

И. И. АБРАМОВИЧ (ВСЕГЕИ), А. Б. ВРЕВСКИЙ (ИГГД РАН),  
Р. А. ЖУКОВ (ВСЕГЕИ), С. И. ТУРЧЕНКО, В. Я. ХИЛЬТОВА (ИГГД РАН)

## ФИЗИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ГЛУБИН И МЕТАЛЛОГЕНИЯ ДОКЕМБРИЙСКИХ ЩИТОВ

Показано, что тип и масштаб минерализации докембрийских щитов во многом контролируется физическим состоянием литосферной части мантии. Выявленные соотношения между геофизическими характеристиками глубин и рудоносностью качественно подобны ранее установленным в пределах фанерозойских областей. Непротиворечивое объяснение этой закономерности дано с учетом концептуальной модели рудогенеза — модели мантийного термобарического сепаратора, предполагающей первоначальное концентрирование рудных компонентов на астеносферном уровне под воздействием градиентных полей, присутствующих на активных границах литосферных плит. Использование указанной концептуальной модели рудогенеза и выявленные закономерности позволяют с новых позиций подходить к перспективам наращивания минерально-сырьевого потенциала докембрийских щитов, включая щиты России.

It is shown that the type and the dimensions of mineralization in Precambrian shields are mainly controlled by the physical state of the mantle lithosphere. The revealed relationships between the geophysical characteristics of depths and the ore potential are qualitatively similar to those revealed in Phanerozoic areas. Noncontradictory explanation of this pattern is given taking into consideration the conceptual model of ore genesis: the model of the mantle thermobaric separator, which suggests primary concentration of ore components at the asthenosphere level under the impact of gradient fields occurring on active boundaries of lithospheric plates. Employment of this conceptual ore-genesis model and the revealed pattern allows a new approach to the possibility to increase the mineral potential of Precambrian shields, including the shields of Russia.

### Вводные замечания

К числу важнейших проблем теоретической и прикладной металлогении, вызывающих неослабное внимание геологов, относится выяснение природы металлогенической специализации крупных блоков земной коры. При этом давно уже установлено определенное сходство в рудоносности однотипных тектонических доменов (металлотектов, как их называл П. Лафит). В настоящее время это явление рассматривается как металлогеническая специализация геодинамических обстановок. Практика прогнозно-металлогенических построений показала однако, что нередко сходные геодинамические обстановки существенно отличаются по рудонасыщенности и по набору рудно-формационных типов.

В полной мере отмеченное относится к докембрийским щитам и реконструируемым в них геодинамическим обстановкам. Значительные различия установлены для рифтогенных структур и для структурно-вещественных комплексов, отвечающих палеосубдукционным зонам. Причину этого явления, как оказалось, невозможно полностью объяснить ни различной опосредованностью территории, ни теми или иными неоднородностями

земной коры. Предположение о протопланетной геохимической неоднородности недр, сохраняющейся на мантийном уровне, не является перспективным. Более перспективным представляется предположение о формировании геохимических неоднородностей мантии в эпохи рудогенеза как следствие тех или иных геодинамических процессов, сопровождающихся тепломассопереносом.

Исходя из отмеченного, оправданно обращение к концептуальной модели мантийного термобарического сепаратора, в свое время предложенной И. И. Абрамовичем и И. Г. Клушиным. В основе этой модели лежит представление о латеральном перераспределении химических элементов (включающих их соединения), по разному чувствительных к перепадам температуры и сверхли-тостатического давления в градиентных полях, возникающих в эпохи геодинамической активности на границах литосферных плит. В результате такого рода процесса преимущественно на астеносферном уровне появляются скопления расплавов и флюидов, специализация которых определяется главным образом интенсивностью градиентных полей, длительностью их существования, степенью флюидного насыщения среды и расстоянием от границы литосферных плит. Иными сло-

вами, формируются геохимические неоднородности мантии, находящие отражение в виде региональной геохимической и металлогенической зональности. Существенно, что геохимические неоднородности мантии всегда парагенетически связаны с температурными и плотностными неоднородностями, которые также отличаются значительной консервативностью. Они в той или иной мере сотни миллионов лет сохраняются в литосферной части мантии, не затрагиваемой последующими конвективными перемещениями масс.

Все изложенное выше оправдывает попытки выявления связей между металлогеническими особенностями структурно-вещественных комплексов, отвечающих тем или иным палеогеодинамическим обстановкам, и физическим состоянием глубин, регистрируемым в современную эпоху. Ранее [1] такого рода соотношения успешно использовались в металлогеническом анализе применительно к фанерозойским структурам. В данной работе предпринята попытка выявить нечто подобное в пределах докембрийских щитов.

