



УДК 553.3/.4:553.2

ДЕФЕКТЫ РУДНОФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА

В. Л. Хомичев

Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия

Типизация месторождений твердых полезных ископаемых – ведущий элемент в прогнозе оруденения. Основой ее по аналогии с магматическими формациями является рудно-формационный анализ. Однако из-за отсутствия дискретных границ между формациями их диагностика встречает непреодолимые трудности, а классификация становится сомнительной. Чтобы решить эту актуальную проблему, необходимо всестороннее обсуждение в кругу ведущих специалистов, подобно тому как поступали при создании Петрографического кодекса.

Ключевые слова: классификация рудных формаций, дефекты систематизации рудных формаций, отсутствие дискретных границ.

DEFECTS OF ORE FORMATION ANALYSIS

V. L. Khomichev

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

The typification of solid mineral deposits is a leading element in the forecast of mineralization. By analogy with magmatic formations, it is based on the ore formation analysis. However, due to the absence of discrete boundaries between formations, their diagnostics encounters insurmountable difficulties, and the classification becomes dubious and controversial. To solve this urgent problem, it is necessary to have a comprehensive discussion in the circle of leading specialists, just as they did when creating the Petrographic Code.

Keywords: classification of ore formations, defects of systematization of ore formations, absence of discrete boundaries.

DOI 10.20403/2078-0575-2021-2-92-98

Типизация месторождений твердых полезных ископаемых – неизбежная очевидная операция осмысления фактического материала, с тем чтобы от конкретных наблюдений перейти к абстрактным обобщениям в целях использования полученного опыта для прогноза, поисков и оценки практической значимости однотипного оруденения. С научных позиций ее стали разрабатывать одновременно с региональными металлогеническими исследованиями на основе статистических закономерностей размещения месторождений в определенных структурах и в связи с определенными геологическими условиями образования [5]. С переходом к общему средне-крупномасштабному изучению страны главной задачей стали не закономерности размещения оруденения, а прогноз и поиски конкретных рудных объектов. При этом наметились два пути исследований: историко-геологический и вещественно-структурный [9]. Первый подход исходит от С. С. Смирнова и Ю. А. Билибина. Во главу угла они ставят связь месторождений с крупными геологическими формациями как их составную часть, как продукты одного геологического процесса, для эндогенных месторождений – процесса магматического. При этом в одну рудную формацию включались все месторождения, в том числе разных генетических типов (грейзеновые, скарновые, гидротермальные и др.) и разных ведущих металлов, связанные с одним магматическим комплексом (формацией). Таким образом рудная формация в точности соответствовала магматической, объединяла все типы оруденения, возникающие в ходе эволюции магматизма в пространстве

и времени, на разных его уровнях (уровнях среза). Историко-геологический подход, вероятно, целесообразен для теоретических обзорных построений, выявления глобальных закономерностей распределения месторождений, но даже в этом отношении он ограничен из-за того, что фактически нет систематики магматических формаций. Классическая типизация магматических формаций Ю. А. Кузнецова, которая охватывала магматизм всех структур Земли и насчитывала 28 типов [3], претерпела кардинальные изменения в результате безоглядного необоснованного, явно невалидного комплексовторчества, фактически узаконенного головной организацией (ВСЕГЕИ) в множестве невалидных и условно валидных формаций [4]. Иначе говоря, исчезла магматическая основа классификации рудных формаций.

В научном отношении неудовлетворительной стороной историко-геологического подхода является несоответствие магматической и рудной формаций: рудная формация – это только мелкая часть, производное крупномасштабного магматического процесса (магматической формации). Сопоставлять частное с общим некорректно. На практике объединять в одну рудную формацию чуждые по генезису, составу, строению месторождения не имеет смысла, такие формации ничего не дают для прогноза и поисков.

Большинство исследователей разделяют структурно-вещественный подход, который основывается на близком вещественном составе (минеральных парагенезисах) и условиях формирования месторождений одного типа, устойчиво повторяющихся в пространстве и времени. При этом рудная фор-



мация является частным элементом магматической. С магматической формацией связано несколько рудных формаций (от высоко- до низкотемпературных), и только полный их набор (рудный комплекс) по объему соответствует магматической формации. В данном случае в рудную формацию объединяются месторождения по внешнему сходству – вещественному составу и геологическому строению. Какие-то генетические начала при этом учитываются, но не имеют решающего значения. Недостатки структурно-вещественного подхода очевидны:

1. Сложный минеральный состав руд и большая изменчивость его с широкими взаимопереходами стирает границы между смежными формациями (а дискретных границ вообще не существует).

