

**ДОУРАЛЬСКАЯ ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО
И ВОСТОЧНОГО ОБРАМЛЕНИЯ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ.
ЧАСТЬ 2. ПОЗДНЕДОКЕМБРИЙСКО-КЕМБРИЙСКАЯ КОЛЛИЗИЯ
БАЛТИКИ И АРКТИДЫ**

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: kouznikbor@mail.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 23 декабря 2005 г.

Изучение особенностей состава и строения комплексов протоуралид и тиманид позволило предложить обновленный тектонический сценарий позднедокембрийско-кембрийской геодинамической эволюции северо-восточного и восточного обрамления Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Ключевым моментом этого сценария является произошедшая на рубеже венда и кембрия коллизия двух палеоконтинентов – Балтики (позднедокембрийского остова ВЕП) и Арктиды. Позднедокембрийская Арктида состояла из блоков континентальной коры, рассеянных в настоящее время в арктическом секторе Земли, после того как в мезозое и раннем кайнозое произошло открытие океанических бассейнов Северной Атлантики и Северного Ледовитого океана. Реконструирование Арктиды проведено на основе новых геологических, изотопно-геохронологических, палеомагнитных и других геофизических данных. Юго-западные тиманиды и южные доуралиды сформировались на пассивной Тиманской континентальной окраине Балтики. Северо-восточные тиманиды и северные протоуралиды сформировались на активной Большеземельской окраине Арктиды, а также в зоне коллизии Балтики и Арктиды. Известково-щелочные вулканоплутонические ассоциации (ВПА) I-типа с возрастом 700-560 млн. лет являются вещественным выражением субдукции под Большеземельскую активную окраину Арктиды, а ВПА I-типа с возрастом 560-515 млн. лет маркируют собой этап коллизии Тиманской пассивной окраины Балтики и Большеземельской активной окраины Арктиды. ВПА А-типа с возрастом 565-500 млн. лет сформировались в обстановках локального растяжения (раскалывания) континентальной коры, маркирующих позднеколлизионную стадию. Такая тектоническая обстановка могла быть обусловлена, например, отрывом слэба под коллизионной зоной.

Ключевые слова: *поздний докембрий-кембрий, коллизия Арктиды и Балтики, тиманиды, протоуралиды, Центрально-Уральское поднятие, север Урала, Тимано-Печерский регион.*

**PRE-URALIAN TECTONIC EVOLUTION OF THE NORTH-EAST AND EAST FRAME
OF THE EAST EUROPEAN CRATON. PART 2. NEO-PROTEROZOIC-CAMBRIAN
BALTICA-ARCTIDA COLLISION**

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»*

Compositional and structural features of Pre-Uralides and Timanides allowed us to propose the improved tectonic scenario for the Neo-Proterozoic-Middle Cambrian evolution of NE and E frame of

the East European craton (EEC). A key moment of the scenario is a collision of two paleo-continent Baltica (Neo-Proterozoic skeleton of the EEC) and Arctida. Arctida had been composed by continental crust blocks were scattered in the Arctic sector by Mesozoic-Early Cenozoic opening of North Atlantic and Arctic oceanic basins. Arctida was restored on the base of the new geological, paleomagnetic and other data. SW Timanides and S Pre-Uralides were formed at the passive Timan margin of Baltica, NE Timanides and N Pre-Uralides were formed on the active Bolshezemel margin of Arctida, and in collision zone of the Arctida and Baltica. The calc-alkaline volcanic-plutonic associations (VPA) I-type (ages 700-560 Ma) mark the subduction beneath the Bolshezemel margin of Arctida, and VPA I-type (ages 560-515 Ma) mark the collision of the Timan passive margin of Baltica and Bolshezemel active margin of Arctida. VPA A-type (ages 565-500 Ma) mark a local extensional setting and faulting of the continental crust at the late stage of collision. Such tectonic setting can be due to a detachment of the slab in collision zone.

Key words: *Neo-Proterozoic-Cambrian, Baltica-Arctida collision, Timanides, Pre-Uralides, Central-Urals uplift, North Urals, Timan-Pechora region.*

Восточное и северо-восточное обрамление Восточно-Европейской платформы

Восточным и северо-восточным обрамлением Восточно-Европейской платформы (ВЕП) являются Уральский герцинский складчатый пояс и Печорская плита (ПП), соответственно (см. Часть 1 этой статьи). Обе эти разнотипные геологические структуры характеризуются двучленным строением. Нижний стратиграфический, и как правило, структурный уровень занимают неравномерно дислоцированные и метаморфизованные позднекембрийско-кембрийские, а верхний – послекембрийские образования. На Урале, особенно на его западе (в *Западно-Уральской* мегазоне), фундамент ордовикско-позднепалеозойских осадочных комплексов представлен неравномерно метаморфизованными осадочными, вулканогенно-осадочными и вулканогенными комплексами, разнообразными интрузиями (габброидами, гранитоидами и т.д.) и редкими офиолитами позднекембрийско-кембрийского возраста. Эти образования названы протоуралидами. В пределах ПП под слабо дислоцированным чехлом, охватывающим стратиграфический диапазон от ордовика до кайнозоя и имеющим мощность до нескольких километров, залегает складчатый фундамент, который вскрыт лишь несколькими редкими глубокими скважинами [Белякова, Степаненко, 1991; Довжикова и др., 2000; Gee et al., 2000; Dovzikova et al., 2004; Pease et al., 2004]. На дневную поверхность эти породы и их возрастные аналоги выступают лишь на Тимане и на полуострове Канин Нос [Костюхин, 1985; Андричев, 1997; Оловянишников, 1998; Анд-

реичев, Ларионов, 2000; Larionov et al., 2004; Lorenz et al., 2004]. В совокупности позднекембрийско-кембрийские комплексы, слагающие складчатый фундамент ПП и ее юго-западного обрамления (Тиман и Канин Нос), получили название тиманиды.

Позднекембрийско-кембрийская тектоническая эволюция северо-восточной периферии Восточно-Европейской платформы

Краткий обзор существующих тектонических концепций

Позднекембрийский остов ВЕП – палеоконтинент Балтика – состоял из трех крупных сегментов, которые называются Фенноскандия, Волго-Урاليا и Сарматия [Bogdanova, 1993]. На восточном и северо-восточном (в современных координатах) обрамлении Балтики располагается складчатая система Протоуралид-Тиманид, сложенная разнородными позднекембрийско-кембрийскими комплексами. В отношении представлений о позднекембрийско-кембрийской эволюции восточной и северо-восточной окраины Балтики и образования складчатой системы Протоуралид-Тиманид существует большое количество принципиально различающихся точек зрения. И по мере выявления все новых и новых временных датировок, особенностей геологического строения комплексов протоуралид и тиманид, etc., геотектонические сценарии, объясняющие их эволюцию, все более и более усложняются (см. подробный обзор существующих концепций и

эволюцию взглядов на протоуралиды и тиманиды в [Кузнецов и др., 2005а;б]). Здесь мы лишь кратко отметим принципиальные тектонические концепции и перечислим хорошо известные, но еще до сих пор не объясненные в рамках этих концепций геологические факты.

Первые плито-тектонические реконструкции для времени формирования фундамента ПП и сопредельных структур были предложены В.В. Юдиным и В.А. Дедеевым [1987]. Позднее эти идеи и построения получили дальнейшее развитие [Костюченко, 1994; Оловянишников, 1998; Scarrow et al., 2001; Pease et al., 2004; Roberts, Olovyanishnikov, 2004; Cocks, Torsvik, 2005]. В этих работах северо-восточная позднедокембрийская Тиманская окраина Балтики интерпретируется как активная континентальная окраина с падающей под нее зоной субдукции. Позднедокембрийско-кембрийский рост Тиманской окраины в рамках этих концепций происходил за счет аккрецирования к ней различных террейнов (реликтов вулканических дуг, бассейнов с корой океанического типа, микроконтинентов и т.п.).

