

## ДВА ЭТАПА ВЫСОКОБАРИЧЕСКОГО МЕТАМОРФИЗМА В ЗОНЕ ГЛАВНОГО УРАЛЬСКОГО РАЗЛОМА НА СЕВЕРНОМ УРАЛЕ

Г.А. Петров, Ю.Л. Ронкин\*, Н.В. Попов\*\*, Н.И. Тристан, П.С. Козлов\*

ОАО «Уральская геолого-съёмочная экспедиция», 620144, Екатеринбург, ул. Вайнера, 55, Россия

\* Институт геологии и геохимии УрО РАН, 620151, Екатеринбург, Почтовый пер., 7, Россия

\*\* Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Коптюга, 3, Россия

Метаморфизм в северном секторе зоны Главного Уральского разлома (ГУР) рассматривается на примере салатимского глаукофансланцевого и белокаменского дистен-ставролитового комплексов. Приводятся новые результаты изотопно-геохронологических исследований метаморфитов. Полученные данные позволяют утверждать наличие признаков двух метаморфических событий — ранне- и позднедевонского возрастов. Высказывается предположение о том, что упомянутые метаморфические события фиксируют эпизоды «заклинивания» палеозон субдукции.

*Высокобарический метаморфизм, Главный Уральский разлом, Sm-Nd изохронный возраст.*

## TWO STAGES OF HIGH-PRESSURE METAMORPHISM IN THE MAIN URALIAN FAULT AREA (northern Urals)

G.A. Petrov, Yu.L. Ronkin, N.V. Popov, N.I. Tristan, and P.S. Kozlov

Metamorphism in the northern sector of the Main Uralian Fault (MUF) area, northern Urals, is considered by the example of the Salatim glaucophane-schist and Belokamenka kyanite-staurolite complexes. New results of isotope-geochronological studies of metamorphic rocks are presented. The obtained data evidence the existence of two metamorphic events, of Early and Late Devonian ages, which apparently correspond to the wedging-up of the subduction paleozones.

*High-pressure metamorphism, Main Uralian Fault, Sm-Nd isochrone age*

Зона Главного Уральского разлома (ГУР) является одной из крупнейших шовных зон Евразии, ее протяженность составляет более 2000 км при ширине 5—20 км. Исследователи тектоники Урала [Зоненшайн и др., 1990] считают зону ГУР древним коллизионным швом, разделяющим образования окраины Восточно-Европейского палеоконтинента (палеоконтинентальный сектор) и Тагило-Магнитогорского палеоостроводужного мегаблока (палеоокеанический сектор). Вещественным выражением ГУР является узкая полоса меланжа и тектонитов, протягивающаяся от Полярного до Южного Урала, а также имеющий более широкое развитие эклогит-глаукофансланцевый метаморфизм, зоны интенсивного рассланцевания, смятия и милонитизации.

