



## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-РУДНЫХ СИСТЕМ: ГОМОЛОГИЧЕСКИЕ РЯДЫ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ. Ч. I

А. Б. Шепель, М. Е. Гавриленко, В. П. Лепилин

Рассмотрены геотектоническая позиция и геологическое строение Леглиер-Тимптонского рудного пояса (Алданский щит) протяженностью более 280 км, контролирующего размещение магнетитовых, флогопит-магнетитовых и флогопитовых месторождений древней магнезиально-скарновой формации. Охарактеризована эндогенная мегазональность рудного пояса, которая заключается в закономерной смене вдоль его простирания и в вертикальном разрезе рудоносных зон, обладающих разной рудной специализацией. Высказано предположение о важной роли мантийных флюидов в формировании генетически родственных и формационно единых месторождений Леглиер-Тимптонского рудного пояса Алданского щита.

**Ключевые слова:** Алданский щит, Леглиер-Тимптонский рудный пояс, рудоносные зоны, мегазональность, месторождение, нелинейная металлогения, мантийные флюиды.

## EXPLORATION TOOLS OF REGIONAL HYDROTHERMAL-ORE SYSTEMS: METHODS OF HOMOLOGY AND SYSTEM ANALYSIS. Pt I

A. B. Shepel, M. E. Gavrilenko, V. P. Lepilin

Geotectonic position and geological structure of the Leglier-Timpton ore belt (Aldan Shield), stretching over 280 km and controlling the placement of magnetite, phlogopite-magnetite and phlogopite deposits of an ancient magnesian-skar formation are examined. The ore belt endogenous megazoning, consisting in regular changing along its strike and in vertical section of ore-bearing zones possessing various ore specialization is characterized. The paper also contains a supposition concerning the crucial role of mantle fluids in the formation of genetically related and formationally united deposits of the Leglier-Timpton ore belt within the Aldan Shield.

**Keywords:** Aldan Shield, Leglier-Timpton ore belt, ore-bearing zones, megazoning, deposit, nonlinear metallogeny, mantle fluids.

### Геологическая характеристика объекта

*Любой принцип, претендующий на какую-либо всеобщность, может быть признан научным только в том случае, если он выведен из конкретных научных исследований, а не из интуитивных прозрений мудрецов.*

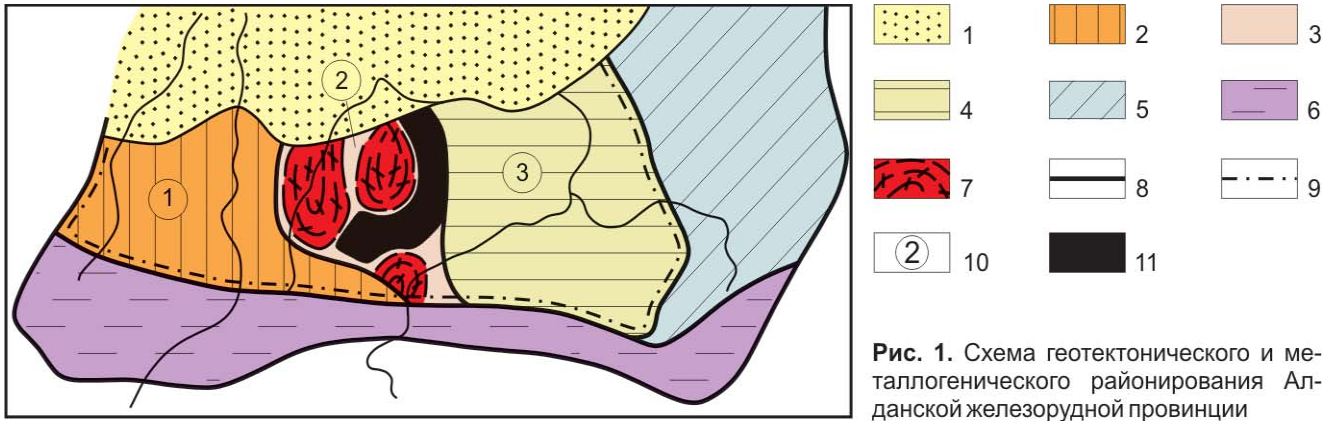
*А. Рапопорт*

После опубликования в 1985 г. А. Д. Щегловым и И. Н. Говоровым монографии «Нелинейная металлогения и глубины Земли» [20] официальный статус обрело новое направление в учении о месторождениях полезных ископаемых – нелинейная металлогения. Предметом ее изучения является новый класс рудных объектов – **мантийные месторождения**, которые сформировались в земной коре при участии мантийных (сквозь-магматических и интрателлурических) флюидов. Результат проявления рудогенеза в потоках мантийных флюидов – не только месторождения, но и масштабные рудоконтролирующие структуры типа рудных поясов протяженностью сотни километров. Один из возможных примеров – Леглиер-Тимптонский рудный пояс (Алданский щит), его длина более 280 км, ширина 20–40 км [6] (рис. 1). В его пределах размещаются многочисленные магнетитовые и флогопитовые месторождения

и проявления древней магнезиально-скарновой формации Алданского щита, которые, по мнению ряда исследователей, сформировались при участии мантийных флюидов [8, 14, 15, 19]. Изучение Леглиер-Тимптонского рудного пояса с применением не только традиционных, но и нетрадиционных методов исследования, в частности метода гомологии и системного анализа, ставит своей целью обоснование системной природы этого объекта, анализ иерархического строения выявленной системы и характера взаимосвязей между ее элементами, совершенствование генетической модели и поисковых критериев магнетитовых и флогопитовых месторождений, контролируемых системой.