В появившихся в самое последнее время других концепциях северо-восточная окраина Балтики рассматривается как пассивная континентальная окраина, вовлеченная в самом начале палеозоя в погружение в субдукционную зону, ориентированную в северо-западном направлении [Beckholmen, Glondy, 2004; Петров и др., 2005].

Несмотря на существенные различия в понимании первоначальной тектонической природы позднедокембрийской северо-восточной Тиманской окраины Балтики (пассивная или активная) и направления падения субдукционной зоны (под Балтику или от нее), все упомянутые выше концепции рассматривают позднедокембрийско-кембрийскую тектонику тиманид Тимано-Печорского региона (ТПР) как тектонику аккреционного стиля. При этом подразумевается, что после завершения тектонической активности позднедокембрийско-кембрийского времени к северо-востоку от северо-восточной окраины Балтики продолжал располагаться океанический бассейн – Тимано-Протоуральский палеоокеан, по В.В. Юдину и В.А. Дедееву [1987].

Относительно протоуральской эволюции восточного обрамления Восточно-Европейской платформы и протоуралид Западно-Уральской мегазоны большинство геологов, изучавших Урал, полагают, что протоуралиды были сфор-

мированы на восточной окраине Восточно-Европейской платформы и представляют собой автохтонные по отношению к этой окраине образования, т.е. сформировались в пределах этой окраины. При этом некоторые авторы рассматривают протоуральские комплексы как комплексы внутриконтинентального рифейско-кембрийского рифта [Иванов и др., 1986, и др.], другие исследователи рассматривают их как комплексы активной континентальной окраины [Душин, 1997; Scarrow et al., 2001; Руженцев, Самыгин, 2004] или как комплексы пассивной континентальной окраины [Самыгин, Лейтес, 1986; Пучков, 1997, 2000].

Важно отметить, что, как правило, эти концепции разработаны на материалах изучения отдельных, иногда даже очень небольших частей западного Урала. Затем эти представления распространяются на весь уральский край Восточно-Европейской платформы. Однако, протоуральские комплексы вдоль простирания уральского края Восточно-Европейской платформы весьма существенно различаются. В северной части Центрально-Уральского поднятия – это преимущественно неравномерно метаморфизованные вулканогенно-осадочные и вулканогенные образования, гранитоиды и редкие офиолиты. Тогда как в его южной части доминируют осадочные образования. В рамках известных в настоящее время тектонических сценариев этот факт не находит объяснения.

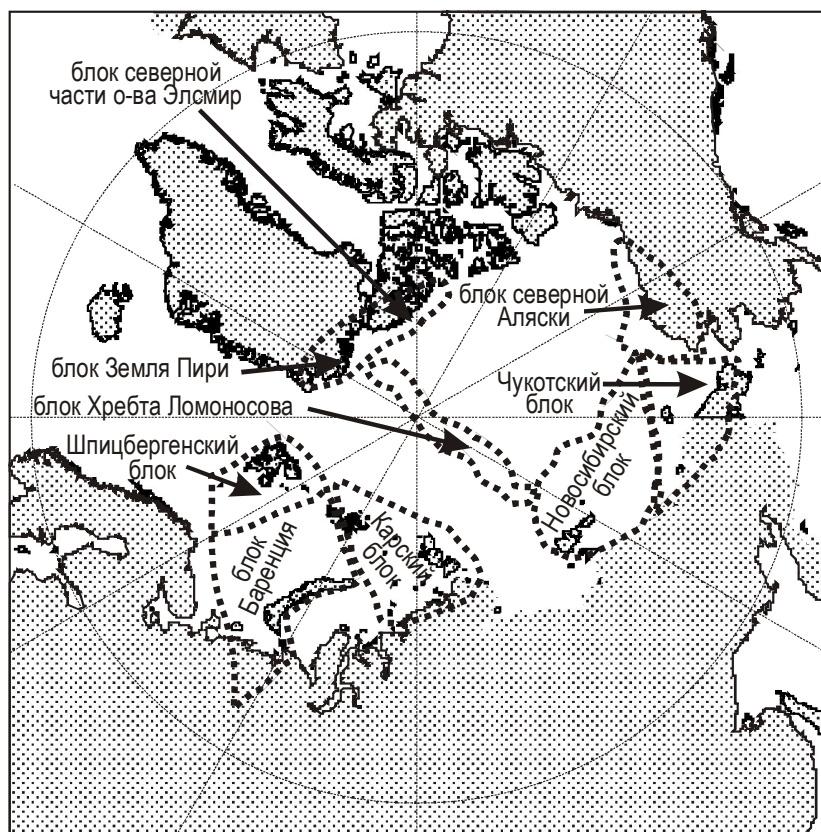
В работе предложен новый подход к интерпретации позднедокембрийско-кембрийской тектонической эволюции северо-восточного обрамления Восточно-Европейской платформы, ключевым моментом которого является коллизия двух палеоконтинентов – Балтики и Арктиды.

Палеоконтинент Арктида

По-видимому, Н.С. Шатский был первым, кто еще в 1935 году предположил существование древнего массива с корой континентального типа в Арктическом секторе Земли. Позднее, уже на плито-тектонической основе представления о древнем континенте Арктида, реликты которого сейчас рассеяны в Арктике, получили развитие в работах Л.П. Зоненшайна и его соавторов [Зоненшайн, Натапов, 1987; Зоненшайн и др., 1987, 1990]. Эти исследователи провели первые палинспастические реконструкции континента и показали, что до среднего палеозоя он существовал как независимый изо-

Рис. 1. Блоки древней допалеозойской коры континентального типа в Арктической области Земли.

Пояснения в тексте.



лированный крупный массив с континентальной корой.

В настоящее время палеоконтинент Арктида реконструируется несколько по-иному [Борисова и др., 2001, 2003; Borisova et al., 2002; Кузнецов и др., 2005а, б; Kuznetsov et al., 2005]. В основу обновленной реконструкции положены современные геологические [Egorov et al., 2002], изотопно-геохронологические [Gee et al., 2005; Pease, 2001; Miller et al., 2004], палеомагнитные [Метелкин и др., 2000] и другие геофизические [Магнитные..., 1995] данные. По новой реконструкции палеоконтинент Арктида состоял из следующих блоков (рис. 1): 1) Баренцевский блок (включающий архипелаг Новая Земля и прилегающую к нему с запада большую восточную часть шельфа Баренцева моря, а также Большеземельскую часть фундамента ПП); 2) Шпицбергенский блок (включающий архипелаг Шпицберген и прилегающие к нему шельфовые области западной части Баренцева моря); 3) Карский блок (северный Таймыр, архипелаги Северная Земля и Земля Франца Иосифа совместно с прилегающими к ним шельфами); 4) Новосибирский блок (Новосибирские острова и окружающие их шельфовые области моря Лаптевых); 5) Чукотский блок (северная часть Чукотки, острова Врангеля и шельф Чукотского моря); 6) Блок арктической Аляски (северная часть полуострова Аляска, расположенная к северу от хребта Брукса, и прилегающая к ней шельфовая область); 7) отдельные фрагменты северной части Иннуитского складчатого пояса (блок северной части Земли Пири и острова Элсмир); 8) Блок подводного хребта Ломоносова. Позднее, в позднем мезозое-раннем кайнозое, Арктида была фрагментирована в результате

раскрытия океанических бассейнов Северного Ледовитого океана и Северной Атлантики – котловины Макарова, Амеразийского (Канадского) и Евразийского бассейнов.

