

А. А. Краснобаев, В. М. Нечехин, В. А. Давыдов, В. В. Соколов

## ЦИРКОНОВАЯ ГЕОХРОНОЛОГИЯ И ПРОБЛЕМА ТЕРРЕЙНОВ УРАЛЬСКОЙ АККРЕЦИОННО-СКЛАДЧАТОЙ СИСТЕМЫ

A. A. Krasnobaev, V. M. Necheukhin, V. A. Davydov, V. V. Sokolov

### ZIRCONIC GEOCHRONOLOGY AND PROBLEM OF TERRAIN OF THE URALS ACCRETION- FOLDED SYSTEM

Systematic determinations of geological age by study of accessory zircon composition have been used in new attempt to demarkate the Urals with using the concept of terrains.

Циркон является минералом, широко исследуемым в качестве геохронометра и генетического индикатора, максимально сохраняющего элементы памяти своего образования и, соответственно, формирования включающей его горной породы. Эта особенность составляет основу цирконового геохронологии, и прежде всего метаморфических, особенно — древних пород, лишенных палеонтологического материала. Вместе с этим, учитывая полиэтапность формирования горных пород, появляется сложная методическая проблема, связанная с необходимостью дифференцированного выделения из интегрированного цирконового концентрата, объединяющего разновозрастных и разного происхождения материал исследуемой горной породы, отдельных генераций, которые соответствуют определенным геологическим или петрологическим событиям. Проведенные ранее и в последний период экспериментальные и практические исследования позволили значительно облегчить решение этой проблемы [4].

Как показывают проведенные исследования, циркон или его отдельные генерации несут в себе достаточно обширную информацию как об условиях и относительном и абсолютном геологическом времени их образования, прежде всего кристаллизации, так и посткристаллизационных преобразованиях, способных оказать непосредственное влияние на сохранность первичных признаков, в том числе на степень нарушения замкнутости изотопных возрастных систем. С целью идентификации генераций цирконов, относящихся к конкретному геологическому или петрологическому событию исследуемой горной породы, производится оценка степени однородности или неоднородности, моногенности или полигенности, соотношения различных типов или генераций (ядра-псевдодря, неизмененных и измененных разностей), а также возможных причин, с которыми связаны эти изменения. Для этого необходимы данные о гранной скульптуре кристаллов (рельефе роста, коррозии или абразии), наличии хрупких или пластических деформаций, метастабильном состоянии (генетической метамиктности) и связанными с ним превращениями (рафинированием), особенностях плавления первичных-вторичных включений, геохимической гетерогенности, обусловленной зональным-секториальным распределением примесей, комплекса спектроскопических параметров, определяющих специфику изоморфных замещений соотношения примесных матричных дефектов. Наличие подобной информации является необходимым элементом как для интерпретации возрастных данных о цирконах, так и для более масштабных петрогенетических и геологических построений и корреляционных сопоставлений.

Предложенная методология позволила поставить на значимый уровень как в целом цирконовую геохронологию, так и, особенно, временные определения для древних метаморфических образований и, частично, осадочных отложений, а также создала возможность привлечения этих данных к оценке их структурной позиции. В частности, детальные исследования по этой методологии были проведены для временных характеристик гранито-гнейсовых комплексов и ассоциирующих с ними осадочных отложений Урала (табл. 1).

В приводимой таблице собрана большая часть информации о возрасте цирконов из потенциально докембрийских (по геологическим данным) комплексов метаморфических пород Урала. Цифры, полученные термоизохимическим методом (по  $^{205}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ) нуждаются в подтверждении классическими U-Pb изохронными данными (с изображением диаграмм с

конкордией), и, соответственно, должны оцениваться как вероятностные. В случае моногенности и хорошей сохранности цирконов, излагаемые термоизохронным методом датировки могут отвечать конкретным событиям, соответственно, быть ранним индикатором возрастных параметров анализируемой субстанции (цирконов, горных пород, процессов). В приведенных данных мы ори-