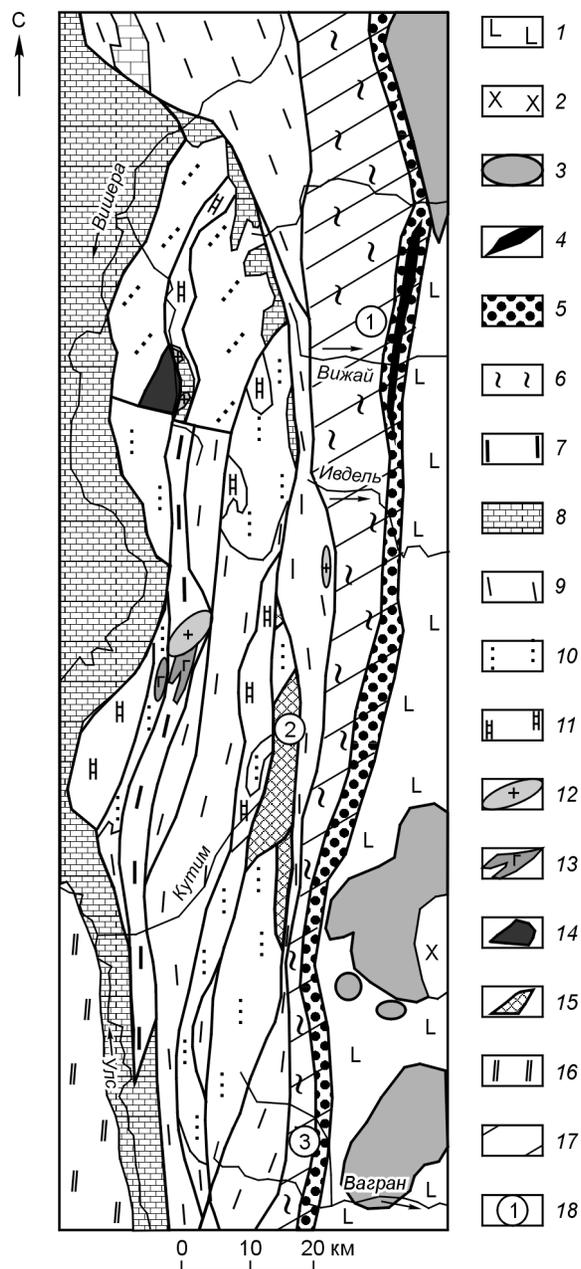
Наибольший вклад в изучение метаморфизма зоны ГУР на Северном Урале внесли работы В.В. Шалагинова [1975], А.И. Русина, О.В. Никифорова [1991], Г.А. Петрова, В.Н. Пучкова [1994]. Этими авторами установлено, что Салатимский метаморфический пояс на Северном Урале представляет собой полосу шириной в несколько километров, включающую субмеридионально вытянутые зоны развития щелочных амфиболов (магнезиорибекита, кроссита, глаукофана), эпидота, стилипноелана, жадеита, лавсонита, граната. Минералы глаукофансланцевого метаморфизма, как правило, развиваются в виде порфириобласт, между которыми сохраняются реликты более ранних минералов фации зеленых сланцев. Протолиты метаморфических пород представлены базальтами, долеритами, тэфротурбидитами основного состава, алевролитами (в том числе углеродистыми), реже риолитами, трахитами, монцонитами и аркозовыми песчаниками.

*Белокаменский метаморфический комплекс* (БМК), причисленный нами к комплексам дистен-силлиманитового типа, выделен в пределах полей распространения рифейских толщ Ляпинско-Кутимского антиклинория, где присутствуют блоки метапелитовых пород, содержащих гранат, дистен, хлоритоид, ставролит, мусковит, фенгит, парагонит, хлорит, объединенные в составе мойвинской свиты среднего рифея. Общая протяженность прерывистой полосы пород, отнесенных к комплексу, составляет около 50 км при максимальной ширине 4 км (рис. 1). БМК состоит преимущественно из метапелитов (65 %) и метакарбонатов (35 %).

Надежные сведения о времени проявления метаморфизма в зоне ГУР на Северном Урале ранее отсутствовали. Существовавшие до настоящего времени валовые К-Аг датировки возраста глаукофановых сланцев — 411 и 427 млн лет [Шалагинов, 1975] не могут считаться исчерпывающим аргументом,

**Рис. 1. Схема геологического строения фрагмента Салатимского пояса высокотемпературного метаморфизма на Северном Урале (междуречье Вижай и Вагран).**

