

**ДОУРАЛЬСКАЯ ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО  
И ВОСТОЧНОГО ОБРАМЛЕНИЯ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ.  
ЧАСТЬ 1. ПРОТОУРАЛИДЫ, ТИМАНИДЫ И ДООРДОВИКСКИЕ  
ГРАНИТОИДНЫЕ ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКИЕ АССОЦИАЦИИ  
СЕВЕРА УРАЛА И ТИМАНО-ПЕЧОРСКОГО РЕГИОНА**

**Н.Б. Кузнецов\***, **А.А. Соболева\*\***, **О.В. Удоратина\*\***, **М.В. Герцева\*\*\***,  
**В.Л. Андреичев\*\***, **Н.С. Дорохов\*\***

*\*Геологический институт РАН  
109017, г. Москва, Пыжевский пер., 7  
E-mail: kouzniokbor@ginras.ru*

*\*\*Институт геологии Коми научного центра УрО РАН  
167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 54*

*\*\*\*ФГУНПП «Аэрогеология»  
117485, г. Москва, ул. Волгина, 8/2  
Поступила в редакцию 1 марта 2005 г.*

Доордовикские комплексы северо-восточного и восточного обрамления Восточно-Европейской платформы (протоуралиды и тиманиды) по особенностям состава и строения подразделяются на две большие группы. Южные протоуралиды (протоуралиды Кваркушского антиклинория и Башкирского поднятия зоны Центрально-Уральского поднятия) и юго-западные тиманиды (тиманиды Тиманского мегаблока фундамента Печорской плиты) состоят преимущественно из осадочных пород. Северные протоуралиды (Ляпинский антиклинорий и все более северные тектонические единицы Центрально-Уральского поднятия) и северо-восточные тиманиды (тиманиды Большеземельского мегаблока фундамента Печорской плиты) в значительной степени сложены вулканогенно-осадочными и вулканогенными породами, гранитоидами и редкими офиолитами.

Доордовикские вулканогенно-плутонические ассоциации (ВПА), участвующие в строении комплексов протоуралид-тиманид второй группы, подразделяются на I- и А-типы. ВПА I-типа имеют изотопный возраст в диапазоне 700-515 млн. лет и являются частями протяженных дифференцированных рядов – базальт-андезит-дацит-риолитовых и габбо-гранодиорит-гранитных последовательностей. Породы ВПА I-типа принадлежат известково-щелочной магматической серии и формировались в надсубдукционной и/или в коллизионной обстановке. Породы ВПА А-типа имеют изотопный возраст 565-500 млн. лет. Они являются кремнекислыми членами контрастно дифференцированных магматических серий – базальт-риолитовых и габбро-гранитных ассоциаций. Гранитоиды А-типа слагают удлиненные интрузивные массивы, приуроченные к линейным тектоническим зонам, что может указывать на их формирование в обстановках растяжения.

Ключевые слова: *поздний докембрий-средний кембрий, протоуралиды, тиманиды, Центрально-Уральское поднятие, доордовикские гранитоиды, север Урала, Тимано-Печорский регион, циркон.*

**PRE-URALIAN TECTONIC EVOLUTION OF THE NORTH-EAST  
AND EAST FRAME OF THE EAST EUROPEAN CRATON.  
PART 1. PRE-URALIDES, TIMANIDES AND PRE-ORDOVICIAN GRANITOID  
VOLCANO-PLUTONIC ASSOCIATIONS OF THE NORTH URALS  
AND TIMAN-PECHORA REGION**

**N.B. Kuznetsov\***, **A.A. Soboleva\*\***, **O.V. Udoratina\*\***, **M.V. Hertseva\*\*\***,  
**V.L. Andreichev\*\***, **N.S. Dorokhov\*\***

*\*Geological Institute of RAS*

*\*\*Institute of Geology, Komi Science Centre, Urals Branch of RAS*

*\*\*\*FSURPE «Aerogeology»*

Pre-Ordovician complexes of the NE and E frame of the East-European Craton (Pre-Uralides, Timanides) are divided into two large groups of different composition. (1) SW Timanides (including Timan domain of the basement of Timan-Pechora basin) and the S Pre-Uralides (including Kvar Kush anticlinorium and others southward units of Central Uralian Uplifts (CUU) consist predominately of the sedimentary rocks. Contrary, (2) NE Timanides (including Bolshezemel domain of the basement of Timan-Pechora basin) and N Pre-Uralides (including Lyapin anticlinorium and all others northward units of CUU) are composed of the volcanic-sedimentary and volcanogenic series, granitoids, and rare ophiolites.

Pre-Ordovician volcano-plutonic associations (VPA) of the Timanides-Pre-Uralides of the second group are subdivided into I- and A-types. VPA I-type (ages 700-515 My) are parts of continuous basalt-andesite-dacite-rhyodacite and gabbro-granodiorite-granite series. The calc-alkaline VPA I-type correspond to subduction-related and/or collisional magmatism. VPA A-type (ages 565-500 My) are parts of bi-modal contrast basalt-rhyolite and gabbro-granite associations. Granitoids A-type form elongated intrusive massifs in linear tectonic zones. They are usually referred to extensional settings.

**Key words:** *the Neo-Proterozoic-Middle Cambrian, Pre-Uralides, Timanides, Central Uralian uplift, Pre-Ordovician granitoids, North Urals, Timan-Pechora region, zircons.*

## **Геологическое строение восточного и северо-восточного обрамления Восточно-Европейской платформы**

### ***Урал и Тимано-Печорский регион***

На востоке Восточно-Европейской платформы (ВЕП) располагается Уральский складчатый пояс, а на северо-востоке – Печорская плита.

*Урал* – меридионально ориентированный герцинский покровно-складчатый пояс, характеризующийся отчетливо выраженным зональным строением. Здесь выделяются Западно-Уральская и Восточно-Уральская мегазоны (рис. 1). *Восточно-Уральская* мегазона сложена в основном палеозойскими вулканогенно-осадочными и вулканогенными комплексами палеоостроводужной природы, а также офиолитами, гранитоидами и гранитогнейсовыми комплексами. *Западно-Уральская* мегазона сложена в основном ордовикско-позднепалеозойскими осадочными комплексами (карбонатными, кремнистыми и терригенными формациями). Фундамент этих комплексов именуется обычно как протоуралиды (или доуралиды). Он сложен позднедокембрийско-кембрийскими неравномерно метаморфизованными осадочными, вулканогенно-осадочными и вулканогенными образованиями, разнообразными интрузия-

ми габброидов, гранитоидов и др., а также редкими офиолитами.

*Печорская плита* (ПП). В строении ПП отчетливо обособляются два разновозрастных комплекса – доордовикский складчатый комплекс (складчатый фундамент), который почти повсеместно перекрыт слабо дислоцированным чехлом, охватывающим стратиграфический диапазон от ордовика до кайнозоя и имеющим мощность до нескольких километров.

Комплексы складчатого фундамента ПП очень слабо охарактеризованы прямыми геологическими данными. Известны лишь материалы, полученные по нескольким редким глубоким скважинам, достигшим фундамента [Белякова, Степаненко, 1991; Gee et al., 2000; Dovzikova et al., 2004]. На дневную поверхность эти образования и их возрастные аналоги выступают лишь на Тимане и на п-ове Канин Нос [Офман, 1961; Костюхин, 1985; Оловянишников, 1998; Андреичев, Ларионов, 2000; Larionov et al., 2004; Lorenz et al., 2004], а также на севере Центрально-Уральского поднятия, где они относительно неплохо изучены [Мизин, 1988; Махлаев, 1996; Душин, 1997; Scarrow et al., 2001; Соболева, 2004; Соболева и др., 2005, и др.].

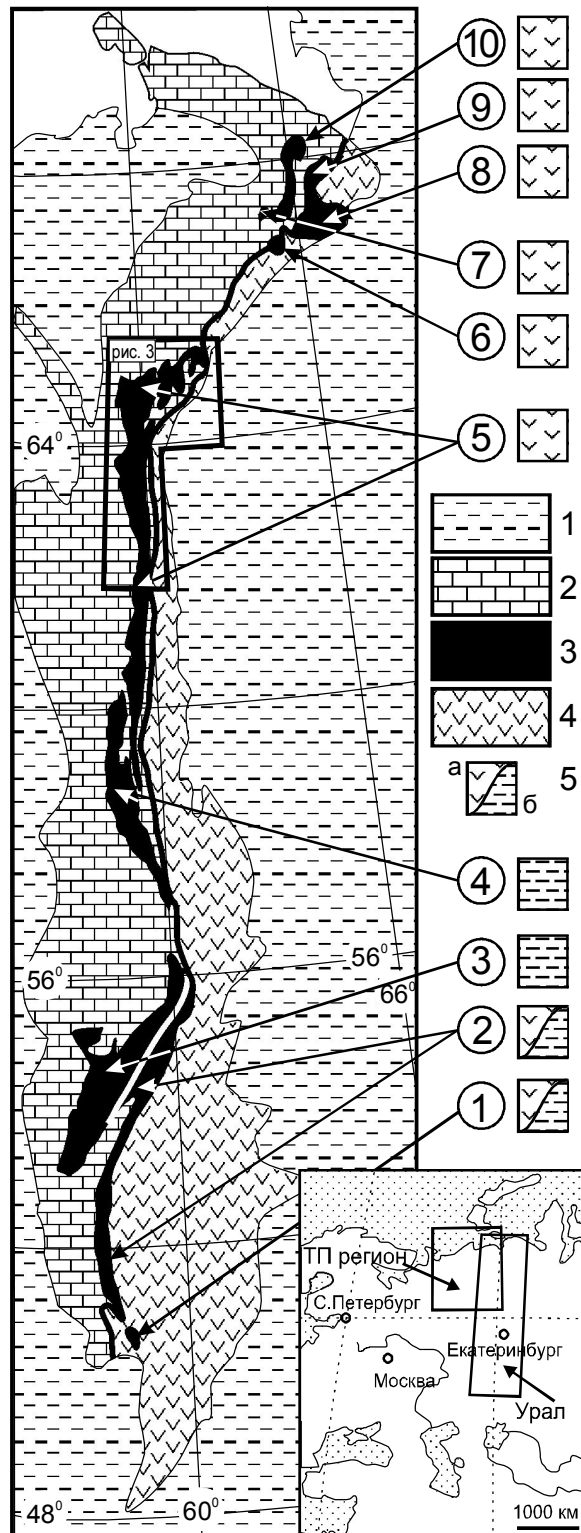
В совокупности позднедокембрийско-кембрийские комплексы, слагающие складчатый фундамент ПП, и позднедокембрийско-среднекембрийские комплексы, обнажающие-

Рис. 1. Тектоническая схема Уральского обрамления Восточно-Европейской платформы.

1 – мезозойско-кайнозойский чехол Восточно-Европейской платформы (на западе) и Западно-Сибирской плиты (на востоке); 2-3 – комплексы Западно-Уральской мегазоны; 2 – палеозойские комплексы, 3 – протоуралиты Центрально-Уральского поднятия; 4 – уральские (палеозойские) комплексы Восточно-Уральской мегазоны; 5 – важнейшие особенности состава протоуралитов: а – неравномерно метаморфизованные осадочные, вулканогенно-осадочные и вулканогенные образования, гранитоиды и редкие офиолиты; б – преимущественно осадочные и редкие вулканогенно-осадочные образования.

Цифры в кружках – тектонические единицы Центрально-Уральского поднятия: 1 – Эбетинское поднятие (террейн); 2 – Уралтауское поднятие (террейн); 3 – Башкирское поднятие; 4 – Кваркушский антиклинорий; 5 – Ляпинский антиклинорий; 6 – Хараматалоуское поднятие; 7-10 – Собское поднятие, включающее: Егнанапэйский (7), Манитаньрд-Пайпудынский (8), Харбейский (9), и Оченырдынский (10) выступы.