Таблица

Цирконовая геохронология террейновых блоков Урала

Террейн	Блок	Серия	Возраст, млн лет	
			По $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ — $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	
			Образование	Диафторез
Сысертско-Ильменогорский	Селянkinский Сысертский	селянkinская	2080+/-15	429+/-12
		шумихинская	580+/-50	350+/-90
Восточно-Мугоджарский	Ильменогорский Талдыкский	ильменогорская	631+/-41	325+/-13
		талдыкская, южноугоджарская	1165+/-72	410+/-7
Мариинский Троицкий	Мариинский Ильиновский	мариинская	1626+/-234	331+/-88
		нижняя	2054+/-35	312+/-12
Челябинско-Суундукский	Троицкий Челябинский	нижняя	> 700 (?)	403+/-5
		городская	1928+/-146	531+/-28
Самарский Тараташский	Кожубаевский Самарский	гнейсовая	1800+/-76	405+/-17
		самарская	2069+/-63*	531+/-43
Уфалейский	Тараташский	гранулитовая	2923+/-164	2106+/-82
		амфиболитовая	2065+/-75	724+/-72
		уфалейская	969+/-456 (?)	463+/-72
		галеевская	2076+/-32*	382+/-80
	Максютовский		1762+/-16*	383+/-22
		юмаргузинская	1216+/-93	352+/-22
Харбейский Адуйско-Мурзинский Александровский	Харбейский Мурзинский Александровский	хонмейхойская мурзинская нижняя	По $^{207}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$ (радиогенный)	
			2220—740	
			1120—480	
			2330—920	

Примечание: \* — терригенный циркон.

ентируемся на максимальные значения, которые должны соответствовать памяти о древнейших событиях, сохранивших информацию в полихронных цирконах.

Графическая интерпретация изотопных данных позволяет получить две датировки, соответствующие образованию (кристаллизации) циркона и его преобразованию (перекристаллизации, обусловленной процессами диафтореза). Соответствие выделенных для анализа разновидностей (генерации?) циркона процессам, их породившим, при несомненном наличии конвергентных явлений, проявляется в величине ошибок получаемых датировок. В случае полигенно-полихронных популяций циркона (в том числе в масштабах единичных кристаллов) выделение моногенераций (даже вручную) практически невозможно, что автоматически сказывается на ошибке (+/- млн лет) получаемых датировок. Однако, само абсолютное значение возраста геологически значимо, и, соответственно, отвечает предписываемому ему содержанию. Для примера, возраст метаморфизма (гранулитовой фации) селянkinской серии уверенно определяется значением 2080 млн лет (с ошибкой +/- 15 млн лет), тогда как для уфалейского комплекса рифейский этап эволюции (965 млн лет) следует оценивать как слабо обоснованный, хотя и вероятный. Датировки терригенных цирконов соответствуют возрасту размываемых источников, что указывает как на их хорошую сохранность (признаки абразии и первичного образования сохранились), так и на «неучастие» (или очень слабое участие, не повлиявшее на сохранность возрастных систем) в эволюции пород, в которых они находились в момент извлечения.

Вместе с этим, данные цирконовой геохронологии, выполненные и интерпретированные с учетом отмеченных особенностей, достаточно определенно свидетельствуют, что практически все крупные гранито-гнейсовые комплексы как западного, так и восточного сегментов Урала всегда содержат докембрийский возрастной параметр. Соответственно, сомнения, которые высказывались

ранее и высказываются в настоящее время по поводу этого, включая и представления о принадлежности гранито-гнейсовых комплексов, прежде всего восточного сегмента Уральской системы, к продуктам преобразования палеозойских отложений [7, 3], не могут быть приняты в абсолютном выражении. По-видимому, эти предположения могут относиться к временным параметрам конкретных блоков и ассоциаций, в том числе, селективно в отношении отдельных присутствующих в них магматических, метаморфических и осадочных комплексов. Это может быть связано не только со сложным строением самих древних блоков и ассоциаций, но и с развитием более поздних комплексов, обусловленных, например, наложенной гранитизацией.

С учетом данных цирконовой геохронологии, материалов сейсмоструктурных исследований и современных теоретических положений геотектоники подлежит оценке с новых позиций проблема тектонической и геодинамической природы древних докембрийских образований Урала, особенно его восточного сегмента. Продолжительное время они рассматривались в качестве выступов антиклинальных поднятий или гнейсово-мигматитовых куполов. Однако, в связи с привлечением идей мобилизма и тектоники литосферных плит стали активно развиваться представления об аккреционно-складчатом строении Урала и принадлежности докембрийских образований к аккретированным фрагментам континентальных литосферных плит, участвующим в тектоническом сучивании совместно с образованиями палеозойского палеоокеана в виде террейнов [1, 2, 5, 6, 10].