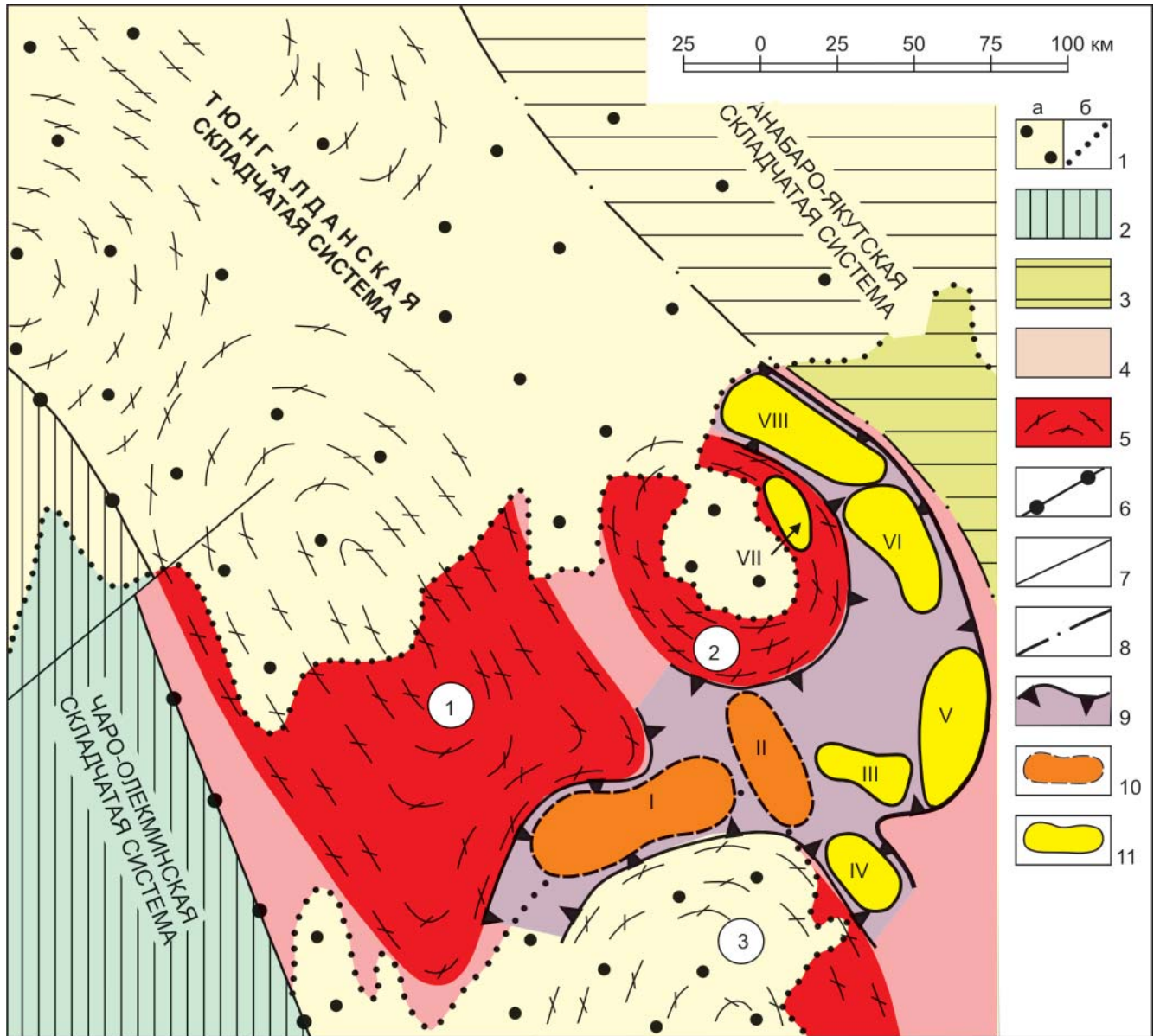
Переходя к геологической характеристике Леглиер-Тимптонского рудного пояса Алданского щита, выбранного в качестве объекта изучения, следует отметить, что это один из крупнейших минерогенетических объектов России. Сумма запасов и прогнозных ресурсов железных руд в его скарново-магнетитовых месторождениях до глубины 1000 м оценивается в 4,3–8,1 млрд т [12, 17], а доля запасов флогопита в скарново-флогопитовых месторождениях составляла на 1976 г. 26,6 % запасов этого сырья в СССР [3].