На врезке – положение Урала (Уральского обрамления Восточно-Европейской платформы) и ТП региона (Тимано-Печорского обрамления Восточно-Европейской платформы).



ся на Тимане, мы называем тиманиды, а ареал распространения тиманид – Тимано-Печорским регионом (ТПР). Тиманиды сложены неравномерно дислоцированными и метаморфизованными в различных термодинамических условиях породами различного состава, иногда они интродуцированы телами доордовикских гранитоидов (рис. 2).

**Протоуралиты и тиманиды**

*Протоуралиты.* Протоуральские комплексы вдоль восточной границы Западно-Уральской мегазоны образуют цепочку структур общеуральской протяженности (рис. 1), называемую обычно Центрально-Уральским поднятием (ЦУП). На Севере Урала протоуралиты – это тиманиды, вовлеченные в герцинские (уральские) коллизионные орогенные движения. Характерной особенностью протоуральских комплексов северной части ЦУП является широкое распространение здесь доордовикских гранитоидов и ассоциирующих с ними вулканитов [Соболева, 2004; Кузнецов и др., 2005а,б]. При этом доордовикские гранитоиды

отсутствуют или крайне незначительно распространены в протоуралитах более южных частей ЦУП.

*Тиманиды.* В пределах ТПР область развития тиманид подразделяется на два мегаблока: (1) Тиманский мегаблок, включающий Тиманский и Ижемский блоки, и (2) Большезе-

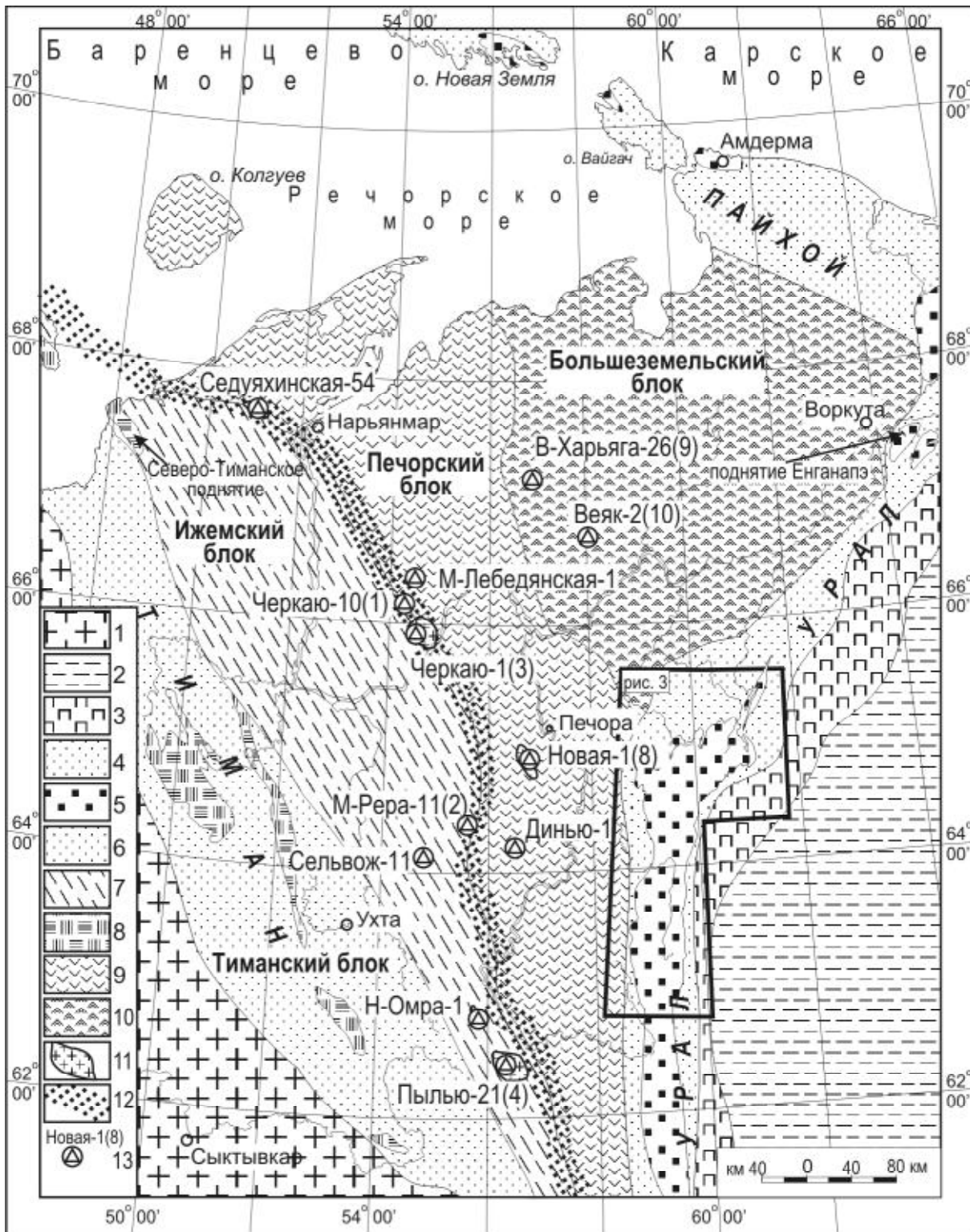


Рис. 2. Тектоническая схема размещения позднедокембрийско-кембрийских комплексов (комплексов тиманид) в фундаменте Печорской плиты и ее обрамления.

1 – Восточно-Европейская платформа; 2 – Западно-Сибирская плита; 3 – Восточно-Уральская мегазона; 4 – Западно-Уральская мегазона, палеозойские комплексы Пайхоя, острова Вайгач и Новой Земли; 5 – Центрально-Уральское поднятие (протоуралиды), позднедокембрийские комплексы Пайхоя, Вайгача и Новой Земли; 6-10 – фундамент Печорской плиты: 6-8 – Тиманский мегаблок: 6 – Тиманский блок, 7 – Ижемский блок; 8 – редкие обнажения комплексов фундамента; 9-10 – Большеземельский мегаблок: 9 – Печорский блок; 10 – Большеземельский блок; 11 – позднедокембрийско-кембрийские гранитоиды в фундаменте Печорской плиты; 12 – Припечорско-Ильч-Чикшинская зона разломов (сутура); 13 – скважины и их наименования, в скобках – номера, соответствующие номерам в табл. 3), по материалам Е.Г. Довжиковой и [Gee et al., 2000].

мельский мегаблок, подразделяющийся на Печорский и Большеземельский блоки (рис. 2). Границей между Тиманским и Большеземельским мегаблоками служит Припечоро-Илыч-Чикшинская (ПИЧ) разломная зона (рис. 2).

Тиманиды Тиманского мегаблока сложены в основном слабо дислоцированными и незначительно метаморфизованными осадочными комплексами [Оловянишников et al., 1996; Оловянишников, 1998; Gee et al., 2000; Roberts et al., 2004]. Однако, на северо-западе мегаблока, на Северном Тимане и на полуострове Канин Нос, степень метаморфических преобразований тиманид достигает уровня амфиболитовой фации. В этой части региона довольно широко развиты интрузии габброидов, гранитоидов и сиенитов [Костюхин, 1985; Андреичев, 1998; Оловянишников, 1998; Андреичев, Ларионов, 2000; Larionov et al., 2004; Lorenz et al., 2004]. Северо-западное продолжение Тиманского мегаблока трассируется за пределами Тимано-Печорского региона в структурах северо-восточного обрамления Балтийского щита Восточно-Европейской платформы – на острове Кильдин, полуостровах Рыбачий, Средний и Варангер [Симонов, 2002; Cocks, Torsvik, 2005]. Юго-восточным продолжением Тиманского мегаблока в пределы ЦУП является Кваркушский антиклинорий.

Тиманиды Большеземельского мегаблока в значительной степени представлены тектонизированными и метаморфизованными комплексами вулканогенных, вулканогенно-осадочных пород и гранитоидами [Белякова, Степаненко, 1991; Оловянишников, 1998; Gee et al., 2000; Dovzikova et al., 2004; Pease et al., 2004]. Юго-восточным продолжением Большеземельского мегаблока в пределы ЦУП является Ляпинский антиклинорий и все более северные структурные элементы протоуралид ЦУП.

Во внутреннем строении Большеземельского мегаблока по геофизическим данным традиционно выделяются две крупные структуры – Колгуевское и Харейверское поднятия и ряд мелких структурных элементов, сложенных «легкими» сиалическими образованиями. Эти структуры пространственно разделены областями распространения меланократовых симатических образований – Печорская, Кожим-Вангырская и др. структуры. Ранние интерпретации рассматривали области распространения сиалических образований как поднятия или антиклинории, а сопряженные с ними области

распространения симатических образований – как прогибы или синклиории.

Позднее, при плитотектонических построениях, положительные структуры стали рассматриваться как микроконтиненты или террейны [Оловянишников, 1998; Roberts, Olovyanishnikov, 2004], а синклиории – как сутурные зоны, выполненные позднедокембрийскими меланократовыми (базит-гипербазитовыми) и непрерывно дифференцированными вулканогенными и/или вулканогенно-осадочными комплексами. Одна из таких «сутурных» зон, представленная позднедокембрийскими офиолитами и островодужными образованиями, была выделена на Полярном Урале в пределах поднятия Енганапэ [Мизин, 1988; Душин, 1997; Хаин и др., 1998; Scarrow et al., 2001; Khain et al., 2003]. В качестве фрагмента другой подобной «сутуры» предлагается рассматривать комплекс Дзеля, расположенный на юге Полярного Урала [Remizov, Pease, 2004; Пучков, 2005].

Юго-западным ограничением Большеземельского мегаблока, отделяющим его от Тиманского мегаблока, является ПИЧ зона разломов фундамента ПП (рис. 2). Юго-восточное продолжение зоны трассируется в северную часть Кваркушского антиклинория ЦУП. Здесь она маркируется полем развития метаморфических пород высокого и сверхвысокого давления с изотопными возрастами 500-550 млн. лет (K-Ar метод) [Русин, 1996] и около 540 млн. лет (Rb-Sr изохронный метод) [Beckholmen, Glondy, 2004] и северо-западной ориентировкой линейных элементов структуры.

В приуральской части ТПР расположена обширная Денисовская положительная магнитная аномалия, которая пространственно совпадает с юго-западной частью ПИЧ зоны разломов фундамента ПП. Верхние горизонты коры представлены здесь «немагнитными» осадочными палеозойскими образованиями Западно-Уральской мегазоны и чехольными комплексами восточного фланга ПП. Поэтому принято считать, что Денисовская магнитная аномалия генерируется телами пород базитового и гипербазитового состава, участвующими в строении нижних уровней коры [Формирование..., 1986], каковыми являются здесь позднедокембрийско-среднекембрийские комплексы протоуралид и тиманид. Северо-восточное продолжение Денисовской положительной магнитной аномалии называется Печорской аномалией. Печорская аномалия ограничена с юго-запада ступенью в

магнитном поле, геометрически совпадающей с ПИЧ зоной разломов, разграничивающей регионы с резко различным аномальным магнитным полем, – Тиманского мегаблока, сложенного в основном осадочными комплексами тиманид, и Большеземельского блока, в строении которого широко представлены магматические породы (рис. 2).

