

УДК 551.2+551.5(470.5+470.13)

## ПЛИТОТЕКТОНИЧЕСКАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ УРАЛО-ТИМАНО-ПАЛЕОАЗИАТСКОГО СЕГМЕНТА ЕВРАЗИИ НА ОСНОВЕ МОБИЛИСТСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ

© 2017 г. В. М. Нечехин, Е. Н. Волчек

*Институт геологии и геохимии УрО РАН, 620016, Екатеринбург, ул. Акад. Вонсовского, 15,  
e-mail: necheuhin@igg.uran.ru*

Поступила в редакцию 14.05.2016 г.; принята к печати 13.03.2017 г.

Излагаются общие положения о плитотектонической металлогении и приводятся основания к выделению металлогенических факторов орогенных систем, которые в мобилистской парадигме соответствуют генотипу орогенов и поясов, образующихся за счет трансформации океанических бассейнов. Подчеркивается их альтернативный характер к факторам фиксистских построений. Делается вывод, что теоретическую основу анализа металлогении орогенных систем, соответственно, металлогении рассматриваемого в статье сегмента, составляют металлогенические факторы, связанные с процессами движения и перемещения литосферных плит, геодинамических режимов рифтогенного растяжения и спрединга плит, геодинамических обстановок субдукции, аккреции и коллизии. Решающая роль фактора движения и перемещения литосферных плит позволяет ввести для этого типа металлогении наименование *плитотектоническая металлогения*. Сопоставительный анализ металлогении современных океанических бассейнов и орогенов эпиокеанического типа показал, что металлогенические факторы геодинамических обстановок характеризуют рудную специализацию однотипных обстановок, а аккреции и коллизии – размещение рудных концентраций, определяя, в конечном счете, совмещение в орогенных системах доаккреционных, аккреционных и постааккреционных металлогенических элементов. На приведенной основе при учете региональных особенностей выполнен анализ металлогении Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии. Предложены схемы металлогении и металлогенического районирования сегмента.

**Ключевые слова:** мобилизм, геодинамика, плитотектоника, орогенная система, ороген, аккреция, коллизия, металлогенический фактор, плитотектоническая металлогения, металлогеническая эпоха

## PLATE-TECTONIC METALLOGENY URAL-TIMAN-PALEOASIAN SEGMENT OF THE EURASIA ON THE BASE OF MOBILISTIC RECONSTRUCTIONS

Viktor M. Necheukhin, Elena N. Volchek

*A.N. Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of RAS, 15 Acad. Vonsovsky st., Ekaterinburg, 620016,  
e-mail: necheuhin@igg.uran.ru*

Received 17.05.2016; accepted 13.03.2017

General positions on plate-tectonic metallogeny are presented and the grounds for singling out the metallogenic factors of orogenic systems are given. Mobilistic paradigm corresponds to the genotype of orogens and belts which being formed at the expense of oceanic basin transformations. Their alternative character for the factors of fixistic constructions is stressed. The conclusion is made that as a theoretical basis for the analysis of orogen system metallogeny – that is the metallogeny of considering in the paper segment – are the metallogenic factors connected with processes of movement and dislocation of lithospheric plates, geodynamical regimes of rifting extension and spreading of plates, geodynamical environments of subduction, accretion and collision. A decisive role of the factor of movement and dislocation of lithospheric plates makes it possible to introduce for this type of metallogeny the denomination of *plate-tectonic metallogeny*. A comparative analysis of metallogeny of modern oceanic basins and of epi-oceanic orogens showed that metallogenetic factors of geodynamical environments characterize their ore specialization, while the accretions and collisions define the location of ore concentrations, determining, in the long run, combination in orogenic systems of pre-accretion, accretion and post-accretion metallogenetic elements. On the given basis taking into account regional particularities the metallogeny analysis of Ural-Timan-Paleoasian segment of Eurasia has been made. Diagrams of metallogeny and the segment metallogenetic zoning were suggested.

**Keywords:** mobilism, geodynamics, plate-tectonics, orogenic system, orogen, accretion, collision, metallogenetic factor, plate-tectonic metallogeny, metallogenetic epoch

**Для цитирования:** Нечехин В.М., Волчек Е.Н. (2017) Плитотектоническая металлогения Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии на основе мобилистских реконструкций. *Литосфера*, 17(4), 5–25. DOI: 10.24930/1681-9004-2017-4-005-025

**For citation:** Necheukhin V.M., Volchek E.N. (2017) Plate-tectonic metallogeny Ural-Timan-Paleoasian segment of the Eurasia on the base of mobilistic reconstructions. *Litosfera*, 17(4), 5–25. DOI: 10.24930/1681-9004-2017-4-005-025

## ВВЕДЕНИЕ

Впервые идея о возможности приложения к анализу металлогении палеозойских структур Урала и прилегающих к нему структурных элементов с позиций мобилистских плитотектонических представлений была высказана уральскими исследователями в материалах XXV сессии Международного геологического конгресса (Париж, 1974 год). Кроме того, этому предшествовало издание сборника научных статей с материалами на эту тему [Иванов, Нечеухин, 1974, 1976]. Развитие отмеченной идеи в последующем рассматривалось также в ряде публикаций этого периода, в том числе посвященных другим вопросам приложения мобилистских представлений к палеозойским структурам Уральского региона [Палеозойская история Урала, 1974; и др.].

Следует отметить, что на этом этапе в качестве основы мобилистской парадигмы, применимой к палеозойским структурам Уральского региона, рассматривалась в основном концепция, направленного стадийного развития земной коры в геосинклинальном процессе [Палеозойды Евразии, 1972; Океаны..., 1971; и др.]. В основе данной концепции находились представления, что главным содержанием геосинклинальной тектоники является эволюционный процесс преобразования океанической коры в кору континентального типа. Такой процесс предполагал эволюционную смену ассоциаций океанической стадии ассоциациями переходной и континентальной стадий. Предполагалось, что эти положения могут быть использованы и в методологии региональной металлогении и металлогенического анализа. Соответственно, в качестве основного содержания металлогенического анализа рассматривалось выяснение возможных связей рудных концентраций разного состава с комплексами и структурами в выделенном ряду стадий. Эти металлогенические представления получили частичное отражение на Тектонической карте Урала [1976], и в объяснительной записке к ней [Тектоника Урала, 1977]. Предложенная концепция, хотя и содержала элементы мобилизма, в целом представляла попытку модернизации традиционных представлений о геосинклиналях и геосинклинальном процессе. Это достаточно полно отражено в содержании концепции, а также в принципах анализа металлогении и предлагавшейся методологии металлогенического анализа. Этим объясняется то, что концепция не получила дальнейшей разработки и может рассматриваться как этап в развитии мобилистских представлений в отечественной геологии и металлогении.

Имеются основания полагать, что начало активных исследований по изучению закономерностей размещения рудных концентраций в пределах Уральского региона и прилегающих к нему структур

турах на основе мобилистской парадигмы, и, прежде всего, на основе входящей в ее состав концепции геодинамики и геодинамических реконструкций, относится к середине семидесятых годов прошлого столетия. Вместе с этим продолжали активно разрабатываться и основные положения мобилистской парадигмы в рамках тектоники литосферных плит, которая получила признание, среди как зарубежных, так и отечественных исследователей, занимавшихся проблемами формирования структур земной коры и литосферы. Исследования этого периода касались связи типов рудных концентраций палеозойских структур Уральского региона с геологическими формациями, характерными для определенных геодинамических условий. Эти работы нашли отражение в коллективных монографиях и отдельных публикациях [Глубинное строение..., 1986; Главные..., 1990; и др.]. Основные результаты исследований обсуждались на специально организованном металлогеническом совещании в середине девяностых годов [Металлогения..., 1996]. В докладах участников этого совещания рассматривались как теоретические проблемы, так и вопросы региональной и пометальной металлогении на основе мобилистской парадигмы и ее отдельных положений (В.А. Коротеев, В.М. Нечеухин, В.Б. Соколов, Б.В. Перевозчиков, В.Н. Сазонов, Ю.А. Полтавец и др.). Ряд таких же проблем и вопросов рассматривался в сообщениях по другим регионам (Центрально-Азиатскому поясу, складчатым системам Северо-Востока и др.).

Принципиальным отличием проведенных исследований явилась недостаточно обоснованная оценка геодинамической и плитотектонической природы Тиманской структуры и располагающихся к северо-востоку от нее верхнепротерозойских образований. В более ранних работах образования Тиманского кряжа относились к накоплениям внутриплатформенного авлакогена или к структурам внутриплатформенной тектонической активизации [Шатский, 1946; Оффман, 1961]. Другими исследователями Тиманский кряж и расположенные к северо-востоку от него выступы верхнепротерозойских образований, рассматривались в качестве активизированной окраины Восточно-Европейской платформы [Пучков, 1975; Формирование..., 1986; и др.]. Существенное значение для доказательства принадлежности образований Тиманского кряжа и примыкающих к нему структур к орогенной системе имели исследования В.Г. Гецена [1987, 1991], а в последующем ряда других исследователей (В.А. Душина, Б.Н. Кузнецова, А.А. Соболевой, О.В. Удортиной, и др.).

Дальнейшее рассмотрение металлогении и металлогенического анализа ареала Уральско-Тиманского сегмента будет проводиться с учетом всех структурных элементов, участвующих в его сложении.

## МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И СХЕМЫ ПЛИТОТЕКТОНИЧЕСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИИ ОРОГЕННЫХ СИСТЕМ С ПОЗИЦИЙ МОБИЛИЗМА

Несмотря на наличие ряда работ по рудоносности глобальных и региональных структур земной коры и по металлогении отдельных формационных типов оруденения, [Ковалев, 1978; Митчелл, Горансон, 1984; Stephens et al., 1984; Koroteev et al., 1997; и др.] в настоящее время отсутствуют основания говорить о наличии достаточно разработанной и принятой большинством исследователей методологии анализа металлогении с позиций тектоники литосферных плит. Это относится и к орогенным поясам – наиболее характерным структурным образованиям плитотектоники.

При изучении металлогении структур земной коры значительная роль принадлежит металлогеническим факторам (*лам. factor – делающий, производящий*), которые относятся к процессам, способствующим условиям образования, распределения и сохранения месторождений во времени и пространстве. В этом смысле металлогенические факторы тесно связаны с содержанием научных концепций формирования земной коры и ее рудолокализирующих элементов. В геосинклинальной концепции в качестве главных металлогенических факторов рассматриваются процессы складчатости и процессы развития глубинных разломов, достигавших, как считается, рудогенерирующих очагов. Предполагается, что эти процессы развиваются стадийно, эволюционируя по составу рудолокализирующих комплексов и рудных концентраций. Каждой стадии отвечают определенные составы рудолокализирующих комплексов и набор рудных концентраций [Билибин, 1955]. В сумме эти представления составляли теоретическую основу металлогении и металлогенического анализа складчатых поясов. С появлением мобилистской парадигмы, включающей концепцию тектоники литосферных плит, стала очевидной невозможность использования этих факторов и теоретических основ фиксистского направления.

Прежде всего, необходимо рассмотреть общие особенности формирования региональных структурных систем земной коры с позиций мобилизма, которые влияют на теоретические основы металлогении и металлогенического анализа. По данным геодинамических реконструкций орогенные системы, являющиеся основными структурными образованиями плитотектоники, формируются при сочленении литосферных плит разного типа. В одних случаях происходит сочленение континентальных и океанических литосферных плит (Аппалачская и Уральская орогенные системы, системы периферии Сибирского кратона и др.), а в других – при сочленении только континентальных плит или их

аналогов в форме микроконтинентов и прочих тектонических масс (Гималайская система, пояса южного обрамления Северо-Китайского кратона, Памир и др.).

В данном сообщении рассматривается схема образования основных элементов металлогении орогенных систем и поясов, образующихся при сочленении континентальных и океанических литосферных плит за счет сложной трансформации ассоциаций океанических бассейнов. Считается, что индикаторами таких систем, названных нами системами эпиокеанического типа (*гр. еpi – после*), являются ассоциации океанического спрединга в форме офиолитов и островодужных надсубдукционных образований. В орогенных системах, образующихся при сочленении континентальных плит, эти индикаторы практически отсутствуют, а факторы металлогении имеют иные формы и законы проявления (Юй Чжи-Цзе, 1996).

Отмеченные особенности относятся к числу общетеоретических факторов плитотектонической металлогении. Еще один общетеоретический фактор этого типа металлогении связан с выделением металлогенических эпох. В тектонике плит за них принимаются возрастные интервалы между периодами распада и агломерации литосферных плит.

Фактические данные свидетельствуют о значительной сопоставимости как состава рудных концентраций, так и вмещающих их структурных элементов орогенных систем эпиокеанического типа и современных и молодых океанических бассейнов [Медноколчеданные..., 1988; Главные..., 1990; Берзина и др., 1994; Дистанов, Оболенский, 1994; Гаськов, 2015; и др.]. Это послужило основанием к выделению металлогенических факторов геодинамических систем эпиокеанического типа путем сопоставления их металлогении с металлогенией современных океанических бассейнов.

Размещение главных рудных концентраций в современных океанах и океанических бассейнах достаточно подробно рассмотрено в публикациях на эту тему [Грамберг, Андреев, 1996; Андреев, 1999; и др.]. На основании этих данных рудогенерирующие и рудолокализирующие комплексы с рудными концентрациями в них связаны с зонами активной эндогенной деятельности, которые располагаются преимущественно на границах литосферных плит. В этом положении зоны рудных концентраций развиваются автономно друг от друга, между зонами с рудной концентрацией отсутствуют эволюционные соотношения, как отсутствуют и признаки эволюционных переходов активизации одного типа в другой тип. В пределах бассейнов зоны активной эндогенной деятельности разделены значительными пространствами и характеризуются не только однотипными, но и разнотипными геодинамическими режимами и обстановками. При этом каждый тип геодинамической активизации

специализируется на рудные концентрации определенного состава и формационной принадлежности. Также они характеризуются своим составом и размещением входящих в его сложение геологических комплексов, петрохимических, геохимических, изотопно-геохимических и других образований [Зоненшайн, Кузьмин, 1993].

Такие зоны активной эндогенной деятельности, возникающие на границах сочленения и взаимодействия литосферных плит, как и сами зоны сочленения, в тектонике литосферных плит отвечают определенным геодинамическим режимам и обстановкам. Соответственно в металлогеническом развитии современных океанических бассейнов по данным реконструкций в качестве главных участвуют факторы режима океанического спрединга, а также обстановки субдукционные островодужные и краевых поясов. Кроме того, в условиях трансформации бассейна проявляются процессы аккреции и коллизии, также отвечающие металлогеническим факторам. Как было отмечено ранее, каждый из режимов и обстановок несет специализацию на определенный набор рудных концентраций и рудофокусирующих комплексов, что может быть использовано для корреляции металлогенических факторов современных океанических бассейнов и орогенных систем и поясов.