Давно известно, что на Урале и в ТПР однотипные послекембрийские (послесреднекембрийские?) комплексы несогласно перекрывают дислоцированные и глубоко эродированные позднедокембрийско-кембрийские комплексы протоуралид и тиманид, слагающие сейчас, соответственно, Центрально-Уральское поднятие (ЦУП), а также Тиманский и Большеземельский мегаблоки фундамента ПП [Кузнецов и др., 2006, рис. 2]. Тиманиды Большеземельского мегаблока фрагментарно прослеживаются в северо-восточном направлении на Полярном Урале (поднятия Енганапэ, Манитанырд и Оченырды), на Пайхое (район Амдермы), на о-ве Вайгач, на юге южного острова архипелага Новая Земля. Кроме того, по геофизическим (сейсмо-стратиграфическим) данным эти образования прослеживаются в пределах шельфа Баренцева и Карского морей. Это означает, что, начиная со второй половины раннего палеозоя, область развития северо-восточных тиманид и ее северное продолжение уже составляли единое целое с Балтикой.

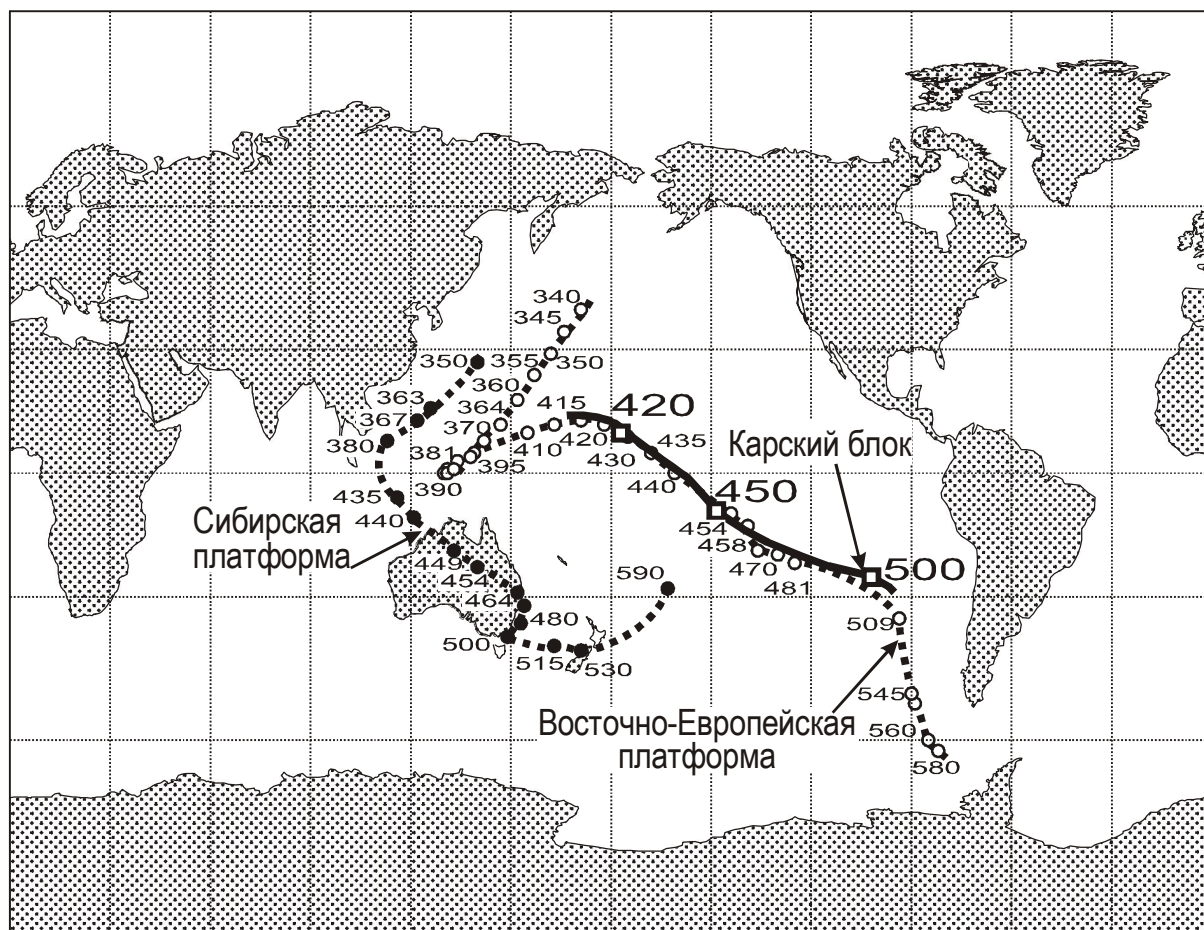


Рис. 2. Сравнение траекторий кажущейся миграции палеомагнитных полюсов Восточно-Европейской и Сибирской платформ по рукописной работе [Храмов и др., 1999] и Карского блока по [Метелкин и др., 2000; Борисова и др., 2003; Кузнецов и др., 2005а,б].

При составлении схемы была использована компьютерная программа GMAP, описанная в [Torsvik, Smethurst, 1999].

Новые данные, полученные в самые последние годы на севере Урала, в ТПР и в Арктике, или прямо поддерживают концепцию коллизии Балтики и Арктиды, или, во всяком случае, явно не противоречат ей. К таким данным следует отнести результаты изучения изотопного датирования доордовикских гранитоидов севера Урала и ТПР [Кузнецов и др., 2006], а также недавние палеомагнитные определения, полученные для раннепалеозойских комплексов о-ва Октябрьской Революции архипелага Северная Земля [Метелкин и др., 2000], позволившие построить кривую кажущейся миграции магнитного полюса Карского блока. Сопоставление этой кривой с соответствующим отрезком кривой кажущейся миграции магнитного полюса ВЕП (рис. 2) явно указывает на то, что Карский блок имел те же самые палеомагнитные полюса, что и ВЕП, начиная с раннего палеозоя.

В целом остается все еще много дискуссионных деталей строения самой Арктиды и предлагаемой нами концепции ее поздневендско-кембрийского коллизийного взаимодействия с северо-восточной окраиной Балтики, поскольку геологическое строение Арктического сектора Земли, а тем более позднекембрийские комплексы расположенных здесь блоков континентальной коры, все еще не достаточно полно изучены. Например, в работе [Gee, Teben'kov, 2004] известные на островах архипелага Шпицберген древние стратифицированные комплексы и гранитоиды, являющиеся продолжением Скандинавских каледонид, по ряду признаков отождествляются с образованиями, имеющими Лаврентийскую первичную тектоническую принадлежность. Однако мы полагаем, что, подобно тому, как это имеет место в Скандинавии, эти комплексы являют-

ся аллохтонными и тектонически налегают на комплексы и структуры Баренцевоморского блока палеоконтинента Арктида.

