sub>2</sub><sup>2</sup>) бурибайского палеовулканического комплекса (D<sub>2</sub>e<sub>2</sub>) с использованием данных [Spadea et al., 1998; 2002; Косарев и др., 2009] и новых данных микросондового анализа, проведенного в химической лаборатории Института геологии Карельского научного центра РАН (г. Петрозаводск).

Бурибайский риолит-базальтовый комплекс (D<sub>1</sub>e<sub>2</sub>br) знаменует начальный этап формирования фронтальной раннедевонской энсиматической островной дуги в Магнитогорской мегазоне на Южном Урале [Сервакин и др., 1992; Spadea et al., 1998; 2002; Косарев др., 2014]. Комплекс состоит из трех толщ: нижней долерито-базальтовой (br<sub>1</sub>), средней пиллоу-базальтовой (br<sub>2</sub>) и верхней риодацит-базальтовой (br<sub>3</sub>). Бони-