Данные по специализации металлогенических факторов современных океанических бассейнов имеют достаточную характеристику, чтобы их использовать в целях корреляции. Так, фактор раздвижения (спрединга) океанических литосферных плит всегда сопровождается образованием ультрабазитов, перспективных на концентрацию хромита и платины при проявлении этого процесса или наложении дополнительных условий. В свою очередь процессы островодужной субдукции сопровождаются медноколчеданными и другими меднорудными концентрациями. Значительную роль в их образовании играют т.н. "черные курильщики", структурно чаще всего приуроченные к задуговым бассейнам. Вместе с этим проявление субдукции на активных континентальных окраинах сопровождается формированием краевых поясов, специализированных на меднопорфировые, медно-скарновые и скарново-магнетитовые концентрации, а также золоторудную минерализацию.

Металлогения океанических бассейнов и образующихся за счет их трансформации орогенных систем, вполне сопоставимы. Как показывают фактические данные в орогенных системах главные рудные концентрации, и прежде всего хромита, платиноидов, титаномагнетита, минеральных типов медноколчеданного, меднопорфирового, медно-скарнового и скарново-магнетитового оруденения контролируются металлогеническими факторами, выделенными для океанических бассейнов. Такая положительная корреляция позволяет счи-

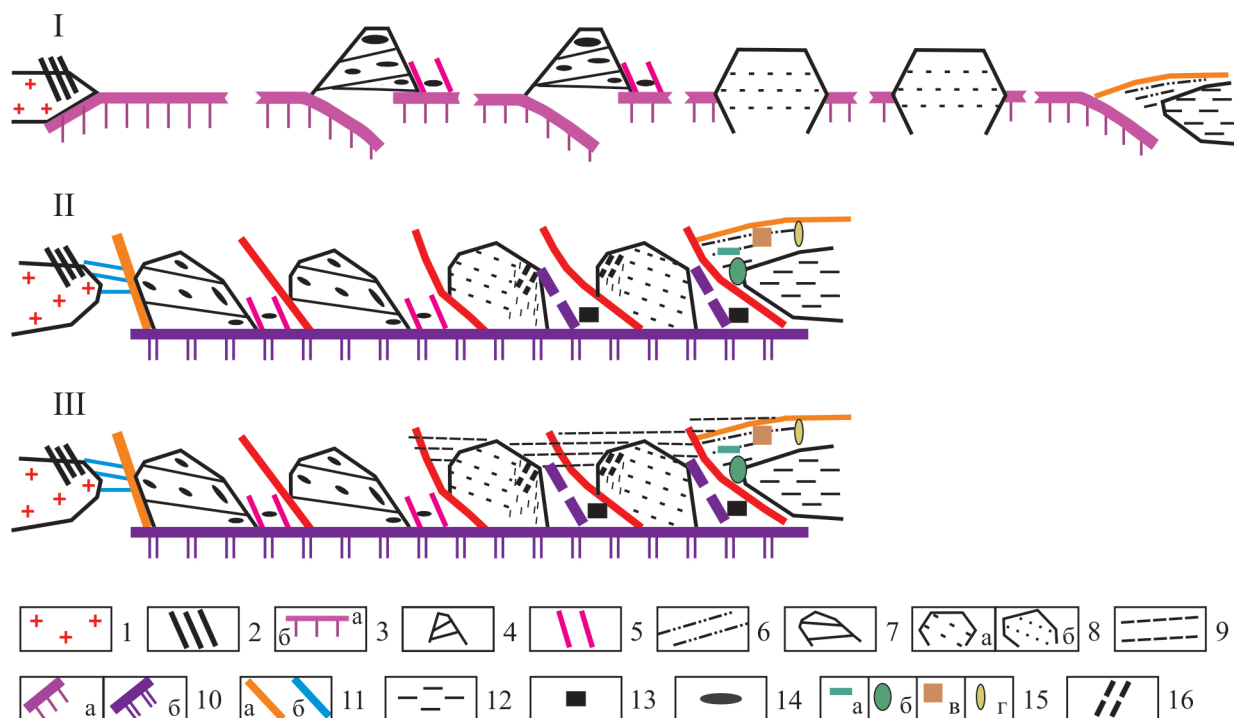
тать такие факторы характерными и для орогенных систем.

Отдельно следует рассмотреть положение относительно роли факторов аккреции и коллизии, проявление и роль которых трактуется исследователями неоднозначно. Сторонники универсальности цикла Уильсона считают, что аккреция и коллизия проявляются на стадии замыкания океанического бассейна и столкновения частей палеоконтинента. Вместе с этим другие исследователи доказывали, что эти процессы фиксируются еще при образовании океанической коры и проявляются на всем интервале трансформации океанического бассейна. Это подтверждается совмещением металлогенических поясов в структуре орогенных систем, размещением их вдоль палеограницы кратон-океан, наличием рудных концентраций в зонах тектонического скучивания, в структурах покровов и многопокровных сооружений, в многопокровных структурных ансамблях и других аллохтонных образованиях. Заметным примером являются локальные структуры с разнотипными рудными концентрациями, несущие признаки образования в условиях аккреции и коллизии [Нечеухин, 2000].

Основной вывод из рассмотрения приведенных материалов состоит в том, что теоретическая основа анализа условий формирования и закономерностей размещения рудных концентраций в орогенных системах, имеющих признаки образования за счет сложной трансформации океанических палеобассейнов, базируется на сопоставлении металлогенических особенностей этих систем (орогенов) и современных океанических бассейнов. Основанием к сопоставлению служат близость металлогенических параметров орогенов и ранних этапов образования океанических бассейнов по составу рудных концентраций и рудогенных и рудофокусирующих ассоциаций, что доступно непосредственному изучению. Параметры поздних этапов, связанные с замыканием океанического бассейна и образованием структурно орогена в условиях аккреции и коллизии достаточно доступны для реконструкции (рис. 1).

Такое сложное сочетание разнотипных и разноэтапных процессов, которые сопровождают формирование металлогенических особенностей орогенных систем, стало основанием к привлечению для анализа роли этих процессов системы металлогенических факторов, управляющих составом рудных концентраций, их размещением и сохранностью. Как показывает анализ, эта роль металлогенических факторов обеспечивается их согласованностью с главными орогеническими процессами геодинамических режимов и обстановок, а именно, с процессами движения и горизонтального перемещения литосферных плит, геодинамическими режимами рифтогенного растяжения и спрединга плит, геодинамическими обстановками субдукции плит, а также аккреции и коллизии.





**Рис. 1.** Модель формирования плитотектонической металлогении орогенных систем в процессе трансформации океанических бассейнов.

1 – кратон; 2 – зоны деструкции периферии кратона; 3 – океаническая кора (а) и активизированная мантия (б); 4 – островные дуги; 5 – задуговые бассейны; 6 – краевые пояса; 7 – островные дуги аккрецированные; 8 – террейны до (а) и после (б) аккреции; 9 – постааккреционное перекрытие; 10 – гетерогенная кора (а) и фрагмент неолитосферы (б); 11 – межплитный коллизионный шов (а) и пришовная зона (б); 12 – континентальная кора или ее аналоги (микроконтиненты, системы террейнов, композитная кора). Рудные концентрации: 13 – хромиты; 14 – минеральные типы колчеданных руд островных дуг и задуговых бассейнов; 15 – медно-порфировые (а), медно- (б) и магнетит-скарновые (в), золоторудные (г) краевых поясов; 16 – редкометалльные, полиметаллические, золоторудные, кварц-самоцветные концентрации внутренних зон синколлизийной активизации террейнов. Индексы на схеме: I – доаккреционная, II – аккреционная и III – постааккреционная стадии формирования плитотектонической металлогении.

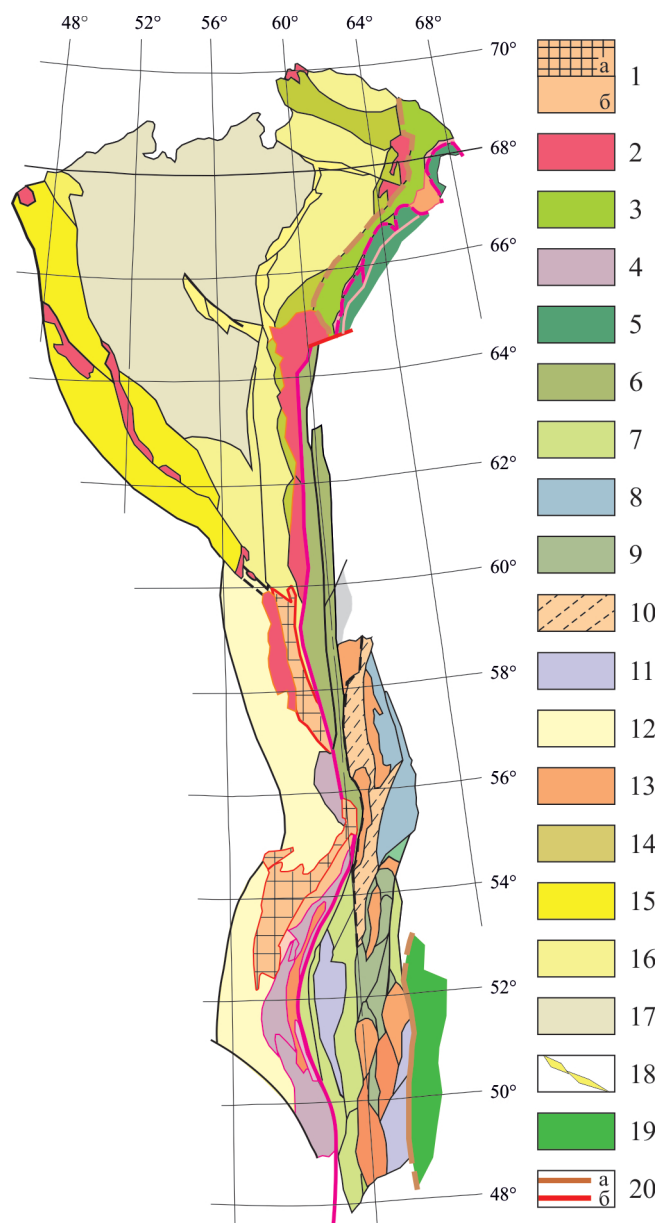
**Fig. 1.** Model of formation of the orogen system plate-tectonic metallogeny in the process of oceanic basin transformation.

1 – craton; 2 – zones of destruction of the craton periphery; 3 – oceanic crust (a) and activated mantle (b); 4 – island arcs; 5 – back-arc basins; 6 – marginal belts; 7 – island arcs accretionated; 8 – terrains before (a) and after (b) the accretion; 9 – post-accretion overlapping; 10 – heterogenic crust (a) and neolithosphere fragment (b); 11 – interplate collisional suture (a) and near-suture zone (b); 12 – continental crust and its analogues (microcontinents, terrain systems, composite crust). Ore concentrations: 13 – chromites; 14 – mineral types of massive sulfide ores in island arcs and back-arc basins; 15 – copper-porphyrus (a), copper- (b) and magnetite-skarn (v), gold ore (r) deposits of marginal belts; 16 – rare-metal, polymetallic, gold ore, quartz-semi-precious stones – of inner zones of syncollisional terrain activation. Indexes at the diagram: I – pre-accretion, II – accretion, III – post-accretion stage of plate-tectonic metallogeny formation.

## ПЛИТОТЕКТОНИЧЕСКАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ УРАЛО-ТИМАНО-ПАЛЕОАЗИАТСКОГО СЕКМЕНТА

В качестве Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии рассматривается фрагмент литосферы, относящийся к ареалу сочленения Восточно-Европейской платформы и входящей в ее состав Русской протоплиты с геодинамическими элементами расположенных к северо-востоку и востоку от платформы орогенных поясов и прилегающей к ним части Западно-Сибирской плиты. Сегмент

имеет сложное строение, которое сформировалось в процессе интеграции по периферии выступа рифейских образований Русской плиты верхнепротерозойского Тиманского орогенного пояса и палеозойского Уральского орогенного пояса с сопровождающими его с запада рифтогенными Талота-Лемвинским и Сакмаро-Кракинско-Тирлянским поясами. Входит в сложение сегмента также Печорская впадина и элементы мезозойско-кайнозойской неоплиты (рис. 2). Основой для плитотектонического анализа металлогении ареала послужили геодинамическая карта сегмента и публикации авторов сообщения по этой проблеме [Геодинамиче-



**Рис. 2.** Схема геодинамических систем и структурных элементов Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии.

1 – выступы Русской протоплиты (а) и зоны внутриплитной деструкции (б); 2 – Тиманский ороген; 3 – Талота-Пайпудин-Лемвинский орогенный пояс; 4 – Сакмаро-Кракинско-Тирлянский орогенный пояс и Бардымская орогенная зона; 5–13 – Уральский ороген и его геодинамические элементы: 5 – Полярноуральский, 6 – Среднеуральский, 7 – Южноуральский, 8 – Восточный и 9 – Восточноуральский сегменты, 10 – межсегментная зона аккреционного сучивания, 11 – сдвигово-раздвиговые (транстенсивные) структуры, 12 – предгорные депрессии внешней части орогена, 13 – континентальный террейн; 14–18 – Печорская впадина и ее структурные элементы: 14 – выступы основания, 15 – депрессионные структуры, 16 – краевые депрессии, 17 – неоплитный чехол, 18 – структуры тектонического сучивания, 19 – Казахстанский ороген; 20 – межорогенный (а) и межплитный (б) коллизионные швы.

**Fig. 2.** A diagram of geodynamical systems and structural elements Ural-Timan-Paleoasian segment of Eurasia.

1 – ledges of the Russian protoplate (a) and zones of interplate destructions (б); 2 – the Timan orogen; 3 – Talota-Paipudin-Lemva orogenic belt; 4 – Sakmara-Karka-Tirlyan orogenic belt and the Bardym orogen zone; 5–13 – Uralian orogen and its geodynamical elements: 5 – Polar-Uralian, 6 – Middle-Uralian, 7 – South-Uralian, 8 – Eastern and 9 – East-Uralian segments; 10 – intersegment zone of accretion piling; 11 – pull-apart (transtensive) structures; 12 – pre-mountain depressions of the orogen outer part; 13 – continental terrain; 14–18 – The Pechora basin and its structural elements: 14 – basement ledges, 15 – depressional structures, 16 – marginal depressions, 17 – neoplate cover, 18 – structures of tectonic piling; 19 – Kazakhstan orogen; 20 – interorogenic (a) and interplate (б) collisional sutures.