### **Исходный фактический материал**

Сведения о рудоносности докембрийских щитов заимствованы главным образом из многочисленных карт полезных ископаемых, составленных геологическими службами Канады, Индии и других стран. Кроме того, использовались глобальные сводки металлогенической информации [5, 10 и др.]. Для анализа данных по России полезным оказалось обобщение на платформенной основе, выполненное сотрудниками ИМГРЭ под руководством Г. С. Гусева [4].

Данные о физическом состоянии глубин в пределах докембрийских щитов почерпнуты из многочисленных глобальных сводок геофизических измерений. Среди них результаты космической гравиметрии (карты аномального геопотенциала — превышений геоида над референц-эллипсоидом), оценки мощности литосферы на основании данных о тепловом потоке [8], оценки мантийной температуры на разных глубинах, в том числе с учетом изучения состава ксенолитов [7].

Сведения о геодинамической позиции рудных объектов получены из многочисленных, преимущественно статейных публикаций. Этот материал в ряде случаев отражал не вполне согласованные выводы разных авторов. Тем не менее, в целом он позволял констатировать вполне устойчивые закономерности, касающиеся геодинамического режима, существовавшего в эпохи рудогенеза.

### **Основные эмпирические закономерности**

Статистическая обработка геофизических и металлогенических данных по всем без исключения докембрийским щитам мира показала, что корреляционные связи между рассматриваемыми характеристиками в большинстве случаев слабые, неустойчивые. Во многом это определялось суще-

ственными изменениями физического состояния глубин, имевшими место на некоторых щитах в фанерозойское время. Вероятно, полезным могло бы оказаться последовательное элиминирование влияния посткембрийской геодинамики. Однако это требовало надежных оценок параметров динамического режима, господствовавшего на щитах в фанерозое. На данном этапе исследования авторы сочли целесообразным в ряде случаев просто исключить из рассмотрения группу докембрийских щитов, подвергшихся интенсивной переработке в фанерозое. К ним относятся щиты Алдано-Становой, Антарктический, Центральной и Западной Африки, а также щиты Китайской платформы.

Важнейшей характеристикой физического состояния глубин является плотность верхнего, приблизительно 300-километрового слоя мантии, отвечающего ее литосферной части. Судить о вариациях плотности можно прежде всего по значениям скорости сейсмических волн, доставляемых методами сейсмической томографии, и аномалиям гравитационного потенциала. Те и другие данные, как известно, в свою очередь могут зависеть от изменений температуры мантии, ее химического состава, главным образом соотношения железа и магния, а также от преобладания тех или иных минеральных фаз. Как показывает анализ сопряженных вариаций гравитационных, сейсмических и электромагнитных данных, выполненный ранее [6], наибольший вклад в изменчивость плотности литосферной мантии вносят вариации температуры и железо-магниевого отношения, приблизительно 75% суммарной дисперсии значений плотности.

На рис. 1 показаны распределения значений гравитационного потенциала для рассматриваемой группы докембрийских щитов. Как видим, щиты существенно отличаются по диапазонам изменения данного показателя. Среди них выделяются «легкие» щиты с преобладающими отрицательными аномалиями геоида и «тяжелые», с преимущественно положительными аномалиями. Для первых характерно преобладание повышенных значений скоростей продольных сейсмических волн, для вторых — пониженных. С этим согласуются также изменения обобщенных петрохимических параметров вулканических пород, слагающих зеленокаменные пояса архейского возраста [3].

Наблюдается статистически значимая связь между аномальным геопотенциалом, т. е. плотностью подстилающей щиты литосферы и их золотоносностью (рис. 2). Крупные и суперкрупные раннедокембрийские месторождения золота выявлены преимущественно в пределах «легких» щитов. На этих щитах известны также позднедокембрийские золоторудные гиганты, такие как Хоум Стейк в поясе Гудзон Канадского щита, Голден Мэйл в блоке Йлгарн на западе Австралии и Лас Кристинас в Трансамазонском поясе Бразильского щита. Все известные крупные месторождения

