

Формационный метод в геологии золота: итоги и перспективы реализации в генетических и металлогенических исследованиях

И.В. Кучеренко — ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Россия

За два столетия до того, как было сформулировано представление об уровнях организации вещества в теле планеты Земля [1 и др.], европейские естествоиспытатели И.Г. Леман (1700–1767 гг.), Г.Х. Фюксель (1722–1773 гг.), А.Г. Вернер (1749–1817 гг.) и другие, не обладавшие по объективным обстоятельствам достоверными знаниями о существовании электронов, протонов, образующих предсказанные великим мыслителем древности Демокритом (460–370 гг. до н. э.) мельчайшие частицы, названные им атомами (неделяемыми), как основу всего материального мира, об атомах, ионах химических элементов, составляющих кристаллическую структуру минералов, о многих минералах, слагающих горные породы, предпринимали попытки перейти с одного уровня — осадочных горных пород на более высокий, надпородный, уровень их совокупностей, получивших название горные серии (И.Г. Леман, Г.Х. Фюксель), а впоследствии геологические формации (А.Г. Вернер).

Цель такого рода обобщений в те далекие времена заключалась в том, чтобы понять сущность геологических процессов, формирующих осадочную оболочку планеты. До сего времени выделено несколько десятков автономных (дискретных) осадочных формаций, обладающих присущими каждой из них литологическим составом, набором видов осадочных пород, строением, геохимическими чертами, металлогенической специализацией и образованных в конкретных палеогеографических (палеофациальных), геодинамических условиях. Некоторые формации, например, молассовая, конвергентны. Вместе с тем, многие разрезы осадочных толщ пока не получили формационного оформления.

Первые попытки найти типовые сочетания минералов в рудах месторождений предпринял в середине XIX столетия немецкий геолог А. Брейтгаупт, работавший в Рудных горах Центральной Европы. Выделенные им по одинаковому химико-минеральному составу парагенные ассоциации он назвал формациями руд [2]. В таком понимании его содержания термин использовался до 1937 года изучавшими руды геологами, в частности, Ф.Ю. Левинсон-Лессингом (1911 г.), К.И. Богдановичем (1912 г.), В.А. Обручевым (1922 г.), М.А. Усовым (1931 г.) в созданных ими в первой половине XX столетия учебниках по геологии рудных месторождений.

Дальнейшая эволюция представлений о принципах типизации оруденения с целью выявления закономерностей его образования связана с именами российских геологов-рудников, начиная с С.С. Смирнова [3, 4] и Ю.А. Билибина [5]. Бурное развитие промышленного производства в СССР в предвоенные тридцатые годы сопровождалось ростом потребностей страны в минеральном сырье, прежде всего в разнообразных металлах, необходимых для производства вооружений, при том, что возможности горнодобывающей промышленности были ограниченными по причине дефицита месторождений. Для быстрого наращивания минерально-сырьевой базы посредством выделения локальных перспективных площадей для поисков новых месторождений необходимо знание закономерностей их размещения и образования — научной основы для разработки эффективных «работающих» прогнозно-поисковых критериев оруденения. Однако ни формации руд А. Брейтгаупта, ни

известная к тому времени генетическая классификация месторождений полезных ископаемых В.А. Обручева (1935 г.) не могли быть использованы для прогноза — они не содержат прогнозной компоненты. Требовалось создать такую систему типизации оруденения, которая работала бы на прогноз. Не случайно именно в это время были изменены первоначальные геохимическое содержание, цель и задачи недавно включенной в практику научных исследований новой дисциплины металлогении на сохранившиеся до наших дней, ориентированные на исследование закономерностей рудообразования с акцентом на выявление типовых («узнаваемых») ситуаций локализации месторождений. В качестве методологической и методической основы металлогении был разработан комплекс операций в объеме исследований геологических и генетических условий рудообразования, как считалось, функционально взаимосвязанных.

Для достижения этой цели в тридцатых-сороковых годах были предложены два подхода к решению проблемы, — моно- и поликомпонентный.

Первый подход, разработанный и продемонстрированный академиком С.С. Смирновым [3] на примере созданной им классификации эндогенных месторождений олова, заключается в обобщении, анализе, интерпретации данных, накопленных в процессе и результате изучения месторождений одного или металлогенически связанных, как правило, двух-трех видов полезных ископаемых (металлов), — олова и вольфрама, вольфрама и молибдена, свинца и цинка, никеля и кобальта, меди, золота, урана и

других без учета примесей. Предлагалось для выделения и обоснования автономности однородных по комплексу признаков совокупностей месторождений учитывать их геологическую позицию (геологические ситуации локализации месторождений), минеральный состав руд, генезис или обоснованное представление о генезисе оруденения, связи с более масштабными, чем собственно рудообразование, инициирующими и обеспечивающими (сопровождающими) его геологическими (магматическими, тектоническими и другими) процессами, экономическую значимость месторождений. Выделенные по перечисленным данным однородные сообщества месторождений олова С.С. Смирнов сначала назвал рудными формациями или группами [3], позже группами [4], сохранив в последнем случае в рудных формациях, вероятно, из соображений научной этики, их первоначальное данное А. Брейтгауптом химико-минералогическое содержание. Видимо, догадываясь о своем колоссальном в среде специалистов авторитете, учитывая их менталитет в те бурные времена и как будто предвидя последующие события, С.С. Смирнов призвал коллег и потомков в последней опубликованной в год его кончины статье — лебединой песне [6] не воспринимать его предложения как догму, а коррек-

тировать их в случае необходимости по мере накопления новых данных. Последующие события показали, что потомки проигнорировали призыв выдающегося ученого.