ская..., 2010; Нечеухин, Волчек, 2012]. Другие схемы, в том числе затрагивающие вопросы металлогении, нами не рассматриваются, поскольку этими схемами, как правило, охватываются только части Уральского региона и их особенности излагаются с других позиций.

Металлогенический анализ Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии с позиций мобилизма и плитотектоники получил свое развитие с конца 90-х гг. К этому периоду были намечены некоторые основные особенности методологии этого анализа в приложении к орогенным системам разного, в том числе структурно сложного аккреционно-коллизионного, типа [Коротеев, 1996; Нечеухин, 1996, 2000; Шпикерман, Горячев, 1996; Дистанов, Оболенский, Сотников, 1996; и др.].

Как можно видеть, в сложении сегмента участвуют структурные образования нескольких возрастных интервалов, из которых основное значение имеют структурные образования верхнепротерозойского и палеозойского периодов, в которых главная роль принадлежит орогенным системам эпиокеанического типа и которые вмещают основную часть рудных концентраций сегмента. Схема отнесения их к металлогеническим подразделениям опубликована ранее в разработанной авторами таблице [Нечеухин, Волчек, 2013] и отражена на рисунке (рис. 3).

Прежде всего, необходимо рассмотреть соотношение металлогении орогенов верхнепротерозойского и палеозойского интервалов времени. В прежних схемах часть полярных структур верхнего протерозоя относилась к Уральской складчатой системе. Включение этой части сегмента в состав Тиманского орогена меняет металлогеническую схему сегмента и соотношение его с Уральским орогеном. Меняются также и представления о последовательности образования верхнепротерозойской и палеозойской орогенных систем, а также их связи с движением литосферных плит и энергетическими источниками, вызывающими эти дви-





Палеозойский цикл. 3–4 – Рифтогенные Талота-Пайпудын-Лемвинский и Сакмаро-Кракинско-Тирлянский орогенические пояса, комплексы: 3 – рифтогенной деструкции (а), эпикратонного бассейна (б), долериты (в), осадочные породы (г), надвиги (д); 4 – рифтогенного раздвижения: гарцбургит-лерцолитовые (а) и базальт-кремнистые (б), эпиостроводужные (в), эндотического метатеррейна (г), надшовной депрессии вулканомиктовых (д). 5–8 – Уральская орогенная система: комплексы: 5 – океанической коры: ультрабазит-габбровые и ультрабазитовые (а), базальт-кремнистые (б); островодужные (б–д): ордовика (б), силура (в), среднего (г) и средне-верхнего девона (д); 6 – надсубдукционных габбровых и диорит-гранодиоритовых массивов (а), вулкано-интрузивных поясов (б) и синпоясовых депрессий (в) активных композитных окраин; террейнов древней коры (г) и внутритеррейновых гранитоидов (д); 7 – аккреционного основания (а) и вулкано-интрузивных ареалов (б) межсегментной коллизии; межблоковой коллизии (в); сдвигово-раздвиговых структур: вулканогенные (г) и интрузивные (д); 8 – предгорных впадин (а); постаккреционных депрессий и чехла террейнов (б); пришовной аккреции и коллизии (в); межорогенной коллизии (г); надсубдукционного пояса (д). 9 – Печорская впадина, комплексы: 9 – депрессионно-рифтогенные (а), континентального бассейна (б), внутрикратонной активизации вулкано-интрузивные (в), осадочные (г), внутриплитных депрессий (д).

Мезо-кайнозойский плитотектонический цикл: 10 – осадочные комплексы грабенов и депрессий. 11 – тектоно-геодинамические структурные элементы: Трансуральский межплитный коллизионный шов (а), межорогенные коллизионные швы (б), межпоясовые аккреционно-коллизионные швы (в), региональные надвиги (г), границы аккреционных сегментов и структурных ансамблей палеозойского орогена (д).

#### Рудные концентрации плитотектонических циклов

Рудные концентрации позднепротерозойской эпохи. 12–15 – Русская плита: 12 – внутрикратонные депрессии: сидерит, магнетит (а), полиметаллические и барит-полиметаллические руды (б), фосфорит (в); 13 – расслоенные габбровые интрузии: хромит-платиновые (а) и медно-никелевые (б) руды; 14 – сдвигово-раздвиговые структуры: ильменит-титаномagnetитовые руды в габбровых интрузиях; 15 – прототеррейны: месторождения магнетит-кварцевые (а) и гранулированного кварца (б). 16–18 – Тиманская орогенная система: 16 – месторождения медноколчеданные океанической коры (а), медноколчеданные и медноколчеданно-полиметаллические островных дуг и задуговых бассейнов (б); 17 – медно-порфировые и медновкрапленные островных дуг и активных континентальных окраин; 18 – редкометалльные (а), золото-рудные (б) и оптического и гранулированного кварца (в) межтеррейновой коллизии.

Рудные и нерудные концентрации палеозойской эпохи. 19–22 – Рифтогенные Талота-Пайпудын-Лемвинский и Сакмаро-Кракинско-Тирлянский пояса: 19 – титаномagnetит-апатитовые (а), барита (б), эпикратонного рифтогенеза; 20 – медно-сульфидные, медносерноколчеданные эпикратонной деструкции; 21 – хромитовые гарцбургит-лерцолитовых комплексов рифтогенного раздвижения; 22 – медноколчеданные и медно-цинк-колчеданные эпиостроводужные. 23–33 – Уральская орогенная система: 23 – хромитовые (а) и асбеста (б) дунит-гарцбургитовых и хромит-платиноидные (в) дунит-клинопироксенитовых комплексов океанической коры; 24 – медно-кобальтовые (а) и медноколчеданные (б) базальтовых комплексов океанических рифтов; 25 – титаномagnetитовые (а) и медные вкрапленные (б) островодужных габбровых массивов; 26 – медноколчеданные (а), медно-цинк-колчеданные (б) островных дуг; 27 – колчеданно-полиметаллические (а), колчеданно-барит-полиметаллические (б) и колчеданно-барит-золоторудные (в) задуговых бассейнов; 28 – магнетит-скарновые (а), медно-скарновые (б), медно-порфировые и медно-золото-порфировые (в), золото-вкрапленные (г) активных континентальных и композитных окраин; 29 – редкометалльные (а), золото-кварц-сульфидные и золото-сульфидные (б), золото-арсенидные и золото-теллуридные (в) аккреционно-коллизионных зон и швов; 30 – редкометалльные (а), золото-кварцевые (б), кварц-самоцветные (в) ореолов внутритеррейновых синколлизионных гранитоидов; 31 – титаномagnetитовые и титановые (а), редкометалльные (б), гранулированного кварца (в), антофиллит-асбеста, вермикулита и талька (г) террейнов древней коры; 32 – боксита (а), угля (б) в депрессиях активных палеоокраин; 33 – фосфорита (а), калий-магний-солей (б), угля (в) пассивных континентальных палеоокраин и предгорных прогибов. 34–36 – Печорская впадина: 34 – сидерита, бурых железняков (а), марганца (б), эпикратонного выполнения; 35 – медно-никелевые в расслоенных габброидах (а), барит-полиметаллические (б) тектоно-магматической активизации; 36 – угли синколлизионных впадин (а), бокситы осадочные и латеритные (б). 37 – Казахстанский ороген: магнетитскарновые (а) и меднопорфировые (б) надсубдукционных поясов.

Рудные и нерудные концентрации мезо-кайнозойской эпохи: 38 – осадочные руды марганца (а) и бурых углей чехла неоплиты (б), 39 – угля внутриплитных грабенов и депрессий, 40 – оолитовых бокситов приразломных депрессий.

**Fig. 3.** Scheme of location of ore-localizing systems and ore concentrations of metallogenic epochs of plate-tectonic cycles.

#### Ore-localizing systems and complexes of plate-tectonic cycles

Upper Proterozoic cycle. The Russian protoplate, complexes: 1 – depressional (a), 2 – of prototerrains (б), sear-pulling-apart (в), grabens and faults (г) zones. The Timan orogen system, complexes: 2 – of oceanic crust (а), island-arch (б), of passive margin (в), interterrain collision (г), pre-mountain pull (д).

Paleozoic cycle. 3–4 – Riftogenic Talota-Paipudyn-Lemva and Sakmara-Kraka-Tirlyan orogenic belts, complexes: 3 – riftogenic destruction (а), epicraton basin (б), dolerites (в), sedimentary rocks (г), overthrusts (д); 4 – of riftogenic pull-apart sliding: harzburgite-lherzolite (а) and basalt-cherty (б), epi-island-arch (с), of endotite metaterrain (г), of supersuture depression and volcanomictic (д). 5–8 – The Uralian orogen system, complexes: 5 – of oceanic crust: ultramafic-gabbro and ultramafic (а), basalt-cherty (б); island-arch (б–е): Ordovician (б), Silurian (в), Middle (г) and Middle-Upper Devonian (д); 6 – of suprasubduction gabbro and diorite-granodiorite massifs (а), volcano-intrusive belts (б) and syn-belted depressions (в) of active composite margins; ancient crust terrains (г) and intraterrain granitoids (д); 7 – of accretion basement (а) and volcano-intrusive haloes (б) of intersegment collision; interblock collision (в); shtar-pulling-apart structures: volcanogenic (г) and intrusive (д); 8 – pre-mountain basins (а), post-accretion depressions and the terrain cover (б); of near-suture accretion and collision (в); of interorogenic collision (г); above-subduction belt. The Pechora basin, complexes: 9 – depression-riftogenic (а), of continental basin (б), of inter-craton activation volcano-intrusive (в), sedimentary (г), of interplate depressions (д). Mesozoic-Cenozoic plate-tectonic cycle: 10 – grabens and depressions. sedimentary complexes. Tectonic structural elements: 11 – Transuralian interplate collisional suture (а), inter-orogenic collisional sutures (б), interbelt accretion-collisional sutures (в), regional thrusts – (г), boundaries of accretion segments and structural ensembles of the Paleozoic orogen (д).



#### Ore and non-metallic mineral resources of segment

*Ore concentrations of Late Proterozoic epoch. The Russian plate.* 12 – intracratonic depressions: siderite, magnesite (a), polymetallic and barite-polymetallic ores (b), phosphorite (b); 13 – **chromite-platinum (a) and copper-nickel (b) in bedded gabbro intrusions**, 14 – ilmenite-titanomagnetite in gabbro intrusions of shear-pulling-apart structures, 15 – magnetite-quartz (a) and granulated quartz (b) of prototerrains. *The Timan orogenic system:* 16 – massive sulfide ores of oceanic crust (a), chalcopryrite and chalcopryrite-polymetallic of island arches and back-arch basins (b), 17 – copper-porphyry and copper-disseminated of island arches and active continental margins; 18 – rare-metal (a), gold ore (b) and optic granulated quartz (b) of inter-terrain collision.

*Ore and non-ore mineral concentrations of the Paleozoic epoch. 19–22 – Riftogenic Talota-Paipudyn-Lemva and Sakmara-Kraka-Tirlyan belts:* 19 – titanium-magnetite apatite (a), barite (b) of epicraton riftogenesis, 20 – copper-sulfide, copper-sulfur-pyrite of epicraton destruction, 21 – chromite of harzburgite-lherzolite complexes of riftogenic pulling-apart, 22 – massive sulfide deposits and copper-zinc-pyrite epi-island-arch. 23–33 – *Uralian orogenic system:* 23 – chromite (a) and of asbestos (b) dunite-harzburgite and chromite-platinoid (c) of dunite-clinopyroxenite complexes of oceanic crust, 24 – copper-cobalt (a) and massive sulfide (b) ores of oceanic rift basalt complexes, 25 – titanomagnetite (a) and copper-impregnated (b) of island-arch gabbro massifs, 26 – massive sulfide (a) and copper-zinc-pyrite (b) ores of island arches, 27 – pyrite-polymetallic (a), pyrite-barite-polymetallic and pyrite-barite gold ore (b) of back-arch basins (b), 28 – magnetite-skarn (a) and copper-skarn (b), copper-porphyry and copper-gold-porphyry (b), gold-impregnated (r) of active continental and composite margins, 29 – rare-earth (a), gold-quartz-sulfide and gold-sulfide (b), gold-arsenide and gold-telluride (c) ores of accretion-collisional zones and sutures, 30 – rare-metal (a), gold-quartz (b), quartz-semi-precious color stone (b) from haloes of intraterrain syncollisional granitoids, 31 – titanomagnetite and titanium (a), rare-metal (b) of granulated quartz (b), antophyllite-asbestos, vermiculite and talc (r) of the terrain ancient crust, 32 – bauxite (a), coal (b) in depressions of active paleomargins, 33 – of phosphorite (a), stone and potassium-magnesium salts (b), coal (b) of passive continental paleomargins and pre-mountain troughs. 34–36 – *Pechora basin:* 34 – siderite, brown iron stones (a), manganese (b) of epicraton fulfillment, 35 – copper-nickel in laminated gabbroids (a), barite-polymetallic (b) of tectono-magmatic activation, 36 – coals of syncollisional basins (a), bauxites sedimentary and laterite (b). *Kazakhstan orogen:* 37 – magnetite-skarn (a) and copper-porphyry (b) of suprasubduction belts.

*Ore and non-ore concentrations of Mesozoic–Cenozoic epoch:* 38 – sedimentary ores of manganese (a) and brown coals of the neoplate cover (b), 39 – of the interplate graben and depression coal, 40 – oolitic bauxites of near-fault depressions.

жения. В одном случае эти системы должны нести признаки независимого и автономного формирования друг от друга со сменой положения энергетических источников. В обратном случае признаки и параметры будут свидетельствовать, что образование этих систем происходило эволюционно, при отсутствии разделяющих эти процессы движений литосферных плит и обусловлено одним общим энергетическим источником. В первом случае металлогению этих возрастных периодов следует отнести к двум разным металлогеническим эпохам, а во втором случае объединять в одну металлогеническую эпоху и связывать с одним общим энергетическим источником.