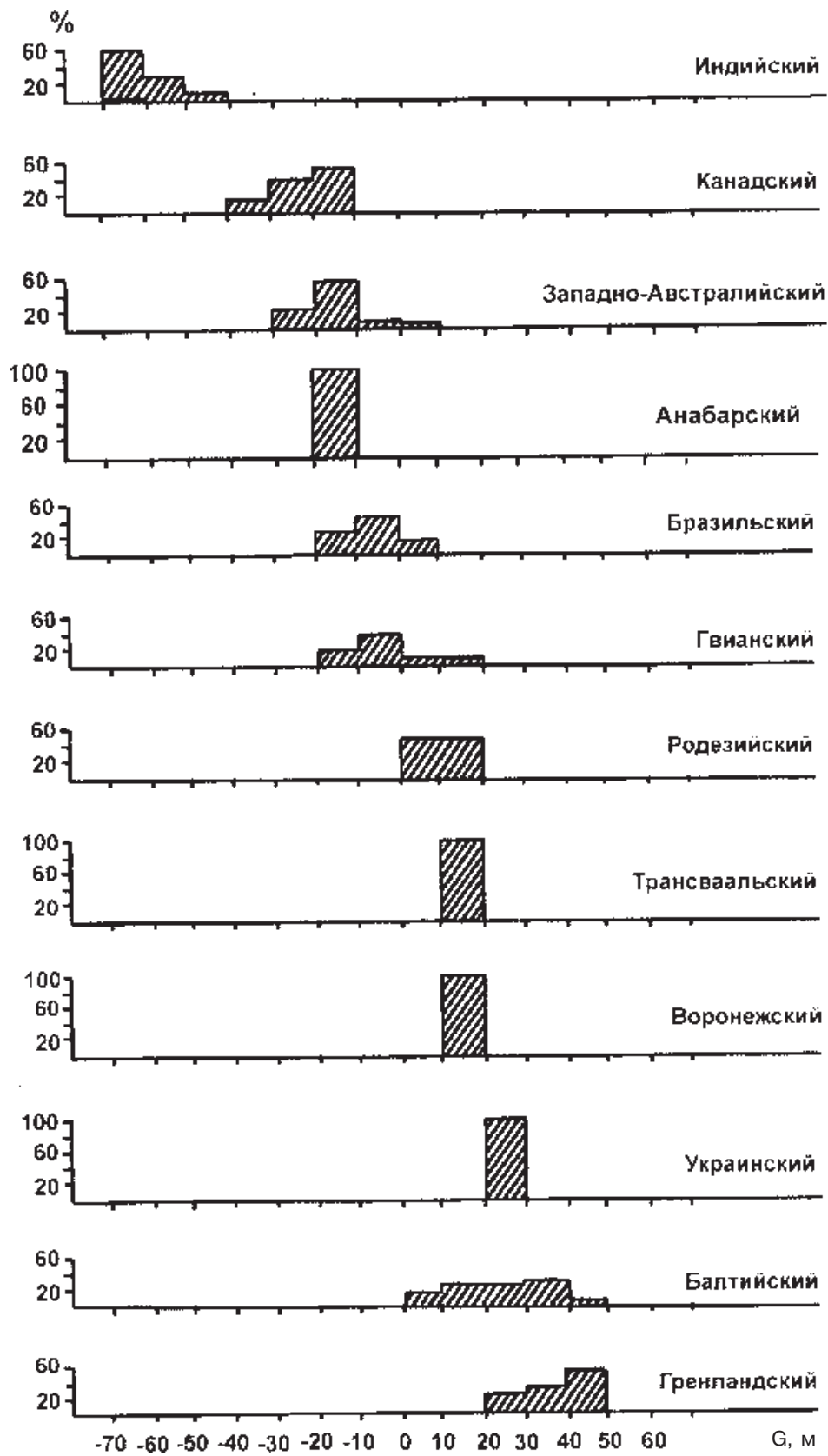


Рис. 1. Распределение значений гравитационного потенциала ( $G$ ) в пределах докембрийских щитов, не подвергавшихся существенной тектонической переработке в фанерозое