Активно работавший в тридцатых-сороковых годах член-корреспондент АН СССР Ю.А. Билибин использовал в своих металлогенических построениях рудные формации как совокупности однородных по химико-минеральному составу руд и происхождению месторождений, то есть в понимании А. Брейтгаупта. Вместе с тем, для решения генетических и металлогенических проблем он считал также целесообразным объединять эндогенные месторождения разных видов полезных ископаемых в одну совокупность, названную им рудным комплексом — аналогом рудной серии С.С. Смирнова, при условии образования месторождений в процессе становления конкретного магматического комплекса (магматической серии С.С. Смирнова), с производными которого они связаны генетически или парагенетически. Такой поликомпонентный подход опирался на популярное в те годы представление о металлогенической специализации магматических комплексов (серий) и мог быть реализован, как, впрочем, и монокомпонентный подход, в процессе и результате

металлогенических исследований посредством доказательства генерации металлоносных флюидов в силикатных расплавах, создавших магматические породы комплекса. Рудный комплекс в этом случае представляет металлогенический эквивалент магматического комплекса, а прогноз месторождений в свойственном каждому рудному комплексу наборе видов полезных ископаемых ограничивается ареалом распространения магматических пород соответствующего ему магматического комплекса. В прогнозно-поисковой практике приоритет магматических пород перед месторождениями оправдан вследствие несопоставимо больших объемов магматических тел (массивов, плутонов и др.) сравнительно с объемами месторождений, достаточно часто слабо вскрытых или не вскрытых эрозией, но залегающих на приемлемых глубинах.

В послевоенные годы до Первого Всесоюзного металлогенического совещания в г. Новосибирске в 1964 году формационная проблематика не числилась среди приоритетных направлений исследований в рудной геологии, — публикации на эту тему, за редкими исключениями (Е.Е. Захаров, 1953 г.; Н.А. Хрущов, 1959 г.; Н.В. Петровская, 1960 г.), отсутствовали. ▶



ООО НПЦ «Уральское горное оборудование»

623102, Свердловская обл.,
г. Первоуральск, ул. Вайнера, 2 б.
тел./факс +7 (3439) 64-66-60.
E-mail: npcugo.ru
www.npcugo.ru

Гидроциклоны ГЦ-150–1400К, футерованные каменным литьем

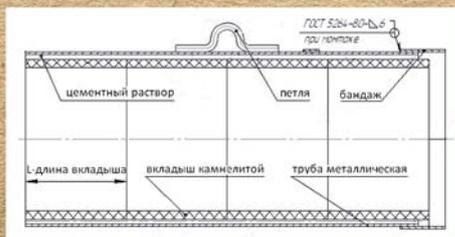


Научно производственный центр серийно выпускает гидроциклоны от ГЦ-150 до ГЦ-1400, где в качестве футеровки используются детали, изготовленные из каменного литья. Места стыковки камнелитых вкладышей заделываются кислотоупорной замазкой. Гидроциклоны, футерованные каменным литьем, имеют высокую стойкость, особенно при обогащении абразивных пород в агрессивных средах. Они хорошо зарекомендовали себя по надежности, долговечности и простоте обслуживания. По отзывам от организаций, эксплуатирующих гидроциклоны, футеровка из камня по своим характеристикам превосходит футеровку из полиуретана или износостойкой резины. Возможно изготовление гидроциклонов по чертежам или типоразмерам Заказчика.

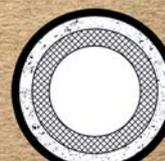
Технические характеристики гидроциклонов

Параметр	ГЦ-150К	ГЦ-250К	ГЦ-360К	ГЦ-500К	ГЦ-700К	ГЦ-1000К	ГЦ-1400К
Производительность при напоре 1 кгс/см, м³/час	20	50	95	140	260	500	900
Давление на входе, МПа	0.1-0.2	0.03-0.25	0.03-0.25	0.03-0.25	0.03-0.25	0.06-0.45	0.06-0.45
Внутренний диаметр цилиндрической части, мм	150	250	360	500	710	1000	1400
Угол конуса, град	20	20	20	20	20	20	20
Эквивалентный диаметр питающего отверстия, мм	50	80	90	100	150	210	300
Диаметр разгрузочного отверстия, мм	70	100	125	150	200	250	368
Диаметр выходного отверстия, мм	12-34	24-75	34-75	75-110	75-110	100-200	150-350