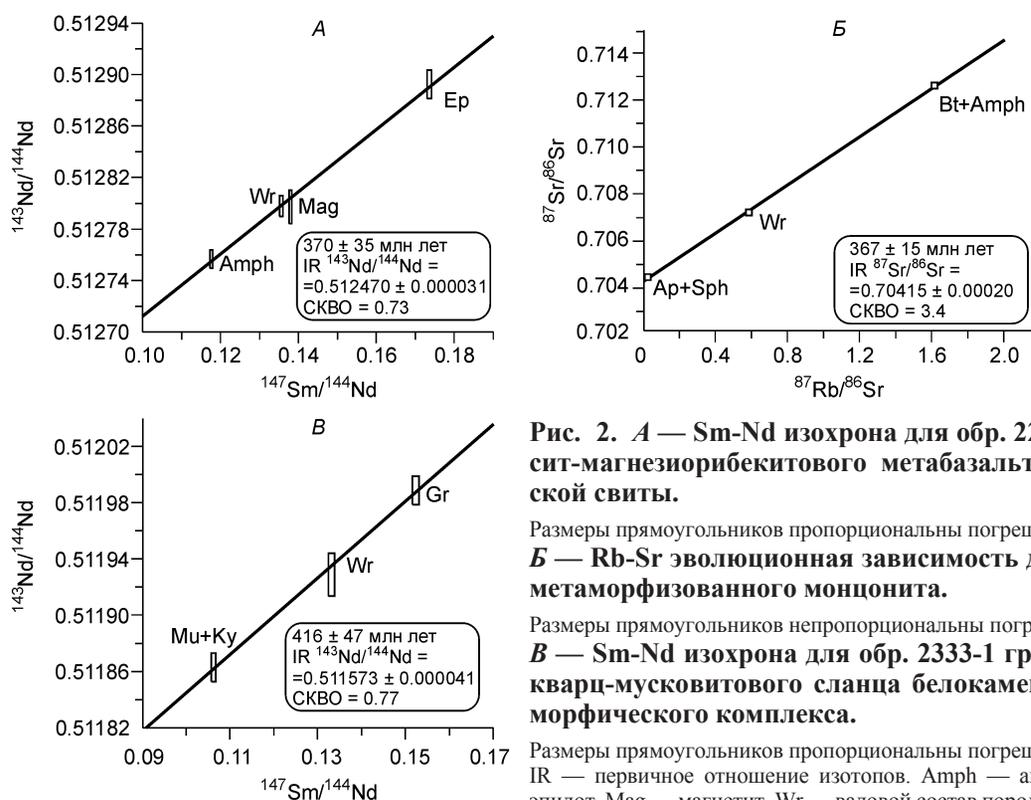
1—4 — Тагильская мегазона: 1 — позднеордовикские и раннесилурийские вулканиды, 2 — силурийские гранодиориты, 3 — ультрамафит-габбровые массивы платиноносного пояса Урала, 4 — альпийские ультрамафиты салатимского комплекса ( $O_{1,2}^?$ ); 5 — комплекс тектонитов зоны Главного Уральского разлома; 6—8 — осадки палеозойской окраины Восточно-Европейского палеоконтинента: 6 — метаморфизованные песчаники, тонкотерригенные осадки и базальты саранхапнерской и хомасьинской свит ( $O_{1,2}$ ), 7 — метабазальты и карбонатно-терригенные осадки чувальской свиты ( $O_{2,3}^?$ ), 8 — мелководные терригенные и карбонатные осадки Бельско-Елецкой структурно-формационной зоны ( $O—D$ ); 9—15 — метаморфизованные осадочные и магматические комплексы Ишеримского антиклинория: 9 — велсовская свита ( $R_3$ ), 10 — ишеримская свита ( $R_3$ ), 11 — мойвинская и расьинская свиты ( $R_2$ ), 12 — граниты велсовского и мойвинского комплексов ( $\epsilon - O^?$ ), 13 — габбро-долериты ишеримского комплекса ( $R_3^?$ ), 14 — перидотиты виширского комплекса ( $O_{2,3}^?$ ), 15 — белокаменный метаморфический комплекс дистен-силлиманитового типа; 16 — допалеозойские образования Кваркушского антиклинория; 17 — Салатимский пояс глаукофансланцевого метаморфизма; 18 — точки определения (номера образцов) Sm-Nd и Rb-Sr изохронного возраста.



поскольку данные породы почти не содержат калия; определения изотопного возраста метаморфитов белокаменского комплекса ранее не выполнялись.