2. Отсутствие строго устойчивого парагенезиса рудных и жильных минералов вызывает сомнения в определении формационного типа, появление нового необычного минерала служит основанием к выделению дополнительной формации, а это приводит к дискуссиям и неоднозначному пониманию рудной формации, которые выделяются не по принципиальным положениям, а по способу «кто кого переспорит».

3. Незавершенность систематики магматических формаций сказывается на выделении рудных формаций и не позволяет определить их полный набор в составе вертикального и горизонтального рядов рудного комплекса.

4. Неопределенность в характере связи оруденения с магматизмом (генетическая, парагенетическая, опосредованная) не позволяет построить даже морфоструктурную модель рудно-магматической системы и определить критерии прогноза месторождений того или иного формационного типа.

В итоге фактически нет систематики рудных формаций даже для ведущих типов оруденения. К примеру, нет единства в выделении рудных формаций для хорошо изученных штокверховых медно-молибденовых месторождений, строение и условия образования которых серьезных разногласий не вызывают, почему они, по выражению А. И. Кривцова, очень благоприятны для решения ключевых вопросов рудообразования (характер связи с магматизмом, источник рудного вещества, растворов и энергии рудообразования).

А. Н. Кривцов и В. Т. Покалов выделяли существенно медную (медно-порфировую) и существенно молибденовую (молибден-порфировую) формации, хотя диагностических критериев для их разделения не указали, поскольку между ними наблюдаются промежуточные связующие месторождения, а от молибден-порфирового типа непрерывный ряд продолжается к вольфрам- и олово-порфировой формациям. В. И. Сотников на этом основании выделял одну медно-молибденовую формацию без добавления к названию «порфировая», поскольку порфировые тела не являются обязательным элементом их строения: они весьма характерны для

малоглубинных условий (и то далеко не во всех месторождениях), а на мезоглубинных отсутствуют.

Очень показательны для иллюстрации неразберихи в формациях золоторудные месторождения. Попытки их систематизировать принадлежат многим исследователям, в том числе знатокам: Ю. А. Билибину, М. Б. Бородаевской, Ф. И. Вольфсону, М. М. Константинову, Н. В. Петровской, Е. К. Радкевич, И. С. Рожкову, Ю. Г. Сафонову, С. С. Сердюку, Б. А. Тимофеевскому, Н. А. Фогельман, С. Д. Шеру, Н. А. Шило и др. Однако из-за широкого разнообразия мнений относительно критериев выделения формационных типов положительного результата не получилось. В качестве главного признака во всех классификациях принимался минеральный состав руд, но никакого регламента не приводилось, и появление нового минерала в заметном количестве часто служило поводом к выделению нового типа. Поэтому число их увеличивалось беспредельно, а оттого терялась определенность. Кроме того, одни авторы придавали первостепенное значение тектонической позиции и характеру магматизма, другие – фактору глубинности, третьи – составу и строению вмещающих пород, четвертые – коровому или мантийному источнику оруденения. Для месторождений золота, удаленных от гранитоидов и залегающих, казалось бы, в амагматичной обстановке, появилась популярная гипотеза стратиформного оруденения нескольких рудных формаций: сингенетичная золото-углеродистая в терригенных отложениях, осадочно-вулканогенная, осадочно-метаморфогенная, осадочно-гидротермальная. В обзоре по систематике Н. В. Покровская сделала вывод, что классификации золоторудных месторождений остаются гипотетическими, умозрительными. Эмпирические статистические методы этой задачи решить не могут. Классификации для целей локального прогноза должны строиться на генетической основе, на основе тех факторов, которые определяют, направляют, локализуют процесс рудообразования.

Так родилось рудноформационное учение на основе генетических моделей эндогенных рудных формаций. Ведущую роль в его развитии играли институты АН СССР [1, 2, 6, 8, 10], в первую очередь ИГиГ (Новосибирск). Соответственно, углубились исследования генезиса ведущих типов оруденения с привлечением нетрадиционных высокоточных физико-химических, термодинамических, изотопных, термобарогеохимических методов. Это учение охватывает не столько типизацию месторождений, сколько выявление условий их образования, построение геолого-генетических моделей рудных формаций для целей прогнозирования. «Рудная формация как объект модельных построений – это группа однотипных месторождений с характерным минеральным составом и последовательностью формирования минеральных парагенезисов, образующихся в сходной геологической обстановке» [7]. Глубокая генетическая сущность рудных форма-

ций, образующихся как следствие определенных тектонических, магматических, метасоматических процессов, поддающихся количественной оценке, позволяет использовать их в качестве объектов эффективной генетической модели рудно-магматической системы. Только так можно оценивать процесс рудообразования в полном объеме причинно-следственных отношений и определять главные факторы рудообразования. Интегральная геолого-генетическая модель является образным выражением динамической рудообразующей системы с учетом ее пространственно-временной эволюции на разных глубинах: от корневых областей зарождения до верхних зон концентрированного рудоотложения и рассеяния рудных элементов. Модель органически объединяет три главные области рудообразующей системы: корневую область магмо-флюидообразования, которая определяет энергетическое состояние и флюидный режим всей системы; зону транспорта (тепло-массопереноса); область рудоотложения.