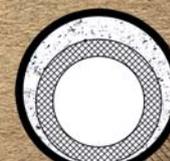
Трубы, футерованные каменным литьем



Варианты взаимного расположения трубы и вкладыша при футеровке



Концентрично



Эксцентрично

Д.А. Тимофеевский (1971 г.) Общая	В.Т. Матвеевко (1973 г.) СЗ часть Тихоокеанского тектонического пояса	В.И. Найбородин, А.А. Сидоров (1973 г.) Охотско-Чукотский вулканогенный пояс
1. Золото-скарновая 2. Золото-карбонат-сульфидная 3. Золото-кварц-сульфидная с турмалином и без 4. Золото-альбит-кварцевая с турмалином и без 5. Золото-серебряная (золото-адуляр-халцедон-кварцевая)	1. Золото-скарновая 2. Золото-турмалин-кварцевая 3. Золото-кварцевая 4. Золото-карбонат-сульфидно-кварцевая 5. Золото-халцедон-кварцевая 6. Метаморфогенных месторождений (диафторитовая)	1. Золото-серебряная 2. Золото-серебро-теллуровая 3. Золото-серебро-висмут-теллуровая 4. Золото-редкометалльная (с Sn, W, Mo)
М.Б. Бородаевская, И.С. Рожков (1974 г.) Общая	Ю.П. Ивсенен, В.И. Левин (1975 г.) Общая	Н.А. Шило (1977 г.) Общая
1. Золото-серебряная 2. Золото-кварцевая (до 5 % сульфидов) 3. Золото-кварц-сульфидная (5...20 % сульфидов) 4. Золото-сульфидная (>20 % сульфидов) 5. Золото-карбонат-талковая 6. Золото-медная	1. Золото-скарновая 2. Золото-полевошпатовая 3. Золото-грейзеновая 4. Золото-сульфидная 5. Золото-редкометалльно-кварцевая (с Mo, W, Sn) 6. Золото-пирит-арсенопирит-кварцевая 7. Золото-турмалин-кварцевая 8. Золото-антимонитовая 9. Золото-кварцевая убогосульфидная	1. Золото-кварцевая 2. Золото-альбитовая 3. Золото-анальцимовая 4. Золото-турмалиновая 5. Золото-форстерит-эпидотовая 6. Золото-гранат-везувиановая 7. Золото-волластонит-магнетитовая 8. Золото-магнетитовая 9. Золото-сульфидная 10. Золото-баритовая 11. Золото-серебряная кварцевая 12. Золото-серебряная адулярная 13. Золото-серебряная хлоритовая 14. Золото-серебряная родонитовая 15. Золото-серебряная родохрозитовая 16. Золото-сурьмяная кварцевая 17. Золото-теллуровая кварцевая 18. Золото-сульфидная
Н.В. Петровская, Ю.Г. Сафонов, С.Д. Шер (1976 г.) Общая (в скобках — «чуждые» элементы)	В.Д. Мельников (1983 г.) Общая	
1. Больших глубин (3...6 км и >) 2. Средних глубин (1,5...2,5 км) (Au-Mo, Au-W, Au-Sn-W) 3. Малых глубин (до 1,0...1,5 км) (Au-Sb, Au-Hg-Sb)	1. Конгломератовая 2. Зеленосланцевая 3. Диафторитовая 4. Черносланцевая 5. Кварцито-пропилитовая 6. Березитовая 7. Колчеданная 8. Джаспероидная 9. Скарновая 10. Железистых кварцитов	

Табл. 1. Классификации рудных формаций гидротермальных месторождений золота
 (Примечание: Тимофеевский Д.А. О формационной классификации, минеральных типах и золотосодержащих минеральных ассоциациях золоторудных месторождений СССР // Труды ЦНИГРИ, 1971 г., Вып. 96, — с. 5–32.
 Матвеевко В.Т. Региональные закономерности образования во времени и размещения в пространстве золотого оруденения северо-западной части Тихоокеанского тектонического пояса // Закономерности размещения полезных ископаемых. М.: Наука, 1973 г., Т. X, — с. 213–229.
 Найбородин В.И., Сидоров А.А. Рудноформационный ряд золотых месторождений в Охотско-Чукотском вулканогенном поясе // Закономерности размещения полезных ископаемых. М.: Наука, 1973 г., Т. X, — с. 240–249.
 Бородаевская М.Б., Рожков И.С. Месторождения золота // Рудные месторождения СССР. М.: Недра, 1974 г., Т. 3, — с. 5–77.
 Ивсенен Ю.П., Левин В.И. Генетические типы золотого оруденения и золоторудные формации // Золоторудные формации и геохимия золота Верхояно-Чукотской складчатой области. М.: Наука, 1975 г., — с. 5–120.
 Петровская Н.В., Сафонов Ю.Г., Шер С.Д. Формации золоторудных месторождений // Рудные формации эндогенных месторождений. М.: Наука, 1976 г., Т. 2, — с. 3–110.
 Шило Н.А. К проблеме систематики золоторудных месторождений // Проблемы геохимии эндогенных процессов. Новосибирск: Наука, 1977 г., — с. 110–117.
 Мельников В.Д. Формационный анализ золоторудных месторождений // Проблемы геологии и разведки месторождений полезных ископаемых Сибири: тез. докл. конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика М.А. Усова. — Томск, 1983 г., — с. 178–179. Библиография в [9]).