**Доордовикские гранитоидные  
вулcano-плутонические ассоциации  
протоуралид-тиманид**

***Пространственное распространение  
и геологическая позиция***

Доордовикские гранитоидные вулcano-плутонические ассоциации (ВПА) широко распространены на западном склоне Приполярного и Полярного Урала, кроме того, они известны в ТПР. Здесь доордовикские гранитоиды выступают на поверхность в виде нескольких мелких интрузивных тел на Северном Тимане [Костюхин, 1985; Андреичев, 1998; Андреичев, Ларионов, 2000; Larionov et al., 2004]. Кроме того, они установлены бурением в фундаменте ПП [Белякова, Степаненко, 1991; Gee et al., 2000; Довжикова и др., 2000; Dovzikova et al., 2004]. При этом, по данным бурения, наибольшее количество выявленных массивов доордовикских гранитоидов фундамента ПП приурочено к северо-восточному краю Ижемского блока, и в меньшей степени они распространены (установлены) в Печорском блоке (рис. 2). Гранитоиды Ижемского и Печорского блоков объединяются в вендско-кембрийские омринский и черкаюсский плутонические комплексы [Корреляция..., 1988]. По некоторым вещественным характеристикам и возрасту эти гранитоиды сопоставимы с доордовикскими гранитоидами севера Урала. Кроме гранитоидов, в фундаменте ПП развиты кремнекислые вулканические породы. В частности, они вскрыты бурением в ПИЧ разломной зоне.

На западном Урале доордовикские гранитоиды максимально распространены в пределах северных структурных элементов ЦУП [Соболева, 2004; Кузнецов и др., 2005а,б], главным образом в пределах Кожимского блока, расположенного на севере Ляпинского антиклинория (рис. 3). Здесь они залегают среди неравномерно метаморфизованных вулcanoгенных и вулcanoгенно-осадочных формаций.

***История изучения и классифицирования  
доордовикских ВПА***

В первых работах доордовикские гранитоиды западного склона Северного Урала выделялись как сальнерско-маньхамбовский интрузивный магматический комплекс [Фишман и др., 1968; Корреляция..., 1988]. При этом почти все исследователи подчеркивали вещественную гетерогенность гранитоидов. Впервые разделение доордовикских гранитоидов на гранитоиды, слагающие массивы Сальнерского и Маньхамбовского типов, наметил М.В. Фишман. Расчленение базировалось в основном на анализе морфологии массивов. Позднее было показано, что гранитоиды массивов обоих типов различаются также по минеральному и химическому составу.

Д.С. Штейнберг и В.Г. Вигорова [Вигорова, 1972; Штейнберг, Вигорова, 1976], а также Б.А. Голдин с соавторами [Голдин и др., 1981] высказывали и развивали идеи, в соответствии с которыми гранитоиды ЦУП подразделяются на «сухие» и «мокрые». Было показано, что первые из них развиты на западе, а вторые – главным образом на востоке ареала распространения доордовикских гранитоидов региона. «Сухие» гранитоиды, являются составными частями ВПА и характеризуются существенной глубиной магмогенерации и гипабиссальным уровнем кристаллизации расплавов. Родительские магмы «мокрых» гранитоидов были определены как существенно менее глубинные по условиям формирования, однако в силу низкой подвижности расплава они кристаллизовались на заметно больших глубинах, по сравнению с «сухими» гранитоидами.

Используя принципы, сформулированные в систематике Чаппела и Уайта, основанной на различиях в минеральном и химическом составе гранитоидов [Chappell, White, 1974, 1992; Chappell, 1984; Whalen et al., 1987; Chappell, Stephens, 1988], Л.В. Махлаев предложил подразделять доордовикские гранитоиды севера Урала на гранитоиды I- и A-типа. Он рассматривал гранитоиды обоих типов как разновозрастные образования, а различия их связывал с гетерогенностью гранитообразующего субстрата. Гранитоиды, слагающие массивы, которые М.В. Фишман предлагал относить к массивам Сальнерского типа, были сопоставлены с гранитоидами I-типа, а породы интрузивов Маньхамбовского типа – с гранитоидами A-типа [Махлаев, 1996].

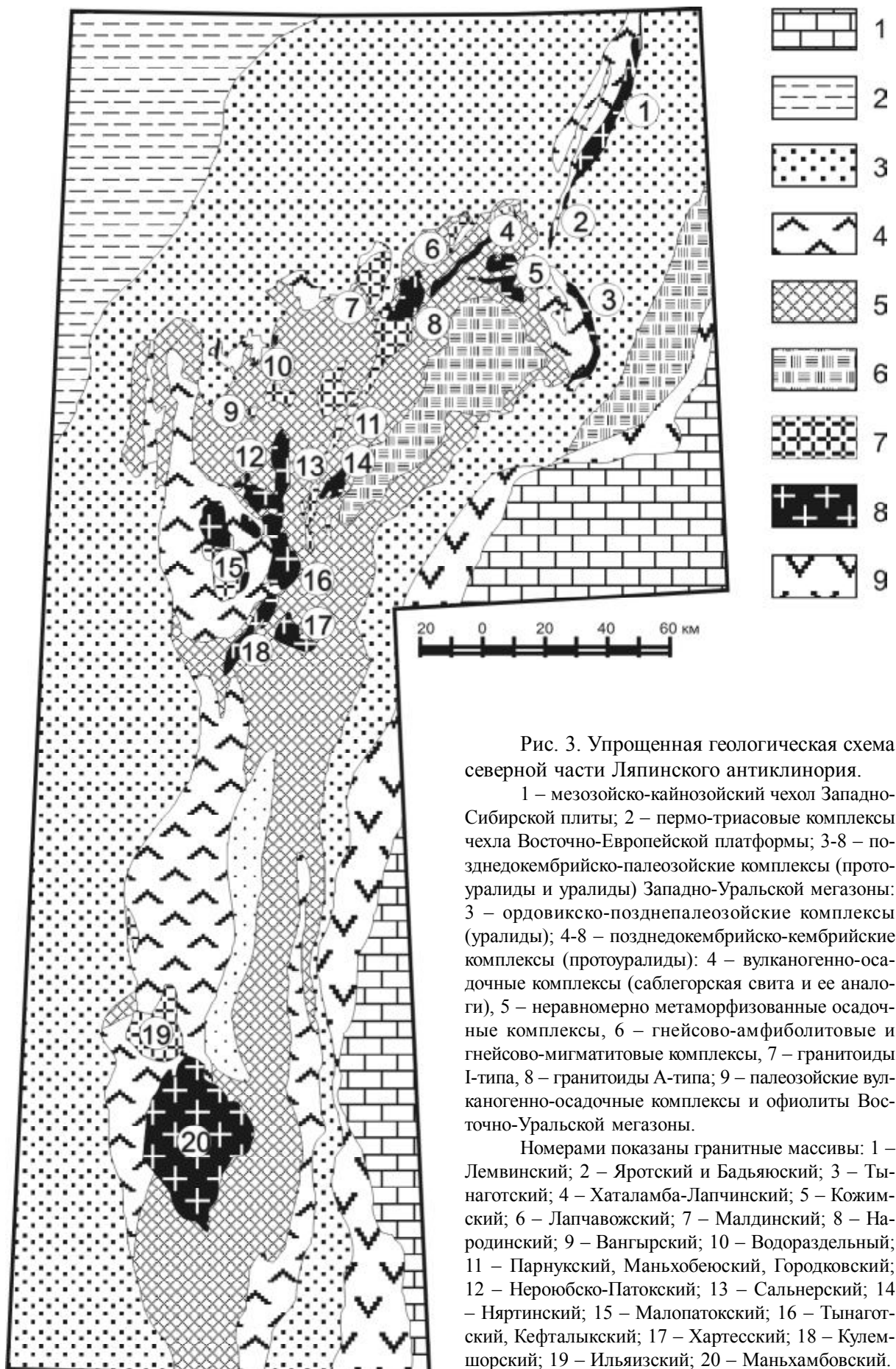


Рис. 3. Упрощенная геологическая схема северной части Ляпинского антиклинория.

1 – мезозойско-кайнозойский чехол Западно-Сибирской плиты; 2 – пермо-триасовые комплексы чехла Восточно-Европейской платформы; 3-8 – позднекембрийско-палеозойские комплексы (проторуалиды и уралиды) Западно-Уральской мегазоны: 3 – ордовикско-позднепалеозойские комплексы (уралиды); 4-8 – позднекембрийско-кембрийские комплексы (проторуалиды): 4 – вулканогенно-осадочные комплексы (саблегорская свита и ее аналоги), 5 – неравномерно метаморфизованные осадочные комплексы, 6 – гнейсово-амфиболитовые и гнейсово-мигматитовые комплексы, 7 – гранитоиды I-типа, 8 – гранитоиды A-типа; 9 – палеозойские вулканогенно-осадочные комплексы и офиолиты Восточно-Уральской мегазоны.

Номерами показаны гранитные массивы: 1 – Лемвинский; 2 – Яротский и Бадьяюский; 3 – Тынаготский; 4 – Хаталамба-Лапчинский; 5 – Кожимский; 6 – Лапчавожский; 7 – Малдинский; 8 – Народинский; 9 – Вангырский; 10 – Водораздельный; 11 – Парнукский, Маньхобеюский, Городковский; 12 – Нероюбско-Патокский; 13 – Сальнерский; 14 – Няртинский; 15 – Малопатокский; 16 – Тынаготский, Кефталькский; 17 – Хартесский; 18 – Кулемшорский; 19 – Ильяизский; 20 – Маньхамбовский.



В некоторых случаях гранитоиды I- и A-типа пространственно совмещены, участвуя в строении сложно устроенных гранитоидных массивов. В частности, в Народинском массиве (рис. 3) граниты A-типа распространены на севере массива, а гранитоиды I-типа – в южной его части [Дорохов, Соболева, 2002а; Соболева и др., 2004].

Многочисленными работами [Лучинин 1968; Штейнберг, 1968; Вулканические..., 1973; Голдин и др., 1976, 1981; Голдин, 1978; Калинин, 1967, 1973, 1985, 1992, 1995, 1997; Фишман и др., 1976; Соболева, 1997, 1999, 2004; Соболева, Андреичев, 1997, и др.] было показано, что доордовикские гранитоиды севера Урала парагенетически связаны с комагматичными им вулканитами. Таким образом, были выделены два типа ВПА. (1) Ассоциация дифференцированных известково-щелочных вулканитов и гранитоидов (I-типа) и (2) ассоциация нормальных и субщелочных риолитов и гранитов (A-типа).

Гранитоиды и вулканиты ассоциаций I-типа являются частями непрерывных дифференцированных магматических серий. В качестве примера можно привести Лапчавожскую и Малотынаготскую непрерывно дифференцированные серии. Граниты и комагматичные им вулканиты A-типа являются членами контрастных габбро-гранитных и базальт-риолитовых парагенетических серий. Примерами таких ассоциаций могут служить Лемвинская и Тынаготская риолит-гранитные ВПА [Соболева, 2001, 2004; Дорохов, Соболева, 2002б; Соболева и др., 2002].

Интрузивные породы, вскрытые скважинами в фундаменте ПП, представлены в Большеземельском мегаблоке и ПИЧ разломной зоне габбро-долеритами и гранитами, связанными с известково-щелочными сериями. В Ижемском блоке установлены двуслюдяные граниты [Довжикова и др., 2000]. В целом, гранитоиды фундамента ПП характеризуются геохимическими чертами гранитоидов I-типа.

### ***Вещественные характеристики***

Гранитоиды доордовикских гранитоидных ВПА характеризуются существенными вариациями минерального и химического состава. Гранитоиды I-типа (табл. 1) представлены породами широкого спектра составов – от кварцевых диоритов до лейкогранитов. Среди них

превалируют биотитовые разности гранитов. Акцессорные минералы преимущественно представлены фосфатами (апатитом, моноцитом, ксенотимом). Реже встречаются турмалин, циркон, алланит и титанит. Рудные минералы представлены сульфидами (доминируют), гематитом, ильменитом и редко магнетитом.