Геотектоническая позиция Леглиер-Тимптонского рудного пояса и его железорудных и флогопитоносных районов характеризуется приурочен-



**Рис. 1.** Схема геотектонического и металлогенического районирования Алданской железорудной провинции

**Геотектонические подразделения:** 1 – отложения платформенного чехла; 2–6 – мегаблоки Алданского щита (2 – Чаро-Олекминский, 3 – Алдано-Тимптонский, 4 – Тимптоно-Учурский, 5 – Учуро-Майский (или Маймакано-Батомгский), 6 – Становой); 7 – гранитогнейсовые купола; 8 – структурные швы, разграничивающие мегаблоки; **металлогенические подразделения:** 9 – границы Алданской железорудной провинции; 10 – металлогенические субпровинции: Чарская (1), Южно-Алданская (2), Тимптонская (3); 11 – Леглиер-Тимптонский рудный пояс



**Рис. 2.** Геотектоническая позиция Леглиер-Тимптонского рудного пояса Алданского щита в структурах кристаллического фундамента Сибирской платформы

1 – отложения платформенного чехла (а) и их границы (б); 2–4 – складчатые системы Сибирской платформы: 2 – Чаро-Олекминская, 3 – Анабаро-Якутская, 4 – Тюнг-Алданская; 5 – гранитогнейсовые купола (1 – Центрально-Алданский, 2 – Нижнетимптонский, 3 – Верхнетимптонский); 6 – структурные швы; 7 – крупные разломы; 8 – эро-



ностью к раннеархейскому гранулитовому ядру щита, а в ядре – к интенсивно гранитизированному Алдано-Тимптонскому мегаблоку (рис. 2). Последний выделяется в качестве Южно-Алданской железорудной субпровинции [18] (см. рис. 1), которая располагается в пределах Тюнг-Алданской складчатой системы кристаллического фундамента Сибирской платформы (см. рис. 2).

В строении Леглиер-Тимптонского рудного пояса, его рудных районов и сосредоточенных в них месторождений принимают участие отложения федоровской свиты иенгской серии раннего архея. Они представлены кристаллическими сланцами метабазитового, реже метапелитового состава, содержащими линзы и прослои кальцитовых и доломитовых мраморов. Породы претерпели региональный метаморфизм гранулитовой фации умеренных давлений [5, 11] и гранитизацию палингено-метасоматического типа [10], которая выступала в качестве мощного структуроформирующего фактора. Благодаря сопутствующим гранитизации явлениям диапиризма, происходило образование крупных (до 80–200 км в диаметре) гранитогнейсовых куполов, которые представляют собой рудоконтролирующие структуры по отношению к Леглиер-Тимптонскому рудному поясу, приуроченному к межкупольным брахиформным синклиналиям.

Рудоконтролирующие гранитогнейсовые купола имеют концентрически-зональное строение. В каждом из них от центра к периферии купола выделяются следующие зоны: 1) аляскитовых гранитов, 2) гранитогнейсов, 3) плагиомигматитов, 4) диафорированных гранулитов [18]. Леглиер-Тимптонский рудный пояс располагается в брахисинклинальной области обрамления Центрально-Алданского, Верхнетимптонского и Нижнетимптонского куполов, совмещаясь с их плагиомигматитовыми зонами и зонами диафореза гранулитового комплекса (рис. 3).

Укажем ряд особенностей Леглиер-Тимптонского рудного пояса, а именно: 1) однозначность геотектонической позиции в связи с приуроченностью к одному из мегаблоков Алданского щита; 2) определенность геологического положения, вследствие размещения в межкупольной области гранитогнейсовых куполов; 3) выдержанность геологического строения, проявившаяся в сходстве состава, структуры, характера метаморфизма вмещающих толщ. Все это свидетельствует о том, что в отношении и связях с другими элементами Алданского щита Леглиер-Тимптонский рудный пояс выступает как единый целостный объект, т. е. обнаруживает признаки **региональной рудоконтролирующей структуры**, обладающей **неоднородным внутренним строением**. Не-

однородность выражается в том, что в западной части субширотного участка рудного пояса располагаются скарново-магнетитовые месторождения Дес-Сиваглинского и Леглиерского железорудных районов, а в восточной субмеридиональной части – скарново-флогопитовые месторождения Канкунского, Тимптонского и других флогопитоносных районов (см. рис. 2, 3).