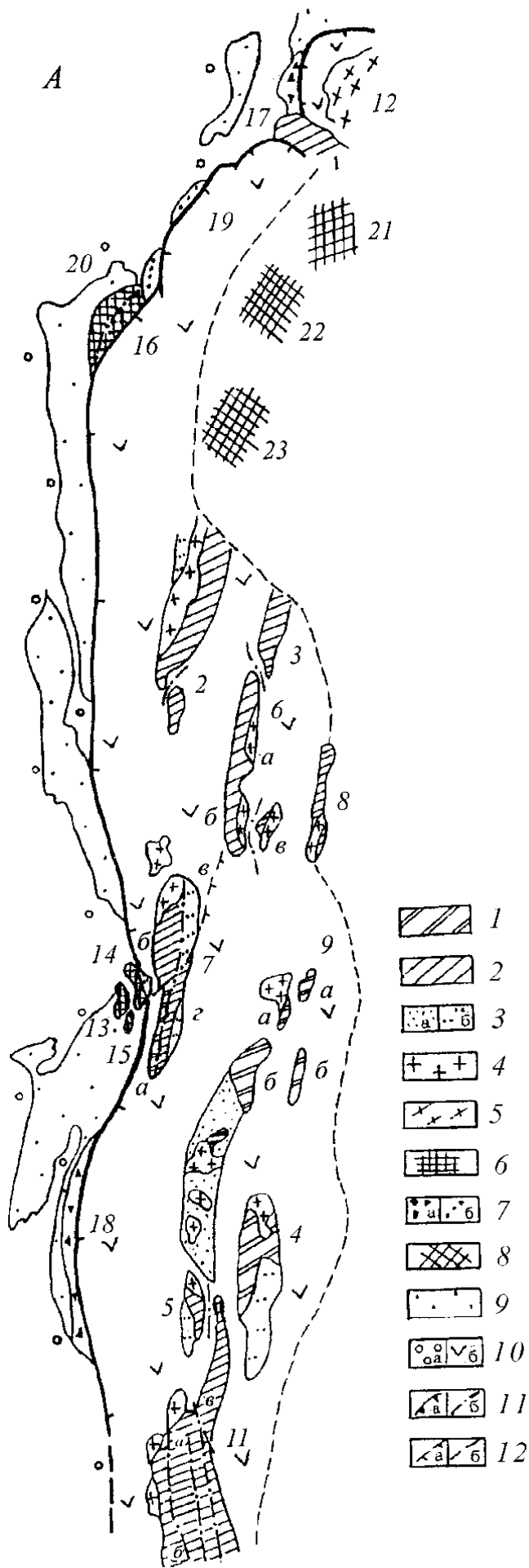
Известно, что имеются разные понимания террейна, поскольку сам термин (*terrain* — земля, местность) не несет геологического содержания. Всего более распространены трактовки, принятые в американской литературе и сводящиеся к определению террейна как геологического тела региональных размеров, ограниченного разломами и имеющего своеобразную геологическую историю, существенно отличную от таковой соседних тел [9]. Однако, такое определение, во-первых, достаточно близко к пониманию структурно-формационных зон в геосинклинальной концепции, а, во-вторых, не подчеркивает особой роли блоков древней континентальной коры, прошедших процесс формирования литосферной плиты и последующую деструкцию с проявлением крупных горизонтальных перемещений. В противоположность этому ассоциации палеоокеана, на месте которого образуется складчатая система, еще только включаются в процесс формирования новобразующейся литосферной плиты, подвергаясь в его ходе разнообразным структурным и вещественным трансформациям. Нами *под террейнами понимаются фрагменты деструкции более ранних по отношению к периоду аккреции и коллизии литосферных плит, претерпевшие полное отчленение от этих плит и подвергшиеся крупным горизонтальным перемещениям в форме этих фрагментов.*

В рамках такого подхода к террейнам не могут быть отнесены, как это делается рядом исследователей, придерживающихся ранее приведенного представления о понятии террейна, горстовые поднятия краевых выступов, деструктированные краевые части кратона, слагающего периферию палеоокеанической области, а также другие объекты, не отвечающие приведенному определению.

В пределах Уральской аккреционно-складчатой системы блокам древней континентальной коры, которые соответствуют рассмотренному понятию террейна, принадлежит значительная роль. Основная часть таких блоков располагается в пределах аккреционного восточного сегмента. Вместе с этим, к типу террейноподобных блоков нами отнесены образования зоны коллизионного шва, которые имеют экзотический характер (рис. 1, а).