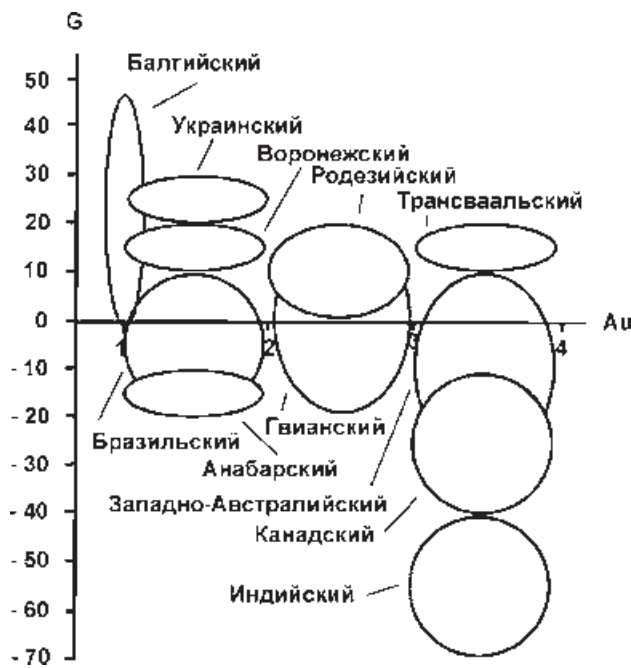


Рис. 2. Соотношение масштабов докембрийских золоторудных месторождений (Au) со значениями гравитационного потенциала ( $G$ ) в пределах докембрийских щитов

Месторождения: 1 — мелкие, 2 — средние, 3 — крупные, 4 — гигантские, уникальные

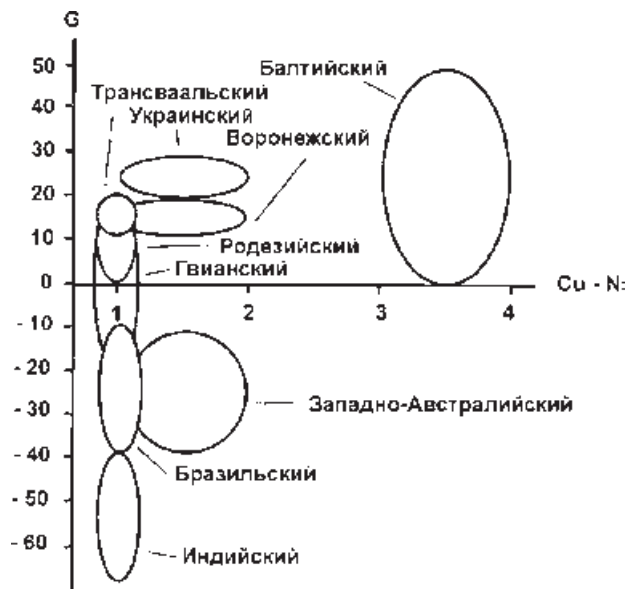


Рис. 3. Соотношение масштабов медно-никелевых месторождений (Cu-Ni) со значениями гравитационного потенциала ( $G$ ) в пределах докембрийских щитов

Значения масштабов месторождений те же, что на рис. 2

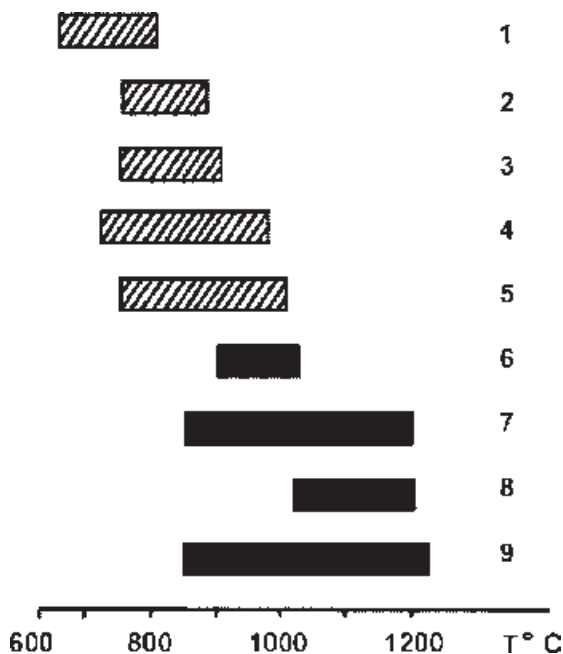


Рис. 4. Диапазоны изменений температуры мантии на глубине 100 км, по [7], в пределах докембрийских щитов

Щиты: 1 — Балтийский, 2 — Украинский, 3 — Западно-Австралийский, 4 — Гвианский, 5 — Канадский, 6 — Воронежский, 7 — Родезийский и Трансваальский, 8 — Бразильский, 9 — Индийский. Выделены щиты (6–9), включающие крупные свинцово-цинковые месторождения

золота на тяжелых щитах имеют позднедокембрийский возраст. Примером может служить месторождение Эсхэнти в Западной Африке.