Информационный «взрыв» начался после упомянутого совещания, и активное обсуждение технологии решения формационной проблемы продолжалось до начала девяностых годов. Исторически сложилось так, что в стране оформились три исследовательские группы: наиболее многочисленная Московская во главе с доктором Р.М. Константиновым, Ленинградская в составе сотрудников Всесоюзного геологического института (доктора В.С. Кормилицина и других), а также преподавателей Ленинградского горного института профессоров П.М. Татаринова, П.А. Строны и других, и Новосибирская, объединившая сотрудников Института геологии и геофизики СО АН СССР во главе с академиком В.А. Кузнецовым. Представители первой и третьей групп унаследовали идеи работавшего ранее в Москве С.С. Смирнова, второй — работавшего в Ленинграде Ю.А. Билибина. В развернувшейся дискус-

сии приняли активное участие представители многих других научных организаций и ВУЗов, в сотнях, если не в тысячах публикаций отдавшие предпочтение монокомпонентному направлению. Поликомпонентный подход поддержали некоторые казахские геологи — С.Ж. Даукеев, Б.С. Укженов, А.А. Абдулин и другие.

Сложилось так, что все участники дискуссии заменили группу С.С. Смирнова и рудный комплекс Ю.А. Билибина одним термином — рудная формация, вероятно, полагая, что тем самым не нарушено правило научной этики, поскольку формация руд А. Брейтгаупта и рудная формация — это не одно и то же. Нарушено другое правило — один термин обозначает разное смысловое содержание. Однако консенсуса не было достигнуто. Направление исследований получило название рудная формациология, формационный анализ, анализ формаций. Надо при

этом иметь в виду, что формационное исследование — это не только анализ, но и синтез, вследствие чего предпочтителен термин (словосочетание) «формационный метод» в рудной, осадочной, магматической геологии.

С.С. Смирнов и Ю.А. Билибин, предложив общие принципы типизации оруденения на геолого-генетической основе, не оставили конкретных формулировок того, что следует понимать под терминами «группа месторождений» или «рудный комплекс».

Почти каждый участник начавшейся эпопеи, руководствуясь общими принципами монокомпонентного подхода, предложил свой вариант содержания вводимого в научный оборот базового понятия «рудная формация». Однако его многовариантность обусловлена лишь деталями и, согласно формулировке в обобщенном виде, рудная формация призвана объединять месторож-

дения твердых полезных ископаемых, обладающих сходным вещественным составом, образованных в сходных геологических условиях. Единственную формулировку рудной формации в приложении к поликомпонентному подходу дал П.А. Строна: «Конкретная рудная формация — это естественное сообщество месторождений, близких по возрасту, близких или связанных взаимоотношениями по составу и генетическим особенностям, локализованных в пределах ограниченного участка земной коры, возникших в условиях определенного геотектонического режима и устойчиво связанных с той или иной конкретной геологической формацией (осадочной, магматической, метаморфической)» [7, с. 10].

В каждой монокомпонентной рудной формации разновозрастные месторождения содержат, как отмечалось, руды одного вида (Au, U и др.) или комплексные (неразделимые) руды (Pb-Zn, или Ni-Co, или W-Mo, или Sn-W, или Au-U и т. д.). Каждая поликомпонентная рудная формация включает разновозрастные месторождения разных полезных ископаемых, например, молибден-золото-полиметаллическая формация — W-Mo, Pb-Zn, Mo, Au; золото-сурьмяно-вольфрамово-ртутная формация — Au, Hg, W, Sb, Cu, Pb-Zn; касситерит-серебро-полиметаллическая формация — Sn, Ag, In, Ge, Pb, Zn, W, Bi и т. д. Речь, в частности, идет о перечисленных формациях гидротермальных месторождений, каждая из которых образована, как считается, в процессе и результате становления конкретного магматического комплекса (формации), специализированного на отвечающий рудной формации набор видов полезных ископаемых. Месторождения и бывшая магматическая камера — источник металлоносных флюидов, трансформированная в магматический массив, как правило, пространственно разобщены. Некоторые формации объединяют разновозрастные месторождения разных генетических типов, например, хромит-асбестовая — магматические месторождения хромита и гидротермальные месторождения хризотила. Первые, образованные в результате дифференциации силикатных расплавов, находятся внутри материнских массивов базитов-гипербазитов, вторые пространственно разобщены с источниками горячих растворов (воды). Каждая формация осадочных или метаморфических месторождений образована посредством накопления рудного материала в процессе отложения осадков или метаморфизма горных пород как сингенетичная осадочной или метаморфической формации составная часть. В этом случае месторождения, осадочная или метаморфическая формация всегда пространственно совмещены.

Общее между монокомпонентными и поликомпонентными рудными формациями заключается в том, что их выделение (обоснование) в согласии с приведенным содержанием возможно только посредством и после выполнения одних и тех же операций — многопланового изучения вещественного состава полезных ископаемых и реконструкции геологических условий рудообразования, разных в зависимости от генетических типов месторождений, на предмет доказательств рудогенерирующей способности конкретных геологических процессов. В этом случае монокомпонентные и поликомпонентные рудные формации не могут служить средством генетических и металлогенетических исследований, но представляют собой их цель, то есть конечный результат, включающий систему эталонных рудных формаций. Функция последних заключается в создании путей, по которым следует направлять перманентно накапливающуюся новую генетическую и металлогенетическую информацию, обеспечивающую расширение и углубление знаний в составе выделенных ранее или новых рудных формаций.