Определенные данные о взаимном перемещении литосферных палеоплит во время формирования верхнепротерозойского и палеозойского орогенов, являющихся главными структурными образованиями сегмента, можно получить по ряду параметров и косвенных признаков. Эти параметры и признаки могут дать сведения о характере соотношения палеоплит и форме их участия в образовании орогенов и их металлогении. По современным геологическим данным верхнепротерозойский и палеозойский орогены имеют несогласное и деструктивное положение, поскольку один имеет северо-западное, а другой субмеридиональное простирание. Внутреннее строение верхнепротерозойского орогена и слагающих его структурно-вещественных ассоциаций согласуется с северо-западным простиранием палеограницы континент-океан. На это указывают простирания надвигов и покровов, проявленных в структуре пассивной периферии и на выступах образований орогена [Гецен, 1987, 1991; Душин, 1997]. Все эти призна-

ки свидетельствуют о том, что перемещение плит и океанических ассоциаций происходило с юго-востока на юго-запад, а энергетический источник движений находился на северо-востоке от периферии океанического палеобассейна. В свою очередь, внутреннее строение палеозойского орогена указывает на субмеридиональное положение палеограницы континент-палеоокеан и перемещение литосферных плит и океанических ассоциаций с востока на запад. Восточное положение имел и энергетический источник, вызвавший эти движения.

Таким образом, на основании материалов приведенного анализа можно считать, что верхнепротерозойские и палеозойские орогенные системы формировались независимо друг от друга. Соответственно, характеризующие их металлогенические особенности связаны с верхнепротерозойской и палеозойской металлогеническими эпохами, которые разделены сменой направлений движений литосферных плит. Они дополняются элементами мезозойско-кайнозойской металлогенической эпохи, которые сопровождали формирование мезозойско-кайнозойской неоплиты.

#### Металлогения верхнепротерозойской эпохи

Металлогения верхнепротерозойской эпохи характеризуется условиями образования и закономерностями размещения рудных концентраций в пределах металлогенической провинции Тиманской орогенной системы, а также выступов Русской протоплиты и их геодинамических элементов.

*Металлогения Тиманской орогенной системы* и соответствующей ей металлогенической провинции определяется участием в ее сложении ассоциа-

ций океанической коры, островных дуг, пассивных и активных протоокраин, террейнов и зон межтеррейновой аккреции и коллизии.

Комплексы океанической коры в обнаженной части орогена проявлены незначительно, поэтому об их рудоносности можно судить предварительно, учитывая наличие хромитовой минерализации в ультрабазитах офиолитов, которые обнажаются в сутурах. Также проявлены медноколчеданные, медно-цинк-колчеданные концентрации и меднопорфировые рудопроявления. Все они связаны с вулканическими и вулканогенно-осадочными комплексами энзиматических островных дуг. В осадочных ассоциациях пассивной перикратонной окраины отмечаются минеральные находки алмазов и россыпи со слабой продуктивностью на золото. Трудно также оценить продуктивность комплексов активной континентальной окраины, поскольку они перекрыты палеозойскими отложениями. Можно только отметить среди отложений активной окраины проявления золоторудной минерализации и флюорита.

В свою очередь, связанные с внутритеррейновыми коллажно-коллизийными обстановками интрузивные и вулкано-интрузивные комплексы северо-западной периферии орогена сопровождаются редкометальным молибден-вольфрамовым, редкометально-полиметаллическим, полиметаллическим, золоторудным оруденением. Закономерности размещения рудных концентраций определяются строением коллажно-коллизийных ассоциаций, контролируемых коллизийными швами сочленения древних террейнов.

*Металлогения выступов Русской протоплиты и ее геодинамических элементов*, представленных прототеррейнами и протоблоками, а также сдвигово-раздвиговыми (транстенсивными) структурами. В составе минерагенических концентраций, залегающих среди верхнепротерозойских ассоциаций протоплиты и осложняющих ее рудолокализирующих элементов, можно выделить как минимум две группы. Первую из них образуют рудные концентрации, связанные с осадочными и магматическими комплексами, минерагеническая специализация которых определяется их приуроченностью к внутриплитным обстановкам.

В частности, минерагенические особенности депрессионных осадочных накоплений характеризуются залежами сидерита и магнезита. Близки к ним, по-видимому, по условиям накопления полиметаллические и барит-полиметаллические концентрации. Практически для всех этих концентраций является формирование руд в две стадии, одна из которых отвечает этапу накопления осадочных отложений, а вторая мобилизации рудных компонентов. При этом возрастной разрыв между этими этапами может быть как незначительным, так и большим, что связано с интервалами между соот-

ветствующими процессами. Так, устанавливается, что залежи магнезитов формировались не позднее уровня  $1373 \pm 21$  млн лет, сидерита на уровне  $1010 \pm 100$  млн лет, а барита и полиметаллов на уровне  $615 \pm 6$  млн лет на основании соотношения с ними магматических комплексов и непосредственных измерений. Соответственно эти уровни совпадают с процессами деструкции континентальной коры плиты, сопровождавшими образование на-вышского и шатакско-машакского грабенов, а также вендских депрессий. Непосредственно с этапом накопления осадочных ассоциаций связано формирование марганца, фосфоритов и других осадочных руд, размещение которых контролируется соответствующими формациями и фациями осадочных накоплений. К этим рудам в междепрессионных поднятиях добавляются рудные концентрации, связанные с магматическими комплексами внутриплитных обстановок. Они представлены хромит-платиновыми и медно-никелевыми залежами в расчлененных габбро-перидотитовых и габбровых пластовых массивах.

Другую группу составляют рудные концентрации в ассоциациях структур, осложняющих строение протоплиты и не имеющих к ее геодинамике прямого отношения. Рудные концентрации этой группы локализуются в прототеррейнах, а также сдвигово-раздвиговых структурах. Наиболее известны залежи магнетит-кварцевых и магнетит-пироксенит-кварцевых руд в Тараташском блоке, которые обычно сравниваются с железистыми кварцитами. Однако установлено, что такого типа руды в достаточно богатых железом отложениях могут формироваться при развитии плагиогранитизации. Рудные концентрации при этом образуются метасоматически на фронте базификации, что имело место и в Тараташском блоке [Метасоматические..., 1979]. Метаморфические и метасоматические образования локализуются в пределах террейна, что позволяет предполагать их формирование, скорее всего, до включения последнего в структуру протоплиты. В свою очередь, с синколлизийными сдвигово-раздвиговыми процессами связаны титаномагнетитовые и ильменит-титаномагнетитовые руды в габброидах Кусинско-Копанского пояса.

В палеозойский этап выступы протоплиты, и прежде всего выступ Башкирского поднятия, подверглись трансформации под действием процессов аккреции и коллизии, распространившихся со стороны палеозойского орогена. В результате здесь образовалась система шовных и разломных структур, сопровождавшихся интрузиями гранитоидов и зонами метаморфизма и метасоматоза. Эти образования, в свою очередь, сопровождалась золоторудной и редкометальной минерализацией, а также образованием оптического и технического гранулированного кварца [Коротеев, Огородников и др., 2010; и др.]. По-видимому, трансформация нало-

жила и на габброиды с титаномagnetитовым оруденением Кусинско-Копанского пояса. При этом титаномagnetит оруденения подвергся частичному распаду с выделением ильменита, а габброиды – амфиболитизации с поглощением части железа и образованием железистого амфибола.

### **Металлогения палеозойской эпохи**

Металлогения палеозойской металлогенической эпохи характеризуется особенностями образования и закономерностями размещения рудных концентраций в пределах крупных металлогенических провинций, к которым относится, прежде всего, провинция, образуемая Уральской орогенной системой. Вместе с этим ее сопровождают структурно-металлогенические образования Талота-Лемвинского и Сакмаро-Кракинско-Тирлянского орогенических поясов. К этой же эпохе принадлежат и металлогенические элементы Печорской эпикратонной впадины.

### **Металлогения Уральской орогенной системы**

Металлогенические элементы Уральской орогенной системы образуют в пределах характеризуемого сегмента самую крупную плитотектоническую металлогеническую провинцию. По данным тектонических и геодинамических реконструкций провинция сформировалась за счет сложной аккреции и коллизии структурно-вещественных ассоциаций палеозойского океана и его обрамления. По составу слагающих структурно-вещественных ассоциаций ороген характеризуется почти полным рядом геодинамической последовательности [Коротеев, Нечухин, 1998]. Соответственно это позволяет проследить всю последовательность формирования особенностей металлогении в истории образования орогенов такого типа. При этом она характеризуется сложными по составу и формационной принадлежности рудными и нерудными концентрациями и закономерностями их размещения. Состав минеральных концентраций и их формационные особенности достаточно полно отражены в многочисленных публикациях [Медноколчеданные..., 1985, 1988, 1992; Главные..., 1990; Овчинников, 1998; и др.].

Из сводных и отдельных работ следует сначала отметить ряд положений по общей металлогении Уральской системы, достаточно полно интерпретируемых с позиций плитотектоники. Эти положения включают следующее: 1) в пределах системы имеет место проявление широкого диапазона эндогенных и экзогенных рудных и нерудных полезных ископаемых; 2) основная часть эндогенных рудных концентраций локализуется в восточном палеоокеаническом секторе системы; 3) за счет преобладания в рудном балансе системы концентраций ее

восточного сектора она имеет выраженный фемический металлогенический профиль с преобладанием руд с соответствующими этому профилю полезными компонентами (хрома, титана, железа, меди, платиноидов, золота); 4) рудные концентрации в пределах восточного сектора локализируются или в крупных рудных узлах, или в чередующихся по laterали рудных поясах значительной протяженности; 5) восточный сектор отличается высокой концентрацией полезных ископаемых на достаточно ограниченной площади этого сектора; 6) в системе проявляются элементы металлогенической зональности относительно фиксируемой трансструктурным коллизионным швом палеограницы океан-континент.

Прежде всего, в рамках разработки проблем региональной металлогении Уральской орогенной системы остановимся на одной из важных особенностей этой системы и отвечающей ей металлогенической провинции. Заключается она в том, что вулканогенные и вулкано-интрузивные ассоциации, располагающиеся восточнее палеограницы кратон-океан, соответствующей в структуре орогена Трансуральскому коллизионному шву, имеют специализацию на рудные концентрации, сопоставимые с концентрациями в современных и молодых океанических бассейнах (хромита, медноколчеданных и скарново-магнетитовых руд и др.). Причем эта специализация не зависит от геологического возраста и структурного положения рудных концентраций и сопровождающих их геодинамических образований. Вместе с этим, не меньшее значение имеет тот факт, что рудофокусирующие структурно-вещественные ассоциации и комплексы также имеют достаточную сопоставимость. Также выявляется приуроченность этих ассоциаций и комплексов к палеогеодинамическим элементам, которые сопоставимы с соответствующими элементами океанических бассейнов [Глубинное..., 1986; Главные..., 1990; Язева, Бочкарев, 1998; и др.].

На основании имеющихся материалов устанавливаются следующие главные корреляции палеогеодинамических режимов и обстановок и рудных формаций: 1) окраинно-континентальные депрессии – медистые песчаники, железистые сланцы, фосфориты; 2) шельф пассивной континентальной окраины – формации стратиформных баритцинковых и баритовых месторождений; 3) океанический и задуговый спрединг – формации хромитоносных и платиноносных ультрабазитов; 4) энсиматические островные дуги, задуговые и междугуговые бассейны – формации медноколчеданных и медноцинк-колчеданных руд, титаномagnetита; 5) краевые вулкано-интрузивные пояса активных континентальных окраин и их аналоги – медно-порфировые, медно-скарновые, магнетитскарновые, золоторудные, редкометалльные фор-



мации; 6) зоны коллизии – золото-кварцевая, вольфрамовая, золото-редкометалльная формации; 7) зоны активизации в аккретированных экзотических террейнах – формации редкометалльные, редкометалльные в карбонатитах.

Приведенные данные по сопоставимости рудных формаций и концентраций главных палеогеодинамических режимов и обстановок Уральского орогена с рудными формациями и концентрациями геодинамических режимов и обстановок современных и молодых океанических бассейнов позволяют считать, что они характеризуют близкие металлогенические особенности. Для современных и молодых океанических бассейнов они соответствуют металлогеническим особенностям “океанического”, доаккреционного, периода развития этих бассейнов. По-видимому, этому же доаккреционному периоду отвечают и металлогенические особенности условий формирования рудных формаций и концентраций, ассоциирующих с палеогеодинамическими режимами и обстановками орогена. Главная из них заключалась в том, что рудогенные и рудолокализирующие комплексы режимов и обстановок в пределах бассейнов и их периферий развивались автономно и были разделены значительными пространствами, что составляло специфику доаккреционного периода.

Имеется еще одна металлогеническая особенность Уральской орогенной системы, которая имеет принципиальное значение и требует своей интерпретации. Она, по-видимому, тесно связана с образованием системы и отвечающей ей металлогенической провинции за счет трансформации океанического палеобассейна. Эта трансформация включает проявление при замыкании палеобассейна или его отдельных фрагментов разнотипных процессов аккреции и коллизии, которыми захватывались рудные и рудолокализирующие ассоциации, о чем свидетельствуют фактические данные [Нечеухин, Волчек, 2012, 2013].

Судя по материалам палеогеодинамических реконструкций и фактическим геологическим данным, металлогеническая провинция Уральской орогенной системы и океанический палеобассейн, за счет трансформации которого она образовалась, во много раз отличаются по ширине и другим параметрам. Так, ширина океанического палеобассейна по косвенным данным, в частности скоростям спрединга, оценивается не менее чем в 2.5 тыс. км. Между тем, ширина образовавшегося из этого океанического палеобассейна орогенного пояса, и соответственно металлогенической провинции исчисляется первыми сотнями километров [Семенов, 2000]. По-видимому, структурное становление орогена и слагающих его орогенических поясов, как и всей соответствующей им металлогенической провинции, происходило в условиях крупных горизонтальных перемещений океанических

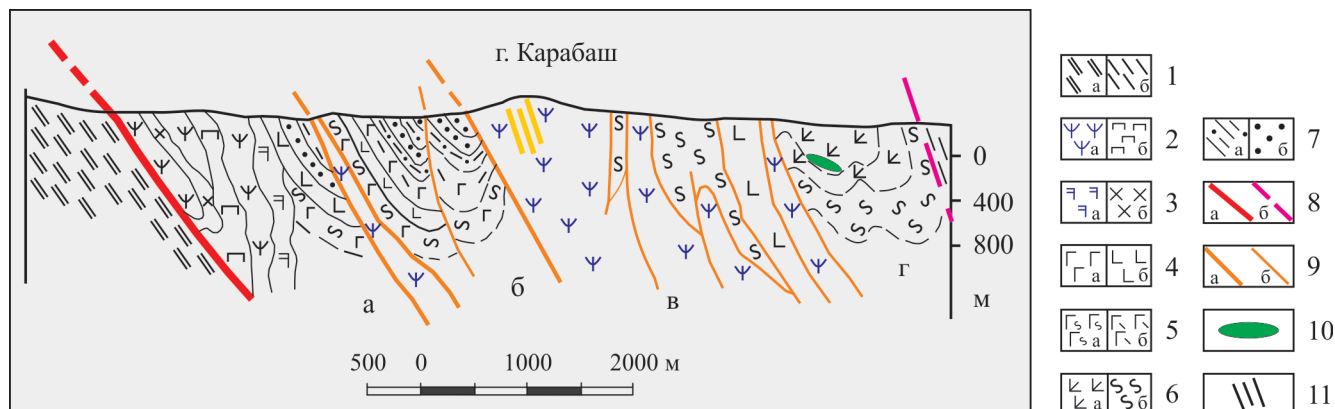
образований от внутренних частей палеобассейна к его периферии при активном участии процессов аккреции и коллизии. В итоге формируется иной, в принципе новый, аккреционный структурный план как для орогена, так и Уральской металлогенической провинции и элементов этой провинции.