Доордовикские гранитоидные вулканоплутонические ассоциации как тектонический индикатор коллизии Балтики и Арктиды

Принято считать, что тиманиды формировались за счет аккреции северо-восточного края Балтики различными блоками, расположенными сейчас в Большеземельском мегаблоке фундамента ПП [Оловянишников, 1998; Пучков, 2005]. Если бы это было так, то в возрастах доордовикских гранитоидных вулканоплутонических ассоциаций (ВПА) в ТПР и северных структурных элементах ЦУП должны были бы выявляться возрастные северо-восточные тренды, отражающие миграцию надсубдукционного вулканизма, или, что то же самое, проградацию северо-восточной активной окраины Балтики в позднем докембрии и самом начале палеозоя. Однако тенденции к омоложению доордовикских гранитоидных ВПА на северо-восток не выявлено [Кузнецов и др., 2006]. Более того, установлено, что и самые молодые, и самые древние доордовикские гранитоидные ВПА приурочены к выходам протоуралид-тиманид на Приполярном Урале – к Кожимскому блоку Ляпинского антиклинория ЦУП. Учет этого факта и некоторых других особенностей вещественного состава и внутреннего строения комплексов протоуралид-тиманид указывает

(как минимум) на более сложную палеотектоническую картину, чем простое (шаг за шагом) наращивание северо-восточной активной окраины Балтики за счет аккреции к ней разнородных террейнов.

Мы полагаем, что в позднем докембрии северо-восточная (Тиманская) и восточная (Южно-Уральская) окраины Балтики развивались в режиме пассивной континентальной окраины. В течение этого времени на ней накопились мощные, преимущественно седиментационные комплексы. Эти слоистые серии обнажаются сейчас на Тимане и распространены в Тиманском домене фундамента ПП [Оловянишников, 1998; Roberts, Olovyanishnikov, 2004; Siedlecka, Olovyanishnikov, 2004], в Кваркушском антиклинории и Башкирском поднятии [Maslov, 2004]. В противоположность Башкирскому поднятию, в пределах Уралтауской и Эбетиной тектонических единиц ЦУП распространены позднедокембрийские комплексы, включающие гранитоиды, надсубдукционные(?) вулканиты и офиолиты. Но наличие этих образований не противоречит геодинамическим представлениям о пассивном характере восточной окраины Балтики в позднем докембрии, так как для обеих тектонических единиц было показано, что развитые здесь комплексы чужеродны по отношению к сопредельным частям Балтики и имеют эпигондванское (кадомское) происхождение [Puchkov, 1998; Пучков, 2000; Kuznetsov, 2005].

Тиманиды Большеземельского мегаблока фундамента ПП, а также протоуралиды Ля-

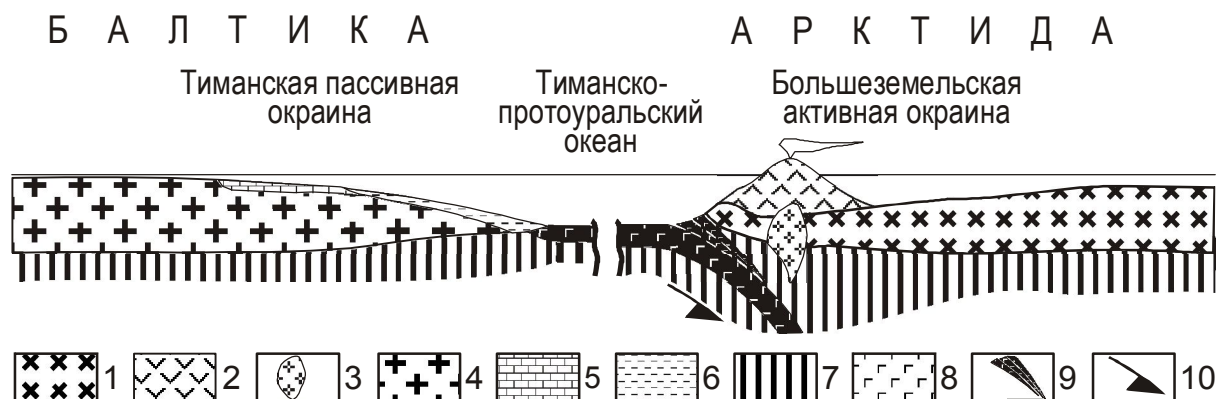


Рис. 3. Схематический геодинамический профиль для позднего рифея.

1 – фундамент континента Арктида; 2-3 – комплексы активной окраины континента Арктида: 2 – вулканогенно-осадочные образования, 3 – гранитоиды; 4 – фундамент Восточно-Европейской платформы; 5-6 – комплексы пассивной окраины Восточно-Европейского континента: 5 – комплексы шельфа, 6 – комплексы склона и подножья; 7 – мантия; 8 – комплексы меланократовой коры океанического бассейна; 9 – аккреционная призма; 10 – направление субдукции.

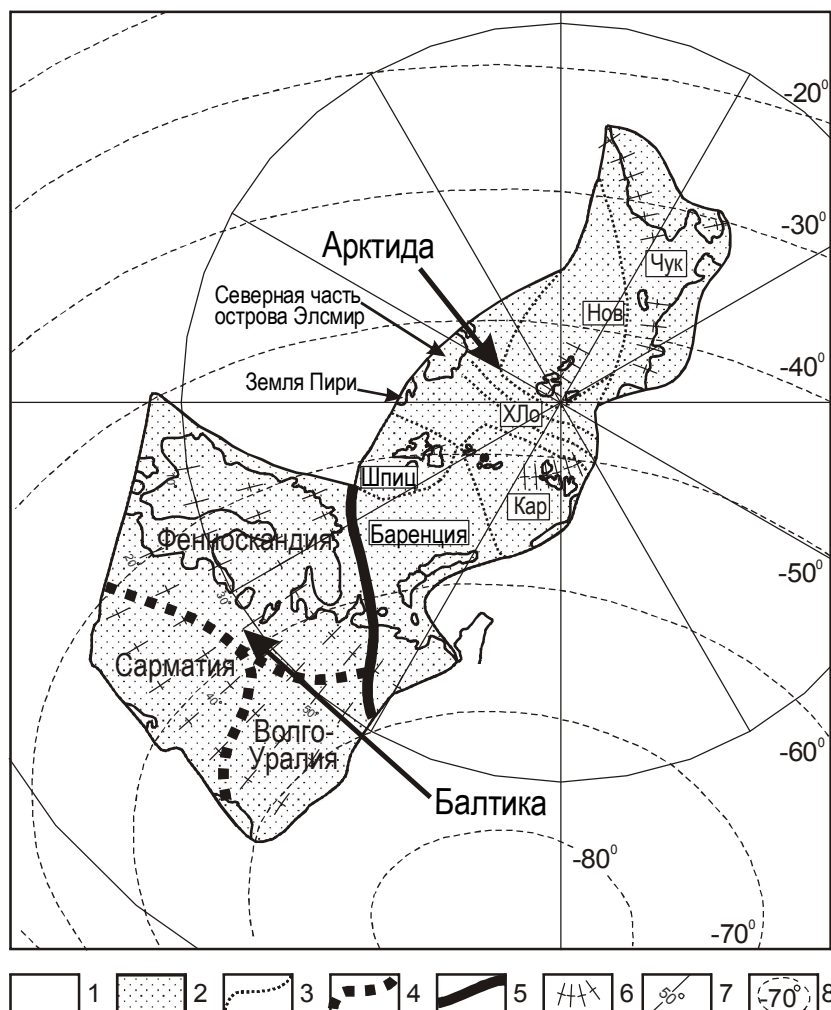


Рис. 4. Палеотектоническая реконструкция для начала кембрия (по [Борисова и др., 2003], с изменениями).

1 — океанические бассейны; 2 — палеоконтиненты; 3 — границы блоков континентальной коры палеоконтинента Арктида; 4 — границы блоков континентальной коры Восточно-Европейского палеоконтинента (Балтики); 5 — зона столкновения (Припечорская сутура) Восточно-Европейского палеоконтинента (Балтики) и Арктиды; 6 — узлы современной координатной сети (пересечение современных широт и долгот); 7 — современная координатная сетка; 8 — древняя координатная сетка.