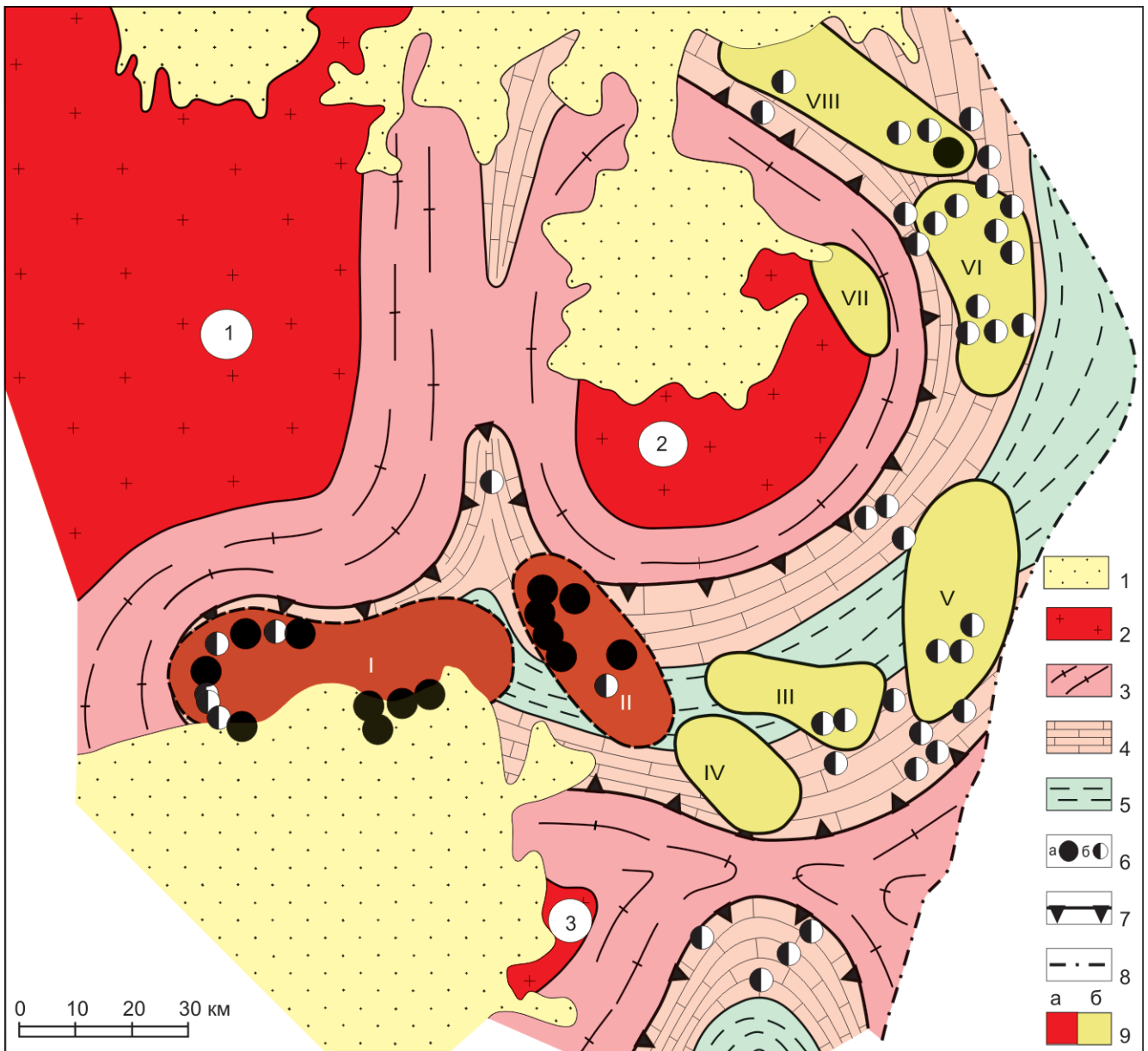
Однако в ходе дальнейших исследований было установлено, что Леглиер-Тимптонский рудный пояс обладает более сложным строением – мегазональным. Это проявляется в том, что с запада на восток вдоль субширотно ориентированного 160-километрового участка рудного пояса наблюдается такая последовательность смены рудных районов: железорудные (Дес-Сиваглинский) – флогопитоносно-железорудные (Леглиерский) – флогопитоносные (Канкунский и Тимптонский) (рис. 4).

Стремление объяснить наблюдаемую последовательность в смене рудных районов вдоль простирания Леглиер-Тимптонского рудного пояса естественно привело к необходимости детального изучения пространственных и временных соотношений магнетитового и флогопитового оруденения. Исследования показали, что указанные типы оруденения проявились на разных стадиях единого процесса рудоскарнообразования (рис. 5), причем стадия магнетитового оруденения предшествовала стадии флогопитового. Это подтверждается наблюдаемым пересечением линзо-пластообразных залежей апоскарновых магнетитовых руд жильными телами крупно-гигантозернистых флогопитоносных скарнов. Более того, жильные флогопитоносные скарны с промышленными рудами располагаются гипсометрически выше залежей магнетитовых руд. Один из таких объектов с подобными взаимоотношениями – крупнейшее в регионе уникальное Таежное скарново-магнетитовое месторождение Леглиерского железорудного района. Там, «на голове» магнетитовых залежей, размещалось довольно крупное флогопитовое месторождение, уже отработанное ко времени изучения [16]. Далее, к востоку от Леглиерского железорудного района, в соседнем Канкунском флогопитоносном районе первые проявления магнетитовой минерализации встречены на глубине 100 м от поверхности в шахте флогопитового рудника «Снежный». Отчетливая тенденция к увеличению объема и интенсивности магнетитового оруденения с глубиной наблюдается на Белибердинском флогопитовом месторождении в Эльконском флогопитоносном районе, а также на Таборном и Горелом в Эмельджакском районе.

Приведенные факты свидетельствуют о том, что с глубиной флогопитовое оруденение

зионно-тектоническая граница, разделяющая Алдано-Тимптонский и Тимптоно-Учурский мегаблоки Алданского щита; 9 – границы Леглиер-Тимптонского рудного пояса; 10 – скарново-магнетитовые месторождения (а) и рудопроявления (б); 11 – железорудные районы: I – Дес-Сиваглинский, II – Леглиерский; 12 – флогопитоносные районы: III – Канкунский, IV – Оюмракский, V – Тимптонский, VI – Гоново-Неакуинский, VII – Каталахский, VIII – Эмельджакский