Гранитоиды A-типа (табл. 2) более однородны по составу. Среди них преобладают лейкократовые и аляскитовые разности. Акцессорные минералы в основном представлены алланитом, цирконом, апатитом, титанитом, флюоритом, минералами, богатыми редкоземельными элементами – торитом, оранжитом, циртолитом, эшенитом, колумбитом. Рудные минералы представлены преимущественно магнетитом, реже встречаются гематит и сульфиды.

*Химический состав.* Гранитоиды I-типа характеризуются нормальной или слегка повышенной щелочностью при калиево-натриевом ее типе (рис. 4). Они являются частями непрерывных известково-щелочных серий с положительной корреляцией между суммой щелочей и содержанием  $\text{SiO}_2$ . Граниты A-типа обычно имеют повышенную щелочность калиево-натриевого и калиевого типов. Для них характерны небольшие вариации состава и обратная зависимость суммарной щелочности от  $\text{SiO}_2$  (рис. 4).

*Концентрации редких элементов.* Для гранитов A-типа характерны повышенные содержания преимущественно высокочargedных некогерентных элементов, они обогащены REE, Th, Nb, Ta, Zr, Rb и обеднены Sr, P, Ti по сравнению с гранитоидами I-типа (рис. 5А). Гранитоиды I-типа обогащены легкими редкими землями относительно тяжелых и характеризуются небольшим, часто плохо проявленным дефицитом европия, увеличивающимся только в наиболее лейкократовых разностях (рис. 5Б). В A-гранитах концентрация редкоземельных элементов в целом выше и для них характерно некоторое относительное обогащение тяжелыми редкими землями. Дефицит европия в гранитоидах A-типа проявлен значительно сильнее. Нужно отметить, что встречаются некоторые разности A-гранитов, близкие к лейкократовым гранитам I-типа, то есть по химическому составу есть постепенные переходы между гранитами рассмотренных типов.

Несмотря на все отмеченные различия вещественных характеристик обоих типов гранитоидов, у них есть и сходные черты. В част-



ДОУРАЛЬСКАЯ ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

Таблица 1

Средние составы доордовикских гранитоидов I-типа севера Урала

	Вангырский	Малдинский	Лапчавожский		Ильязский	Народинский, юж. часть	
	граниты	граниты	граниты	гранодиориты	граниты	гранодиориты	граниты
	1	2	3	4	5	6	7
	n=10	n=5	n=7	n=27	n=46	n=6	n=3
SiO <sub>2</sub>	76,39	70,56	69,81	64,43	74,88	66,42	71,58
TiO <sub>2</sub>	0,16	0,42	0,36	0,57	0,27	0,61	0,55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,17	14,49	14,55	16,39	13,04	15,78	13,74
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,85	1,58	1,82	2,52	0,80	1,66	1,54
FeO	1,24	1,56	1,38	2,37	0,78	2,12	1,68
MnO	0,02	0,04	0,07	0,10	0,04	0,06	0,04
MgO	0,53	0,78	1,01	1,27	0,62	1,59	0,69
CaO	0,75	1,26	2,41	3,58	0,75	3,59	1,66
Na <sub>2</sub> O	3,77	3,46	3,65	3,73	3,74	4,15	3,87
K <sub>2</sub> O	3,51	4,31	3,40	3,02	4,37	1,75	3,46
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,06	0,12	0,07	0,11	0,06	0,15	0,08
п.п.п	1,08	1,42	1,18	1,85	0,84	2,04	0,97
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,17	0,2	0,18	0,19	0,18	0,28	0,31
CO <sub>2</sub>	0,08	0,20	0,16	0,4	0,09	0,43	0,14
La	26,01	49,9	35,5	31,18	39,67	22,23	40,60
Ce	48,58	95,3	54,02	55,14	71,62	39,325	71,03
Pr*	5,54	9,7	4,98	5,58	7,60	4,22	7,15
Nd	22,05	32,53	15,52	19,9	28,30	15,48	25,17
Sm	5,85	6,51	3,00	3,97	6,70	3,68	5,72
Eu	0,67	1,02	0,84	1,14	1,28	1,20	1,13
Gd*	7,57	7,07	3,90	5,08	8,34	4,48	6,47
Tb	1,18	1,09	0,59	0,76	1,24	0,65	0,93
Dy*	7,08	6,31	3,41	4,49	7,26	3,70	5,15
Ho*	1,65	1,36	0,75	0,98	1,56	0,77	1,11
Er*	4,7	3,75	2,08	2,74	4,36	2,03	2,85
Tm*	0,7	0,53	0,31	0,40	0,63	0,29	0,41
Yb	4,09	2,86	2,61	2,14	3,40	1,45	1,96
Lu	0,68	0,47	0,27	0,36	0,55	0,23	0,32
Cs	2,73	4,91	2,46	4,26	3,94	1,52	1,75
Ba	375	596	241	530	842	556	672
Sc	4,59	6,23	7,07	10,20	6,78	8,87	7,76
Cr	14	28,44	16,42	19,19	16,07	70,80	21,33
Co	3,75	4,77	6,29	9,61	2,47	10,48	6,60
Ni	63	18	70	41	39	141	19
Zn	66	80	56,5	113	18	60	37
Se	2,61	6,36	2,15	1,32	2,20	0,71	1,26
As	3,17	9,8	4,45	4,3	4,44	4,22	2,09
Sb	0,55	0,78	0,35	0,54	0,60	0,31	0,45
Th	17,6	25,33	16,44	12,47	11,97	8,71	15,43
U	1,76	4,45	1,67	2,55	1,84	1,46	1,80
Hf	4,92	5,23	3,69	4,03	5,00	3,83	4,84
Ta	1,71	2,31	3,63	1,2	2,22	0,79	0,82
Be	–	2,82	2,65	2,17	5,50	2,74	3,00
Pb	–	24,6	11,5	11,6	8,8	7,7	8,3
Ga	–	20,2	14	16,5	14,7	27,3	29,0
Cu	–	15,7	2,8	6,0	4,0	10,0	4,4
V	–	33	25	118	14	93	100
F	310	483	190	207	460	345	303
Y	–	37	28	30	25	15	23
Zr	190	141	108	131	165	165	193
Nb	15	12	8	12	60	<10	20
Rb	167	190	130	113	132	59	87
Sr	–	94	193	236	101	285	180

Примечание. Породообразующие элементы определены методами классического химического и рентгенофлуоресцентного анализа в ИГ Коми НЦ УрО РАН, элементы-примеси определены методами инструментального нейтронно-активационного анализа и рентгенорадиометрическим в ГЕОХИ РАН, количественного спектрального анализа и атомной абсорбции в ИГ Коми НЦ УрО РАН.

## Средние составы доордовикских гранитоидов А-типа севера Урала

	Лемвинский	Гынаготский	Народинский, сев. часть	Маньхамбо	Морткулемшор
	граниты	граниты	граниты	граниты	граниты
	1	2	3	4	5
	n=62	n=12	n=14	n=11	n=5
SiO <sub>2</sub>	74,82	72,60	74,67	77,25	71,98
TiO <sub>2</sub>	0,2	0,43	0,35	0,12	0,26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,51	13,29	12,82	11,52	14,91
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,14	1,53	1,07	0,62	1,49
FeO	0,97	1,06	0,93	0,42	0,66
MnO	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03
MgO	0,33	0,85	0,64	0,34	0,6
CaO	0,57	1,00	0,63	0,23	0,55
Na <sub>2</sub> O	3,69	3,12	3,60	4,18	4,12
K <sub>2</sub> O	4,98	4,62	4,43	4,64	4,08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05	0,14	0,03	0,03	0,18
п.п.п	0,49	1,31	1,05		1,14
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,17	0,30	0,16	0,18	0,22
CO <sub>2</sub>	0,12	0,19	0,29	0,07	0,07
La	42,63	21,75	34,1	21,47	35,7
Ce	83,88	42,27	69,84	44,09	62,52
Pr*	8,53	4,92	8,34	5,25	6,57
Nd	29,80	19,9	34,7	22,06	24,32
Sm	7,0	4,80	9,4	5,18	5,83
Eu	0,57	0,65	0,95	0,99	0,73
Gd*	5,70	6,57	12,02	6,68	7,5
Tb	1,02	1,06	1,86	1,06	1,22
Dy*	6,98	6,35	11,02	6,15	7,45
Ho*	1,78	1,48	2,43	1,38	1,72
Er*	5,70	4,3	6,9	3,87	5,06
Tm*	0,98	0,64	1,03	0,57	0,76
Yb	6,15	3,71	5,62	3,2	4,43
Lu	1,22	0,62	0,96	0,53	0,75
Cs	2,19	4,47	3,31	0,62	2,25
Ba	463	329	560	441	420
Sc	4,53	5,39	14,04	2,95	4,82
Cr	40	16	39	3	7
Co	2,67	2,92	2,07	0,42	2,64
Ni	10	11	100	40	12
Zn	–	25	68	21	27
Se	–	2,35	2,26	6,1	4,81
As	1,10	3,37	10,58	2,36	13,94
Sb	0,58	0,26	0,27	1,77	0,57
Th	33,5	25,5	20	15,5	23
U	13,33	2,72	3,3	3,1	4,39
Hf	8,75	5,02	4,53	6,22	9,07
Ta	2,23	2,29	1,96	4,08	3,12
Be	4,30	4,6	3,4	2,9	4,7
Pb	21	22	7,8	6	104
Ga	14	17	15	14	14
Cu	37	11,1	5	6,6	7,9
V	17	26	6	8	21
F	175	197	396	–	–
Y	43	36	72	31	38
Zr	435	215	96	216	430
Nb	20	14	22	–	22
Rb	245	221	158	150	179
Sr	24	98	72	24	59

Примечание. Породообразующие элементы определены методами классического химического и рентгенофлуоресцентного анализа в ИГ Коми НЦ УрО РАН, элементы-примеси определены методами инструментального нейтронно-активационного анализа и рентгенорадиометрическим в ГЕОХИ РАН, количественного спектрального анализа и атомной абсорбции в ИГ Коми НЦ УрО РАН.