После «информационного взрыва» в исследовании проблемы формационной типизации месторождений твердых полезных ископаемых в шестидесятых-восемидесятых годах, признания геологической общественностью СССР формационного метода в геологии крупнейшим достижением «советской геологической науки», в девяностые и последующие годы наступила длительная, продолжительностью более двух десятилетий, тишина — объективное свидетельство глубокого кризиса, который, впрочем, прогнозировался еще в 1983 году [8].

Кризис выражается в том, что в результате реализации принятой всеми методологии целенаправленных исследований, которые хотя и обеспечили накопление в сравнительно короткие сроки без преувеличения колоссальной новой эмпирической информации, раскрывающей, но с разной достоверностью, геологические условия размещения и образования месторождений многих видов полезных ископаемых преимущественно гидротермального происхождения, они не завершились созданием рациональной системы рудных формаций. В трудах в одно время работавших геологов — авторов многочисленных публикаций приведены многовариантные результаты — формационные классификации месторождений одного (каждого) вида оруденения, частично сопоставимые и не сопоставимые между собой [9, 10]. Очевидно, позднее есть следствие того, что методология и следующие из нее методы

формационной типизации месторождений, как оказалось, не адекватны ее цели. В свою очередь, несовершенство классификаций есть объективный показатель несовершенства теории, в данном случае — теории гидротермального рудообразования.

Этот негативный вывод в полной мере относится к формационным классификациям и теории образования месторождений золота. Последнее не требует доказательств, — достаточно прочесть таблицу 1 и вспомнить о мирном сосуществовании четырех отягощенных многочисленными вариантами гипотез их образования, декларирующих, но не доказывающих генерацию металлоносных флюидов в очагах гранитных или базальтовых расплавов, или ультраметаморфизма, и экстракцию золота и сопровождающих металлов или из расплавов, или из горных пород, в том числе многократную. Этот итог столетних исследований нельзя объяснить коварством природы, создающей месторождения одного вида и генетического типа полезных ископаемых по разным сценариям, — многовариантные исключают один другой выводы, как правило, отражают не конвергенцию рудообразования, а результаты изучения дискутирующими между собой многими специалистами одних и тех же рядовых, крупных, уникальных месторождений.

Как следует из обобщенной формулировки монокомпонентной рудной формации, в нее заложено четыре диагностических признака: вещественный состав руд, его сходство, геологические условия образования, их сходство. Для того чтобы понять причины многовариантных, а следовательно, не корректных результатов формационной типизации оруденения для решения генетических и металлогенетических проблем рудообразования, необходимо оценить корректность исходных посылок.

Вещественный состав руд

Насчитывается не менее трех десятков толкований этого понятия [9]: 1) вещественный состав руд (элементы, минералы, породы); 2) минеральный состав руд и его особенности; 3) состав руд и количественные соотношения между основными компонентами; 4) металльно-минеральный состав руд; 5) химический и минеральный состав руд и парагенезис минералов, состав вмещающих пород и их различные изменения; 6) закономерная совокупность ассоциаций рудных и нерудных минералов; 7) устойчивые минеральные ассоциации; 8) устойчивые минеральные ассоциации руд или главные парагенетические ассоциации минералов; 9) ассоциации рудных элементов; 10) наборы (два или ▶

более) ведущих металлов; 11) геохимические ассоциации главных рудообразующих элементов; 12) близкие ассоциации минералов; 13) главные минералы, определяющие промышленную ценность рудных объектов; 14) геохимический состав руд; 15) сообщества минеральных парагенезисов, связанных общей структурой (зональностью, ритмичностью), в составе которых существенную роль играют промышленно ценные минералы или породы, или устойчивые (ведущие) минеральные парагенезисы, определяющие «лицо» формации, ее характерную рудную минерализацию, и т. д. и т. п.

Золото, обладая в земной коре чрезвычайно низким кларком ($n \cdot 10^{-7}$ мас. %), сохраняет при этом чувство собственного достоинства, обособляясь от оксидов, солей, сульфосолей и т. д. преимущественно в самородном состоянии. Вместе с тем, оно демонстрирует противоположное свойство — чрезвычайную коммуникабельность, участвуя в качестве попутно извлекаемой примеси в рудах многих полезных ископаемых разного происхождения: платиноидно-хромитовых и платиноидно-медно-никелевых магматических, магнетитовых, шеелитовых скарновых, медно-молибден-порфировых гидротермальных, касситерит-сульфидных, полиметаллических, кобальт-висмутитовых, сурьмяных, ртутных гидротермальных, медно-колчеданных, колчеданно-полиметаллических гидротермально-осадочных (типа «куроко»), вулканогенно-осадочных, медных, полиметаллических гидротермальных, оловянно-вольфрам-молибденовых («редкометалльных»), урановых гидротермальных, медно-урановых (типа «несогласия») полигенных.