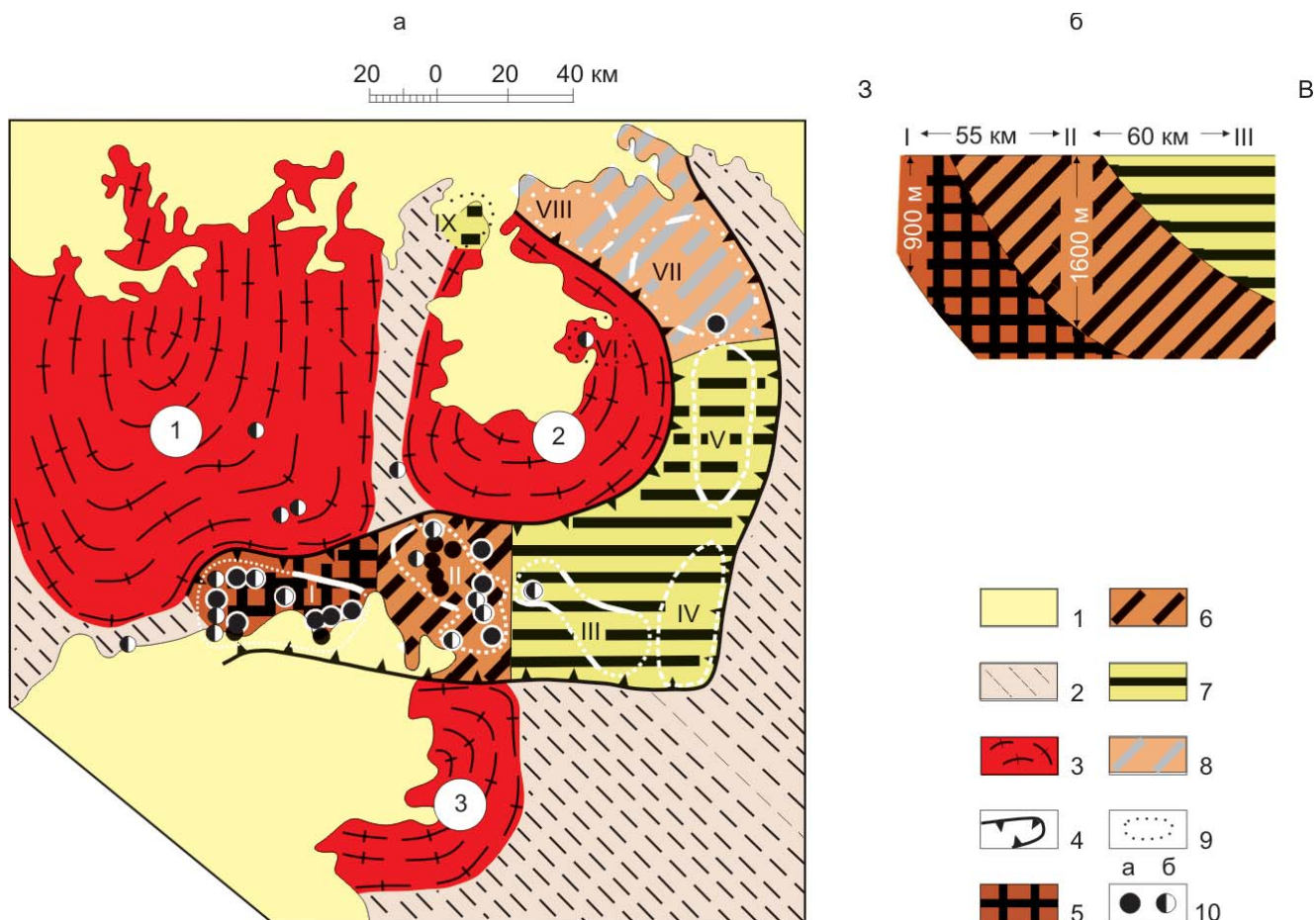


**Рис. 3.** Схема радиально-концентрической зональности рудоконтролирующих гранитогнейсовых куполов: Алданского (1), Нижнетимптонского (2) и Верхнетимптонского (3)

1 – отложения палеозойского платформенного чехла и мезозойских впадин; 2–5 – радиально-концентрические зоны гранитогнейсовых куполов (от центра к периферии): 2 – аляскитовых гранитов и очковых гранитогнейсов, 3 – мигматитов, 4 – плагиомигматитов и магниальных скарнов, 5 – диафорированных гранулитов; 6 – скарново-магнетитовые месторождения (а) и рудопроявления (б); 7 – граница между антиклинальной областью ядра и брахисинклинальной областью обрамления гранитогнейсовых куполов; 8 – эрозионно-тектоническая граница между Алдано-Тимптонским (слева) и Тимптоно-Учурским (справа) мегаблоками Алданского щита; 9 – железорудные (а) и флогопитоносные (б) районы Леглиер-Тимптонского рудного пояса: железорудные: I – Дес-Сиваглинский, II – Леглиерский, флогопитоносные: III – Канкунский, IV – Оюмракский, V – Тимптонский, VI – Гоново-Неакуинский, VII – Каталахский, VIII – Эмельджакский

сменяется магнетитовым. Переход осуществляется не резко, а через промежуточную зону, где совмещаются оба типа оруденения, что позволяет выделить не только по простиранию региональной рудоконтролирующей структуры Леглиер-Тимптонского рудного пояса, но и в ее вертикальном разрезе три рудоносные зоны (снизу вверх): магнетитовую, флогопит-магнетитовую и флогопитовую. К самой верхней зоне приурочены только флогопитовые, к промежуточной зоне – флогопитовые и магнетитовые и, нако-