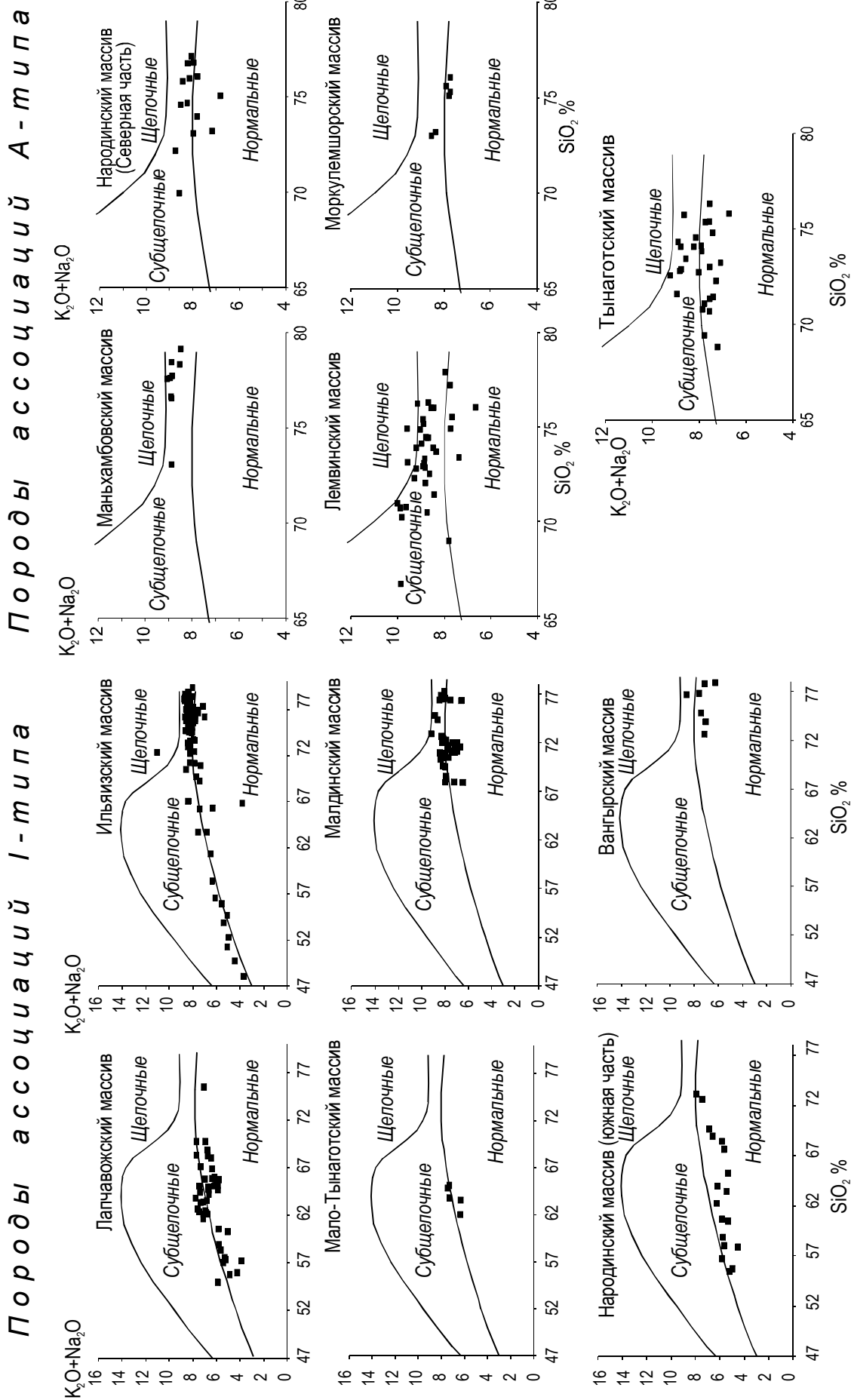


Рис. 4. Графики «суммарная щелочность –  $SiO_2$ » для протодуральских гранитоидов I- и А-типа.

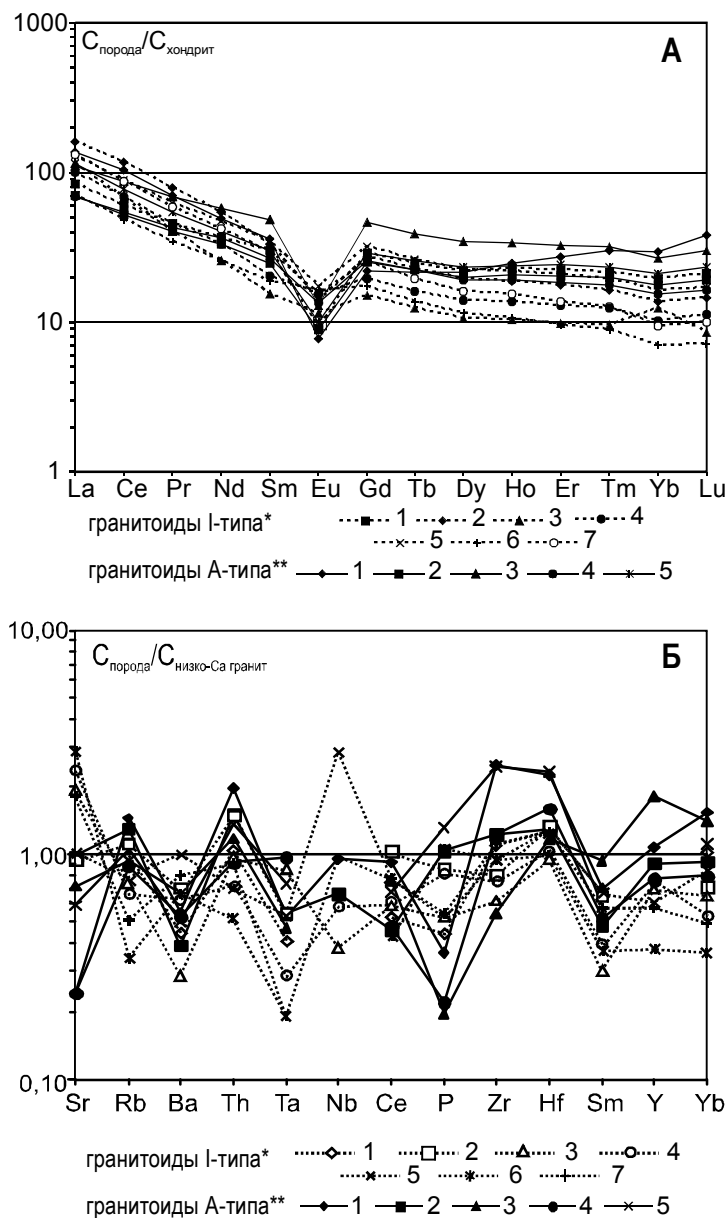


Рис. 5. Нормированное к составу хондрита C1 [Boynnton et al., 1984] распределение редких земель (А) и нормированное к составу низко-Са гранитов [Turekian, Wedepohl, 1961] распределение малых элементов (Б) в протоуральских гранитоидах севера Урала.

\* – номера соответствуют номерам в табл. 1. \*\* – номера соответствуют номерам в табл. 2.

Составы вулканитов I-типа варьируют по составу от андезитов до риодацитов. Имеют обычно порфировые структуры. Вкрапленники в кислых вулканитах представлены плагиоклазом. Породы с меньшим содержанием  $\text{SiO}_2$  достаточно сильно изменены при региональном метаморфизме и порфировые выделения плагиоклаза в них нацело сосюритизированы, а темноцветные минералы хлоритизированы и эпидотизированы.

Вулканиты А-типа представлены преимущественно риолитами порфировой структуры. Среди вкрапленников преобладают кварц и щелочной полевой шпат, реже встречаются таблички плагиоклаза. По химическому составу вулканиты этого типа близки соответствующим гранитоидам.

ности, породам обоих типов свойственны структуры, свидетельствующие о небольшой глубине кристаллизации магм. Характерны гранитная, гипидиоморфнозернистая (гипидиоморфно-гранулярная), порфировидная и микропегматитовая структуры, свойственные гранитоидам малоглубинных массивов. Об этом же свидетельствует также тесная, по всей вероятности генетическая, связь гранитоидов обоих типов с вулканитами.

Вулканиты, связанные с гранитоидами, также разделяются на А-и I-типы и различаются как по минеральному, так и химическому составу. При этом вулканиты А- и I-типов характеризуются различиями, подобными тем, которые отмечены для гранитоидов соответствующих типов.

Кремнекислые породы ВПА А- и I-типов участвуют в строении дифференцированных магматических рядов. При этом гранитоиды и вулканиты I-типа входят в состав непрерывных базальт-андезит-дацитовых, базальт-андезит-дацит-риодацитовых и габбро-диорит-гранитных серий. Тогда как гранитоиды и вулканиты А-типа образуют вместе с парагенетически связанными с ними габбро и базальтами контрастные магматические ассоциации. Генезис ассоциаций, в состав которых входят гранитоиды и вулканиты А-типа, не до конца понятен. Наблюдаемые размеры тел кислого состава значительно превосходят размеры полей распространения ассоциирующих с ними пород основного состава, что существенно ограничивает возможность образования кислых пород в резуль-

тате эволюции базальтовой магмы. Наиболее вероятно, что образование контрастных серий является результатом подплавления сиалического материала континентальной коры глубинными базитовыми расплавами. Таким образом, гранитоиды и вулканы А-типа образуют вместе с габбро и базальтами некомплементарные парагенетические магматические ассоциации. На отсутствие прямых генетических связей кремнекислых пород этого типа с основными породами было указано ранее [Вулканические..., 1973].

Гранитоиды фундамента ПП представлены породами широкого спектра составов от кварцевых диоритов до гранитов, среди которых преимущественным распространением пользуются биотитовые разности. В гранитоидах Ижемского блока акцессорные минералы представлены апатитом и цирконом, в кварцевых диоритах Печорского блока – титанитом, цирконом, гранатом и магнетитом, в гранитах Большеземельского блока – апатитом, цирконом и магнетитом [Gee et al., 2000].

По химическому составу, согласно результатам исследований Е.Г. Довжиковой, любезно предоставившей нам свои неопубликованные материалы, гранитоиды фундамента ПП обладают вещественными характеристиками, сближающими эти образования с рассмотренными выше протоуральскими гранитоидами севера Урала. В частности, и те и другие имеют близкие, а иногда идентичные геохимические особенности. Так, и те и другие обогащены легкими редкими землями и характеризуются небольшим дефицитом европия, отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в них типично коровые, с нижним пределом 0,708, что свидетельствует об их выплавлении из континентальной коры. В целом, гранитоиды фундамента ПП интерпретируются как позднеостроводужные и синколлизонные образования [Dovzhikova et al., 2004; Pease et al., 2004].

Таким образом, основываясь на вещественных характеристиках, можно заключить, что и гранитоиды I-типа фундамента ПП, и протоуральские гранитоиды А- и I-типа западного склона северного Урала были сформированы в континентальной коре.

### *Изотопный возраст*

Результаты изотопного датирования протоуральских гранитоидных ВПА западного склона севера Урала и гранитоидов фундамен-

та ПП сведены в табл. 3. Изотопные возраста гранитоидного магматизма в структурах северо-восточного и восточного обрамления Восточно-Европейской платформы захватывают интервал от позднего рифея до позднего кембрия включительно, что согласуется с геологическими данными (рис. 6).

Большую часть этого промежутка времени (~ 200 млн. лет) шло образование гранитоидных ВПА I-типа. В частности, для андезидацитов и гранодиоритов лапчавожской ВПА получен возраст  $695 \pm 19$  и  $632 \pm 7$  млн. лет; возраст гранитов Малдинского массива –  $584 \pm 9$  млн. лет (метод термоионной эмиссии свинца, по цирконам); возраст кварцевых диоритов южной части Народинского массива  $548 \pm 6$  млн. лет, а гранитов –  $515 \pm 8$  млн. лет (U-Pb метод, по цирконам).

Породы ВПА А-типа характеризуются венд-кембрийскими датировками, временной интервал их образования был значительно короче и охватывал всего ~ 50 млн. лет. В частности, для пород Лемвинской ВПА получены возраста  $526 \pm 7$  (риолиты) и  $564 \pm 6$ ;  $558 \pm 21$ ;  $530 \pm 20$  млн. лет (граниты); для риолитов хребта Малдынырд –  $516 \pm 19$  и  $519 \pm 17$  млн. лет (метод термоионной эмиссии свинца, по цирконам); граниты северной части Народинского массива имеют возраст  $518 \pm 10$  млн. лет (U-Pb метод, по цирконам).

В сложно устроенном Народинском массиве (рис. 4) лейкограниты А-типа, распространенные на севере, имеют возраст  $518 \pm 10$  млн. лет [Дорохов, Соболева, 2002а,б; Соболева и др., 2004], а биотитовые граниты I-типа, распространенные в южной части и являющиеся поздними дифференциатами продолжительной известково-щелочной серии, имеют изотопный возраст  $515 \pm 8$  млн. лет, т.е. образования синхронны в пределах ошибки метода датирования. Гранитоиды I-типа – кварцевые диориты и гранодиориты более ранних фаз по геологическим соотношениям являются более древними образованиями. Изотопный возраст кварцевых диоритов определен (U-Pb метод, по цирконам) как  $548 \pm 5$  млн. лет, гранодиоритов –  $544 \pm 4$  млн. лет [Соболева и др., 2003].