Считается, что формационная типизация золотосодержащих месторождений каждого из перечисленных и других видов полезных ископаемых — это самостоятельная проблема, а методология и методы монокомпонентного подхода ориентированы на исследование одного (профильного) вида полезного ископаемого при понимании того, что руды многих месторождений содержат примеси в промышленно интересных концентрациях. Очевидно, это продиктовано многими факторами, в частности, необходимостью дифференцировать полезные ископаемые по значению в экономике, масштабам использования и наращивания (восполнения) минерально-сырьевой базы на основе знания законов образования каждого конкретного вида, а не только полезных ископаемых вообще; наконец, возможно, убеждением, вслед за К. Прутковым, в том, что нельзя объять необъятное. Во всяком случае, большинство создан-

ных до сего времени формационных классификаций объединяет собственно золотые месторождения (табл. 1, стр. 110), из гидротермальных руд которых извлекается только золото и неперенный его спутник серебро.

Число формаций в приведенных общих (не региональных) классификациях — от трех до восемнадцати.

Формации предпочтительно выделены (обособлены одна от другой) по минеральному составу в ранге ассоциаций, которые квалифицированы авторами как устойчивые, то есть повторяющиеся в месторождениях каждой формационной совокупности, или парагенетические, устойчивые парагенетические, то есть включающие одновременно образованные минералы, или в ранге главных, ведущих минералов.

Некоторые формации повторяются в разных классификациях: золото-кварцевая, золото-кварц-сульфидная, золото-сульфидная, золото-серебряная (последняя в том числе под названием золото-халцедон-кварцевая, золото-адуляр-халцедон-кварцевая). При этом вулканогенно-гидротермальная (малоглубинная) золото-серебряная формация дважды меняет свой статус и трансформирована либо в минеральный (геохимический) тип, либо в формационный (надформационный) ряд. Так, формация малых глубин Н.В. Петровской с соавторами представлена убогосульфидными рудами золото-серебряного, золото-серебряно-сурьмяного, золото-серебряно-мышьяково-сурьмяного, золото-серебряно-свинцово-цинкового, золото-теллурического, золото-селенового геохимических типов, выделенных в зависимости от региональных геохимических особенностей, золото-сурьмяного, золото-ртутно-сурьмяного геохимических типов, выделенных по геохимическим ассоциациям золота с «чуждыми» элементами. Золото-серебряная и золото-теллуридо-кварцевая формации в некоторых классификациях также имеют статус золото-серебряного, золото-железисто-мышьяково, золото-сульфидного, золото-теллурического минеральных типов — составных частей золото-халцедонидно-кварцевой формации Н.А. Китаева (1977 г.) [9], или разделяются на несколько формаций — золото-серебряную кварцевую, золото-серебряную адулярную, золото-серебряную хлоритовую, золото-серебряную родонитовую, золото-серебряную родохрозитовую (Н.А. Шило, табл. 1, стр. 110), золото-серебряную и золото-серебро-висмут-теллурическую (В.И. Найбородина и др., табл. 1, стр. 110). В последних двух классификациях золото-серебряные формации, обособленные в результате

повышения статуса минеральных типов до формационного, представляют надформационный уровень или разные формационные ряды.

Формация средних глубин Н.В. Петровской с соавторами представлена малосульфидными рудами золото-железного, золото-мышьяково, золото-полиметаллического, золото-висмутитового геохимических типов, выделенных в зависимости от региональных геохимических особенностей, золото-молибденового, золото-вольфрамового, золото-олово-вольфрамового геохимических типов, выделенных по ассоциациям золота и «чуждых» элементов. Руды сопровождаются окколорудными метасоматитами — березитами, листовитами. При участии в золотых рудах минералов Sn, W, Mo месторождения образуют самостоятельные золото-редкометаллическую, золото-редкометалло-кварцевую рудные формации соответственно в классификациях В.И. Найбородина и др., Ю.П. Ивенсена и др. (табл. 1, стр. 110).

Вызывает вопросы использование «сходных», как пишут Б.Я. Вихтер и С.Д. Шер (1982 г.) [9], кварц-шеелитовой, золото-пирит-арсенипиритовой, полисульфидной, сульфосольной, антимонитовой, киноварной минеральных ассоциаций, сменяющих одна другую в одинаковой временной последовательности в соответствии с регрессивным характером развития единого рудного процесса в рудах месторождений золота, образованных в терригенных геосинклиналях Южного Тянь-Шаня, в качестве вещественного содержания трех разных формаций — золото-скарновой, золото-кварцевой, золото-пирит-арсенипиритовой. Согласно формулировке рудной формации сходные минеральные ассоциации должны образовать одну рудную формацию.