Буквенные индексы в рамках: Шпиц — Шпицбергенский блок; Баренция — Баренцевский блок; Кар — Карский блок; ХЛо — блок хребта Ломоносова; Нов — Новосибирский блок; Чук — Чукотский блок.

пинского антиклинория и всех более северных структурных элементов ЦУП в значительной степени сложены вулканогенно-осадочными сериями, гранитоидами и базит-гипербазитовыми (в том числе и офиолитовыми) комплексами. Мы полагаем, что эти комплексы сформировались на Большеземельской активной окраине Арктиды (рис. 3). Ранние эпизоды (от 700 млн. лет до ~ 560 млн. лет) гранитоидного известково-щелочного магматизма I-типа проторурид-тиманид указывают на активную обстановку на этой континентальной окраине в позднем докембрии.

К временному рубежу между вендом и кембрием литосфера той части Тимано-Протуральского океана, которая располагалась между Тиманской пассивной окраиной Балтики и Большеземельской активной окраиной Арктиды, полностью поглотилась в зоне субдукции, погружающейся в сторону Большеземельского края Арктиды (рис. 4). Главным вещественным выражением коллизии явился гранитоидный магматизм I-типа с возрастом от ~ 560 млн. лет

и моложе и становление метаморфического комплекса высоких давлений и низких температур (HP/LT), установленного в самой северной части Кваркушского антиклинория. Здесь высокobarические минеральные парагенезы сформировались по некоторым оценкам в интервале 500-550 млн. лет [Русин, 1996], а по другим оценкам — около 540 млн. лет назад [Beckholmen, Glondy, 2004; Петров и др., 2005]. Поле развития высокobarических метаморфитов на севере Кваркушского антиклинория располагается на юго-западном продолжении Припечорско-Илыч-Чикшинской (ПИЧ) зоны разломов фундамента ПП, которая геометрически совпадает со ступенью в магнитном поле, ограничивающей с юго-запада Печорскую магнитную аномалию. Эта аномалия отчетливо видна на региональных и глобальных магнитных картах [Магнитные ..., 1995]. В приуральской части ТПР на простирании Печорской аномалии располагается обширная Денисовская положительная магнитная аномалия. Верхние горизонты коры в районе Денисовской ано-

малии представлены «немагнитными» осадочными палеозойскими образованиями Западно-Уральской мегазоны и чехольными комплексами восточного фланга ПП. Поэтому Денисовская магнитная аномалия генерируется телами пород базитового и гипербазитового состава, располагающимися под «немагнитными» комплексами [Иванов и др., 1986], каковыми являются здесь позднедокембрийско-кембрийские комплексы протоуралид и тиманид. Мы полагаем, что ПИЧ разломная зона и полоса НР/ЛТ метаморфитов северной части Кваркушского антиклинория в совокупности маркируют реликты коллизионной сутуры, образовавшейся в зоне столкновения Балтики и Арктиды.

Одновременно с поздними эпизодами проявления гранитоидного магматизма I-типа, имеющего синколлизийный характер, происходило становление гранитоидных и вулканических комплексов А-типа (565-500 млн. лет). Проявления плутонического и вулканического кремнекислого магматизма А-типа пространственно сопряжены с массивами габброидов и полями базальтовых потоков. Кремнекислые породы являются членами бимодальных контрастных габбро-гранитных и базальт-риолитовых ассоциаций. Их «сухие» гранитные магмы формировались в зонах прогрева, возникающих при внедрении интрузий базитовых магм континентальных толеитов. Гранитоиды А-типа слагают удлинённые интрузивные массивы, приуроченные к линейным тектоническим зонам, и маркируют обстановки локального растяжения (рифтогенеза?) с глубокими расколами континентальной коры.

Пока все еще недостаточно данных для реконструирования деталей позднедокембрийской и кембрийской тектонической эволюции северо-восточного обрамления ВЕП. Однако даже те скудные известные к настоящему времени данные позволяют предположить, что коллизийное взаимодействие Балтики и Арктиды сопровождалось отрывом слэба (detachment of slab) под коллизийной зоной. В работе [Wortel, Spakman, 2000] показано, что при вхождении в субдукционную зону плавучей континентальной литосферы происходит разрушение слэба. Горячий астеносферный материал проникает в образовавшееся окно в слэбе («slab-window») и продуцирует импульсы мафического магматизма [Davies, Blanckenburg, 1995; Ferrari, 2004], нетипичного для «нормальной» субдукционной зоны. Отрыв тяжелого эк-

логитового корня слэба вызывает подъем вышерасположенного коллизийного пояса [Rogers et al., 2002] и локальное растяжение. Для таких тектонических обстановок характерны контрастно дифференцированные бимодальные магматические серии.

Коллизийный ороген Тиманид-Протоуралид

В отличие от аккреционных поясов, где взаимное пространственное соотношение последовательно причленяемых террейнов в целом сохраняется, коллизийные пояса, образующиеся при столкновении континентов, обычно характеризуются формированием покровной и покровно-складчатой структуры Альпийского стиля. При этом происходит шарьирование комплексов сталкивающихся континентальных окраин и «зажатых» между континентами реликтов островных дуг, океанических бассейнов и т.п. глубоко в пределы континентов («перемешивание» комплексов) и образование высокостоящего орогена [Pfiffner et al., 1997, 2002; Stampfli et al., 1998]. Мы полагаем, что структурным выражением коллизии Балтики и Арктиды явилось формирование кембрийского асимметричного дивергентного коллизийного орогена, который мы называем орогеном Протоуралид-Тиманид (рис. 5).

Реликты осевой части орогена в структуре фундамента ПП распознаются как Печорский блок (юго-западная часть Большеземельского мегаблока). Юго-восточное продолжение осевой части орогена сейчас трассируется в структуры ЦУП как Кожимский блок Ляпинского антиклинория. Северо-западное продолжение орогена (его юго-западного крыла) прослеживается на п-ова Рыбачий, Средний и Варангер. Северо-западный фланг орогена Протоуралид-Тиманид иногда в литературе называется Тимано-Варангерской складчатой системой [Симонов и др., 2002; Cocks, Torsvik, 2005].

Юго-западное (в современных координатах) крыло орогена Протоуралид-Тиманид было сложено в основном позднедокембрийскими комплексами Тиманской пассивной окраины Балтики. При этом, по-видимому, все же некоторые аллохтонные комплексы Большеземельской активной окраины оказались вовлеченными в строение юго-западного крыла орогена. К этим комплексам могут быть отнесены, с некоторыми оговорками, лямчинская, лун-