Возраст цирконов из гранитоидов фундамента ПП, полученный по единичным зернам методом Кобера, составляет по данным [Gee et al., 2000] 550-560 млн. лет (табл. 3), что рассматривается как доказательство вендской орогении в этом регионе.

Таблица 3

Изотопные возраста гранитоидов проторуалид и тиманид

№	место отпробования	порода	тип гранитоидов	изотопный возраст	метод	источник
<i>Ижемский блок</i>						
1*	скв. Южная Черкаю-10	граниты	I-тип	553±6	Pb-Pb**	Gee et al., 2000
2*	скв. Малая Пера-11	граниты	I-тип	551±8	Pb-Pb**	- « -
3*	скв. Восточная Черкаю-1	граниты	I-тип	557±15	Pb-Pb**	- « -
4*	скв. Пыльбу-21	диориты	I-тип	560±15	Pb-Pb**	- « -
5	массив Крайний Камешек	сиениты	I-тип	613±2 (603±6)	Pb-Pb**(Rb/Sr)	Андреичев, Ларионов, 2000 (Андреичев, 1998)
6	массив Большой Камешек	граниты	I-тип	612±3,5 (597±6)	Pb-Pb**(Rb/Sr)	- « -
7	массив мыса Румяничного	сиениты	I-тип	613±7	SHRIMP***	Larionov et al., 2004
<i>Печорский блок</i>						
8*	скв. Новая-1	диориты	I-тип	565±8	Pb-Pb**	Gee et al., 2000
9*	скв. В.Харьга-26	граниты	I-тип	567±36	Pb-Pb**	- « -
<i>Большеземельский блок</i>						
10*	скв. Веяк-2	граниты	I-тип	618±6	Pb-Pb**	- « -
<i>Урал</i>						
11	Малдинский массив	граниты	I-тип	584±9	Pb-Pb	Соболева, 1997
12	обрамление Малдинского массива	риолиты	A-тип	516±19; 519±17	Pb-Pb	Соболева, 2004
13	Лемвинский массив	граниты	A-тип	530±20 – 564±6	Pb-Pb	- « -
14	обрамление Лемвинского массива	риолиты	A-тип	526±7	Pb-Pb	- « -
15	Лапчавожский массив	кварц. диориты	I-тип	632±7	Pb-Pb	Соболева, Андреичев, 1997
16	обрамление Лапчавожского массива	андезидальциты	I-тип	695±19	Pb-Pb	- « -
17	Народинский массив, северная часть	граниты	A-тип	518±10	U-Pb	Дорохов, Кудряшов, 2002
18	Народинский массив, южная часть	граниты	I-тип	557±7	Rb-Sr	Андреичев, Юдовитч, 1999
19	Народинский массив, южная часть	граниты	I-тип	515±8	U-Pb	Дорохов, Кудряшов, 20 02
20	Народинский массив, южная часть	гранодиориты	I-тип	544±4	U-Pb	Соболева и др., 2003
21	Народинский массив, южная часть	кварц. диориты	I-тип	548±5	U-Pb	- « -
22	массив Маньхамбо, южная часть	граниты	A-тип	522±6	SHRIMP	Udoratina et al., 2005
23	массив Маньхамбо, центральная часть	граниты	A-тип	513,6±5,6	SHRIMP	- « -
24	Ильязский массив, центральная часть	граниты	I-тип	510,1±5,8	SHRIMP	- « -
25	Тынаготский массив	граниты	A-тип	498±4	SHRIMP	Кузенков и др., 2004
26	Малотынаготский массив	граниты	I-тип	520±4	SHRIMP	- « -
27	Вангырский массив	граниты	I-тип	598±2,3	SHRIMP	Удоратина и др., 2006

Примечание. \* – номера соответствуют цифрам в скобках после названий скважин на рис. 2; \*\* – метод термомиссии Pb (метод Кобера) по единичным зернам циркона (207Pb/206Pb); \*\*\* – U-Pb цирконовый возраст по ионным микропробам (SHRIMP).

Рис. 6. Гистограммы изотопных возрастов доордовикских гранитоидов комплексов протоуралид и тиманид (А) и доордовикских гранитов А- и I-типов (Б).

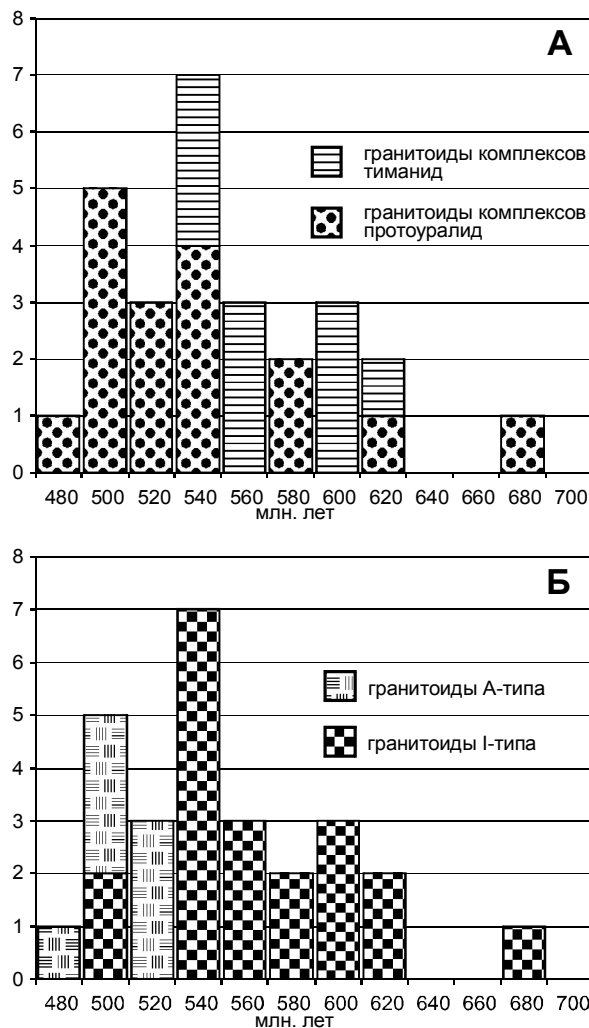
Данные в табл. 3.

Необходимо подчеркнуть, что цирконы из гранитоидов фундамента Печорской плиты и протоуральских гранитоидов I-типа представлены зональными кристаллами, содержащими существенно более древние ядра цирконов. Так, в магматическом цирконе (из гранитоидов Вангырского массива) с возрастом  $598 \pm 2,3$  млн. лет установлено кластогенное ядро с возрастом  $1224 \pm 9$  млн. лет [Udoratina et al., 2005]. В гранитоидах фундамента ПП возраста древних ядер (центральных частей) кристаллов циркона варьируют от  $\sim 0,9$  до  $\sim 2,7$  млрд. лет [Gee et al., 2000]. Древние датировки унаследованных ядер цирконов являются свидетельством участия древней – архейско-протерозойской сиалической коры в формировании гранитоидов фундамента ПП и протоуральских гранитоидов западного склона севера Урала.

**Геодинамическая типизация и палеотектонические условия формирования**

Особенности минерального и химического состава доордовикских гранитоидов и ВПА являются отражением как различия в составе и строении гранитообразующего субстрата, как это полагал Л.В. Махлаев [1996], так и тектонических условий их формирования [Соболева, 2001, 2004; Куликова и др., 2001]. При сравнении особенностей состава доордовикских гранитоидов и ВПА восточного и северо-восточного обрамления ВЕП с гранитоидными комплексами, типичными для различных геодинамических обстановок (рис. 7), отчетливо видно, что гранитоиды I-типа сходны с гранитоидами надсубдукционных и коллизионных обстановок, а гранитоиды А-типа – с гранитоидами поздне- и постколлизионных обстановок, а также с внутриплитными гранитоидами.

Этап формирования гранитоидов I-типа и ассоциирующих с ними вулканических комплексов охватывает временной интервал от  $\sim 700$  до  $\sim 515$  млн. лет. Магмы, давшие начало гранитоидам и вулканитам I-типа и формиру-



ющие продолжительные дифференцированные магматические серии, генерировались в коре континентального типа. В целом формирование этих гранитоидных ассоциаций происходило в условиях активной континентальной окраины или зоны коллизии. Такие тектонические обстановки характеризуются ростом и утолщением континентальной коры и по отношению к коре континентального типа могут называться конструктивными. Более дробная геодинамическая типизация гранитоидов и вулканитов I-типа на современном уровне исследований весьма схематична. Мы полагаем, что в начальных эпизодах этапа формирования этих комплексов наиболее вероятно их образование на активной континентальной окраине (в надсубдукционной зоне или в зоне аккреции края континента и островодужного сооружения), а на завершающих эпизодах – в зоне коллизии двух континентов.

Этап формирования гранитоидов А-типа и ассоциирующих с ними вулканитов протекал во временном интервале  $\sim 565$ -500 млн. лет.



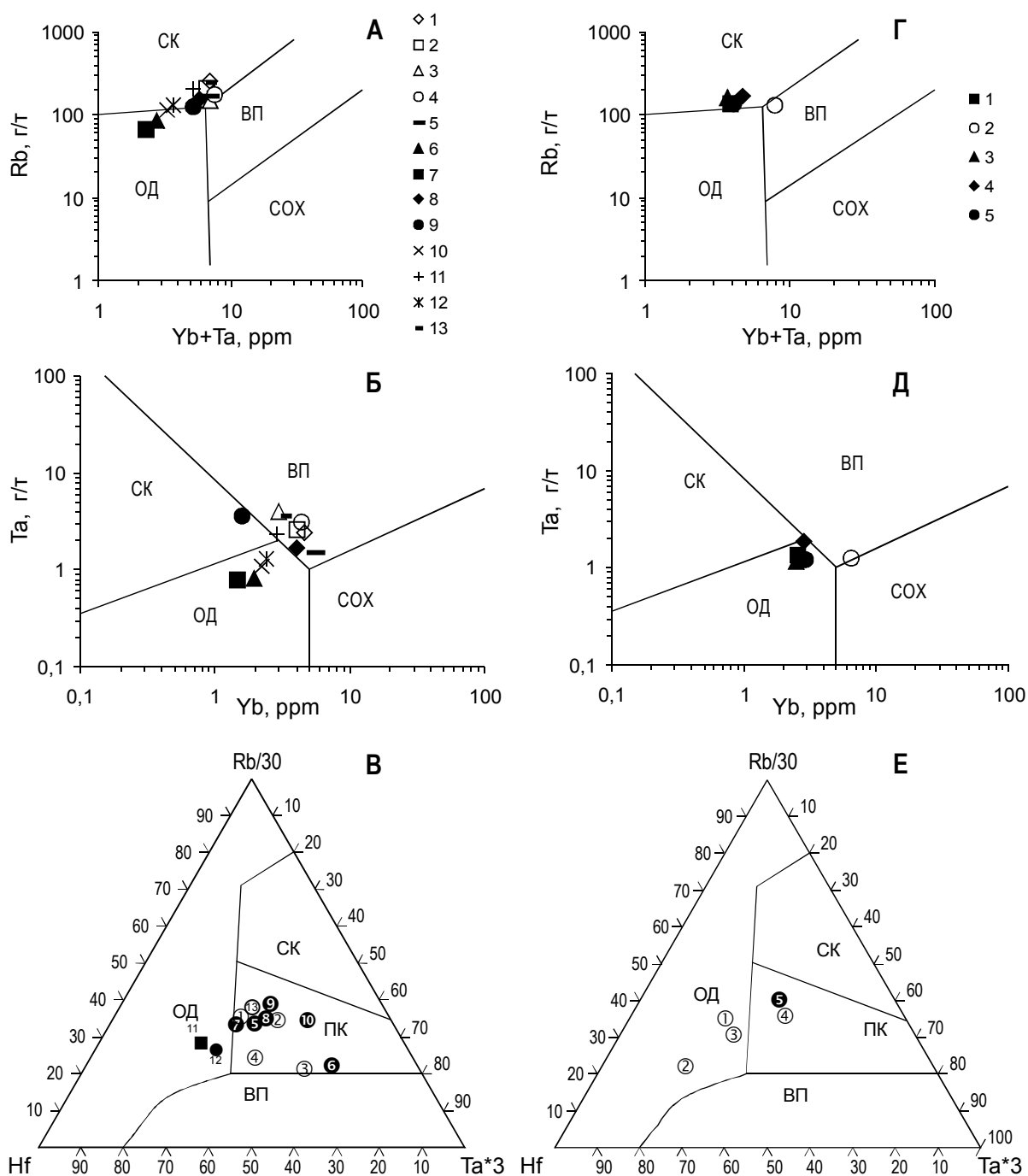


Рис. 7. Геодинамическая типизация гранитоидных комплексов протоуралид (А, Б, В) и тимианид (Г, Д, Е).