Постоянная пространственно-временная и причинно-следственная связь золота (Sn, W, Mo и других металлов) с кремнеземом (кварцем, халцедоном, опалом) и сульфидами, обусловленная отложением их в едином рудообразующем процессе, находит выражение в выделении золото-сульфидно-кремнистых формаций в большинстве формационных классификаций, начиная с касситерит-кварцевой, касситерит-сульфидной формаций С.С. Смирнова. Для целей формационной типизации золотых руд (не месторождений золота) Н.В. Петровская еще в преддверии формационной эпопеи в докладе на Международном геологическом конгрессе (1960 г.) предложила дифференцировать вещественно-генетическую основу формаций в зависимости от сульфидно-кварцевого отношения, ▶



Ufi
Approved
Event

miningworld RUSSIA

21–23 апреля 2015

место проведения
Россия • Москва • Крокус Экспо

19-я Международная выставка технологий и оборудования для добычи и обогащения полезных ископаемых



0+

Всегда в центре событий!

Организаторы:



Забронируйте стенд!

www.miningworld-russia.ru



Тел.: +7 (812) 380 60 16
Факс: +7 (812) 380 60 01
E-mail: mining@primexpro.ru

Генеральный
информационный партнер:



Информационные
партнеры:



отражающего, по ее мнению, пока не познанный в то время закономерность формирования металлоносных флюидов в очагах их генерации. Были выделены убого-сульфидная (до 1 % сульфидов), мало-сульфидная (до 5 %), умеренно-сульфидная (до 20 %), сульфидная (более 20 %) формации золотых руд, в дальнейшем трансформированные многими авторами классификаций в формации месторождений золота с незначительными изменениями названий, — золото-кварцевую, золото-сульфидно-кварцевую, золото-сульфидную (табл. 1, стр. 110). Между тем, еще в первой половине прошлого столетия во многих месторождениях золота был доказан вынос кремнезема из боковых пород при их окolorудных изменениях в количествах, достаточных для образования кварцевого выполнения кварцевых жил и минерализованных зон, и он подтверждается современными данными [11, 12]. В свою очередь, известны многочисленные факты литологического контроля сульфидов, выраженного в обогащении сульфидами золотоносных рудных тел или их участков в карбонатной вмещающей среде при низком содержании сульфидов в рудных телах среди силикатных пород. В 1982 году Н.В. Петровская дезавуировала упомянутую формационную классификацию, полагая использование минерального состава руд для выделения рудных формаций месторождений золота и других металлов ошибочным [13]. По ее обоснованному в упомянутой статье мнению, минералы, минеральные ассоциации и комплексы пригодны для выделения классификационных таксонов не выше минеральных типов в составе рудных формаций.

В итоге, учитывая известный факт подвижности (растворимости) кремнезема в щелочных средах и инертности его в кислотных, следует констатировать, что предшествующее отложению золота образование в трещинах кварца из истинных растворов, опала и/или халцедона из коллоидных обусловлено растворением кремний-содержащих минералов боковых пород в процессах взаимодействия с ними ранних в рамках каждой пульсации щелочных растворов и выделением разных форм кремнезема в твердую фазу после инверсии щелочного режима растворов в кислотный.

В свою очередь, остается неизвестной доля сульфидов, образованных в обогащенных ими участках рудных тел вследствие более активного взаимодействия металлоносных растворов с карбонатными вмещающими породами, в общей массе металлов и серы, поступивших с растворами из очагов их генерации и отложенных в участках каждого рудного тела или в целом в

рудных телах с высоким и низким содержанием сульфидов. Насколько известно, никто подобных расчетов не выполнял. Очень может быть, что в участках рудных тел и в рудных телах, обогащенных и обедненных сульфидами, их массы сопоставимы, а суммарная их масса представляет некоторый усредненный уровень, сопоставимый в нескольких кремнистых формациях. Скажем, в рудах золото-кварцевой формации содержится 3...5 % сульфидов, смежной золото-кварц-сульфидной — 5...10 % сульфидов, и что? О каких различиях в закономерностях размещения и образования месторождений той и другой формации, раскрытие которых предписано формационному методу, может идти речь? Большой вопрос. В равной степени вопрос адресован к вещественному (кварцевому) наполнению нескольких обсуждаемых формаций, которое отражает одну из закономерностей образования месторождений лишь опосредованно, через реконструкцию щелочного режима ранних порций металлоносных растворов, формируемого, вероятно, в очагах их генерации. Однако кварц, как, впрочем, и другие минералы, не обеспечивает дискретность формаций, причем не только золота, но и ряда металлов — олова, вольфрама, молибдена, урана, сурьмы и других.

По приведенным основаниям, квалификация принадлежности одних месторождений, скажем, к золото-кварцевой формации, а соседних (других) к золото-сульфидно-кварцевой, нередко декларируемая в современных публикациях по составу руд, не означает, что те и другие месторождения образованы по разным геологическим сценариям, а скорее представляет дань традициям и мало к чему обязывает.