В настоящее время параметрическими описаниями обеспечены модели построения области рудоотложения, в меньшей мере – зоны транспорта флюидов, недостаточно разработаны элементы глубинных уровней динамических рудообразующих систем, практически недоступных для наблюдений.

Возможности для этого открываются на базе геолого-геофизических данных о глубинном строении земной коры, экспериментальных и теоретических достижений современной петрологии [8].

Благодаря разработанной в СНИИГГиМС программе пересчета GEOLAB, позволяющей получить распределение плотности и намагнитченности по вертикали [11], появилась возможность восполнить пробел в изучении корневых зон рудно-магматических систем и транспортных каналов. В первую очередь выявлено внутреннее строение гранитоидных плутонов (проведено моделирование 43 плутонов в разных регионах от Урала до Магадана). Все они устроены одинаково, поскольку формировались по одним природным физико-химическим и термодинамическим законам. Это межформационные горизонтально расслоенные лополиты, малая верхняя часть которых (до 5–6 км) сложена гранитоидами, а большая нижняя (>10 км) – габброидами и ультрабазитами. Но это генетически единые пластовые тела на спае консолидированного фундамента и пластичного покрова. Гранитоиды имеют конформные отношения с габброидами, у них нет подводящих каналов. Значит, они не внедрялись, а образовались в результате внутрикамерной дифференциации базальтовой магмы (рис. 1), равно как