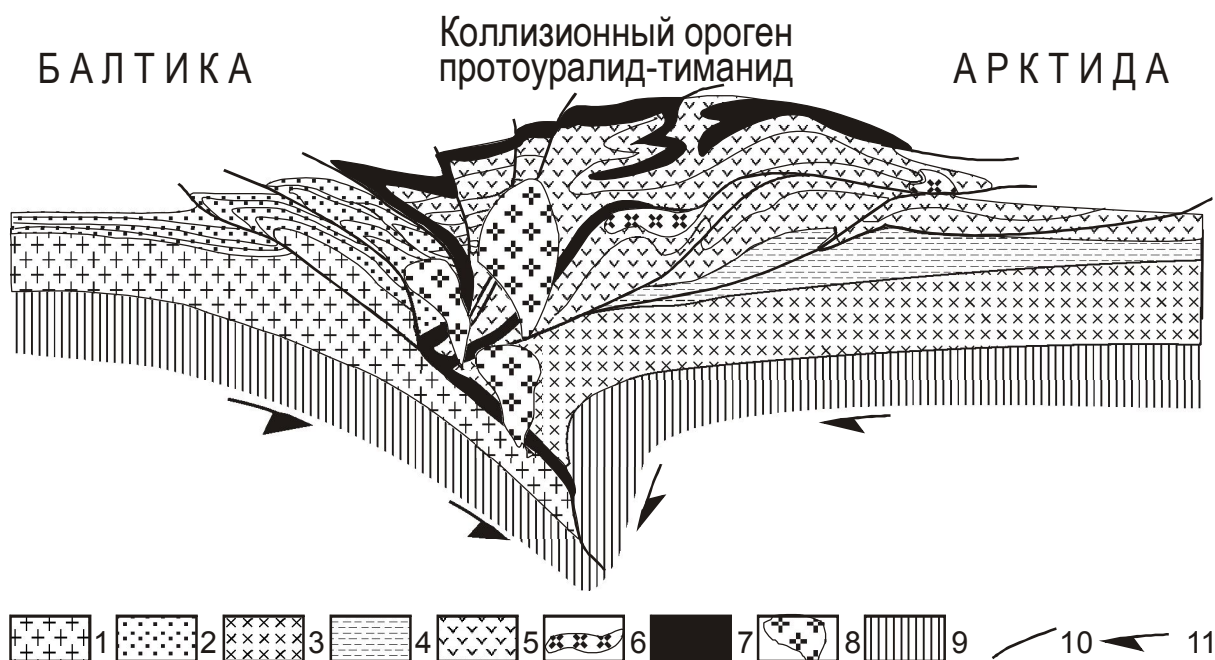


Рис. 5. Принципиальная схема строения поздневендско-кембрийского коллизионного орогена протоуралид-тиманид.

1 – древнее кристаллическое основание Балтики; 2 – плитный чехол Балтики и комплексы Тиманской пассивной окраины Балтики; 3 – древнее кристаллическое основание континента Арктида; 4 – плитный чехол континента Арктида; 5-7 – аккреционные комплексы и комплексы Большеземельской активной континентальной окраины континента Арктида: 5-6 – комплексы островодужной природы: 5 – вулканогенно-осадочные образования, 6 – гранитоиды; 7 – офиолиты; 8 – коллизионные гранитоиды; 9 – мантия; 10 – взбросы и надвиги; 11 – векторы движения литосферных плит.

вожская свиты и их аналоги. Складчато-надвиговые дислокации юго-западного крыла орогена характеризуются отчетливой юго-западной вергентностью.

Комплексы Большеземельской активной окраины Арктиды слагали осевую часть и северо-восточное крыло орогена Протоуралид-Тиманид. Большая часть комплексов северо-восточного крыла орогена оказалась вовлечена в крупноамплитудные шарьяжно-надвиговые дислокации, которые существенно усложнили аккреционную структуру Большеземельской активной окраины Арктиды. Аллохтонные комплексы окраины были перемещены глубоко в пределы Арктиды и тектонически перекрыли комплексы и структуры тыловых частей Большеземельской окраины.

Покровная структура была дислоцирована в систему простых сопряженных положительных и отрицательных складчатых форм. Позднее, в раннем палеозое, ороген был тектонически переработан и эродирован. Структура северо-восточного крыла орогена оказалась фрагментирована, и отдельные ее элементы

оказались изолированными друг от друга. Сейчас эти фрагменты по геофизическим данным распознаются в фундаменте ПП в качестве удлиненных в северо-западном направлении зон развития меланократовых (базит-ультрабазитовых) и дифференцированных вулканических и вулканогенно-осадочных комплексов. В структурном смысле это крупные Нижнепечорская и Кожим-Вангырская синформы, а также ряд мелких синформ, выделяемых в фундаменте ПП. Сюда же следует отнести зону развития аллохтонных позднекембрийских базитов и гипербазитов (в т.ч. и офиолитов), гранитоидов, а также дифференцированных вулканитов и ассоциирующих с ними осадочных комплексов, обнажающихся в пределах поднятия Енгапэ в Полярной части ЦУП [Мизин, 1988; Душин, 1998; Хаин и др., 1998; Scarrow et al., 2001; Khain et al., 2003; Pease et al., 2004]. А кроме того, – метабазитовый комплекс Дзеля, расположенный на юге Полярного Урала [Remizov, Pease, 2004; Пучков, 2005] и сложенный породами, интерпретированными как образования типа N-MORB и энсиматической зоны субдукции.

В современной структуре фундамента ПП синформные зоны пространственно чередуются с антиформными поднятиями. Здесь выделяются Колгуевское, Харейверское и Ново-Земельское поднятия. В ядрах антиформных поднятий на поверхности фундамента ПП экспонируются позднедокембрийские комплексы тыловых частей Большеземельской активной окраины Арктиды и более древние комплексы кристаллического основания этого континента.

Важно отметить, что традиционная аккреционная интерпретация Колгуевского, Харейверского и других поднятий в фундаменте ПП рассматривает их как экзотические блоки (террейны), отделенные друг от друга широкими разломными зонами (сутурами), выполненными базит-ультрабазитовыми комплексами [Оловянишников, 1998]. Мы рассматриваем эти зоны как крупные синформы, сложенные позднедокембрийскими аллохтонными офиолитами, дифференцированными вулканитами и вулканогенно-осадочными образованиями фронтальных частей Большеземельской активной окраины Арктиды. Разделенные синформами поднятия мы интерпретируем как крупные антиформы, в ядрах которых развиты преимущественно осадочные комплексы (в целом близко одновозрастные аллохтонным комплексам синформ) и комплексы их древнего фундамента.

Коллизионный ороген Протоуралид-Тиманид был высокостоящей областью и подвергался быстрой эрозии. Продукты эрозии транспортировались на далекое расстояние от области размыва и разносились по всему континенту Арктида. Так, на о-ве Октябрьской революции архипелага Северная Земля (Карский блок) раннепалеозойские турбидиты содержат обломочный мусковит с Ar/Ag изотопным возрастом около 545 млн. лет, а ордовикские изверженные породы содержат ксеногенные цирконы с возрастом 560 млн. лет [Gee et al., 2005]. В кембрийских турбидитах на севере Таймыра (южная часть Карского блока) обнаружены обломочные цирконы с возрастом ~ 560 млн. лет [Pease, 2001], при этом явно подчеркивается, что эти цирконы по возрасту сопоставимы с возрастом гранитов фундамента ПП. В триасовых песчаниках Мырговаамского бассейна (Раучанский прогиб), расположенного на западе Чукотки (Чукотский блок), одна из популяций кластогенных цирконов характеризуется возрастом около 566 млн. лет [Miller et al., 2004].

Мы полагаем, что популяции обломоч-

ных и ксеногенных цирконов и других минералов с возрастом около 560 млн. лет, обнаруженные в различных регионах Арктического сектора, в блоках, являющихся фрагментами Арктиды, образовывались в коллизионном орогене Протоуралид-Тиманид. Если это так, то это означает, что не существовало никаких океанических бассейнов, препятствующих разносу осадочного материала, поступающего с размывающегося орогена, и перемещению этого материала по Арктиде. Это является дополнительным и независимым доказательством самого факта существования палеоконтинента Арктида.