А, Б, Г, Д – диаграммы Пирса [Pearse et al., 1984]; В, Е – диаграммы Харриса [Harris et al., 1987].

А, Б – гранитоиды А-типа: 1 – Лемвинский массив, 2 – Тынаготский массив, 3 – Маньхамбовский массив, 4 – Кулемшорский массив, 5 – Народинский массив (северная часть); гранитоиды I-типа: 6, 7 – Народинский массив (южная часть): граниты (6), гранодиориты (7), 8 – Вангырский массив, 9-10 – Лапчавожский массив: граниты (9), гранодиориты (10), 11 – Малдинский массив, 12-13 – Ильяизский массив: граниты (12), лейкограниты (13). В – номера соответствуют номерам на диаграммах А и Б.

Г, Д – граниты из скважин, вскрывших фундамент Печорской плиты: 1 – скв. Черкаю-1; 2 – скв. Веяк-2; 3 – Черкаю-10; 4 – М-Пера-11; 5 – В-Харьяга-26 (данные Е.Г. Довжиковой). Е – номера соответствуют номерам на диаграммах Г и Д.

ОД – островодужные граниты, СК – синколлизионные граниты, ВП – внутриплитные граниты, СОХ – граниты срединно-океанических хребтов, ПК – постколлиззионные граниты.

Гранитоиды А-типа показаны не залитыми символами, гранитоиды I-типа – залитыми знаками. За исключением А, Б, № 5 – Сев. часть Народинского массива.

Магматизм начался на фоне заключительных эпизодов формирования гранитоидных ВПА I-типа. Гранитоиды и вулканиты А-типа являются членами контрастных габбро-гранитных и базальт-риолитовых магматических ассоциаций. Анализ положения соответствующих этим образования фигуративных точек на петро- и геохимических диаграммах позволяет сделать вывод о том, что родоначальные магмы комплексов А-типа были сформированы в деструктивной по отношению к коре континентального типа геодинамической обстановке. Можно предположить, что они обязаны своим образованием глубоким расколам континентальной коры, по которым произошел подъем горячих глубинных базитовых магм, что и предопределило подплавление силикатического корового вещества и образование кремнекислых расплавов, родоначальных для гранитоидов и кремнекислых вулканитов А-типа.

### Выводы

Протоуралиты и Тиманиды восточного и северо-восточного и восточного обрамления ВЕП представлены двумя большими группами комплексов различного состава. 1. Южные протоуралиты (включающие доордовикские комплексы Кваркушского антиклинория и Башкирского поднятия ЦУП) и юго-западные тиманиды (включающие доордовикские комплексы Тимана и Тиманского мегаблока фундамента ПП) состоят преимущественно из осадочных пород. 2. Северо-восточные тиманиды (включающие доордовикские комплексы Большеземельского мегаблока фундамента ПП) и северные протоуралиты (включающие доордовикские комплексы Ляпинского антиклинория и всех более северных тектонических единиц ЦУП) представлены в значительной степени вулканогенно-осадочными и вулканогенными сериями, гранитоидами и редкими офиолитами.

Доордовикские гранитоиды и гранитоидные ВПА протоуралитов и тиманидов являются составной частью ВПА. Они подразделяются на гранитоиды I- и А-типа. Гранитоиды и кремнекислые вулканиты ассоциаций I-типа являются частями дифференцированных габбро-гранодиорит-гранитных и базальт-андезит-андезидацил-риодацитовых магматических серий и демонстрируют широкий спектр составов пород – от кварцевых диоритов до лейкогранитов и от андезитов до риодацитов. И гранитоиды, и

вулканиты характеризуются нормальной и несколько повышенной щелочностью К-Na типа. Гранитоиды I-типа принадлежат известково-щелочной магматической серии с положительной корреляцией между суммарной щелочностью и содержанием  $\text{SiO}_2$ . Они имеют геохимические черты, характерные для гранитоидов вулканических дуг, активных континентальных окраин и коллизионных зон. Гранитоиды и вулканиты А-типа являются частями контрастно дифференцированных бимодальных габбро-гранитных и базальт-риолитовых парагенетических ассоциаций. Вулканиты представлены преимущественно риолитами порфиритовой структуры, а гранитоиды – в основном лейкократовыми аляскитами. Гранитоиды А-типа обычно принадлежат к группе субщелочных пород и характеризуются К-Na и К типом щелочности, незначительными вариациями состава и обратной зависимостью между суммарной щелочностью и содержанием  $\text{SiO}_2$ .

И граниты I-типа комплексов тиманидов, и гранитоиды А- и I-типа комплексов протоуралитов сформировались в мощной континентальной коре. Но формирование гранитоидов и гранитоидных ВПА I-типа происходило на фоне роста и утолщения континентальной коры – на активной континентальной окраине или/и в зоне коллизии двух континентов. В противоположность им, формирование гранитоидов и гранитоидных ВПА А-типа сопровождалось частичной деструкцией континентальной коры, т.е. происходило в тектонических обстановках локального растяжения.

Изотопный возраст гранитоидного магматизма покрывает временной интервал от позднего рифея до позднего кембрия. Этап формирования гранитоидных ассоциаций I-типа продолжался около ~ 185 млн. лет (от ~ 700 до ~ 515 млн. лет), а этап формирования гранитоидных ассоциаций А-типа длился ~ 65 млн. лет (от ~ 565 до ~ 500 млн. лет).

*Исследования проведены в рамках тем основных направлений исследований ГИН РАН и ИГ КомиНЦ УрО РАН. Работы частично финансировались РФФИ – проект № 00-05-64645, а также МПР РФ – в ходе реализации работ по темам «Разработка литолого-стратиграфического обоснования геодинамических реконструкций на территорию Российской Арктики и Свальбарда» (ФГУНПП «Аэрогеология») и «Составление Государственной геологической карты РФ масштаба 1:1000000 (лист «Воркута»)» (ВСЕГЕИ).*

## Список литературы

Андреичев В.Л. Изотопная геохронология интрузивного магматизма на Северном Тимане. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 89 с.

Андреичев В.Л., Ларионов А.Н.  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  датирование единичных кристаллов цирконов из магматических пород Северного Тимана // Изотопное датирование геологических процессов. М.: ГЕОС, 2000. С. 26-28.

Андреичев В.Л., Юдович Я.Э. Рубидий-стронциевый возраст гранитов Народинского массива (Приполярный Урал) // Геология Европейского севера России. Т. 3. Сыктывкар: ИГ КНЦ УрО РАН, 1999. С. 51-56.

Белякова Л.Т., Степаненко В.И. Магматизм и геодинамика байкалитид фундамента Тимано-Печорской синеклизы // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1991. № 12. С. 106-117.

Вигорова В.Г. К петрологии гранитоидов Приполярного Урала // Магматизм, метаморфизм и металлогения Севера Урала и Пай-Хоя. Сыктывкар, 1972. С. 48-49.

Вулканические комплексы рифея и нижнего палеозоя севера Урала. Л.: Наука, 1973. 212 с.

Голдин Б.А. Орогенный вулканизм севера Урала // Магматизм и металлогения северо-востока Европейской части СССР и севера Урала. Тр. VIII геол. конф. Коми АССР. Т. V. Сыктывкар, 1978. С. 3-7.

Голдин Б.А., Калинин Е.П., Пучков В.Н. Генетические типы гранитов севера Урала и закономерности их размещения // Вопросы петрологии и металлогении Урала. Тез. докл. IV Уральской петрографической конф. Т. II. Свердловск, 1981. С. 52-53.

Голдин Б.А., Мизин В.И., Калинин Е.П. Петрологические особенности кислого вулканизма осевой зоны Полярного и Приполярного Урала // Магматизм и металлогения севера Урала и Пай-Хоя. Сыктывкар, 1976. С. 19-29.

Довжикова Е.Г., Ремизов Д.Н., Пиш В.Л. Геодинамическая позиция магматических пород фундамента Тимано-Печорской плиты в свете новых данных // Петрография на рубеже XXI века. Т. IV. Сыктывкар, 2000. С. 49-52.

Дорохов Н.С., Кудряшов Н.М. О возрасте гранитоидов Народинского массива // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента. Инф. мат-лы 11 науч. конф. ИГ Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар: Геопринт, 2002. С. 41-42.

Дорохов Н.С., Соболева А.А. I-граниты севера Урала // Рифты литосферы: эволюция, тектоника, магматические, метаморфические и осадочные комплексы, полезные ископаемые. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2002а. С. 210-212.

Дорохов Н.С., Соболева А.А. Тектономагматическая эволюция севера Урала в позднем рифее-кембрии // Тектоника и геофизика литосферы. М.: ГЕОС, 2002б. С. 176-177.

Душин В.А. Магматизм и геодинамика палеоконтинентального сектора севера Урала. М.: Недра, 1997. 213 с.

Калинин Е.П. Распределение концентраций ниобия и тантала в коагматичных интрузивных и эффузивных породах кислого ряда // Мат-лы II Коми респ. молод. конф. Сыктывкар, 1967. С. 206-208.

Калинин Е.П. Сравнительная петрохимическая и геохимическая характеристика позднебайкальских гранитов и липаритовых порфиров западного склона Приполярного Урала // Геология и полезные ископаемые северо-востока Европейской части СССР и севера Урала. Т. 2. Сыктывкар, 1973. С. 341-345.

Калинин Е.П. Возраст гранитообразования на Приполярном Урале (геологическая интерпретация геохронометрических дат) // Магматизм севера Урала и Тимана. Сыктывкар, 1985. С. 68-77.

Калинин Е.П. Геохимическая специализация гранитоидов севера Урала // Геология севера Урала. Сыктывкар, 1992. С. 61-69.

Калинин Е.П. Региональные кларки химических элементов в гранитах и липаритовых порфирах севера Урала // Магматические и метаморфические формации севера Урала. Сыктывкар, 1995. С. 19-27.

Калинин Е.П. Геохимическая специализация гранитов и кислых вулканитов Приполярного Урала // Гранитоидные вулcano-плутонические ассоциации. Сыктывкар, 1997. С. 90-91.

Корреляция магматических комплексов Севера Урала и примыкающих территорий. Свердловск, 1988. 55 с.

Костюхин М.Н. Граниты полуострова Канин: геология, вещественный состав, условия образования и формационная принадлежность // Магматизм севера Урала и Тимана. Сыктывкар, 1985. С. 24-39.

Кузнецов Н.А., Соболева А.А., Матуков Д.И. Возраст интрузивных образований Тынаготского района (Приполярный Урал) по данным изотопного датирования единичных кристаллов циркона // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России. Мат-лы XIV геол. съезда Респ. Коми. Т. II. Сыктывкар: Геопринт, 2004. С. 98-102.