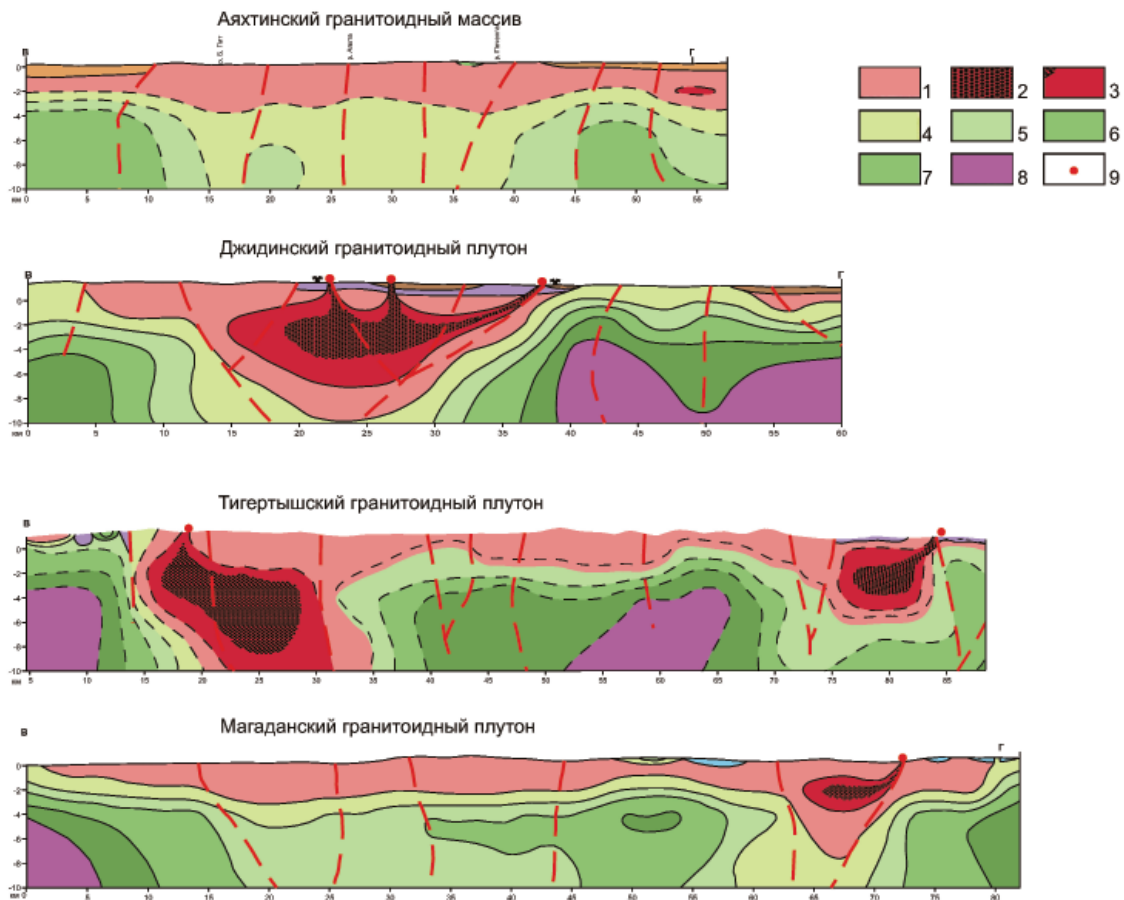


Рис. 1. Глубинное строение габбро-гранитоидных плутонов

1 – лейкограниты; 2 – anomalously низкоплотные лейкограниты; 3 – биотитовые граниты; 4 – гранодиориты; 5 – диориты; 6 – габбро; 7 – пикрогаббро; 8 – ультрабазиты; 9 – выходы апофиз лейкогранита из очага



риодациты в периферических базальтоидных очагах. Иными словами, общепринятая гипотеза палингенного корового происхождения гранитной магмы совершенно несостоятельна. Настала пора отказаться от автономной первичной гранитной магмы. Есть только одна первичная базальтовая магма и один уровень магмогенерации – пластичная мантия [12]. Это принципиально новая генетическая основа рудноформационного анализа с целью выделения и систематики рудных формаций.

В огромном по площади гранитном теле распределение температуры и давления априори неравномерное, и флюидизированный гранитный расплав мигрирует на участки пониженных их значений. Так возникают довольно крупные очаги низкотемпературных гранитов с повышенным содержанием летучих и рудных компонентов, которые естественным путем оказываются источниками рудно-магматических систем (рис. 2). Отщепления флюидов от очага, как правило, не происходит, так как содержание летучих еще не достигает критического (10 %). Дополнительное концентрирование и флюидоотделение происходит в штоко-гребневидных апофизах, которые неизбежно внедряются из очага под воздействием высокого внутреннего давления. Эта модель хорошо согласуется с классической схемой Силитоу для медно-молибденовых месторождений (рис. 3), за исключением одного отличия: в схеме Силитоу рудоносный шток представляет собой ординарный выступ от кровли плутона и рудообразующую сущность его нужно дополнительно доказывать, а в нашей модели шток-апофиза – это отщепление от остаточного очага флюидизированного лейкогранита, рудообразующая специфика которого очевидна. Отделение флюидов в апофизе происходит многократно по принципу прерывисто-непрерывной кристаллизации Ф. Н. Шахова [14]. На ранней стадии (точка 1 на рис. 5) отщепля-

ются труднорастворимые в гранитном расплаве летучие и связанные с ними труднорастворимые элементы группы железа. На средней стадии (точка 2) отделяются соединения хлора и халькофильные металлы; на последней – легкорастворимые соединения фтора, бора и редкометалльные компоненты. Так образуется зональная рудно-магматическая система со сменой минеральных парагенезисов по вертикали и латерали от высоко- до самых низкотемпературных. Эта генетическая модель рудообразования аргументирована на большом числе медно-молибденовых, золоторудных

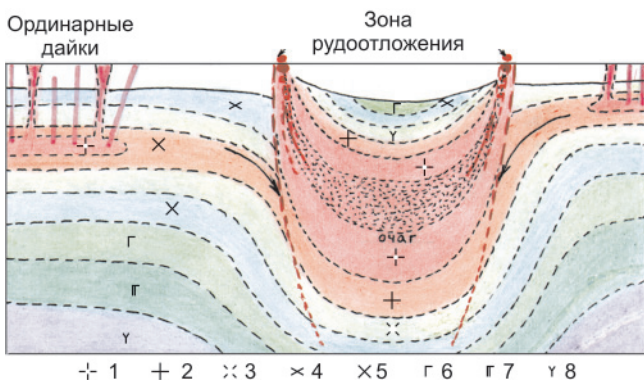


Рис. 2. Схема образования лейкогранитового очага в горизонтально расслоенном габбро-гранитном плутоне
1 – лейкогранит; 2 – гранит; 3 – гранодиорит; 4 – монцодиорит; 5 – диорит; 6 – габбро; 7 – меланогаббро; 8 – ультрабазит; черная стрелка – миграция флюидизированного кислого расплава в очаг, красная стрелка – инъекция флюидизированного лейкогранитового расплава из очага