Особенности внутреннего строения террейнов аккреции достаточно полно проявляются на геолого-геофизических и сейсмоструктурных профилях, и прежде всего, на профиле через центральную часть аккреционного сегмента на широте г. Асбеста (рис. 1, б). На профиле можно видеть, что террейны имеют характерное для континентальной коры субгоризонтально-слоистое строение, в то время как палеоокеанические образования слагают синформы, покровы или чешуйчато-надвиговые структуры между блоками древней коры. В свою очередь, на профиле через сложный Сысертско-Ильменогорский террейн отчетливо выделяются слагающие его два блока, сочленяющиеся по зоне тектонического шва. На периферии этого сложного террейна выделяются покровно-надвиговые структуры, сложенные палеозойскими отложениями (рис. 1, в). Сложное глыбово-надвиговое строение имеют Тараташский и Уфалейский блоки, обычно относимые к антиклинальным поднятиям (рис. 1, г). Сейсмоструктурные профили через другие как простые, так и сложные террейны также свидетельствуют об их субгоризонтально-слоистом строении и, соответственно, о принадлежности к фрагментам коры континентального типа [1, 8].

Существенным является то обстоятельство, что на Южном Урале террейны с архейско-нижнепротерозойскими (2.2—1.6 млрд лет) и рифейскими (0.9—1.2 млрд лет) возрастными тяготеют к двум зонам аккреции. Блоки с более древними возрастными слагают смещенную к центру



ареальную зону, а с более молодыми располагаются в виде дискретной полосы. В выступающей на запад части ареальной зоны располагаются Тараташский и Уфалейский блоки, которые несут черты надвигания на палеозойские отложения западной периферии складчатой системы. По-видимому, такие обстоятельства должны быть связаны с особенностями условий аккреции.

Для оценки этих особенностей не менее важное значение имеет выясняющийся факт участия в сложных террейнах блоков со значительно отлича-

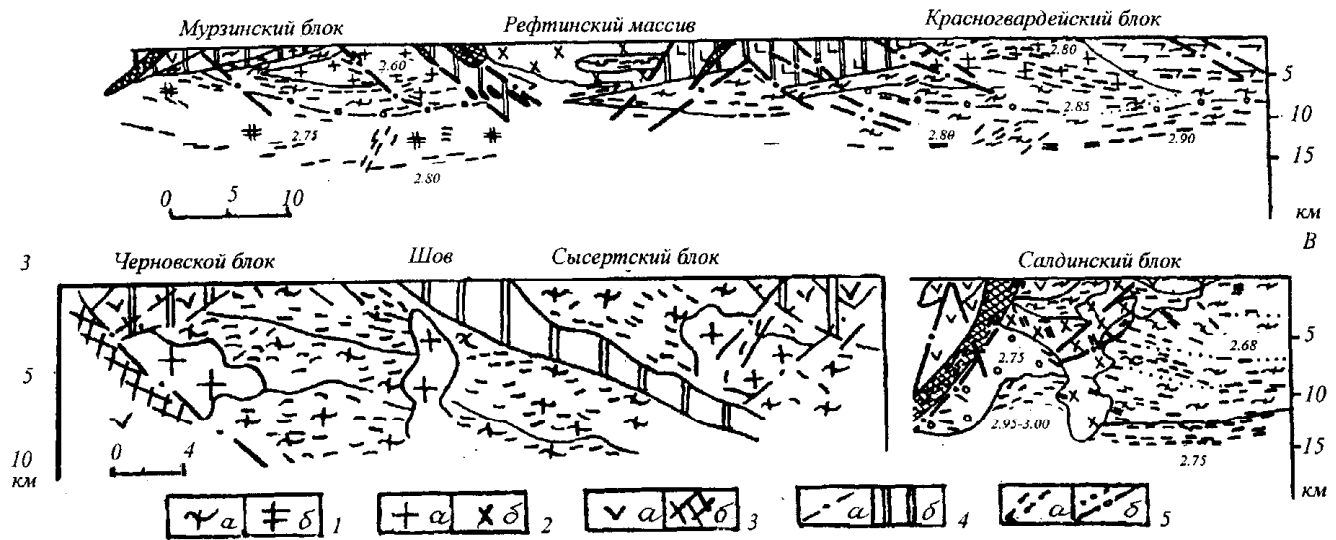
Рис. 1. Схема размещения блоков древней континентальной коры типа ксеногенных террейнов на Урале (а) и сейсмоструктурные профили через них (б):