нец, к самой глубинной зоне – магнетитовые магниально-скарновые месторождения. По геолого-геофизическим данным вертикальная амплитуда магнетитовой зоны составляет более 1,3 км, а магнетитовой и флогопит-магнетитовой зон вместе – более 3,7 км, тогда как латеральная протяженность каждой зоны составляет многие десятки километров. При близком гипсометрическом уровне эрозионного среза рудоконтролирующей структуры Леглиер-Тимптонского рудного пояса, вертикальном размахе оруденения (не-



**Рис. 4.** Схемы зональностей оруденения Леглиер-Тимптонского рудного пояса Алданского щита: а – горизонтальной, б – вертикальной (указаны глубины залегания нижних кромок скарново-магнетитовых залежей в Дес-Сиваглинском (I) и Леглиерском (II) железорудных районах, относящихся к магнетитовой и магнетит-флогопитовой рудоносным зонам)

1 – отложения палеозойского платформенного чехла; 2 – кристаллические сланцы иенгской серии раннего архея; 3 – гранитогнейсовые купола: Алданский (1), Нижнетимптонский (2) и Верхнетимптонский (3); 4 – границы Леглиер-Тимптонского рудного пояса; 5–8 – рудные зоны: магнетитовая (5), магнетит-флогопитовая (6), флогопитовая (7) и предполагаемая магнетит-флогопитовая (8); 9 – границы рудных районов: Дес-Сиваглинского (I), Леглиерского (II), Канкунского (III), Тимптонского (IV), Гоново-Неакуинского (V), Каталахского (VI), Эмельджакского (VII), Эльконского (VIII) и Куранахского (IX); 10 – скарново-магнетитовые месторождения (а) и рудопроявления (б)

сколько километров) и значительной латеральной протяженности рудоносных зон (многие десятки километров) их пологое восточное склонение может составить первые градусы.

В составе Леглиер-Тимптонского рудного пояса, кроме трех охарактеризованных рудоносных зон, может быть выделена четвертая – *предполагаемая флогопит-магнетитовая* (см. рис. 4). К ней отнесены Эльконский и Эмельджакский флогопитоносные районы, расположенные в северной части рудного пояса. В их пределах кроме флогопитовых месторождений отмечаются магнетитовые проявления. В Эмельджакском районе даже были подсчитаны запасы и прогнозные ресурсы железных руд (45 млн т) [13]. Однако наличие этой зоны, где наряду с эксплуатируемыми флогопитовыми месторождениями могут быть встречены железорудные, как в Леглиерском железорудном районе, требует более детального обоснования, которое будет приведено в продолжении статьи в следующем номере журнала.

Таким образом, в результате проведенных исследований существовавшие ранее представления о металлогенической неоднородности Леглиер-Тимптонского рудного пояса трансформировались в гипотезу его региональной рудной зональности или *мегазональности*. Согласно этой гипотезе три выделенные и предполагаемая зоны характеризуют разноглубинные уровни региональной рудоконтролирующей структуры рудного поля, на которых размещаются одновозрастные генетически однотипные магнетитовые и флогопитовые месторождения. Особый интерес представляет изучение предполагаемой флогопит-магнетитовой рудоносной зоны, есть вероятность обнаружения в ней промышленных скарново-магнетитовых месторождений.

Относительно генезиса и формационной принадлежности магнетитовых и флогопитовых месторождений Леглиер-Тимптонского рудного пояса у исследователей нет единой точки зрения, особенно о магнетитовых месторождениях. Иссле-