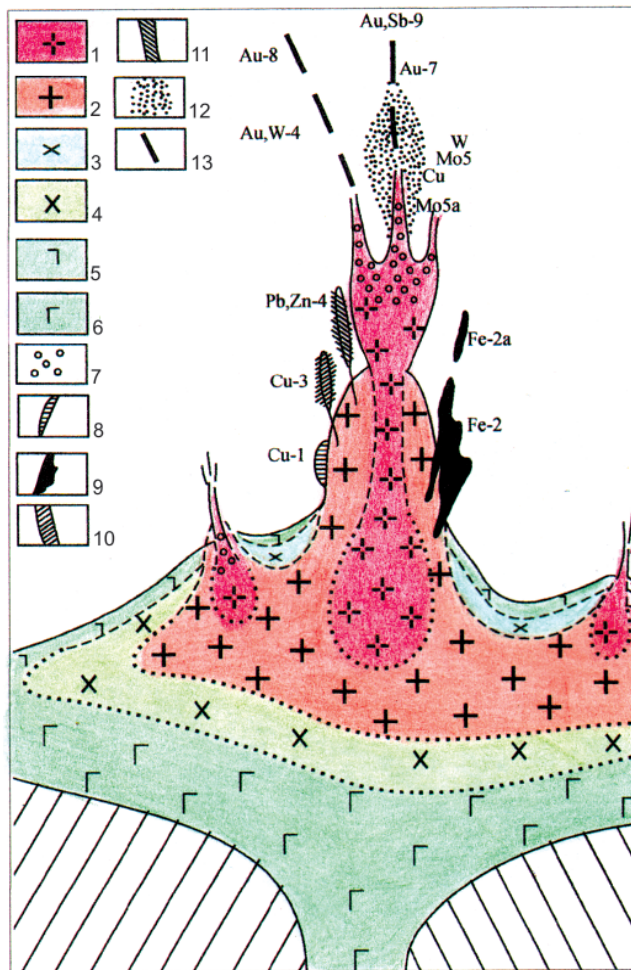


Рис. 3. Схема медно-порфировой рудно-магматической системы

1 – лейкократовые граниты; 2 – биотитовые граниты; 3 – монцодиориты; 4 – диориты; 5 – субщелочные габбро; 6 – габбро, меланогаббро; 7 – область флюидизации; 8–11 – скарны: 8 – меднорудные (Cu-1-пирротин-пирит-халькопиритовая формация), 9 – железорудные (Fe-2-скарново-магнетитовая формация, Fe-2a-гидросиликатовый минеральный тип), 10 – редкометалльные скарны (Cu-3-шеелит-молибденит-халькопиритовая формация), 11 – полиметаллические (Pb-Zn-4-медно-полиметаллическая формация); 12 – область порфирового оруденения (Mo-5-кварц-молибденитовая формация, Mo-5a-грейзеновый минеральный тип); 13 – жильные месторождения (формации: Au, W-6-кварц-кальцит-золото-шеелитовая, Au-7-золото-сульфидная, Au-8-золото-малосульфидная, Au, Sb-9 эпитермальная золото-антимонитовая)