Отчетливой связи между литосферной плотностью и распространенностью сульфидного медно-никелевого оруденения не наблюдается (рис. 3). Балтийский щит, характеризующийся весьма плотной литосферой, вмещает несколько мелких и одно крупное месторождение. На щитах с разуплотненной литосферой — Канадском и Западно-Австралийском — также известны медно-никелевые гиганты: Думонд в провинции Сьюпериор и Маунт Кейт в блоке Йлгарн. Кроме того, на этих же щитах присутствуют крупные раннедокембрийские месторождения никеля, связанные с коматитами, такие как Камбалда в блоке Йлгарн.

Для свинцово-цинкового оруденения установлена связь с температурой подкоровых глубин. Масштаб выявленных месторождений положительно коррелирован с оценками температуры на глубинах 50, 100 и 150 км. Наиболее отчетливо это проявлено при учете значений температуры на уровне 100 км (рис. 4). На щитах, подстилаемых относительно холодной литосферой (600–1000 °C), выявлены только мелкие и средние по масштабу рудные объекты. Щиты с более разогретой литосферой (850–1200 °C) включают также крупные месторождения.

## Рудоносность докембрийских щитов России

Докембрийские щиты России — Балтийский, Воронежский, Анабарский и Алдано-Становой — существенно отличаются друг от друга по размерам, особенностям проявления геодинамических режимов и, как следствие, по металлогеническим показателям. Хотя геологическая изученность щитов не вполне одинакова, тем не менее, указанные различия могут получить непротиворечивое объяснение с учетом специфики их геодинамической истории.

В пределах Балтийского щита достаточно широко развиты гранит-зеленокаменные области и крупные рифтогенные структуры, связанные с плюмажной активностью раннепротерозойского возраста. Образования среднего протерозоя и венда распространены ограниченно. В девоне здесь проявился щелочной магматизм, пространственно и во времени сопряженный с активизацией тылов скандинавских каледонид при закрытии океана Япетус. Воронежский щит по стилю геодинамической эволюции близок к Балтийскому щиту. Однако здесь отсутствуют образования среднего протерозоя—венда и щелочные интрузии девонского возраста.

В пределах сравнительно небольшого Анабарского щита из-за высокой степени метаморфизма пород гранулитовая и амфиболитовая фации — типичные гранит-зеленокаменные области, если они и формировались, не могут быть с уверенностью реконструированы. С большей или меньшей уверенностью допустимо предполагать лишь спорадические проявления рифтогенеза.

Территория Алдано-Станового щита по особенностям геодинамической истории отчетливо распадается на две части: юго-юго-восточную и северо-северо-западную. На всем документируемом временном интервале, от архея до позднего мезозоя, в первой из них в той или иной форме доминировал конвергентный режим. При этом в поздней юре—раннем мелу и отчасти в кайнозое юг-юго-восток рассматриваемого щита развивался в режиме активной континентальной окраины, под которую с юга погружалась литосфера Мезотетиса. Северо-северо-западная часть Алдано-Станового щита, напротив, все это время была ареной проявления криптодивергентного режима — преимущественно внутриконтинентального рифтогенеза в докембрии и тыловодужного в мезозое.

Отмеченные различия геологической истории докембрийских щитов проявились в неодинаковой распространенности в них разнотипных геодинамических обстановок с соответствующей рудной специализацией. Металлогенический облик Балтийского щита складывается из крупных железорудных месторождений архейского и раннепротерозойского возраста, раннепротерозойских медно-никелевых, титаномагнетитовых и хромитовых месторождений, связанных с плюмогенным рифтогенезом, и уран-ванадиевых месторож-

дений Северного Прионежья, формировавшихся в условиях конвергентного режима, а также уникальной редкоземельной провинции девонского возраста, возникновение и размещение которой контролировалось участками локальной проницаемости в глубоком тылу субдукционной зоны, функционировавшей в период сокращения океана Япетус.

Архейско-протерозойская геодинамическая история Воронежского щита весьма сходна с таковой Балтийского, что обусловило определенное сходство их рудоносности. Здесь выявлены два крупных железорудных, одно золоторудное и одно сульфидное медно-никелевое с платиной месторождение.

Отсутствие признаков плюмажной тектоники на Анабарском щите объясняет отсутствие здесь сколько-нибудь крупных медно-никелевых и платиновых месторождений. Энергично и неоднократно проявлявшийся конвергентный режим, следы которого запечатлены в глубокометаморфизованных породах, не способствовал возникновению и сохранению значительных золоторудных и урановорудных концентраций.