Участие процессов аккреции и коллизии в формировании аккреционной схемы размещения рудных концентраций устанавливается их вовлечением в систему аллохтонных региональных и локальных структур орогена. В региональном плане это сопровождалось вовлечением рудогенерирующих и рудолокализирующих ассоциаций доаккреционного (“океанического”) типа в систему орогенных поясов, их аккреционное сближение (“скупивание”) в структуре поясов. Наиболее выраженное аккреционное скупивание рудолокализирующих комплексов выявляется в зоне межплитного (Трансуральского) коллизионного шва (рис. 4). На профиле на широте горы Карабаш выделяются структурные пакеты, часть сочленяющих их швов содержит золоторудные концентрации. В восточной части шовной зоны локализованы колчеданные залежи Карабашской рудоносной полосы [Коротеев, Сазонов, 2005].

На Полярном Урале выделяется структура сочленения по протяженной зоне аккреционно-коллизионного шва, сложенная плагиогнейсами, полосы Войкаро-Сыннинских офиолитовых покровов и вулкано-интрузивных комплексов Войкарского пояса, которые сопоставимы с ассоциациями краевых поясов (рис. 5). Офиолиты покровов имеют отчетливую специализацию на хромитовое оруденение, о чем свидетельствует их проявление в виде месторождений и многочисленных рудопроявлений. В свою очередь вулкано-интрузивные комплексы пояса содержат рудопроявления медно-порфировых, скарново-магнетитовых и золоторудных концентраций, что характерно для краевых поясов. В тоже время здесь отсутствуют образования энсиматических островных дуг с медноколчеданной специализацией. Такая специфика явилась основанием к выделению Полярноуральского металлогенического сегмента, отличного от расположенных южнее Среднеуральского (Тагильского) и Южноуральского сегментов, обладающих другими особенностями, приобретенными при аккреционно-коллизионных преобразованиях [Нечеухин, Волчек, 2012].

В пределах Среднеуральского (Тагильского) и Южноуральского сегментов аккреционное скупивание и коллизионное сочленение определили основные особенности в размещении и структурном положении рудных концентраций в сформировавшейся постааккреционной металлогенической схеме орогена. Основу этой схемы составили аллохтонные рудолокализирующие структуры. Прежде всего, это относится к рудным концентрациям, связанным с режимами рифтогенного растяжения и



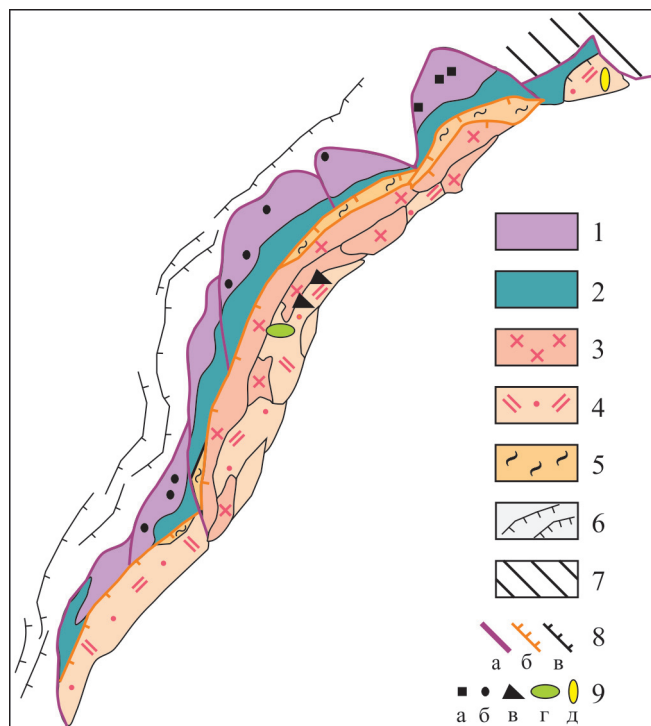


**Рис. 4.** Профиль через рудолокализирующую многопокровную зону межплитного коллизионного шва на широте горы Карабаш (Средний Урал) по [Разрывная..., 2001] с дополнениями и изменениями.

1 – метасланцы Русской протоплиты (а) и Сысертско-Ильменогорского террейна (б); 2 – ультрабазиты (а) и пироксениты (б); 3 – офиолитовое габбро (а) и габбро-диориты и диориты (б); 4 – базальты (а) и базальтовые порфириты (б); 5 – переслаивающиеся базальты и зеленые сланцы (а) и базальты и кислые эффузивы (б); 6 – зеленые сланцы (а) и граувакковые песчаники (б); 7 – вулканогенный флиш (а) и андезибазальты (б); 8 – межплитный (а) и притеррейновый (б) коллизионные швы, 9 – межпокровные (а) и внутрипокровные (б) аккреционные швы. Рудные концентрации: 10 – золоторудные; 11 – медноколчеданные. Буквы на схеме – отдельные покровы.

**Fig. 4.** A profile through ore-localizing much-covering zone of interplate collisional suture at the latitude of the mountain Karabash (Middle Urals) after [Razryvnaya..., 2001] with addition and changes.

1 – metaschists of the Russian protoplate (a) and the Siser't'-Ilmeny terrain (б), 2 – ultrabasites (a) and pyroxenites (б), 3 – ophiolite gabbro (a) and gabbro-diorites and diorites (б), 4 – basalts (a) and basalt porphyrites (б), 5 – alternating basalts and green schists (a) and basalts and acid effusives (б), 6 – green schists (a) and greywacke sandstones (б), 7 – volcanogenic flysch (a) and andesite-basalts (б), 8 – interplate (a) and near-terrain (б) collisional sutures, 9 – intercover (a) and intracover (б) accretional sutures. Ore concentrations: 10 – gold-ore, 11 – chalcopyrite. Letters at the diagram are separate covers.



**Рис. 5.** Схема аккреционно-коллизионного скупивания рудолокализирующих комплексов Войкаро-Сыньинской зоны (Полярный Урал).

Офиолиты: 1 – ультрабазиты; 2 – габброиды; 3 – интрузивные и 4 – вулканические фации вулканогенно-интрузивного пояса; 5 – мигматиты коллизионного шва; 6 – периферия зоны; 7 – гранито-гнейсы Харбейского террейна; 8 – межплитные (а), межзональные (б) и коллизионные (в) швы. Рудные концентрации: 9 – хромитовые залежи (а) и рудопоявления (б), скарново-магнетитовые (в), медно-порфировые (г) и золоторудные (д).

**Fig. 5.** The diagram of accretion-collisional piling of ore-localizing complexes Voikaro-Sikvin'ya zone (the Polar Urals).

Ophiolites: 1 – ultrabasites, 2 – gabbroids, 3 – intrusive and 4 – volcanic facies of volcano-intrusive belt; 5 – migmatites of collisional suture; 6 – periphery of the zone; 7 – granite-gneisses of the Kharbei terrain; 8 – interplate (a), interzonal (б) and collisional (в) sutures. Ore concentrations: 9 – chromite ore bodies (a) and ore-manifestations (б), skarn-magnetite (в), copper-porphyry (г) and gold-ore (д).

океанического спрединга, а также с обстановками субдукции обоих отмеченных ранее типов.

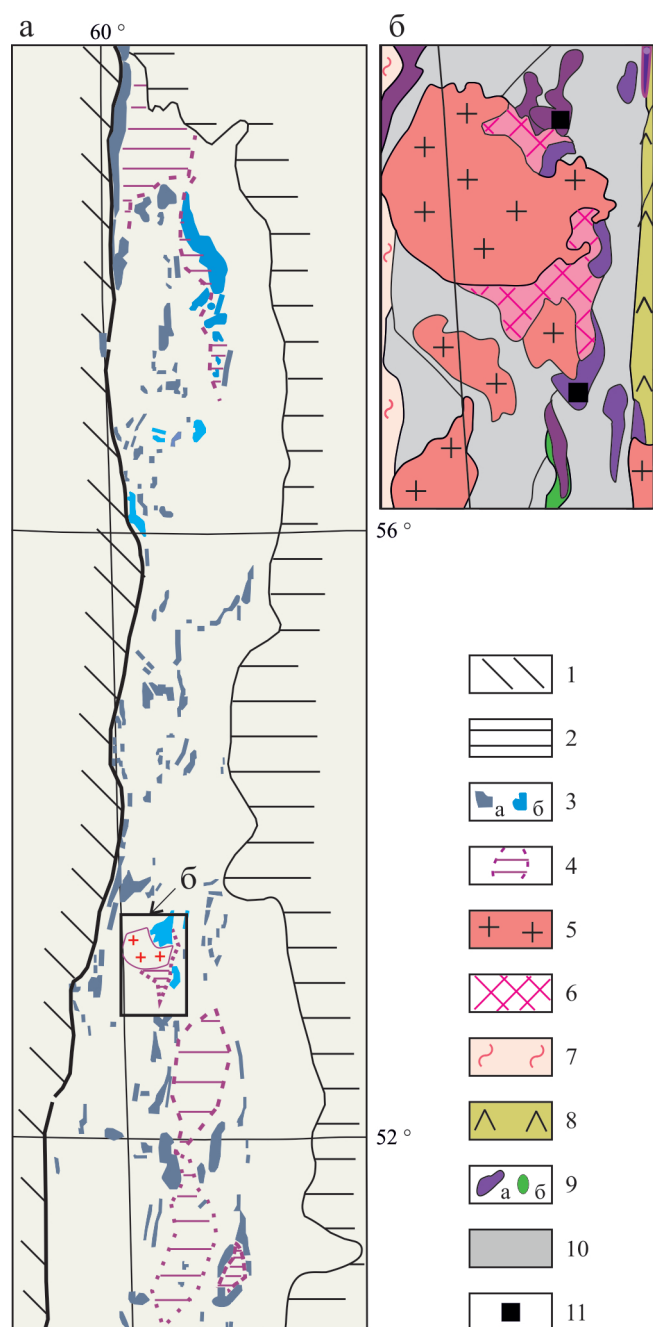
Анализ фактических материалов показал, что хромитоносные и платиноносные габбро-ультрабазитовые и ультрабазитовые массивы этих сегментов структурно связаны с покровами, покровно-надвиговыми, чешуйчато-надвиговыми, надвиго-

выми структурами, залегающая в их основании. Другая часть рудолокализирующих массивов образует крупные литопокры, протрузии и другие аллохтонные структуры, в том числе в ассоциации с террейнами (рис. 6а, б).

Основу схемы размещения и структурного залегания рудных концентраций и рудолокализирующих ассоциаций обстановок субдукции литосферных плит также составляют аллохтонные структуры, образованные процессами аккреции и коллизии. Однако имеются и свои особенности этой схемы. Они заключаются в том, что вблизи палеограницы континент-океан локализуются преимущественно фрагменты разной степени деструкции

надсубдукционных структур и рудолокализирующих ассоциаций (энсиматических островных палеодуг, задуговых и междуговых зон) с характерными для них медноколчеданными формациями и минеральными типами. В пределах этих фрагментов могут сохраняться элементы рудной зональности и другие особенности доаккреционного периода.

Тектонические реконструкции свидетельствуют, что аккреционные скучивания при односторонних движениях могли приводить к структурному совмещению и перекрытию одних рудолокализирующих зон другими. Близкая ситуация предполагается на широте Гайского и Баймакской группы медноколчеданных месторождений на Южном Урале (рис. 7). На совмещенном профиле можно видеть, что рудолокализирующая толща Гайского месторождения по зоне крупного надвига надвинута на расположенную западнее толщу, вмещающую рудные залежи Баймакской группы. В свою очередь, с востока с этой толщей по надвику сочленяется другая рудовмещающая толща, по составу сопоставимая с формационными комплексами Сибайско-Подольской колчеданосной полосы. Имеются основания предполагать, что на северной выклинке гайская колчеданосная толща частично перекрывает ирендыкский вулканогенно-осадочный комплекс, в котором отсутствуют медноколчеданные проявления. Включение в его состав гайской толщи, как это делается в современных металлогенических схемах, не имеет достаточного основания.



**Рис. 6.** Схема размещения ультрабазитовых массивов в Южноуральском сегменте (а) и положение массивов с хромитовым оруденением по периферии Кажимского террейна (б).