Начиная с самого конца кембрия(?)–тремадока, реликты эродированного орогена Протоуралид-Тиманид были перекрыты плитным преимущественно осадочным чехлом. Осевая часть орогена сохраняла высокое стояние (т.е. была областью эрозии) еще какое-то время и была перекрыта осадочным чехлом несколько позже, в среднем палеозое.

Выводы

Юго-западные тиманиды (доордовикские комплексы Тимана и Тиманского блока фундамента Печорской плиты) и южные протоуралиды (доордовикские комплексы Кваркушского антиклинория и Башкирского поднятия Центрально-Уральского поднятия), сложенные преимущественно осадочными породами, формировались на Тиманской и Южно-Уральской пассивной континентальной окраине Балтики, соответственно. В противоположность им, северо-восточные тиманиды (доордовикские комплексы Большеземельского мегаблока фундамента Печорской плиты) и северные протоуралиды (доордовикские комплексы Ляпинского антиклинория и всех более северных тектонических единиц Центрально-Уральского поднятия) формировались на активной Большеземельской окраине континента Арктида и в зоне коллизии Арктиды и Балтики.

Ключевым моментом предлагаемой модели тектонической эволюции северо-восточного обрамления Восточно-Европейской платформы была коллизия палеоконтинентов Балтика (Тиманская пассивная окраина) и палеоконтинента Арктида (Большеземельская активная окраина), произошедшая на временной границе между вендом и кембрием.

Известково-щелочные гранитоидные вулканоплутонические ассоциации I-типа с возра-

стом в диапазоне 700-515 млн. лет образовывались в надсубдукционной обстановке на Большеземельской активной окраине и в коллизионной обстановке. Гранитоиды и кремнекислые вулканы вулканно-плутонические ассоциации А-типа являются составными частями бимодальных контрастных габбро-гранитных и базальт-риолитовых ассоциаций и сформировались в зонах разогрева и подплавления континентальной коры под воздействием интрузий глубинных континентальных толеитовых базитов. Гранитоиды А-типа формируют удлиненные интрузивные массивы, приуроченные к линейным тектоническим зонам и маркируют собой обстановки растяжения и глубоких расколов континентальной коры. Такие тектонические обстановки могут возникать при детачменте слэба в коллизионной зоне.

Столкновение континентов сопровождалось формированием орогена Протоуралид-Тиманид и покровов в альпийском стиле с шарпированием комплексов окраин сталкивающихся континентов далеко в пределы континентов. Позднее ороген Протоуралид-Тиманид был тектонически переработан и эродирован. В результате этого в строении Большеземельского блока фундамента Печорской плиты обособились отдельные фрагменты аллохтонных комплексов северо-восточного крыла орогена. В современной структуре фундамента Печорской плиты они представляют собой разноразмерные зоны синформного строения, сложенные, в существенной степени, магматическими образованиями. Синформные зоны пространственно разделены антиформными поднятиями, в ядрах которых на поверхность фундамента Печорской плиты выступают автохтонные осадочные комплексы Арктиды и комплексы ее древнего сиалического основания. Таким образом, пространственное чередование полей развития комплексов существенно различного состава и с существенно различными физическими свойствами представляет собой не реликт позднедокембрийской аккреционной структуры (набор разнородных террейнов), а реликт северо-восточного крыла кембрийского коллизионного орогена Протоуралид-Тиманид (сочетание сопряженных синформ и антиформ).

В целом Большеземельский мегаблок фундамента ПП характеризуется трехслойной архитектурой. Верхний структурный уровень представлен аллохтонными позднедокембрийскими комплексами, сформированными на

Большеземельской активной окраине Арктиды. Средний структурный уровень представлен автохтонными преимущественно осадочными позднедокембрийскими комплексами тыловых частей (окаинного моря) Большеземельской активной окраины Арктиды. Нижний структурный уровень представлен допозднедокембрийскими комплексами древней консолидированной коры палеоконтинента Арктида.

Исследования, результаты которых приведены в настоящей статье, проведены в рамках тем основных направлений исследований ГИН РАН и ИГ КНЦ 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 : 1 000 000 (лист «Воркута»)» (ВСЕГЕИ).

Список литературы

- Андреичев В.Л. 1998. 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, ИГЕМ РАН, 2000. С. 26-28.
- Белякова Л.Т., Степененко В.И. Магматизм и геодинамика байкалитид фундамента Тимано-Печорской синеклизы // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1991. № 12. С. 106-117.
- Борисова Т.П., Герцева М.В., Егоров А.Ю. и др. Суперконтинент Арктевропа и его значение для глобальных плито-тектонических реконструкций // Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: теория, практика, эксперимент. М.: ГЕОС, 2001. С. 93-96.
- Борисова Т.П., Герцева М.В., Егоров А.Ю. и др. Докембрийский континент Арктида – новые кинематические реконструкции позднедокембрийско-раннепалеозойской коллизии Арктиды и Европы (Балтии) // Тектоника и геодинамика континентальной литосферы. Т. 1. М.: ГЕОС, 2003. С. 68-71.
- Вулканические комплексы рифея и нижнего палеозоя севера Урала. Л.: Наука, 1973. 212 с.
- 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.

- Душин В.А. Магматизм и геодинамика палеоконтинентального сектора севера Урала. М.: Недра, 1997. 213 с.
- Зонениайн Л.П., Кузьмин М.И., Кононов М.В. Абсолютные реконструкции положения континентов в палеозое и раннем мезозое // Геотектоника. 1987. № 3. С. 16-27.
- Зонениайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. М.: Недра, 1990. Кн. 1. 328 с.; Кн. 2. 334 с.
- Зонениайн Л.П., Натанов Л.М. Тектоническая история Арктики // Актуальные проблемы тектоники океанов и континентов. М.: Наука, 1987. С. 31-57.
- Иванов С.Н., Пучков В.Н., Иванов К.С. и др. Формирование земной коры Урала. М.: Наука, 1986. 248 с.
- Костюхин М.Н. Граниты полуострова Канин: геология, вещественный состав, условия образования и формационная принадлежность // Магматизм севера Урала и Тимана. Сыктывкар: ИГ КФАН СССР, 1985. С. 24-39.
- Костюченко С.Л. Структура и тектоническая модель земной коры Тимано-Печорского бассейна по результатам комплексного геолого-геофизического изучения // Тектоника и магматизм Восточно-Европейской платформы. М.: Фонд «Наука России», 1994. С. 121-133.
- Кузнецов Н.Б., Соболева А.А., Удоротина О.В., Герцева М.В. Доордовикские гранитоиды Тимано-Уральского региона и эволюция протоуралит-тиманид. Сыктывкар: ГЕОПРИНТ, 2005а. 100 с.
- Кузнецов Н.Б., Соболева А.А., Удоротина О.В. и др. Доуральская тектоническая эволюция северо-восточного и восточного обрамления Восточно-Европейской платформы. Часть 1. Протоуралиты, Тиманиды и Доордовикские гранитоидные вулканоплутонические ассоциации севера Урала и Тимано-Печорского региона // Литосфера. 2006. № 4. С. 3-22.
- Кузнецов Н.Б., Соболева А.А., Удоротина О.В. и др. Формирование коллизионного орогена протоуралит-тиманид // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. Т.1. М.: ГЕОС, 2005б. С. 355-359.
- Магнитные аномалии и тектонические элементы северо-восточной Евразии. Масштаб 1 : 10 000 000 / сост. Г. Йоргенсен и др. 1995.
- Метелкин Д.В., Казанский А.Ю., Верниковский В.А. и др. Первые палеомагнитные данные по раннему палеозою архипелага Северная Земля и их геодинамическая интерпретация // Геология и геофизика. 2000. Т. 41. № 12. С. 1816-1820.
- Мизин В.И. Позднепротерозойский вулканизм Севера Урала. Л.: Наука, 1988. 190 с.
- Оловягинишиков В.Г. Верхний докембрий Тимана и полуострова Канин. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 164 с.
- Петров Г.А., Ронкин Ю.Л., Лепихина О.П., Попова О.Ю. Высокобарический метаморфизм севера Урала – две эпохи? Ежегодник-2004. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. С. 97-102.
- Пучков В. Н. Тектоника Урала. Современные представления // Геотектоника. 1997. № 4. С. 30-45.
- Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 146 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.
- Руженцев С.В., Самыгин С.Г. Структура и тектоническое развитие области сочленения Восточно-Европейской платформы и Южного Урала // Геотектоника. 2004. № 4. С. 20-44.
- Русин А.И. Карта метаморфизма северной части Кваркушского поднятия (Северный Урал) // Ежегодник-1995. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1996. С. 96-99.
- Самыгин С.Г., Лейтес А.М. Тектоническое развитие Урала и Аппалачей в палеозое // Закономерности формирования структуры континентов в неогее. М.: Наука, 1986. С. 67-84.
- 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.
- 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.
- Храмов А.Н., Гуревич Е.Л., Иосифиди А.Г. и др. Отчет по объекту: «Построить серию палеомагнитных базовых карт для территории России по 11 временным срезам в интервале поздний докембрий-ранний палеозой на основе разработки новых моделей формирования и горизонтальных движений Восточно-Европейской и Сибирской плит, синтеза мировых палеомагнитных данных и проведения новых палеомагнитных определений». СПб.: ВНИГРИ, 1999. (Рукописная работа).
- Юдин В.В., Дедеев В.А. Геодинамическая модель Печорской плиты. Сер. «Научные доклады». Вып. 171. Сыктывкар: Коми Филиал АН СССР, 1987. 12 с.
- Beckholmen M., Glondy J., Timanian blueschist-facies metamorphism in the Kvarqush metamorphic basement, Northern Urals, Russia // The Neoproterozoic Timanide orogen of Eastern Baltica / D.G. Gee, V. Pease (eds.). Geol. Soc., London. Mem. 2004. V. 30. P. 125-134.
- Bogdanova S.V. Segments of the East European craton // EUROPROBE / D.G. Gee and M. Beckholmen (eds.). Jablonna, 1993. P. 33-38.
- Borisova T.P., Gerzeva M.V., Egorov A. Yu. et al. Precambrian continent Arctida: A new kinematic recon-