Существенные различия геодинамической истории север-северо-западной и юг-юго-восточной частей Алдано-Станового щита в раннем докембрии нашли отражение и в их неодинаковой металлогенической специализации и рудонасыщенности. В пределах север-северо-западной части Алдано-Станового щита в раннем протерозое отчетливо проявилась плюмажная активность. Результатом ее стал рифтогенез, сопровождаемый стратиформными месторождениями медистых песчаников и сланцев, включая крупнейшее Удоканское месторождение, а также массивы ультраосновных и основных пород, вмещающих сульфидные медно-никелевые с кобальтом и элементами платиновой группы (Чинейское месторождение). С конвергентным режимом связаны интрузии, несущие редкометалльно-редкоземельную минерализацию. В мезозое различия в рудоносности выделяемых частей Алдано-Станового щита перестали быть столь значительными. Повсеместно проявилась типичная для активных континентальных окраин минерализация: порфиоровые медно-молибденовые, кварц-золоторудные и урановые месторождения. Их размещение контролируется удаленностью от палеограницы конвергировавших плит и локальными зонами растяжения, возникшими преимущественно на этапе континентальной коллизии.

Обобщенные показатели рудоносности щитов представлены в таблице.

Как видим, и в обобщенных показателях докембрийская минерализация рассматриваемых щитов существенно различна. Наиболее продуктивен Балтийский щит, наименее — Анабарский. При этом в ряду меняющейся рудной продуктивности сопряженно варьируют и общее количество месторождений, и доля в них крупных объектов, и рудно-формационное разнообразие.



## ОБОБЩЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РУДОНОСНОСТИ ЩИТОВ

Щиты	Возраст	Количество рудно-формационных типов месторождений	Соотношение количества крупных, средних и мелких месторождений
Балтийский	AR	6	1—14—5
	PR <sub>1</sub>	12	4—27—12
	PR <sub>2</sub> —R, V	2	0—2—0
Воронежский	AR	4	0—1—3
	PR <sub>1</sub>	8	4—10—2
	PR <sub>2</sub> —R, V	0	0—0—0
Анабарский	AR	1	0—0—2
	PR <sub>1</sub>	2	0—1—4
	PR <sub>2</sub> —R, V	0	0—0—0
Алдано-Становой ССЗ	AR	5	1—8—2
	PR <sub>1</sub> P	5	7—5—5
	R <sub>2</sub> —R, V	3	1—3—0
Алдано-Становой ЮЮВ	AR	1	0—2—0
	PR <sub>1</sub>	4	1—6—1
	PR <sub>2</sub> —R, V	0	0—0—0

Максимальная рудоносность всех без исключения щитов приурочена к эпохе раннего протерозоя, существенно ниже она в архее, и практически безрудным оказывается интервал между средним протерозоем и вендом. Различаются щиты и по характеру металлогении, связанной с палеозойской и мезозойской «активизациями». Весьма ярко и своеобразно активизация проявилась в девонское время на Балтийском щите, а в позднем мезозое — на Алдано-Становом. Активизационного типа явления в пределах Воронежского и Анабарского щитов не были значительными и не сопровождались какими-либо заслуживающими внимания рудообразующими процессами.

### Обсуждение результатов

Эмпирические закономерности, рассмотренные выше, допускают генетическую интерпретацию. Существенно, что она не противоречит ранее установленным закономерностям глобального уровня, связанным с металлогенической специализацией геодинамических обстановок, существовавших на протяжении фанерозоя [5, 10]. Кроме того, эта интерпретация полностью соответствует упомянутой выше концептуальной модели мантийного термобарического сепаратора, верифицированной также на фанерозойском материале [1, 2]. Обратимся непосредственно к ведущим рудным формациям докембрийских щитов.

Как было показано ранее [1], возникновение крупномасштабных золоторудных объектов возможно лишь в условиях длительного рудоподготовительного процесса, связанного с аккумуляцией золотоносного водосодержащего флюида на астеносферном уровне в тылах «вяло» функциониру-