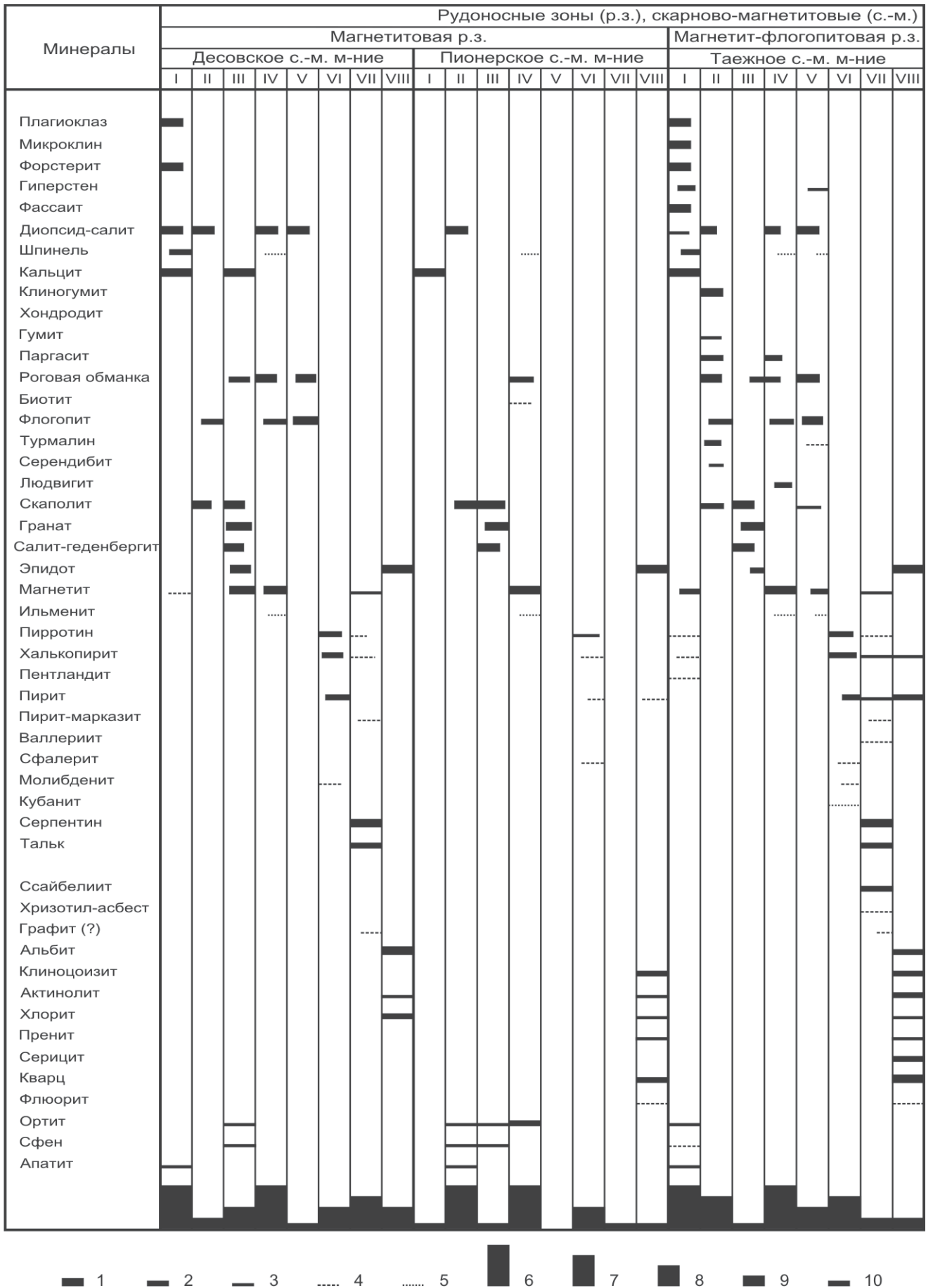


Рис. 5. Сопоставление схем стадийности минералообразования магнетитовых и флогопитовых магнезиально-скарновых месторождений и рудопроявлений различных рудоносных зон Леглиер-Тимптонского рудного пояса Алданского щита



Минералы	и скарново-флогопитовые (с.-ф.) месторождения																							
	Предполагаемая магнетит-флогопитовая р.з.																Флогопитовая р.з.							
	Эмельджакское с.-м. м-ние								Эльконское с.-ф. м-ние								Куранахское с.-ф. м-ние							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Плагиоклаз	■																							
Микроклин	■																							
Форстерит	■								■															
Гиперстен	■								■															
Фассаит	■								■															
Диопсид-салит	■	■		■	■			■	■			■	■				■	■						
Шпинель	■			■	■			■	■			■	■				■	■						
Кальцит	■				■			■	■			■	■				■	■						
Клиногумит																								
Хондродит																								
Гумит																								
Паргасит					■								■											
Роговая обманка		■		■								■	■							■				
Биотит		■																						
Флогопит		■		■	■							■	■							■				
Турмалин																								
Серендибит																								
Людвигит																								
Скаполит		■											■							■				
Гранат			■	■								■	■											
Салит-геденбергит			■	■								■	■											
Эпидот																								
Магнетит	■			■	■			■	■			■	■				■	■						
Ильменит				■	■							■	■											
Пирротин						■	■										■	■						
Халькопирит						■	■										■	■						
Пентландит																								
Пирит						■	■										■	■						
Пирит-марказит																								
Валлериит																								
Сфалерит																								
Молибденит																								
Кубанит																								
Серпентин																								
Тальк																								
Ссайбелиит																								
Хризотил-асбест																								
Графит (?)																								
Альбит																								
Клиноцоизит																								
Актинолит																								
Хлорит																								
Пренит																								
Серицит																								
Кварц																								
Флюорит																								
Ортит																								
Сфен																								
Апатит																								

1-4 – распространенность минералов в ассоциации: 1 – более 20 %, 2 – 5-20 %, 3 – 1-5 %, 4 – менее 1 %, 5 – эксклюзивные минералы; 6-10 – сравнительная интенсивность проявления стадий минерализации: 6 – высокая, 7 – значительная, 8 – средняя, 9 – слабая, 10 – незначительная; I-VIII – стадии минерализации: I – магнезиальных скарнов магматического этапа, II – магнезиальных скарнов послемагматического этапа, III – известковых скарнов, IV – магнетитового оруденения, V – жильных флогопитоносных магнезиальных скарнов, VI – сульфидного оруденения, VII – гистерогенная, VIII – пропилитизации