А. 1—3 — аккреционные террейны: 1 — архейско-раннепротерозойские, 2 — рифейские, 3 — под палеозойскими отложениями (а) и тектоническими покровами этих отложений (б); 4 — внутриблоковые гранитоиды; 5 — габбро-гранулитовые блоки неясной природы; 6—8 — коллизионные террейны и блоки: 6 — протерозойской континентальной коры, 7 — сложные с блоками эклогитов (а), гранатамфиболитовые (б); 9 — краевые выступы докембрийских пород Русской плиты; 10 — палеозойские отложения пассивной окраины (а) и продуктов скупивания палеоокеана (б); 11 — Главный коллизионный шов (а) и аккреционные швы сложных террейнов (б); 12 — граница северной и южной систем террейнов (а) и мезозойско-кайнозойского чехла (б).

Цифры на схеме: 1—5 — простые террейны: 1 — Харбейский, 2 — Салдинский, 3 — Гайский, 4 — Мариинский, 5 — Адамовский; 6 — 12 — сложные террейны и супертеррейны: 6 — Адуйско-Мурзинский (блоки: а — мурзинский, б — адуйский, в — рефтинский), 7 — Сысертско-Ильменогорский (блоки: а — селяннинский, б — черновской, в — сысертский, г — ильменогорский), 8 — Красногвардейский, 9 — Троицкий (блоки: а — ильиновский, б — троицкий); 10 — Челябинско-Суундукский (блоки: а — челябинский, б — кожубаевский), 11 — Восточно-Мугоджарский (блоки: а — кайрактинский, б — талдыкский, в — текельдытаукский); 12 — Малькский габбро-гранулитовый блок; 13—23 — террейны и сложные блоки зоны Главного коллизионного шва: 13 — Тараташский, 14 — Уфалейский, 15 — Александровский, 16 — Хобеизский, 17 — Марункеуский, 18 — Максютковский, 19 — Хардьюский, 20 — Неркаюский; 21—24 — террейны и блоки древней континентальной коры по геофизическим данным: 21 — Салехардский, 22 — Березовский, 23 — Ялбыньинский.

ющимися геохронологическими возрастными параметрами. Так, сложный Сысертско-Ильменогорский терреин включает блоки с архейско-

раннепротерозойскими (2080 млн лет) и позднерифейско-вендскими (631—580 млн лет) возрастами. К объяснению могут быть привлечены представления, что в составе этого террейна сочленяются или блоки разных литосферных плит, или блоки одной плиты, но резко разных ее частей.



В. 1 — гнейсы (а) и нижний гнейсовый слой (б); 2 — граниты (а) и диориты (б); 3 — вулканиты (а) и ультрабазиты (б); 4 — тектонические нарушения (а) и зоны аккреционных швов и чешуйчатых надвигов (б); 5 — сейсмические отражающие площадки (а) и границы (б).

Террейны аккреции существенно отличаются по составу и строению. В сложении одних преобладают породы габбрового и габбро-гранулитового состава, что подчеркивается высокими значениями гравитационных полей над ними при отсутствии гранито-гнейсовых слоев на их геолого-геофизических профилях. Примером могут служить Салдинский и Малыкский блоки, отчасти, Тараташский блок. Однако, в целом, более распространены блоки, сложенные преимущественно гранито-гнейсовыми образованиями и характеризующиеся умеренными или пониженными значениями гравитационных полей, как и трехслойным строением коры. Наконец, к третьему типу террейнов относятся блоки, несущие промежуточные характеристики — Сысертско-Ильменогорский, Мариинский и некоторые другие.

В зоне главного Уральского коллизионного шва известна серия тектонических блоков и сложных комплексов, в составе которых, по данным цирконового геохронологии, присутствуют докембрийские породы в ассоциации с более молодыми образованиями. Наиболее известными являются Максютковский, Марункеуский, Хардюский и Неркаюский комплексы. В их сложении можно выделить, как правило, три разные по составу части.