ющей субдукционной зоны. Индикаторами такого режима (субдукции, не сопровождаемой интенсивным тектоническим стрессом) могут служить пониженная плотность верхней мантии, подстилающей щиты, и слабый метаморфизм субдуктогенных вулканитов (зеленосланцевая фация). Не случайно поэтому, что все позднедокембрийские золоторудные гиганты, упоминавшиеся выше, размещаются в пределах развития зеленосланцевой фации метаморфизма. Пониженная плотность литосферы в значительной мере обусловлена относительно неполной эклогитизацией базальтов субдуцируемых слэбов. По этим показателям и ряду других зеленокаменные пояса всех российских щитов кардинально отличаются от аналогичных образований Канадского и ему подобных щитов, насыщенных крупными золоторудными месторождениями. Породы зеленокаменных поясов на всех российских щитах, равно как на Украинском и Гренландском, метаморфизованы преимущественно до уровня амфиболитовой фации, а Балтийский и Воронежский щиты, кроме того, подстилаются мантийным материалом повышенной плотности. Под Анабарским и Алдано-Становым щитами мантия заметно разуплотнена, по крайней мере частично, за счет пониженной железистости и более высокой температуры. Это, по всей видимости, объясняется воздействием мезозойского суперплюма, на периферии которого оказались упомянутые щиты. Таким образом, можно полагать, что на протяжении докембрия все четыре российских щита развивались однотипно, т. е. в условиях высокоскоростного взаимодействия конвергирующих плит. Именно это обстоятельство и обусловило в них общую низкую золотоносность докембрийских структур.

В мезозое, как уже отмечалось, Алдано–Становой щит являл собой активную континентальную окраину, под которую субдуцировалась литосфера закрывающегося Тетиса. Умеренная интенсивность позднеюрского–раннемелового магматизма и характер тектонических дислокаций соответствующего возраста свидетельствуют об относительно невысокой скорости мезозойской субдукции, что благоприятствовало внутриастеносферной сепарации и аккумуляции золотоносных флюидов, породивших на коллизионном этапе формирование многочисленных крупных и средних золоторудных месторождений.

Как было показано ранее [1], формированию крупных месторождений сульфидных руд (медно-цинковых и полиметаллических) предшествует аккумуляция соответствующего состава флюидов в термоградиентном поле. Такие условия систематически возникают в процессе рифтогенеза. В субаквальной обстановке образуются залежи колчеданов, а в бассейнах с интенсивной синхронной седиментацией — стратиформные прожилково-вкрапленные руды. Палеогеодинамические реконструкции в пределах докембрийских щитов обнаруживают неоднократные проявления рифтогенеза, в том числе в пределах гранит-зеленокаменных областей, где они тяготеют к глубоким тылам палеосубдукционных зон. Этим обусловлено широкое распространение докембрийских месторождений типа медистых песчаников и сланцев, а также массивных сульфидных руд. Мантийный апвеллинг и связанный с ним рифтогенез сопровождаются подъемом геоизотерм, что в виде термических аномалий в литосферной части мантии сохраняется на протяжении сотен миллионов лет. Именно этим, по всей видимости, объясняется наблюдаемая связь крупных месторождений свинцово-цинковых руд с областями повышенной температуры на глубинах 50–150 км.

Крупные месторождения сульфидных медно-никелевых руд повсеместно связаны с мантийными плюмами, при которых рудоподготовительный процесс протекает в условиях значительных температурных перепадов на астеносферном уровне. Существенно, что астеносферный канал при этом оказывается перегретым и «сухим». Если этот процесс пространственно и во времени сопряжен с субдуктогенным обводнением среды, то исходные рудоносные расплавы и флюиды дополнительно обогащаются платиной.

Анализ закономерностей распределения крупных урановых месторождений показывает [2], что они, как правило, тяготеют к рифтогенным структурам в тылах субдукционных зон. В этом отношении уран подобен золоту, о чем свидетельствуют и нередкие парагенезы этих металлов, выявляемые, в частности, в пределах докембрийских щитов. На рудоподготовительной стадии оба эти элемента переносятся в комплексных соединениях водосодержащим флюидом. При этом значительная аккумуляция уран и золотосодержащих флюидов возможна лишь в условиях невысокого

градиента тектонического стресса. Непостоянство парагенетических связей урана и золота при формировании эндогенных рудных объектов определяется прежде всего тем, что золоторудные месторождения в отличие от урановорудных в основной своей массе размещаются в условиях более слабого разогрева глубин. Кроме того, пути миграции урана и золота расходятся из-за резких различий коэффициентов распределения расплав–флюид [2]. Понятно, что благоприятные условия для формирования крупных урановых месторождений эпизодически возникали на тех же щитах, где распространены крупные месторождения золота, т. е. на щитах, подстилаемых разуплотненной литосферной мантией.