struction of Late Precambrian-Early Paleozoic Arctida-Europe (Baltica) collision // General Assemble of the EGS, Nice, 2002. Abstract SE1.04, EGS02-A-02482.

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.

Davies J.H., Blanckenburg F. Slab breakoff: A model of lithosphere detachment and its test in the magmatism and deformation of collisional orogens // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1995. V. 129. P. 85-102.

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

Egorov A.Ju., Borisova T.P., Gerzeva M.V. et al. A sketch of «Paleogeographical Atlas for the Russian Arctic sector and Svalbard from Vendian to Jurassic times» // General Assemble of the EGS, Nice, 2002. Abstract SE1.04, EGS02-A-02453.

Ferrari L. Slab detachment control on mafic volcanic pulse and mantle heterogeneity in central Mexico // *Geology*. 2004. V. 32. P. 77-80.

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*. 2000. V. 68. P. 161-170.

Gee D.G., Bogolepova O.K., Lorents H. The Barentsian Caledonides and relationships to the North Kara terrane // *Recent Developments in The Geological History of the British Isles*. Oxford: Oxford University Museum of Natural History, 2005. P. 21.

Gee D.G., Teben'kov A.M. Sval'bard: A fragment of Lawrentian margin // *The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica* / D.G. Gee, V. Pease (eds.). Geol. Soc., London. Mem. 2004. V. 30. P. 191-206.

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.

Kuznetsov N.B. Epi-Gondwanian terrains in the structure of the Southern Urals frame of Baltica: new date // *IGCP 497: The Ripheic ocean – its origin, evolution and correlatives*. Portsmouth: University of Portsmouth, 2005. P. 43-44.

Kuznetsov N.B., Udoratina O.V., Soboлева A.A. Composition, structure and tectonic evolution of the Pre-Uralides and Timanides // *Mineral. Soc. Poland. Spec. Pap.* 2005. V. 26. P. 52-56.

Larionov A.N., Andreichev V.L., Gee D. 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, Mem. 2004. V. 30. P. 69-74.

Lorenz H., Pystin A.M., Olovyanishnikov V.G., and 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 V. (eds.). Geol. Soc., London. Mem. 2004. V. 30. P. 59-68.

Maslov A.V. Riphean and Vendian sedimentary sequences of the Timanides and Uralides, the eastern periphery of the East European craton // *The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica* / D.G. Gee, V. Pease (eds.). Geol. Soc., London. Mem. 2004. V. 30. P. 19-35.

Miller E.L., Toro J., Gehrels G. et al. Detrital zircon ages from Late Jurassic-Early Cretaceous Myrgovam basin sandstones (Rauchua trough), Western Chukotka, NE Russia // *EOS Trans., Amer. Geophys. Union*. 2004. V. 85 (47), Fall Meet. Suppl., Abstract GP44A-04.

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. Mem. 2004. V. 30. P. 75-85.

Pease V. East European craton margin source for the allochthonous Northern Terrane of Taimyr, Arctic Siberia // *EOS Trans., Amer. Geophys. Union*. 2001. V. 82 (47). F1181.

Pfiffner O.A., Lehner P., Heitzman P.Z. et al. Deep Structure of the Swiss Alps – Results from NRP20. Birkhauser AG. Basel, 1997. P. 380.

Pfiffner O.A., Schlunegger F., Buiter S.J.H. The Swiss Alps and their peripheral foreland basin: Stratigraphic response to deep crustal process // *Tectonics*. 2002. V. 21. № 2. P. 1-16.

Puchkov V.N. Structure and geodynamics of the Uralian orogen. Orogeny through time // *Geol. Soc. Spec. Publ.* 1997. V. 121. P. 201-236.

Puchkov V.N. Cadomides of the Urals and Taimyr: connections with Gondwanan Europe // *Schriften Staatlichen Museums Mineral. Geol. Dresden*. 1998. V. 9. P. 177-178.

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. Mem. 2004. 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. Mem. 2004. V. 30. P. 47-57.

Rogers R.D., Karason H., van der Hilst R.D. Epi-orogenic uplift above a detached slab in northern Central America // *Geology*. 2002. V. 30. № 11. P. 1031-1034.

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.

Siedlecka A.D., Olovyanishnikov V.G. Neoproterozoic passive-margin sedimentary system of the Kanin Peninsula, and northern and central Timan. NW Russia //

ДОУРАЛЬСКАЯ ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica / D.G. Gee, V. Pease (eds.). Geol. Soc., London. Mem. 2004. V. 30. P. 5-17.

Stampfli G.M., Mosar J., Marquer D. et al. Subduction and obduction processes in the Swiss Alps // Tectonophysics. 1998. V. 296. P. 159-204.

Torsvik, T.H., Smethurst, M.A. Plate tectonic modeling: virtual reality with GMAP // Computers & Geosciences. 1999. V. 25. P. 395-402.

Wortel M.J.R., Spakman W. Subduction and slab detachment in the Mediterranean-Carpathian region // Science. 2000. V. 290. P. 1910-1917.

Рецензент академик РАН Ю.Г. Леонов