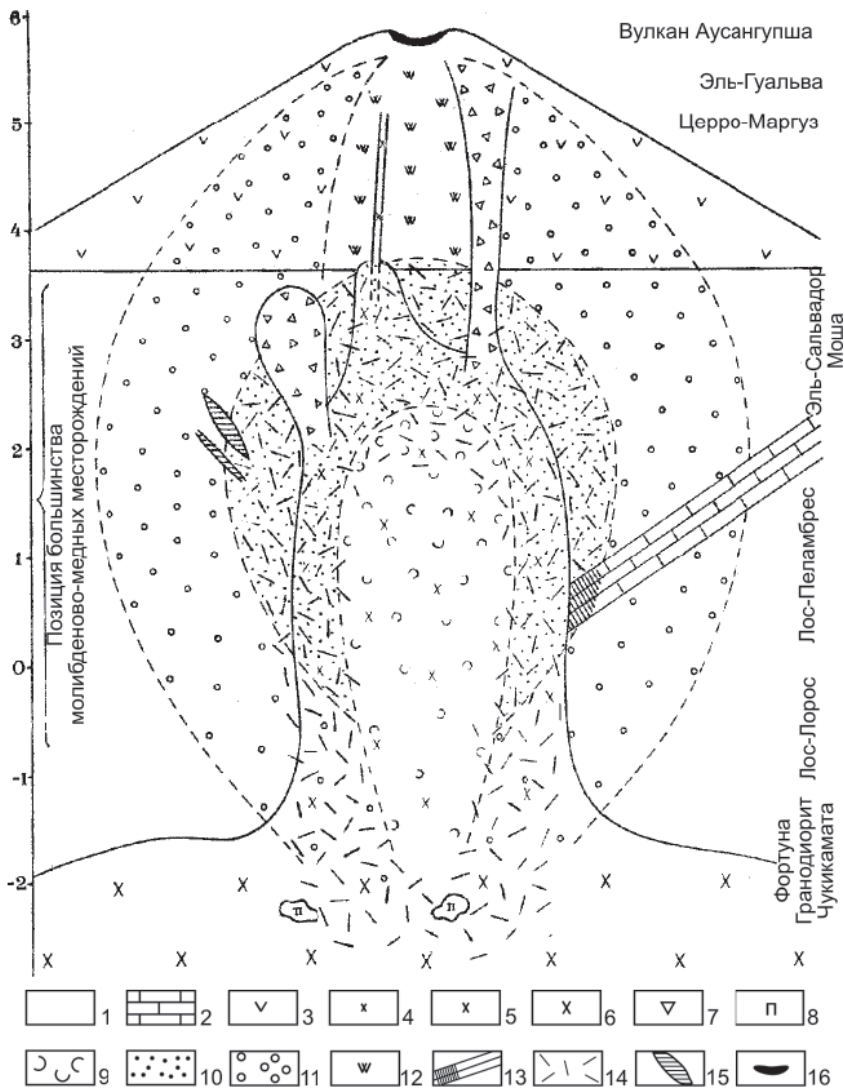


Рис. 4. Концептуальная схема строения гранитоидной рудно-магматической системы

1 – довулканическое основание; 2 – горизонт известняков; 3–7 – рудоносный вулcano-плутонический комплекс: 3 – отложения стратовулкана, 4 – дайки порфиров, 5 – шток гранодиорит-порфира, 6 – массив полнокристаллического гранодиорита, 7 – эруптивные брекчи; 8 – пегматиты; 9–12 – зоны: 9 – калишпатизации, 10 – серицитизации, 11 – пропицитизации, 12 – силификации; 13 – скарны с медным оруденением; 14 – штокверковое молибдено-медное оруденение; 15 – жилы свинцово-цинковых руд; 16 – месторождение самородной серы

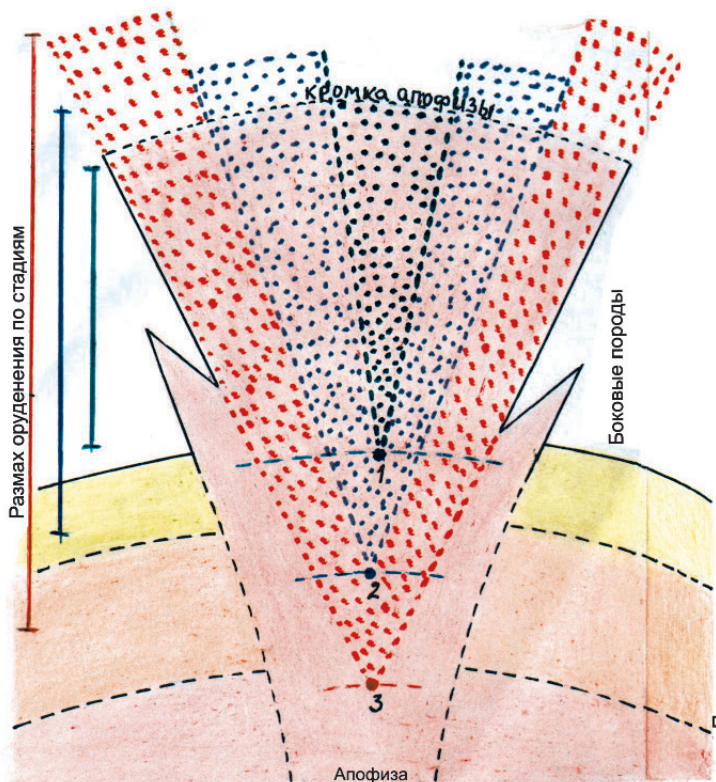


Рис. 5. Механизм (модель) рудообразования в процессе прерывисто-непрерывной кристаллизации флюидизированного лейкогранитового расплава в апофизе

1 – вмещающие породы; 2 – диорит-гранодиоритовая оболочка плутона; 3 – гранитоиды; 4 – лейкограниты очага и апофизы; 5 – фронт кристаллизации 1-й, 2-й, 3-й стадий; 6 – остановки кристаллизации 1-й, 2-й, 3-й стадий; 7–9 – конечные рудно-метасоматические зоны 1-й, 2-й, 3-й стадий соответственно