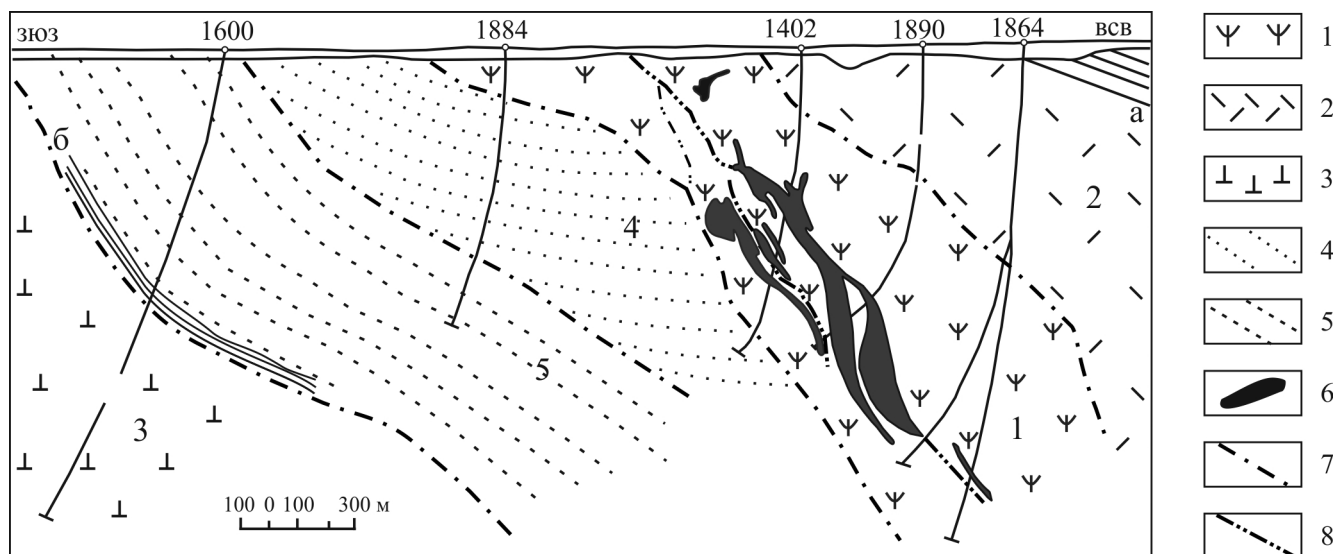
а. 1 – островодужные комплексы Тагил-Магнитогорской мегазоны; 2 – мезо-кайнозойский чехол Западно-Сибирской плиты; 3 – потенциально хромитоносные массивы (а) и массивы с промышленным хромитовым оруденением (б); 4 – структурные ансамбли с континентальными террейнами.

б. 5 – граниты; 6 – выступы континентальных террейнов; 7 – коллизионный шов; 8 – островодужные комплексы; 9 – ультрабазиты (а) и габбро (б); 10 – осадочные отложения карбона; 11 – хромитовые месторождения.

**Fig. 6.** A scheme of ultramafic massif location in the South-Uralian segment (а) and the position of massifs with chromite mineralization along the Kazhim terrain periphery (б).

а. 1 – island-arch complexes of Tagil-Magnitogorsk megazone; 2 – Meso-Cenozoic cover of West-Siberian plate; 3 – potentially chromite-bearing massifs (а) and massifs with the industrial-chromite mineralization (б); 4 – structural ensembles with continental terrains.

б. 5 – granites; 6 – continental terrain ledges; 7 – collisional suture; 8 – island-arch complexes; 9 – ultramafites (а) and gabbro (б); 10 – Carboniferous sedimentary deposits; 11 – chromite deposits.



**Рис. 7.** Геологический профиль через Гайскую и Баймакскую колчедановые зоны (Южный Урал) по материалам работ И.Б. Серавкина и др. [2004, 2009] и И.С. Вахромеева, И.В. Чибриковой [1988] с упрощениями и дополнениями.

1 – блок комплексов гайской колчедановоносной зоны с медноколчеданными залежами (залитый контур); 2 – блок комплексов сибайской колчедановоносной зоны с фрагментом кремнисто-яшмовых отложений индикаторного бугульгирского горизонта (а); 3 – блок комплексов баймак-бурибаевской колчедановоносной зоны; 4, 5 – блоки надрудных ритмичнослоистых кремнисто-песчано-сланцевых отложений улутауского типа (4) и вулканомиктовых алевролитов-песчаных отложений зилайского типа (5) с горизонтом кремнистых сланцев индикаторного мукасовского горизонта (б); 6 – медноколчеданные руды; 7 – межпакетные швы; 8 – внутripакетные швы.

**Fig. 7.** Geological profile through the Gai and Baimak massive sulfide-bearing zones (Southern Urals), composed on the work materials I.B. Seravkin et al. [2004, 2009] and I.S. Vakhromeev, I.V. Chibikova [1988] with simplifications and additions.

1 – block of complexes of the Gai pyrite-bearing zone with chalcopyrite deposits (black contours); 2 – block of complexes of the Sibai pyrite-bearing zone with a fragment of cherty-jasper deposits of the indicative Buguligirsk horizons (a); 3 – block of complexes of the Baimak-Buribai pyrite-bearing zone; 4, 5 – blocks of above-ore rhythmically laminated cherty-sandy-schisty deposits of the Ulutau type (4) and volcanicogenic aleurolite-sandy deposits of the Zilair type (5) with a horizon of flinty slates of the indicative Mukasovo horizon (b); 6 – cuprum-pyrite deposits; 7 – inter-package seams; 8 – intra-pack seams.

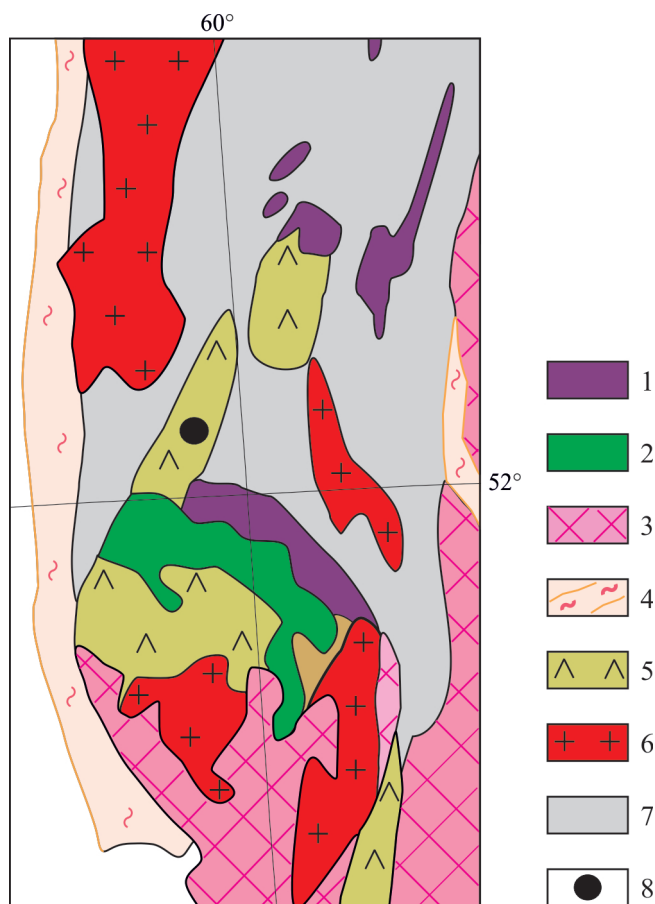
Возможность переброса структурных зон описана также в строении Ильменогорско-Сысертского блока [Кузнецов и др., 1999].

Восточнее этой зоны рудные концентрации доаккреционного периода, как правило, преобразуются, а рудные концентрации обстановок субдукции включаются в состав аллохтонных структур, характерных для процессов аккреции и коллизии. К ним относятся антиформы и синформы, простые и сложные покровы и надвиги, а также сложные структурные ансамбли (рис. 8).

Значительная роль процессов аккреции и коллизии в формировании металлогенической схемы орогена выявляется при анализе установленных особенностей строения и образования, а также металлогении его Восточного сегмента (рис. 9). Сегмент протягивается вдоль восточной периферии Адуйско-Мурзинского террейна и сложен двумя рудолокализирующими зонами, одна из которых имеет строение “ретрошарьяжа” с обратной стратиграфи-

ей. Ее металлогения характеризуется хромитоносными ультрабазитами верхней части разреза и медноколчеданным оруденением среди среднедевонских вулканитов в нижней части разреза. Примакающая с востока полоса верхнедевонских вулканоинтрузивных пород имеет параметры краевого пояса, вмещающего скарново-магнетитовое оруденение. Зоны сочленяются по коллизионному шву.

Интерпретация выделенных положений с позиций плитотектоники выражается в следующих трактовках. Наличие эндогенных и экзогенных концентраций широкого диапазона в системе связано с тем, что она содержит структурно-вещественные ассоциации полной геодинамической последовательности, формировавшиеся в доаккреционные, аккреционные и постааккреционные периоды. Это значительно расширяет возможности таких систем к концентрации в них полезных ископаемых разных генетических и формационных типов. В свою очередь, локализация значительной части эндоген-



**Рис. 8.** Положение медноколчеданного оруденения в структурном ансамбле аккреционного скучивания Теренсайского блока (Южный Урал).

1 – ультрабазиты, 2 – габбро, 3 – континентальный террейн, 4 – коллизионный шов, 5 – островодужные комплексы, 6 – граниты, 7 – постаккреционные осадочные отложения, 8 – медноколчеданные руды.

**Fig. 8.** Position of massive sulfide mineralization in structural ensemble of accretional piling of the Terensai block (Southern Urals).

1 – ultramafic rocks, 2 – gabbro, 3 – continental terrain, 4 – collisional suture, 5 – island arch complexes, 6 – granites, 7 – post-accretionary sedimentary deposits, 8 – chalcopyrite ores.

ных рудных концентраций в восточном секторе системы, как и фемический профиль его металлогении связан с формированием этого сектора за счет аккреции ассоциаций палеозойского океанического бассейна. Материалы по металлогении современных океанов показывают, с одной стороны, высокую активность рудных процессов в океанических бассейнах, а с другой, преимущественное накопление в них рудных концентраций фемического ряда. Этому способствуют факторы близости и, вероятно, прямых связей рудогенерирующих источников с мантийными уровнями на доаккреционно-

коллизиионном “океаническом” этапе формирования орогена и соответствующей ему металлогенической провинции.

Вместе с этим, локализация близких по составу рудных концентраций в пределах чередующихся по латерали поясов может объясняться тем, что в океанических палеобассейнах однотипные геодинамические режимы и обстановки, с которыми связаны рудогенерирующие процессы, проявляются неоднократно и имеют продолжительное развитие. Одновременно высокая концентрация полезных ископаемых в восточном секторе может иметь свое объяснение в том, что он формировался в условиях тектонического скучивания рудолокализирующих и рудогенных ассоциаций достаточно обширного океанического пространства. Наконец, элементы зональности относительно палеограницы океан-континент связаны с геодинамикой формирования океанического бассейна, а также его периферийных частей в режимах пассивных и активных континентальных окраин.

#### Металлогения Талота-Лемвинского и Сакмаро-Кракинско-Тирлянско-рифтогенно-складчатых поясов

Металлогенические элементы рифтогенных поясов определяются степенью их раскрытия и составом проявленных в них геодинамических ассоциаций, в том числе характерных только для таких бассейнов. Соответственно, металлогенический облик Талото-Лемвинского пояса, который связан с зоной слабого растяжения и сложен преимущественно осадочными комплексами с пластами и дайками базальтов, определяют рудопроявления медноколчеданного и медноколчеданно-полиметаллического оруденения. Основная часть рудопроявлений локализуется в пределах осевой части растяжения и тяготеет к участкам проявления базальтового вулканизма.

Ассоциации Сакмаро-Кракинско-Тирлянско-рифтогенного пояса, который сформировался в зоне интенсивного рифтогенного растяжения, содержат более широкий диапазон рудных концентраций. В частности, с гарцбургит-лерцолитовыми комплексами связаны хромитовые руды, известные в массивах Крака, фиксирующих зону полной деструкции земной коры. Отмечается, что внутри массивов хромитовые руды тяготеют к границе гарцбургитов и лерцолитов.

#### Металлогения Печорской эпикратонной впадины

Металлогенические элементы области, сформировавшейся на месте Печорского эпиконтинентального бассейна, составляют ассоциации и комплексы геодинамических обстановок, характеризую-



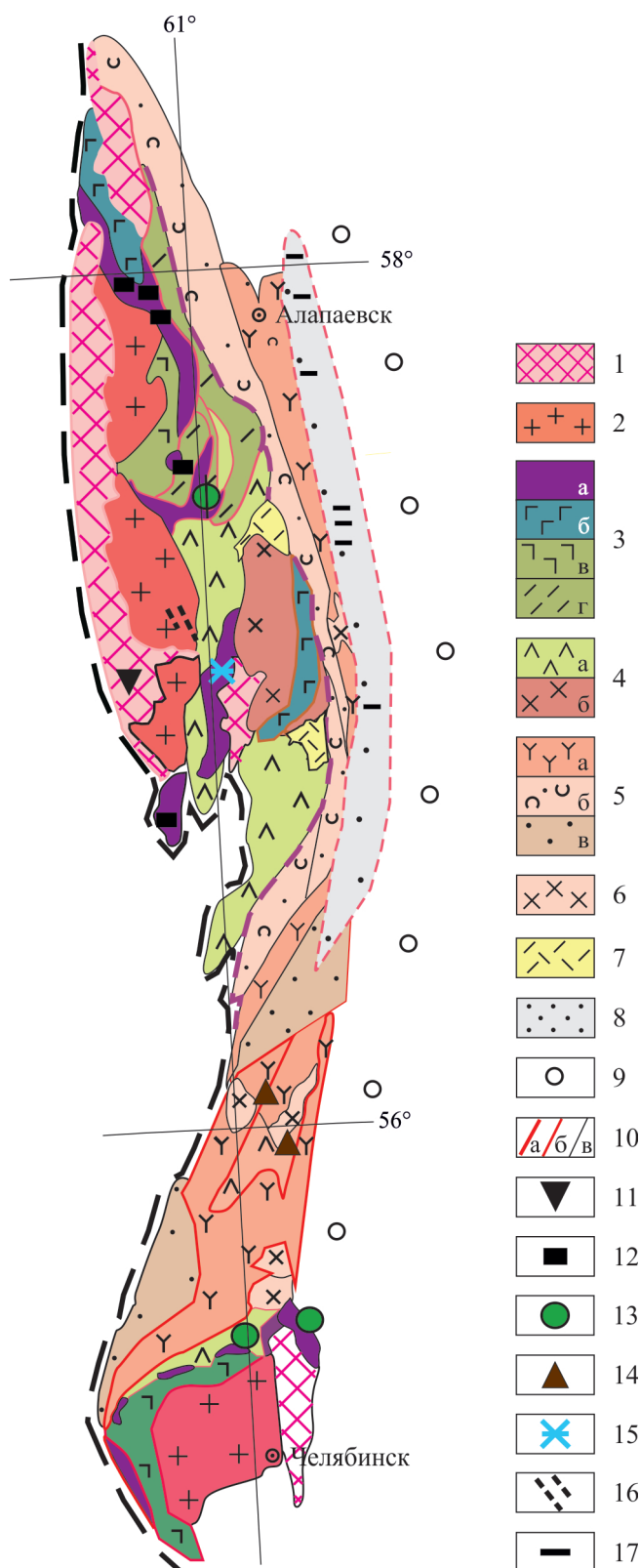


Рис. 9. Рудные концентрации в многопокровной аккреционно-коллизонной структуре Восточного сегмента.