дователи включают их в состав либо древней осадочно-метаморфической рудоносной формации [4], либо доломито-железистой осадочной формации [13], либо метаморфогенной формации магнезиально-силикатных магнетитовых руд [7], либо магнетитовых скарноидов [2], либо скарновой железорудной [9]. Неоднозначны также представления о генезисе и формационной принадлежности флогопитовых месторождений: их относят к формации высокоглиноземистых докембрийских пород [3] или флогопитовой ультраметаморфического типа [1]. Наиболее аргументирована, по нашему мнению, точка зрения о **генетическом родстве и формационном единстве алданских магнетитовых и флогопитовых месторождений и принадлежности их к древней магнезиально-скарновой рудной формации Алданского щита**. Это подтверждается особенностями геотектонической позиции месторождений, стратиграфическим положением, составом и степенью метаморфизма рудовмещающих толщ, близостью возраста руд и окolorудных метасоматитов, сходством их вещественного состава и физико-химических условий образования. Важная роль в формировании месторождений отводится мантийным (трансмагматическим, интрателлурическим) флюидам [8, 14, 15, 19].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Геологические** формации и металлогения Алданского щита [Текст] / Т. В. Билибина, А. Д. Дашкова, В. И. Донаков [и др.]. – Л. : Недра, 1976. – 338 с.
2. **Геология** и металлогения щитов древних платформ СССР [Текст] / Под ред. А. В. Сидоренко, Т. В. Билибина. – Л. : Недра, 1976. – 338 с.
3. **Дядькина, И. Я.** Месторождения флогопита [Текст] / И. Я. Дядькина, М. П. Орлова. – Л. : Недра, 1976. – 216 с.
4. **Железные** руды Южной Якутии [Текст] / Д. П. Сердюченко, А. В. Глебов, М. И. Каденская [и др.]. – М. : Изд-во АН СССР, 1960. – 519 с.
5. **Кицул, В. И.** Минеральные фации докембрийских метаморфических пород Алданского щита [Текст] / В. И. Кицул // *Метаморфические пояса СССР*. – Л. : Наука, 1971. – С. 71–91.
6. **Князев, Г. И.** Замкнутые и фрагментарные рудные пояса [Текст] / Г. И. Князев. – Киев : Наукова думка, 1973. – 257 с.
7. **Кравченко, В. М.** Чаро-Алданская железорудная провинция [Текст] / В. М. Кравченко, И. Д. Ворона // *Материалы по геологии и полезным ископаемым Якутской АССР*. Вып. 18. – Якутск, 1968. – С. 211–224.
8. **Лицарев, М. А.** Закономерности образования и размещения флогопитовых месторождений [Текст] / М. А. Лицарев // *Закономерности размещения полезных ископаемых*. Т. VI. – М. : Изд-во АН СССР, 1962. – С. 340–372.
9. **Мазуров, М. П.** Генетические особенности докембрийской скарново-магнетитовой формации Алданского щита [Текст] / М. П. Мазуров // *Генетические реконструкции эндогенных рудообразующих систем*. – Новосибирск : ИГиГ СО АН СССР, 1983. – С. 45–63.
10. **Максимов, Е. П.** Геологическое строение центральной части Алданского щита [Текст] / Е. П. Максимов, А. Н. Угрюмов // *Геология и петрология докембрия Алданского щита*. – М. : Наука, 1966. – С. 51–58.
11. **Маракушев, А. А.** Проблемы минеральных фаций метаморфических и метасоматических горных пород [Текст] / А. А. Маракушев. – М. : Наука, 1965. – 327 с.
12. **Методика** и результаты прогнозной оценки скарново-магнетитовых месторождений Южной Якутии по данным крупномасштабной аэромагнитной съемки [Текст] / В. И. Иванов, Г. Н. Константинов, Л. С. Константинова [и др.] // *Тр. СНИИГГиМС*. – 1980. – Вып. 276. – С. 39–49.
13. **Перваго, В. А.** Алданская железорудная провинция [Текст] / В. А. Перваго. – М. : Недра, 1966. – 116 с.
14. **Шабынин, Л. И.** Магнезиально-скарновые железорудные месторождения [Текст] / Л. И. Шабынин. – М. : Недра, 1978. – 232 с.
15. **Шабынин, Л. И.** Формация магнезиальных скарнов [Текст] / Л. И. Шабынин. – М. : Наука, 1973. – 214 с.
16. **Шепель, А. Б.** Геологическая позиция скарново-магнетитовых месторождений Алданского щита [Текст] / А. Б. Шепель, Ю. Д. Зубков // *Эндогенные процессы и металлогения в зоне БАМ*. – Новосибирск : Наука, 1982. – С. 39–46.
17. **Шепель, А. Б.** Геотектоническая позиция, закономерности размещения и перспективы скарново-магнетитовых месторождений Алданского щита [Текст] / А. Б. Шепель, Ю. Д. Зубков // *Рудные формации и месторождения Сибири*. – Томск : ТГУ, 1979. – С. 59–62.
18. **Шепель, А. Б.** Закономерности размещения и зональность оруденения Леглиер-Тимптонского рудного пояса (Алданский щит) [Текст] / А. Б. Шепель, Ю. Д. Зубков // *Геология рудных месторождений зоны БАМ*. – Новосибирск : Наука, 1983. – С. 54–65.
19. **Шепель, А. Б.** Изотопный состав серы сульфидов скарново-магнетитовых месторождений Алданского щита и некоторые вопросы их генезиса [Текст] / А. Б. Шепель, С. И. Голышев // *Геохимия*. – 1979. – № 9. – С. 1348–1356.
20. **Щеглов, А. Д.** Нелинейная металлогения и глубины Земли [Текст] / А. Д. Щеглов, И. Н. Говоров. – М. : Наука, 1985. – 324 с.