и полиметаллических месторождений [13–15]. Таким образом, в генетическом плане все эндогенные месторождения образовались по однотипной рудно-магматической схеме, в одном рудно-магматическом процессе и в принципе могли бы рассматриваться как одна формация в понимании С. С. Смирнова и Ю. А. Билибина. Но это противоречит общепринятому структурно-вещественному подходу в определении формации, которая составляет лишь малую часть в ряду родственных рудных образований (в рудном комплексе). По существу, рудная формация отвечает отдельной стадии рудообразования. Очевидно, выделение таких частных (формаций) должно строиться на соответствующих узких частных структурно-вещественных особенностях – главных минеральных парагенезисах и контролирующих их структурах. Это непросто, поскольку родственные формации (продукты разновременных стадий) связаны взаимоотношениями. Задача облегчается, если разновременные стадии пространственно разобщены. А чаще при совмещении стадий в одних структурах образуются сложные месторождения, ошибочно именуемые полигенными, полиформационными. Это противоречит самому определению рудной формации как суммы однотипных месторождений, но не каких-то их частей. Потому сложное месторождение не полиформационное, а полистадийное.

Несмотря на перечисленные трудности, выделение рудных формаций крайне необходимо, прежде всего в практических целях, и должно базироваться на фактических очевидных структурно-вещественных признаках (главных минеральных парагенезисах и контролирующих структурах). Их следует всесторонне обсудить в широком кругу ведущих специалистов. А пока можно высказать лишь некоторые соображения.

1. Нельзя обойти генетический тип месторождений (пегматитовый, грейзеновый, скарновый, гидротермальный), хотя они часто совмещаются. Но все-таки ведущим оказывается какой-то один.

2. Главным фактором месторождений оказывается, конечно, вещественный состав. Несмотря на широкие вариации и постепенные переходы, всегда выделяют главные парагенезисы, которые создают лицо месторождений и должны определять тип рудной формации. Второстепенные ассоциации образуют примесную компоненту и должны учитываться в виде минеральных типов.

3. По структурной позиции можно выделять стратиформный, послыйный, брекчиевый, секущий, жильный, штокверковый, прожилково-вкрапленный и другие типы, опять-таки по ведущему типу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Генетические** модели эндогенных рудных формаций: матер. совещ. / отв. ред. В. А. Кузнецов. – Новосибирск: Наука, 1983. – Т. I. – 184 с.; т. II. – 175 с.

2. **Генетические** реконструкции эндогенных рудообразующих систем / под ред. А. С. Лапухова. – Новосибирск: Наука, 1983. – 143 с.

3. **Кузнецов Ю. А.** Главные типы магматических формаций. – М.: Недра, 1964. – 385 с.

4. **Магматические** формации СССР / В. Л. Машайтис, В. Н. Москалева, Н. А. Румянцева и др. – Л.: Недра, 1979. – 597 с.

5. **Общие** принципы регионального металлогенического анализа и методика составления металлогенических карт для складчатых областей / под ред. В. Г. Грушевого. – М.: Госгеолтехиздат, 1957. – 147 с.

6. **Основные** параметры природных процессов эндогенного рудообразования / под ред. В. А. Кузнецова. – Новосибирск: Наука, 1979. – 261 с.

7. **Петровская Н. В., Сафонов Ю. Г., Шер С. Д.** Формации золоторудных месторождений // Рудные формации эндогенных месторождений. Т. 2. – М.: Наука, 1976. – С. 3–110.

8. **Проблемы** создания геолого-генетических моделей эндогенных рудных формаций / В. А. Кузнецов, Э. Г. Дистанов, А. А. Оболенский и др. // Рудообразование и генетические модели эндогенных рудных формаций. – Новосибирск: Наука, 1988. – С. 5–10.

9. **Прогнозно-металлогенические** исследования при регионально-съёмочных работах. Методическое пособие. Вып. 13 / Н. В. Кочкин, Е. В. Альперович, О. П. Апольский и др. – Л.: Недра, 1985. – 280 с.

10. **Рудообразование** и генетические модели эндогенных рудных формаций / под ред. А. А. Оболенского и др. – Новосибирск: Наука, 1988. – 344 с.

11. **Садур О. Г.** Моделирование геологических сред на основе вычисления их плотностных и магнитных характеристик в классе сложного распределения масс при решении различных геологических задач // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2012. – № 1(9). – С. 96–101.

12. **Хомичев В. Л.** Петрологическая основа гранитоидных рудно-магматических систем. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2016. – 286 с.

13. **Хомичев В. Л.** Рудно-магматическая система медно-молибденовых месторождений. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2018. – 296 с.

14. **Хомичев В. Л.** Рудно-магматическая система месторождений золота. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2019. – 340 с.