## Заключение

Проведенное исследование показало, что тип и масштаб минерализации докембрийских щитов во многом контролируется физическим состоянием литосферной части мантии. Выявленные соотношения между геофизическими характеристиками глубин и рудоносностью качественно подобны ранее установленным в пределах фанерозойских областей. Непротиворечивое объяснение этой закономерности может быть дано с учетом концептуальной модели рудогенеза — модели мантийного термобарического сепаратора, предполагающей первоначальное концентрирование рудных компонентов на астеносферном уровне под воздействием градиентных полей, присутствующих на активных границах литосферных плит. Практическое использование данной модели в прогнозно-металлогенических построениях определяется возможностью учета широкого комплекса петролого-геохимических индикаторов специфики геодинамического режима, существовавшего в эпоху рудогенеза. Наряду с этим учитываются геофизические характеристики термических и плотностных неоднородностей литосферы, поскольку они, не подвергаясь воздействию мантийной конвекции, могут сохраняться в течение сотен миллионов лет.

Использование развиваемой авторами концептуальной модели рудогенеза и выявленные закономерности позволяют с новых позиций подойти к перспективам наращивания минерально-сырьевого потенциала докембрийских щитов, включая щиты России. Успешное решение этой задачи, однако, сопряжено с трудностями, связанными с недостаточной геодинамической изученностью докембрийских щитов. Выполненные на сегодня палеогеодинамические реконструкции не вполне надежны и ограничиваются в лучшем случае только установлением типа геодинамической обстановки, что, конечно, недостаточно для суждения об их потенциальной рудопродуктивности. Поэтому авторы вынуждены ограничиться лишь самыми общими соображениями, касающимися вероятности выявления крупных месторождений рассмотренных выше рудно-формационных типов. Прежде всего отметим, что с учетом специфики

геодинамических процессов в докембрии, нашедших отражение в эмпирически установленном эволюционном металлогеническом тренде, нет оснований ожидать ни на одном из докембрийских щитов промышленно значимых проявлений оловянно-вольфрамовой и сурьмяно-ртутной минерализации, а также крупных медно-молибденовых порфировых месторождений.

Возможности выявления новых крупных золоторудных объектов с рассматриваемых позиций связаны исключительно с мезозойскими структурами Алдано-Станового щита. Все остальные щиты России в этом отношении малоперспективны. В полной мере сказанное справедливо и в отношении урана. Это не исключает реконструирования локальных условий, благоприятных для возникновения мелких урановорудных месторождений, включая объекты типа несогласия.

Не исключена возможность открытия достаточного количества месторождений сульфидных медно-цинковых и полиметаллических руд в пределах докембрийских рифтогенных структур Балтийского и Воронежского щитов, а также мезозойских

— Алдано-Станового. Вполне реальными представляются перспективы выявления новых достаточно крупных месторождений сульфидных медно-никелевых руд, в том числе с существенной примесью металлов платиновой группы.

Из всего изложенного вытекает необходимость существенной корректировки программ прогнозных металлогенических исследований в пределах докембрийских щитов. Их эффективность возрастет в той мере, в какой в них будет предусмотрена, наряду с традиционным изучением структур земной коры и реконструированием типов геодинамических обстановок, оценка особенностей первоначального концентрирования рудных компонентов в мантии на палеограницах литосферных плит.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН «Генетические особенности и условия формирования крупных и суперкрупных месторождений стратегических видов минерального сырья и проблема их комплексного освоения».

---

1. *Абрамович И. И.* Геодинамика и мантийные корни рудных формаций. М., МПР, ВСЕГЕИ, Геокарт, МАНПО, 1998. 140 с.
2. *Абрамович И. И.* Глубинная геодинамика и металлогения урана. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2004. 72 с.
3. *Абрамович И. И., Клушин И. Г.* Петрохимия и глубинное строение Земли. Л.: Недра. 1978. 375 с.
4. *Митчелл А., Гарсон М.* Глобальная тектоническая позиция минеральных месторождений. М.: Мир, 1984. 496 с.
5. Современные идеи теоретической геологии / И. И. Абрамович, В. В. Груза, И. Г. Клушин и др. Л.: Недра, 1984. 280 с.

6. *Artemieva I. M., Mooney W. D.* Thermal thickness and evolution of Precambrian lithosphere. A global study // *J. Geophys. Res.* 2001. Vol. 106. N B8. P. 16387–16414.
7. *Chapman D. S., Pollack H. N.* Regional geotherms and lithospheric thickness // *Geology.* 1977. Vol. 5. N 5. P. 265–268.
8. *Marsh I. G., Vincent S.* Global detailed computation and model analysis // *Geophys. Surv.* 1974. Vol. 1. N 4. P. 481–511.
9. *Sawkins F. J.* Mineral deposits in relation to plate tectonics. Second edition. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Hong Kong. 1990. 461 p.