В связи с этим, нами было проведено изотопно-геохронологическое изучение трех образцов: двух из Салатимской зоны глаукофансланцевого метаморфизма (рис. 2, А, Б) и одного из белокаменского метаморфического комплекса (см. рис. 2, В). Определение концентраций и изотопного состава Sm, Nd, Rb, Sr изученного вещества было выполнено Ю.Л. Ронкиным (ИГТ УрО РАН, г. Екатеринбург) масс-спектрометрическим методом изотопного разбавления с предварительным кислотным разложением и дальнейшим анализом с помощью прецизионного мультиколлекторного анализатора Finnigan MAT 262.

В пределах Салатимского пояса выполнено Sm-Nd датирование минеральных фракций из двух образцов (см. рис. 2, А, В). Первый (см. рис. 1, № 1) взят из керна скв. 2259, расположенной в 1.3 км западнее вершины горы Большой Салатим. В результате изотопно-геохронологических исследований нами получена Sm-Nd изохрона ( $СКВО = 0.73$ ) по эпидоту, магнетиту, амфиболу и породе в целом, определяющая возраст  $370 \pm 35$  млн лет. Второй образец (см. рис. 1, № 3) отобран из штока метаморфизованных монцонитов в правом борту долины р. Крив Вагранский (левый приток р. Вагран, бассейн р. Лозьва, обн. 1005). Анализировались фракции апатит + сфен, биотит + амфибол, плагиоклаз и порода в целом. Магматическая бурая роговая обманка в этих породах замещается сине-фиолетовыми амфиболами глаукофан-магнезиорибекитового ряда, плагиоклаз — сосюритовым агрегатом, калиевый полевой шпат — мусковитом. Полученная Rb-Sr эрохрона ( $СКВО = 3.4$ ), определяемая как модель III [York, 1969], дает возраст  $367 \pm 15$  млн лет. Третий образец (см. рис. 1, № 2) отобран из гранат-дистен-кварц-мусковитовых сланцев белокаменского комплекса в верховьях р. Кутино. Анализировались фракции граната, мусковита и дистена, а также порода в целом. В результате получена Sm-Nd изохрона ( $СКВО = 0.77$ ), определяющая возраст  $416 \pm 47$  млн лет (см. рис. 2, В). Вероятные значения изотопно-геохронологического возраста исследованных образцов, по-видимому, фиксируют два тектонических события, приведших к «закрытию» Rb-Sr и Sm-Nd изотопных систем, — раннедевонское и позднедевонское. Первое событие — «закрытие» изотопной системы белокаменского метаморфического комплекса в раннем девоне (416 млн лет), второе — завершение эпохи



**Рис. 2. А — Sm-Nd изохрона для обр. 2259/178 кроссит-магнезиорибекитового metabазальта хомасьинской свиты.**

Размеры прямоугольников пропорциональны погрешностям.  
**Б — Rb-Sr эволюционная зависимость для обр. 1005 метаморфизованного монцонита.**

Размеры прямоугольников непропорциональны погрешностям.  
**В — Sm-Nd изохрона для обр. 2333-1 гранат-дистенкварц-мусковитового сланца белокаменского метаморфического комплекса.**

Размеры прямоугольников пропорциональны погрешностям.  
 IR — первичное отношение изотопов. Amph — амфиболы, Ep — эпидот, Mag — магнетит, Wr — валовой состав породы, Ap — апатит, Sph — сфен, Bt — биотит, Mu — мусковит, Ky — кианит, Gr — гранат.

глаукофансланцевого метаморфизма в зоне Главного Уральского разлома в позднем девоне (367—370 млн лет).