Кузнецов Н.Б., Соболева А.А., Удоратина О.В., Герцева М.В. Доордовикские гранитоиды Тимано-Уральского региона и эволюция Протоуралид-Тиманид. ГЕОПРИНТ, Сыктывкар, 2005а. 100 с.

Кузнецов Н.Б., Соболева А.А., Удоратина О.В. и др. Формирование доордовикских гранитоидных вулcano-плутонических ассоциаций Североуральско-Тимано-Печорского региона и протоуральская эволюция северо-восточной окраины Восточно-Европейского палеоконтинента // Очерки по региональной тектонике Урала, Казахстана и Тянь-Шаня. Т. 2. М.: Наука, 2005б. С. 158-200.

Куликова К.В., Кузнецов Н.Б., Дорохов Н.С. Формационная типизация и палеогеодинамическая позиция позднедокембрийских и раннепалеозойских

- комплексов севера Урала // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Мат-лы науч. конф. Вып. 2. Томск: ЦНТИ, 2001. С. 151-159.
- Лучинин И.Л.* Позднебайкальская гранит-липаритовая формация в северной части Центрально-Уральского поднятия // Вулканические образования Урала. Свердловск, 1968. С. 25-41.
- Махлаев Л.В.* Гранитоиды севера Центрально-Уральского поднятия (Полярный и Приполярный Урал). Екатеринбург, 1996. 150 с.
- Мизин В.И.* Позднепротерозойский вулканизм Севера Урала. Л.: Наука, 1988. 190 с.
- Оловянишников В.Г.* Верхний докембрий Тимана и полуострова Канин. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 164 с.
- Оловянишников В.Г., Бушуев А.С., Дохсаньяни Э.П.* Строение зоны сочленения Русской и Печорской плит по геолого-геофизическим данным // Докл. РАН. 1996. Т. 351. № 4. С. 209-231.
- Оффман П.Е.* Происхождение Тимана. М.: Изд-во АН СССР, 1961 140 с.
- Пучков В.Н.* Эволюция литосферы: от Печорского океана к Тиманскому орогену, от Палеоуральского океана к Уральскому орогену // Проблемы тектоники Центральной Азии. М.: ГЕОС, 2005. С. 309-342.
- Русин А.И.* Карта метаморфизма северной части Кваркушского поднятия (Северный Урал) // Ежегодник-1995. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1996. С. 96-99.
- Симонов А.П., Губерман Д.М., Яковлев Ю.Н. и др.* Полуостров Рыбачий (Баренцево море): новые данные о тектонике и перспективах нефтегазоносности рифейских отложений прибрежной зоны Кольского полуострова // Докл. РАН. 2002. Т. 384. № 6. С. 795-801.
- Соболева А.А.* Риолит-гранитная вулканоплутоническая ассоциация на западном склоне севера Урала // Гранитоидные вулканоплутонические ассоциации. Сыктывкар, 1997. С. 101-102.
- Соболева А.А.* Кислые вулканы севера Урала, их место в раннепалеозойской гранитоидной вулканоплутонической ассоциации // Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России. Сыктывкар, 1999. С. 169-171.
- Соболева А.А.* Проблема гетерогенности сальнерско-маньхамбовского гранитоидного комплекса // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Мат-лы регион. науч.-практ. конф. Пермь, 2001. С. 34-37.
- Соболева А.А.* Вулканы и ассоциирующие граниты Приполярного Урала. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2004. 147 с.
- Соболева А.А., Андреев В.Л.* Вулканоплутоническая ассоциация габбро-тоналит-гранодиорит-гранитного состава на Приполярном Урале // Гранитоидные вулканоплутонические ассоциации. Сыктывкар, 1997. С. 38-39.
- Соболева А.А., Кудряшов Н.М., Дорохов Н.С.* Изотопный возраст гранитоидов Народинского массива (Приполярный Урал) // Изотопная геохронология и решение проблем геодинамики и рудогенеза. СПб: Центр информационной культуры, 2003. С. 470-472.
- Соболева А.А., Кудряшов Н.М., Дорохов Н.С.* U-Pb возраст гранитоидов Народинского массива (Приполярный Урал) // Докл. РАН. 2004. Т. 397. №3. С. 391-395.
- Соболева А.А., Удортина О.В., Дорохов Н.С.* Геодинамическая обстановка формирования доордовикских гранитоидов севера Урала // Геология, геохимия, геофизика на рубеже XX и XXI веков. Т. 1. (Тектоника, стратиграфия, литология). М.: СВЯЗЬ-ПРИНТ, 2002. С. 92-93.
- Соболева А.А., Удортина О.В., Кузнецов Н.А. и др.* Свободненский гранито-гнейсовый массив (Приполярный Урал) // Петрология и минералогия севера Урала и Тимана. Вып. 3. Сыктывкар, 2005. С. 65-96.
- Удортина О.В., Соболева А.А., Кузнецов Н.А. и др.* Возраст гранитоидов Маньхамбовского и Иляизского массивов (Северный Урал): U-Pb данные // Докл. РАН. 2006. Т. 406. № 6. С. 810-815.
- Фишман М.В., Охотников В.Н., Юшкин Н.П., Маслов М.А.* Магматизм и металлогения Полярного и Приполярного Урала и Пай-Хоя в связи с их геологической историей и геологическим строением // Магматизм, метаморфизм и металлогения западного склона Урала. Уфа, 1976. С. 73-78.
- Фишман М.В., Юшкин Н.П., Голдин Б.А., Калинин Е.П.* Минералогия, типоморфизм и генезис акцессорных минералов изверженных пород севера Урала и Тимана. Л.: Наука, 1968. 251 с.
- Формирование земной коры Урала / С.Н. Иванов, В.Н. Пучков, К.С. Иванов и др. М.: Наука, 1986. 248 с.
- Хаин Е.В., Бибикина Е.В., Душин В.А., Федотова А.А.* О возможных связях между Палеоазиатским и Палеоатлантическим океанами в вендское и раннепалеозойское время // Тектоника и геодинамика, общие и региональные аспекты. Т. 2. М.: ГЕОС, 1998. С. 244-246.
- Штейнберг Д.С.* О специфике магматизма западного склона Урала // Вулканические образования Урала. Свердловск, 1968. С. 17-24.
- Штейнберг Д.С., Вигорова В.Г.* Глубинные и гипабиссальные граниты в Центрально-Уральском поднятии на Приполярном Урале // Магматизм, метаморфизм, металлогения западного склона Урала. Уфа, 1976. С. 100-106.
- Beckholmen M., Glondy J.* Timanian blueschist-facies metamorphism in the Kvarquush metamorphic basement, Northern Urals, Russia // The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica / D.G. Gee, V. Pease (eds.). Geol. Soc. London. Memoirs. V. 30. P. 125-134.
- Boynnton W.V.* Geochemistry of Rare Elements Meteorites Studies // Rare Earth Element Geochemistry. Amsterdam, 1984. P. 63-114.

*Chappell B.W.* Source rocks of I- and S-type granites in the Lachlan Fold Belt // *Phil. Trans. Royal Soc. London.* 1984. V. 310. P. 693-707.

*Chappell B.W., Stephens W.G.* Origin of intracrustal (I-type) granite magmas // *Trans. Royal Soc. Edinburgh. Earth Sci.* 1988. V. 79. P. 71-89.

*Chappell B.W., White A.J.R.* Two contrasting granite types // *Pacific Geol.* 1974. № 8. P.173-174.

*Chappell B.W., White A.J.R.* I- and S-type granites in the Lachlan Fold Belt. *Trans. Royal Soc. Edinburgh. Earth Sci.* 1992. V. 83. № 1. P. 1-26.

*Cocks L.R.M., Torsvik T.H.* Baltica from the Late Precambrian to Mid-Palaeozoic times: The gain and loss of a terrane's identity // *Earth-Science Reviews.* 2005. V. 72. P. 39-66.

*Dovzikova E., Pease V., Remizov D.* Neoproterozoic island arc magmatism beneath the Pechora Basin, NW Russia // *GFF.* 2004. V. 126. P. 353-362.

*Gee D.G., Beliakova L., Pease V. et al.* New Single Zircon (Pb-Evaporation) Ages from Vendian Intrusions in the Basement beneath the Pechora Basin, Northeastern Baltica // *Polarforschung.* H. 68. S. 161-170.

*Harris N.B.W., Pearce J.A., Tindle A.G.* Geochemical characteristics of collision-zone magmatism // *Collision tectonics / M.P. Coward, A.C. Ries (eds.). Geol. Soc. London Spec. Publ.* 1987. № 19. P. 67-81.

*Khain E.V., Bibikova E.V., Salnikova E.B. et al.* The Palaeo-Asian ocean in the Neoproterozoic and early Palaeozoic: new geochronologic data and paleotectonic reconstructions // *Precambrian Research.* 2003. V. 122. P. 329-358.

*Larionov A.N., Andreichev V.L., Gee D.G.* The Vendian alkaline igneous suites of northern Timan: ion microprobe U-Pb zircon ages of gabbros and syenite // *The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica / D.G. Gee, V. Pease (eds.). Geol. Soc. London. Memoirs.* V. 30. P. 69-74.

*Lorenz H., Pystin A.M., Olovyanishnikov V.G., Gee D.G.* Neoproterozoic high-grade metamorphism of the Kanin Peninsula, Timanide Orogen, northern Russia // *The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica / D.G. Gee, V. Pease (eds.). Geol. Soc. London. Memoirs.* V. 30. P. 59-68.

*Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G.* Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks // *J. Petrol.* 1984. V. 25. P. 956-983.

*Pease V., Dovzikova E., Beliakova L., Gee D.G.* Late Neoproterozoic granitoid magmatism in the basement of the Pechora Basin, NW Russia: geochemical constrains indicate westward subduction beneath NE Baltica // *The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica / D.G. Gee, V. Pease (eds.). Geol. Soc. London. Memoirs.* V. 30. P. 75-85.

*Remizov D.N., Pease V.* The Dzela complex, Polar Urals, Russia: a Neo-Proterozoic island arc // *The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica / D.G. Gee, V. Pease (eds.). Geol. Soc. London. Memoirs.* V. 30. P. 107-123.

*Roberts D., Olovyanishnikov V.G.* Structural and tectonic development of the Timan orogen // *The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica / D.G. Gee, V. Pease (eds.). Geol. Soc. London. Memoirs.* V. 30. P. 47-57.

*Roberts D., Sedlecka A., Olovyanishnikov V.G.* Neoproterozoic, passive-margin, sedimentary system of the Kanin peninsula, and northern and central Timan, NW Russia. *The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica / D.G. Gee, V. Pease (eds.). Geol. Soc. London. Memoirs.* V. 30. P. 5-17.

*Scarrow J.H., Pease V., Fleutelot C., Dushin V.* The late Neoproterozoic Enganape ophiolites, Polar Urals, Russia: An extension of the Cadomian arc? // *Precambrian Research.* 2001. V. 110. P. 255-275.

*Turekian K.K., Wedepohl K.H.* Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust // *Geol. Soc. Amer. Bull.* 1961. V. 72. P. 175-192.

*Udoratina O.V., Larionov A.N., Kuznetsov N.B., Kalinin E. P.* U-Pb zircon age of the Vangyr massif granite, Sub-Polar Urals, Russia // *Intern. conf. on Precambrian Continental Growth and Tectonism (PCGT-2005). Abstract. Jhansi, India, 2005.* P. 273-275.

*Whalen J.B., Currie K.L., Chappell B.W.* A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis // *Contrib. Miner. Petrol.* 1987. V. 95. P. 407-419.

*Рецензент доктор геол.-мин. наук Г.Б. Феритатер*