15. **Хомичев В. Л.** Рудно-магматическая система полиметаллических месторождений. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2020. – 160 с.

16. **Шахов Ф. Н.** Магма и руды // Геология и геофизика. – 1966. – № 10. – С. 3–9.

REFERENCES

1. Kuznetsov V.A., ed. *Geneticheskiye modeli endogennykh rudnykh formatsiy* [Genetic models of endogenous ore formations]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1983, vol. 1, 184 p.; vol. 2, 175 pp. (In Russ.).



2. Lapukhov A.S. ed. *Geneticheskiye rekonstruktsii endogennykh rudoobrazuyushchikh system* [Genetic reconstructions of endogenous ore-forming systems]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1983. 143 p. (In Russ.).
3. Kuznetsov Yu.A. *Glavnyye tipy magmaticheskikh formatsiy* [Main types of magmatic formations]. Moscow, Nedra Publ., 1964. 385 p. (In Russ.).
4. Masaytis V.L., Moskaleva V.N., Rumyantseva N.A., et al. *Magmaticheskiye formatsii SSSR* [Magmatic formations of USSR]. Leningrad, Nedra Publ., 1979. 597 p. (In Russ.).
5. Grushevoi V.G., ed. *Obshchiye printsipy regionalnogo metallogenicheskogo analiza i metodika sostavleniya metallogenicheskikh kart dlya skladchatykh oblastey* [General principles of regional metallogenic analysis and method of the metallogenic map composition for folded regions]. Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 1957. 147 p. (In Russ.).
6. Kuznetsov V.A., ed. *Osnovnyye parametry prirodnykh protsessov endogennoy rudoobrazovaniya* [Main parameters of natural processes of endogenous ore formation]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1979. 261 p. (In Russ.).
7. Petrovskaya N.V., Safonov Yu.G., Sher S.D. [Formations of gold deposits]. *Rudnye formatsii endogennykh mestorozhdeniy. T. 1* [Ore formations of endogenous deposits]. Moscow, Nauka Publ., 1976, vol. 2, pp. 3–110. (In Russ.).
8. Kuznetsov V.A., Distanov E.G., Obolenskiy A.A., et al. [Problems of creating geological and genetic models of endogenous ore formations]. *Rudoobrazovaniye i geneticheskiye modeli endogennykh rudnykh formatsiy. T. 2* [Ore formation of endogenous deposits. Vol. 2]. Moscow, Nauka Publ., 1976, pp. 5–10. (In Russ.).
9. Kochkin N.V., Alperovich E.V., Apolskiy O.P., et al. *Prognozno-metallogenicheskiye issledovaniya pri regionalno-syemochnykh rabotakh. Metodicheskoye posobiye. Vyp. 13*. [Forecast metallogenic studies during regional survey operations. Issue 13]. Leningrad, Nedra Publ., 1985. 280 p. (In Russ.).
10. Obolenskiy A.A., ed. *Rudoobrazovaniye i geneticheskiye modeli endogennykh rudnykh formatsiy* [Ore formation and genetic models of endogenous ore associations]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1988. 344 p. (In Russ.).
11. Sadour O.G. [Modelling of geological environments based on calculation of their density and magnetization in class of complex mass distribution for various geological problems]. *Geologiya i mineralno-syryevyye resursy Sibiri – Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2012, no. 1(9), pp. 96–101. (In Russ.).
12. Khomichev V.L. *Petrologicheskaya osnova granitoidnykh rudno-magmaticheskikh system* [Petrologic basis for granitoid ore-magmatic systems]. Novosibirsk, SNIIGiMS Publ., 2016. 286 p. (In Russ.).
13. Khomichev V.L. *Rudno-magmaticheskaya sistema medno-molibdenovykh mestorozhdeniy* [Ore-magmatic system of copper-molybdenum deposits]. Novosibirsk, SNIIGiMS Publ., 2018. 296 p. (In Russ.).
14. Khomichev V.L. *Rudno-magmaticheskaya sistema mestorozhdeniy zolota* [Ore-magmatic system of gold deposits]. Novosibirsk, SNIIGiMS Publ., 2019. 340 p. (In Russ.).
15. Khomichev V.L. *Rudno-magmaticheskaya sistema polimetallicheskikh mestorozhdeniy* [Ore-magmatic system of polymetallic deposits]. Novosibirsk, SNIIGiMS Publ., 2020. 160 p. (In Russ.).
16. Shakhov F.N. *Magma i rudy* [Magma and ores]. *Geologiya i geofizika*, 1966, no. 10, pp. 3–9. (In Russ.).

© В. Л. Хомичев, 2021