Первое метаморфическое событие может быть связано с проявлением частной коллизии на Уральской окраине Восточно-Европейского палеоконтинента в раннем девоне, сопряженной с глобальной каледонской коллизией на противоположной Скандинавской окраине палеоматерика [Петров, Свяжина, 2006]. В это же время предполагается перескок палеозоны субдукции в Уральском палеоокеане, выраженный в последовательности вулканических формаций Тагильской мегазоны [Язева, Бочкарев, 1995]. Второе событие, вероятно, фиксирует время прекращения процесса субдукции и трансформации его в коллизию в позднем девоне, что хорошо согласуется с геологическими данными: последние проявления островодужного магматизма в пределах Тагильской мегазоны (базальт-риолитовая формация в составе лимкинской свиты) известны во франском веке. Фаменские образования представлены мощной толщей молассоидных осадков с потоками и силлами трапповых базальтов (лозьвинская свита), не имеющих заметного сходства с надсубдукционными вулканитами [Каретин, 2000]. Полученные нами геохронологические определения возраста глаукофансланцевого метаморфизма в зоне Главного Уральского разлома на Северном Урале хорошо согласуются с известными датировками эклогит-глаукофансланцевых комплексов Полярного и Южного Урала. Так, для эклогитов Марун-Кеу (Полярный Урал) ранее получены: Sm-Nd изохрона  $366 \pm 8.5$  млн лет [Шацкий и др., 2000] и Rb-Sr —  $358 \pm 8.5$  млн лет [Glodny et al., 1999], для эклогитов максютковского комплекса (Южный Урал) — 392—388 млн лет (Ar-Ar метод) [Травин и др., 2003]. Наши данные подтверждают гипотезу об аккреции островодужных террейнов к окраине Евразийского палеоконтинента по механизму косой коллизии, начавшейся в среднем—позднем девоне на Южном Урале и завершившейся в раннем карбоне на Полярном Урале [Иванов, 2001].

#### ЛИТЕРАТУРА

- Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М.** Тектоника литосферных плит территории СССР. Кн. 1. М., Недра, 1990, 328 с.
- Иванов К.С.** Оценка палеоскоростей субдукции и коллизии при формировании Урала // Докл. РАН, 2001, т. 377, № 2, с. 231—234.
- Каретин Ю.С.** Геология и вулканические формации района Уральской сверхглубокой скважины СГ-4. Екатеринбург, Изд-во УрО РАН, 2000, 274 с.

**Петров Г.А., Пучков В.Н.** Главный Уральский разлом на Северном Урале // Геотектоника, 1994, № 1, с. 25—37.

**Петров Г.А., Свяжина И.А.** Корреляция ордовикско-девонских событий на Уральской и Скандинавской окраинах Балтики: геологические и палеомагнитные данные // Литосфера, 2006, № 4, с. 23—39.

**Русин А.И., Никифоров О.В.** Глаукофансланцевый метаморфизм Северного Урала // Ежегодник-1990. Информационные материалы. Свердловск, ИГГ УрО АН СССР, 1991, с. 64—66.

**Травин А.В., Лепезин Г.Г., Юдин Д.С.** Возраст и термическая история максютовского метаморфического комплекса (по  $Ar-Ar$  данным) // Изотопная геохронология в решении проблем геодинамики и рудогенеза. СПб., Центр информационной культуры, 2003, с. 507—510.

**Шалагинов В.В.** Глаукофансодержащие сланцы восточного склона Северного Урала // Геология метаморфических комплексов Урала. Свердловск, Изд-во СГУ, 1975, с. 15—22. (Тр. СГИ, вып. 116).

**Шацкий В.С., Симонов В.А., Ягоуц Э., Козьменко О.А., Куренков С.А.** Новые данные о возрасте эклогитов Полярного Урала // Докл. РАН, 2000, т. 371, № 4, с. 519—523.

**Язева Р.Г., Бочкарев В.В.** Силурийская островная дуга Урала: структура, развитие, геодинамика // Геотектоника, 1995, № 6, с. 32—44.

**Glodny J., Austrheim H., Montero P., Rusin A.** The Marun-Keu metamorphic complex, Polar Urals, Russia: protolith ages, eclogite facies fluid-rock interaction, and exhumation history // EUG-10 Abstracts. Cambridge Publications, 1999, p. 80.

**York D.** Least-squares fitting of a straight line with correlated errors // Earth Planet. Sci. Lett., 1969, № 5, p. 320—324.

*Рекомендована к печати 27 марта 2008 г.  
В.В. Ревердатто*

*Поступила в редакцию  
28 ноября 2007 г.*