1 — метаморфозы континентального террейна; 2 — внутри-террейновые гранитоиды; 3–4 — зона ретрошарьяжно-покровной структуры; 3 — офиолитовые ассоциации

океанической коры (а — ультрабазиты, б — габбро, в — базальты, г — кремнистые сланцы), 4 — островодужные комплексы (а — вулканогенные, б — диориты и плагиограниты); 5–6 — зона покровно-складчатых структур: 5 — комплексы краевого вулканогенно-интрузивного пояса (а — вулканогенные, б — вулканогенно-осадочные, в — осадочные), 6 — интрузии диоритов и гранодиоритов; 7 — синколлизонные липариты; 8 — осадочные отложения постаккреционных перекрытий; 9 — мезозойско-кайнозойские отложения неоплиты; 10 — фронтальные (а) и межзональные (б) коллизонные и внутри-зональные (в) аккреционные швы; 11 — титаномангнетиты; 12 — хромиты; 13 — медноколчеданные руды; 14 — скарно-магнетитовые руды; 15 — асбест; 16 — кварц-самоцветная минерализация; 17 — бурые угли.

Fig. 9. Ore concentrations in accretion-collisional multicovering structure of the Eastern segment.

1 — meta-rocks of continental terrain; 2 — intraterrain granitoids; 3–4 — zone of retro-overthrust-covering structure: 3 — ophiolite associations of oceanic crust (a — ultrabasites, б — gabbro, в — basalts, г — flinty slates), 4 — island-arch complexes (a — volcanogenic, б — diorites and plagiogranites); 5–6 — zone of covering-folded structures: 5 — complexes of marginal volcanic-intrusive belt (a — volcanogenic, б — volcanic-sedimentary, в — sedimentary), 6 — intrusion of diorites and granodiorites; 7 — syncollisional liparites; 8 — sedimentary deposits of post-accretion overlapping; 9 — Mesozoic-Cenozoic neoplate deposits; 10 — frontal (a) and interzonal (б) collisional and intrazonal (в) accretion sutures; 11 — titanomagnetites, 12 — chromites, 13 — chalcopryrite ores, 14 — skarn-magnetite ores, 15 — asbestos, 16 — quartz-semiprecious-stone mineralization, 17 — brown coals.

щие развитие этого бассейна. Ранние этапы характеризуют рифтогенно-грабеновые и депрессионно-грабеновые терригенные, терригенно-вулканогенные и интрузивные комплексы, выполняющие структуры растяжения и деструкции континентальной коры. С ними связаны проявления редкоземельно-редкометалльной и другой минерализации. К средним этапам относятся накопления преимущественно осадочных комплексов эпиконтинентального бассейна, вмещающие основную часть скоплений углеводородов. Прерывается этап проявлением условий внутриплитного магматизма, который выразился в накоплении базальтов, имеющих черты внутриплитных траппов. К этому периоду относится, по-видимому, внедрение интрузий дифференцированных габброидов, вмещающих залежи медно-никелевых сульфидных руд.

#### Металлогения мезозойско-кайнозойской эпохи

Металлогения мезозойско-кайнозойского цикла, образования которого в пределах сегмента имеют ограниченное проявление, определяется минерацией комплексов раннемезозойского отраженного рифтогенеза, связанного с процессами раздвижения Западно-Сибирской плиты и комплексов позднемезозойско-кайнозойского чехла. Рифтоген-

ные комплексы выполняют угленосные грабены, депрессии с осадочными рудами марганца, железа и бокситами. Комплексы осадочного чехла содержат пластовые залежи марганцевых и других осадочных руд.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании анализа положения рудных концентраций в рудолокализирующих ассоциациях орогенных систем и поясов, образующихся за счет сложной и многоэтапной трансформации океанических бассейнов, выявляется, что имеется связь между оруденением определенного минерального состава и формационной принадлежности и ассоциациями, характеризующими определенные геодинамические режимы и обстановки. С другой стороны, формирование ассоциаций таких режимов и обстановок контролируется плитотектоническими процессами, которые отмечаются зонами активного взаимодействия литосферных плит и очагами эндогенной активности, располагающимися по периферии этих плит. Делается вывод о принадлежности оруденения сегмента к верхнепротерозойской и палеозойской металлогеническим эпохам, связанным с процессами расхождения и агломерационного схождения литосферных плит. Одновременно рассматривается положение, что плитотектонические процессы раздвижения и сдвижения литосферных плит влияют на металлогению всех тектонических и геодинамических систем, интегрированных в составе сегмента.

По материалам анализа строения современных океанических бассейнов делается вывод, что зоны формирования ассоциаций разных геодинамических режимов и обстановок, в том числе рудогенных и рудолокализирующих, пространственно сильно разобщены. В свою очередь, в орогенах, претерпевших под влиянием плитотектонических процессов и процессов аккреции и коллизии структурное преобразование, геологические ассоциации локализованы вблизи границы континент-океан, а рудогенные и рудолокализирующие сильно сближены. Рудные концентрации в значительной части залегают в аллохтонных структурах. Решающая роль фактора движения и перемещения литосферных плит позволяет ввести для этого типа металлогении наименование плитотектоническая металлогения. Показано, что металлогенические факторы геодинамических режимов характеризуют рудную специализацию ассоциаций однотипных режимов и обстановок, а аккреции и коллизии – размещение рудных концентраций, определяя, в конечном счете, совмещение в орогенных системах доаккреционной, синаккреционной-коллизийной и постааккреционной металлогении. На приведенной основе при учете региональных особенностей дан анализ металлогении Урало-Тимано-Палеоазиатского сег-

мента Евразии. Предлагаются схемы металлогении и металлогенического районирования сегмента на плитотектонической основе.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреев С.И. (1999) Геодинамика и рудогенез Мирового океана. СПб.: ВНИИОкеангеология, 209 с.
- Берзина А.П., Сотников В.И., Берзина А.Н., Гимон В.О. (1994) Особенности магматизма медно-молибденовых месторождений разных геодинамических обстановок. *Геология и геофизика*, **35**(7-8), 235-251.
- Билибин Ю.А. (1955) Металлогенические провинции и металлогенические эпохи. М.: Госгеолтехиздат, 88 с.
- Вахромеев И.С., Чибрикова Е.В. (1988) К стратиграфии и структуре Гайского колчеданного месторождения на Южном Урале. Биостратиграфия девона и карбона Урала. Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 77-83.
- Гаськов И.В. (2015) Особенности развития колчеданных рудно-магматических систем в островодужных обстановках Рудного Алтая и Южного Урала. *Литосфера*, (2), 17-39.
- Гецен В.Г. (1987) Тектоника Тимана. Л.: Наука, 172 с.
- Гецен В.Г. (1991) Модель развития земной коры Северо-Востока Европейской платформы в позднем докембрии. Сыктывкар: Геопринт, 28 с.
- Геодинамическая карта Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии (В.М. Нечеухин, В.А. Душин, В.Г. Оловянишников). (2009) Екатеринбург: УГГУ.
- Главные рудные геолого-геохимические системы Урала. (1990) (Ред. А.М. Дымкин, В.А. Коротеев). М.: Наука, 270 с.
- Глубинное строение, тектоника, металлогения Урала (В.М. Нечеухин, Н.Г. Берлянд, В.Н. Пучков, В.Б. Соколов). (1986) Свердловск: УНЦ АН СССР, 106 с.
- Грамберг И.С., Андреев С.И. (1996) Минеральные ресурсы Мирового океана Металлогения складчатых систем с позиций тектоники литосферных плит. Екатеринбург: УрО РАН, 10-24.
- Дистанов Э.Г., Оболенский А.А. (1994) Металлогеническое развитие Центрально-Азиатского подвижного пояса в связи с его геодинамической эволюцией. *Геология и геофизика*, **35**(7-8), 252-269.
- Дистанов Э.Г., Оболенский А.А., Сотников В.И. (1998) Металлогеническая эволюция и особенности проявления рудообразующих систем в геодинамических обстановках Центрально-Азиатского подвижного пояса. Металлогения, нефтегазосность и геодинамика Северо-Азиатского кратона и орогенных поясов его обрамления. Мат-лы II Всерос. металлогенического совещ. с участием иностр. спец. Иркутск. 236-237.
- Душин В.А. (1997) Магматизм и геодинамика палеоконтинентального сектора севера Урала. М.: Недра, 213 с.
- Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И. (1993) Палеогеодинамика. М.: Наука, 190 с.
- Иванов С.Н., Нечеухин В.М. (1974) Металлогения Урала в свете новых тектонических представлений. *Магматизм, метаморфизм и рудообразование в геологической истории Урала*. Свердловск: УНЦ АН СССР, 232-234.

- Иванов С.Н., Нечеухин В.М. (1976) Доорогенная металлогения эвгеосинклиналей в свете тектоники литосферных плит. Международный геологический конгресс, XXV сессия. Доклады советских геологов. М.: Наука, 140-148.
- Иванов С.Н., Перфильев А.С., Нечеухин В.М. (1974) Палеозойская история Урала. *Магматизм, метаморфизм и рудообразование в геологической истории Урала*. Свердловск: УНЦ АН СССР, 13-38.
- Ковалев А.А. (1978) Мобилизм и поисковые геологические критерии. М.: Недра, 287 с.
- Коротеев В.А. (1996) Тектоника литосферных плит и проблемы металлогении Металлогения складчатых систем с позиций тектоники плит. Екатеринбург: УрО РАН, 4-10.
- Коротеев В.А., Нечеухин В.М. (1998) Магматические и метаморфические ассоциации полной геодинамической последовательности. Магматизм и геодинамика. Екатеринбург: УрО РАН, 10-22.
- Коротеев В.А., Огородников В.Н., Сазонов В.Н., Поленов Ю.А. (2010) Минералогия шовных зон Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 415 с.
- Коротеев В.А., Сазонов В.Н. (2005) Геодинамика, рудогенез, прогноз. Екатеринбург: ИГТ УрО РАН, 259 с.
- Кузнецов Н.Б., Дегтярев К.Е. (1999) Покровная структура Сысертско-Ильменогорской зоны Восточного Урала. *Докл. АН*, **369**(5), 653-658.
- Металлогения складчатых систем с позиций тектоники плит. (1996) Екатеринбург: УрО РАН, 248 с.
- Медноколчеданные месторождения Урала. Свердловск: УрО РАН. Т. 1, 1985, 288 с. Т. 2, 1988, 241 с. Т. 3, 1992, 308 с.
- Метасоматические железистые кварциты. (1979) Свердловск: УНЦ АН СССР, 122 с.
- Митчелл А., Гарсон М. (1984) Глобальная позиция минеральных месторождений. М.: Мир, 486 с.
- Нечеухин В.М. (1996) Плитотектоническая металлогения складчатых систем полного геодинамического цикла. *Металлогения складчатых систем с позиций тектоники литосферных плит*. Екатеринбург: УрО РАН, 10-24.
- Нечеухин В.М. (2000) Плитотектоника и металлогения Уральской аккреционно-складчатой системы. *Металлогения и геодинамика Урала: Тез. докл. III Всеуральского металлогенического совещ.* Екатеринбург, 65-67.
- Нечеухин В.М., Волчек Е.Н. (2012) Типы аккреционных и коллизионных процессов в орогенных системах Тимано-Уральского сегмента Евразии. *Литосфера*, (4), 78-90.
- Нечеухин В.М., Волчек Е.Н. (2013) Геодинамическая типизация металлогенических элементов Тимано-Уральского сегмента Евразии. *Литосфера*, (6), 88-92.
- Овчинников Л.Н. (1998) Полезные ископаемые и металлогения Урала. М.: Геоинформатика, 418 с.
- Оффман П.Е. (1961) Происхождение Тимана. М.: Изд-во АН СССР, 140 с.
- Пейве А.В., Штрейс Н.А., Моссаковский А.А., Перфильев А.С., Руженцев С.В., Богданов Н.А., Книппер А.Л., Марков М.С. и др. Палеозоида Евразии и некоторые вопросы эволюции геосинклинального процесса. (1972) *Сов. геология*, (12), 7-25.
- Пейве А.В., Штрейс Н.А., Книппер А.Л., Марков М.С., Богданов Н.А., Перфильев А.С., Руженцев С.В. (1971) Океаны и геосинклинальный процесс. *Докл. АН СССР*, **196**(3), 657-659.
- Пучков В.Н. (1975) Структурные связи Приполярного Урала и Русской платформы. Л.: Наука. Ленингр. Отд., 120 с.
- Разрывная тектоника и рудоносность Башкирского Зауралья (И.Б. Серавкин, С.Е. Знаменский, А.М. Косарев). (2001) Уфа: Полиграфкомбинат, 318 с.
- Семёнов И.В. (2000) Палеовулканический спрединговый вулканизм Урала и реконструкция параметров Уральского палеозойского океана. Екатеринбург: УрО РАН, 362 с.
- Серавкин И.Б., Знаменский С.Е., Виноградов А.М. (2004) Особенности глубинного строения крупнейших на Урале Гайского медноколчеданного и Кочкарского золоторудного месторождений. Крупные и суперкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования (Под ред. Д.В. Рундквиста). М.: ИГЕМ РАН, 257-274.
- Серавкин И.Б., Скуратов В.Н. (2009) Гайское медноколчеданное месторождение: структура, зональность и распределение золота и серебра в рудах. *Литосфера*, (4), 66-82.
- Тектоническая карта Урала. Масштаб 1 : 1 000 000. (1976) М.: ГУГК.
- Тектоника Урала (А.В. Пейве, С.Н. Иванов, В.М. Нечеухин, А.С. Перфильев, В.Н. Пучков). (1977) М.: Наука, 120 с.
- Формирование земной коры Урала (С.Н. Иванов, В.Н. Пучков, К.С. Иванов, Г.И. Самаркин, И.В. Семёнов, А.И. Пумпянский, А.М. Дымкин, Ю.А. Полтавец, А.И. Русин, А.А. Краснобаев). (1986) М.: Наука, 248 с.
- Шатский Н.С. (1946) Основные черты строения и развития Восточно-Европейской платформы. Сравнительная тектоника древних платформ, статья 1. *Изв. АН СССР. Сер. геол.*, (1), 5-62.
- Шпикерман В.И., Горячев Н.А. (1996) Плитотектоническая металлогения складчатых систем аккреционного типа. *Металлогения складчатых систем с позиций тектоники литосферных плит*. Екатеринбург: УрО РАН, 64-78.
- Юй Чжи-Цзе. (1996) Медно-железорудный металлогенический пояс южной части Северо-Китайской платформы. *Металлогения складчатых систем с позиций тектоники плит*. Екатеринбург: УрО РАН, 144-148.
- Язева Р.Г., Бочкарев В.В. (1998) Геология и геодинамика Южного Урала (опыт геодинамического картирования). Екатеринбург: УрО РАН, 204 с.
- Koroteev V.A., de Boorder H., Necheukhin V.M., Sazonov V.N. (1997) Geodynamic setting of the Mineral Deposits of the Urals. *Tectonophysics*, **276**, 291-300.
- Stephens M.B., Scott Swinden H., Slack I.F. (1984) Correlation of Massive Sulfide Deposits in the Appalachian-Caledonian Orogen on the Basis of Paleotectonic Setting. *Econ. Geol.*, **79**(7), 1442-1478.