Первая из них представлена слабо измененными терригенно-кремнистыми и терригенно-сланцевыми образованиями и располагается на нижних уровнях разрезов, соответствуя автохтону или параавтохтону. Для ее пород радиологические датировки терригенных цирконов составляют 1760—2070 млн лет. При древних датировках эти цирконы по структуре и составам близки к цирконам из терригенных пород отложений западной рифтогенной палеоокраины. Вторая часть, тяготея к средним уровням разрезов, резко отличается тем, что кроме пород кислого состава включает тела, содержащие высокабарические ассоциации эклогитов, эклогитов и глаукофана, амфиболитов, в том числе гранатовых. Для этой части известны определения абсолютного возраста по циркону в интервале 1200—400 млн лет. Наконец, третья часть представлена офиолитами, базальтами и другими породами палеоокеанической природы, содержащими нередко палеозойскую фауну. Кроме того, зона коллизии сопровождается весьма характерной для таких геодинамических образований прерывистой протяженной полосой глаукофан-сланцевых метаморфитов ассоциации «голубых сланцев», иногда слюдяных пород. По радиологическим определениям глаукофаны и слюды имеют возраст 350—410 млн лет и меньше.

Все отмеченное позволяет предполагать, что формирование террейноподобных блоков и слагаемых ими зон в режиме коллизии включало несколько геодинамических событий. Главным из них было интенсивное надвигание на западную рифтогенную палеоокраину транспортированных в зону коллизии по латеральным и, возможно, вертикальным составляющим блоков древней континентальной литосферы. Надвигание сопровождалось в разной степени деформацией и

вовлечением в тектоническое скупивание образований рифтогенной палеоокраины, которые при слабо выраженных дислокациях составляют структуру автохтона, а при интенсивных преобразованиях характеризуются как параавтохтонные. В обоих случаях сохраняются элементы исходного состава образований рифтогенной палеоокраины, включающие как докембрийские, так и палеозойские ассоциации. На завершающих стадиях процесса коллизии произошло вовлечение в тектоническое скупивание палеозойских палеоокеанических образований, а также формирование синколлизийного парагенезиса «голубых сланцев», накладывающегося на все более ранние ассоциации пород.

Рассмотренные отличия состава террейнов структур аккреции и сложных комплексов зон коллизии, сведения о составе их чехла и другие данные не позволяют рассматривать блоки докембрийских образований в качестве фрагментов восточного края Русской плиты, как это часто трактуется. Можно полагать, что они являются, скорее всего, фрагментами литосферных плит восточного и южного обрамления Уральской системы, содержащими эклогитовые и другие высокобарические образования и характеризующимися значительной ролью в них гранито-гнейсовых ассоциаций.

При всей дискуссионности рассматриваемой проблемы, приведенные материалы и результаты их интерпретации могут служить основой как для дальнейших исследований по цирконовой геохронологии, так и по изучению роли террейнов в сложении Уральской аккреционно-складчатой системы. Однако, для ее решения необходимы усилия широкого круга исследователей, в том числе и с другими представлениями, а также имеющих возможности привлечения других методов.

### Литература

1. Нечеухин В. М., Берлянд Н. Г., Пучков В. Н., Соколов В. Б. Глубинное строение, тектоника, металлогения Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. 106 с.
2. Дымкин А. М., Нечеухин В. М., Сазонов В. Н. и др. Главные рудные геолого-геохимические системы Урала. М.: Наука, 1990. 269 с.
3. Иванов К. С., Иванов С. Н. Основные проблемы рифея Урала // Рифей Северной Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. С. 111—127.
4. Краснобаев А. А. Циркон как индикатор геологических процессов. М.: Наука, 1986. 150 с.
5. Нечеухин В. М. Плитотектоническая металлогения складчатых систем полного геодинамического цикла // Металлогения складчатых систем с позиций тектоники плит. Екатеринбург: УрО РАН, 1996. С. 49—64.
6. Нечеухин В. М. Плитотектоника Урала. Ежегодник Ин-та геологии и геохимии. Екатеринбург, 1997. С. 40—44.
7. Соболев И. Д. Тектоника // Геология СССР, т. 12, кн. 2. М.: Недра, 1969. 309 с.
8. Соколов В. Б. Строение земной коры Урала // Геотектоника, 1992, № 5. С. 3—19.
9. Jones D. L., Howell D. G., Coney P. J., Monger J. W. H. Recognition character and analysis of tectonostratigraphic terranes in western North America // Advances in Earth and planetaray. Tokyo, 1983. P. 3—35.
10. Koroteev V. A., Netchoukin V. M. Subduction and accretion paleogeodynamic Systems of the Ural // L. P. Zonenshain memorial conference on plitotectonic. Moscow-Kiev, 1993, p. 84—85.