## REFERENCES

Andreev S.I. (1999) *Geodinamika i rudogenez Mirovogo okeana* [Geodynamics and ore genesis of the World Ocean]. St-Petersburg, VNIIOkeangeologiya, 209 p.



- Berzina A.P., Sotnikov V.I., Berzina A.N., Gimon V.O. (1994) Features of magmatism in the Cu-Mo deposits of various geodynamic settings. *Geol. Geofiz.*, **35**(7-8), 235-251. (In Russian)
- Bilibin Yu.A. (1955) *Metallogenicheskie provintsii i metallogenicheskie epokhi* [Metallogenic provinces and metallogenic epochs]. Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 88 p. (In Russian)
- Distanov E.G., Obolenskii A.A. (1994) Metallogenic development of the Central Asian mobile belt in connection with its geodynamic evolution. *Geol. Geofiz.*, **35**(7-8), 252-269. (In Russian)
- Distanov E.G., Obolenskii A.A., Sotnikov V.I. (1998) Metallogenic evolution and features of the manifestation of ore-forming systems in geodynamic environments of the Central Asian mobil belt. *Metallogeniya, neftegazonosnost' i geodinamika Severo-Aziatskogo kratona i orogennykh pojasov ego obramleniya. Materialy II metallogenicheskogo soveshchaniya s uchastiem inostrannykh spetsialistov* [Metallogeny, oil and gas content and geodynamics of the North Asian craton and orogenic belts of its frame. Materials 2-nd metallogenic Conf. with part of foreign specialists]. Irkutsk, 236-237. (In Russian)
- Dushin V.A. (1997) *Magmatizm i geodinamika paleokontinental'nogo sektora severa Urala* [Magmatism and geodynamics of the paleocontinental sector of the north of the Urals]. Moscow, Nedra, Publ., 213 p. (In Russian)
- Formirovanie zemnoi kory Urala* (S.N. Ivanov, V.N. Puchkov, K.S. Ivanov, G.I. Samarkin, I.V. Semenov, A.I. Pumpyanskii, A.M. Dymkin, Yu.A. Poltavets, A.I. Rusin, A.A. Krasnobaev). (1986) [Formation of the Earth's crust of the Urals]. Moscow, Nauka Publ., 248 p. (In Russian)
- Gas'kov I.V. (2015) Peculiarities of the development of pyrite ore-magmatic systems in island-arc conditions of the Rudnyi Altai and the South Urals. *Litosfera*, (2), 17-39. (In Russian)
- Geodinamicheskaya karta Uralo-Timano-Paleoaziatskogo segmenta Evrazii* (V.M. Necheukhin, V.A. Dushin, V.G. Olovyanishnikov). (2009) [Geodynamic map of the Ural-Timan-Paleo-Asiatic segment of Eurasia]. Ekaterinburg, UGGU. (In Russian)
- Getsen V.G. (1987) *Tektonika Timana* [Tectonics of the Timan]. Leningrad, Nauka Publ., 172 p. (In Russian)
- Getsen V.G. (1991) *Model' razvitiya zemnoi kory Severo-Vostoka Evropeiskoi platformy v pozdnem dokembrii* [Model for the development of Earth's crust of the Northeast of European Platform in the Late Precambrian]. Syktyvkar, Geoprint Publ., 28 p. (In Russian)
- Glavnye rudnye geologo-geokhimicheskie sistemy Urala*. (1990) (Eds. A.M. Dymkin, V.A. Koroteev). [The main ore geological and geochemical systems of the Urals (Eds. A.M. Dymkin, V.A. Koroteev)]. Moscow, Nauka Publ., 270 p. (In Russian)
- Glubinnoe stroenie, tektonika, metallogeniya Urala* (V.M. Necheukhin, N.G. Berlyand, V.N. Puchkov, V.B. Sokolov). (1986) [Deep structure, tectonics, metallogeny of the Urals]. Sverdlovsk, UNTs AN SSSR, 106 p. (In Russian)
- Gramberg I.S., Andreev S.I. (1996) Mineral resources of the World Ocean. *Metallogeniya skladchatykh sistem s pozitsii tektoniki litosfernykh plit* [Metallogeny of folded systems from positions of lithospheric plates tectonics]. Ekaterinburg, UrO RAN, 10-24. (In Russian)
- Ivanov S.N., Necheukhin V.M. (1974) Metallogeny of the Urals in the light of new tectonic ideas. *Magmatizm, metamorfizm i rudoobrazovanie v geologicheskoi istorii Urala* [Magmatism, metamorphism and ore formation in the geological history of the Urals]. Sverdlovsk, UNTs AN SSSR, 232-234. (In Russian)
- Ivanov S.N., Necheukhin V.M. (1976) Pre-orogenic metallogeny of eugeosynclines in the light of tectonics of lithospheric plates. *Mezhdunarodnyi geologicheskii kongress, XXV sessiya. Doklady sovetskikh geologov* [International Geological Congress, XXV session. Reports of Soviet geologists]. Moscow, Nauka Publ., 140-148. (In Russian)
- Ivanov S.N., Perfil'ev A.S., Necheukhin V.M. (1974) Paleozoiskaya istoriya Urala. *Magmatizm, metamorfizm i rudoobrazovanie v geologicheskoi istorii Urala* [Magmatism, metamorphism and ore formation in the geological history of the Urals]. Sverdlovsk, UNTs AN SSSR, 13-38. (In Russian)
- Koroteev V.A. (1996) Tectonics of lithospheric plates and problems of metallogeny. *Metallogeniya skladchatykh sistem s pozitsii tektoniki plit* [Metallogeny of folded systems from the standpoint of plate tectonics]. Ekaterinburg, UrO RAN, 4-10. (In Russian)
- Koroteev V.A., de Boorder H., Necheukhin V.M., Sazonov V.N. (1997) Geodynamic setting of the Mineral Deposits of the Urals. *Tectonophysics*, **276**, 291-300.
- Koroteev V.A., Necheukhin V.M. (1998) Magmatic and metamorphic associations of a complete geodynamic sequence. *Magmatizm i geodinamika* [Magmatism and geodynamics]. Ekaterinburg, UrO RAN, 10-22. (In Russian)
- Koroteev V.A., Ogorodnikov V.N., Sazonov V.N., Polenov Yu.A. (2010) *Minerageniya shovnykh zon Urala* [Mineralogy of the suture zones of the Urals]. Ekaterinburg, UrO RAN, 415 p. (In Russian)
- Koroteev V.A., Sazonov V.N. (2005) *Geodinamika, rudo-genez, prognoz* [Geodynamics, oreogenesis, forecast]. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 259 p. (In Russian)
- Kovalev A.A. (1978) *Mobilizm i poiskovye geologicheskie kriterii* [Mobilism and search geological criteria]. Moscow, Nedra Publ., 287 p. (In Russian)
- Kuznetsov N.B., Degtyarev K.E. (1999) Covering structure of the Eastern Urals Sysert-Ilmenogorsk zone. *Dokl. Akad. Nauk*, **369**(5), 653-658. (In Russian)
- Mednokolchedannye mestorozhdeniya Urala* [Copper-rich pyrite deposits of the Urals]. Sverdlovsk, UrO RAN. V. 1, 1985, 288 p. V. 2, 1988, 241 p. V. 3, 1992, 308 p. (In Russian)
- Metallogeniya skladchatykh sistem s pozitsii tektoniki plit* [Metallogeniya folded systems from the standpoint of plate tectonics]. (1996) Ekaterinburg, UrO RAN, 248 p. (In Russian)
- Metasomaticheskie zhelezistye kvartsity* [Metasomatic ferruginous quartzites]. (1979) Sverdlovsk, UNTs AN SSSR, 122 p. (In Russian)
- Mitchell A., Garson M. (1984) *Global'naya pozitsiya mineral'nykh mestorozhdenii* [Global position of mineral deposits]. Moscow, Mir Publ., 486 p. (In Russian)
- Necheukhin V.M. (1996) Plate-tectonic metallogeny of folded systems of a complete geodynamic cycle. *Metallogeniya skladchatykh sistem s pozitsii tektoniki plit* [Metallogeny of folded systems from positions of tectonics of lithospheric plates]. Ekaterinburg, UrO RAN, 10-24. (In Russian)



- Necheuhin V.M. (2000). Plate-tectonic and metallogeny of Uralian accretion-folded system. *Metallogeniya i geodinamika Urala. Tez. Docl. III Vseural'skogo metallogenicheskogo soveshchaniya* [Metalligeny and geodynamic of the Urals. Materials of 3-rd Uralian metallogenetic conf.], Ekaterinburg, 65-67. (In Russian)
- Necheuhin V.M., Volchek E.N. (2012) Types of accretion and collision processes in orogenic systems of the Timan-Ural segment of Eurasia. *Litosfera*, (4), 78-90. (In Russian)
- Necheuhin V.M., Volchek E.N. (2013) Geodynamic typification of metallogenic elements of the Timan-Ural segment of Eurasia. *Litosfera*, (6), 88-92. (In Russian)
- Offman P.E. (1961) *Proiskhozhdenie Timana* [The Origin of Timan]. Moscow, AN SSSR. 140 p. (In Russian)
- Ovchinnikov L.N. (1998) *Poleznye iskopaemye i metallogeniya Urala* [Minerals and metallogeny of the Urals]. Moscow, Geoinformatika Publ., 418 p. (In Russian)
- Peive A.V., Shtreis N.A., Knipper A.L., Markov M.S., Bogdanov N.A., Perfil'ev A.S., Ruzhentsev S.V. (1971) Oceans and the geosynclinal process. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, **196**(3), 657-659. (In Russian)
- Peive A.V., Shtreis N.A., Mossakovskii A.A., Perfil'ev A.S., Ruzhentsev S.V., Bogdanov N.A., Knipper A.L., Markov M.S. et al. (1972) Paleozoids of Eurasia and some issues of evolution of the geosynclinal process. *Sovetskaya geologiya*, (12), 7-25. (In Russian)
- Puchkov V.N. (1975) *Strukturnye svyazi Pripolyarnogo Urala i Russkoi platformy* [Structural relations of the Subpolar Urals and the Russian Platform]. Leningrad, Nauka Publ., 120 p. (In Russian)
- Razryvnaya tektonika i rudonosnost' Bashkirskogo Zaural'ya (I.B. Seravkin, S.E. Znamenskii, A.M. Kosarev). (2001) [Discontinuous tectonics and ore content of the Bashkir Trans-Urals]. Ufa, Poligrafkombinat Publ., 318 p. (In Russian)
- Semenov I.V. (2000) *Paleovulkanicheskiy spredingoviy vulkanizm Urala i rekonstruktsiya parametrov Ural'skogo paleozoiskogo okeana* [Paleovolcanic spreading volcanism of the Urals and reconstruction of parameters of the Ural Paleozoic ocean]. Ekaterinburg, UrO RAN, 362 p. (In Russian)
- Seravkin I.B., Skuratov V.N. (2009) Gaiskoye copper-pyrite deposit: structure, zoning and distribution of gold and silver in ores. *Litosfera*, (4), 66-82. (In Russian)
- Seravkin I.B., Znamenskii S.E., Vinogradov A.M. (2004) Features of the deep structure of the largest in the Urals Gaisky copper-pyrite and Kochkarsky gold deposits. *Kрупные и суперкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования*. (Pod red. D.V. Rundkvista) [Large and super large deposits: patterns of location and conditions of formation. (Ed. D.V. Rundquist)]. Moscow, IGEM RAN Publ., 257-274. (In Russian)
- Shatskii N.S. (1946) The main features of the structure and development of the East European platform. Comparative tectonics of ancient platforms Article 1. *Izv. Akad. Nauk SSSR. Ser. Geol.*, (1), 5-62. (In Russian)
- Shpikerman V.I., Goryachev N.A. (1996) Plate-tectonic metallogeny of folded systems of accretion type. *Metallogeniya skladchatykh sistem s pozitsii tektoniki litosfernykh plit* [Metallogeny of folded systems from the standpoint of plate tectonics]. Ekaterinburg, UrO RAN, 64-78. (In Russian)
- Stephens M.B., Scott Swinden H., Slack I.F. (1984) Correlation of Massive Sulfide Deposits in the Appalachian-Caledonian Orogen on the Basis of Paleotectonic Setting. *Econ. Geol.*, **79**(7), 1442-1478.
- Tektonicheskaya karta Urala. Masshtab 1 : 1 000 000. (1976) [Tectonic map of the Urals. Scale 1 : 1 000 000]. Moscow, GUGK. (In Russian)
- Tektonika Urala (A.V. Peive, S.N. Ivanov, V.M. Necheuhin, A.S. Perfil'ev, V.N. Puchkov) (1977) [Tectonics of the Urals]. Moscow, Nauka Publ., 120 p. (In Russian)
- Vakhromeev I.S., Chibrikova E.V. (1988) Towards the stratigraphy and structure of the Gay massive sulfide deposit in the Southern Urals. *Biostratigrafiya devona i karbona Urala* [Biostratigraphy of the Devonian and Carboniferous of the Urals]. Ufa, BNTs UrO AN SSSR, 77-83. (In Russian)
- Yazeva R.G., Bochkarev V.V. (1998) *Geologiya i geodinamika Yuzhnogo Urala (opyt geodinamicheskogo kartirovaniya)* [Geology and geodynamics of the Southern Urals (experience in geodynamic mapping)]. Ekaterinburg, UB RAS, 204 p. (In Russian)
- Yu Chih-Tse. (1996) Copper-iron ore metallogenic belt of the southern part of the North China Platform. *Metallogeniya skladchatykh sistem s pozitsii tektoniki litosfernykh plit* [Metallogeny of folded systems from the standpoint of plate tectonics]. Ekaterinburg, UB RAS, 144-148. (In Russian)
- Zonenshain L.P., Kuz'min M.I. (1993) *Paleogeodinamika* [Paleogeodynamics]. Moscow, Nauka Publ., 190 p. (In Russian)