Участники поисков решения формационной проблемы, обнаружив многовариантные результаты, полученные на основе одних исходных посылок монокомпонентного подхода, подняли тревогу еще в начале семидесятых годов. Ведущими исполнителями проекта Р.М. Константиновым и другими [9, 14 и др.] была «найдена» причина — использование на этапе выделения (обоснования) рудных формаций генетических представлений о происхождении гидротермальных месторождений, нередко гипотетических и меняющихся со временем. Было принято решение, вопреки рекомендациям Всесоюзного металлогенического совещания 1964 года и протестам некоторых ученых, в частности Н.В. Петровской [13], исключить генетические положения из процедуры формационной типизации месторождений и учитывать только наблюдаемые в месторождениях факты: морфологию рудных тел, минералы руд, око-

лорудно измененные породы, геохимические аномалии и т.д. — всего 256 признаков, наблюдавшихся в глубоко вскрытых месторождениях. Была принята статистическая обработка этих признаков по специально разработанной программе на предмет дифференциации месторождений олова и золота (по 90 тех и других) на дискретные совокупности, которые прогнозировались как будущие рудные формации гидротермальных месторождений этих металлов [15]. В результате вычислительная машина выдала дискретные совокупности месторождений, отвечающие группам месторождений олова С.С. Смирнова и двум генетическим типам месторождений золота — плутоногенному и вулканогенному гидротермальным, выделенным человеческим мозгом задолго до эксперимента. Стало очевидно, что в многовариантных результатах формационной типизации месторождений повинны не гипотетические генетические положения, а что-то другое. Тем не менее, до окончания формационной эпопеи, то есть до начала девяностых годов, авторы почти каждой публикации на формационную тему считали обязательным подчеркнуть, что они не учитывают генетические положения и выделяемые формации, в том числе золота, не содержат генетическую компоненту.

Большая часть немногочисленных формационных классификаций месторождений золота создана посредством использования в качестве вещественной основы формаций металло-минерального состава руд. Редко для обоснования одной-двух формаций наряду с последним привлекаются гидротермально измененные породы (табл. 1, стр. 110) — скарны, грейзены, кварциты, пропилиты, диафориты или вмещающие породы, с которыми руды функционально не связаны (железистые кварциты). Этим нарушается одно из незыблемых требований следующего из теории систем подхода к классифицированию естественнонаучных объектов или явлений [16] — использование одного признака при автономизации каждого однорангового таксона, в обсуждаемом случае — рудной формации. В формационной классификации В.Д. Мельникова (табл. 1, стр. 110) перечислены формации, выделенные по составу вмещающих пород, причинно-следственные (генетические, парагенетические) связи промышленных концентратов золота с которыми, как правило, гипотетичны и их надо доказывать. Доказательства пока не получены. В формации железистых кварцитов последние служат только вмещающей средой.

Металло-минеральный состав руд гидротермальных месторождений золота обладает чертами сходства и

различий. Сходство месторождений по этому показателю выражается в преимущественно сульфидном, сульфосольном составе рудной минерализации при обычном участии сульфидов и сульфосолей вездесущего железа и цветных металлов, представителя солей кислородных кислот шеелита, а также, как правило, в микронных размерах выделениях самородных цветных металлов и их сплавов, иногда — селенидов и теллуридов золота и серебра.

Различия показаны в названиях рудных формаций и заключаются в разной отложенной в рудах массе рудных минералов, в разных наборах и количественных соотношениях последних, в эпизодическом участии некоторых минералов и металлов-примесей. Различия выполняют двойственную функцию. С одной стороны, они способствуют дифференциации всего сообщества месторождений одного полезного ископаемого на формационные совокупности, с другой — препятствуют оценке сходства металльно-минерального состава руд, столь необходимой, согласно формулировке рудной формации, для ее автономизации и обоснования. В процедуре формационной типизации гидротермального оруденения именно различия служат питательной средой для многовариантных решений по вполне объективным обстоятельствам — невозможности во многих случаях понять и объяснить их возникновение, а потому — и формациеобразующее значение.

Как, скажем, оценить факт присутствия в рудах кварцево-жильного Центрального месторождения золота в Кузнецком Алатау примеси урановой минерализации, обнаруженной после 70 лет отработки месторождения, но примеси никель-кобальтовой минерализации в соседнем Беркульском месторождении — одновозрастных аналогах по большинству показателей. В рудах месторождения Сухой Лог в Ленском районе арсенопирит обнаружен в редчайших микропримесях, а в рудах его полного аналога соседнего Вернинского месторождения этот минерал — один из ведущих. Сходны эти пары месторождений по металльно-минеральному составу руд или нет? Эти и множество подобных примеров — доказательство того, что месторождениям-аналогам присущи и некоторые «мелочи» — индивидуальные черты. Учитывая достигнутые негативные результаты, это и иллюстрация того общеизвестного факта, что дьявол — в мелочах.

Технологией формационной типизации гидротермальных месторождений уже на этапе выделения рудных формаций предписан учет геологических

условий образования и/или размещения оруденения, предполагавший реконструкцию иницирующих рудообразования геологических процессов и анализ, обобщение ситуаций, обстановок нахождения месторождений с целью выделения типовых, способных обеспечить разработку критериев прогноза.

Согласно Н.В. Петровской с соавторами (табл. 1, стр. 110), месторождения формации средних глубин, наиболее важные в экономике золота, образуются на этапах складчатости и тектоно-магматической активизации: в областях эвгеосинклинального типа среди гранодиоритов, диоритов, габбро-дунитов, перидотитов, в зеленокаменных породах, сланцевых толщах; в областях миеоэвгеосинклинального типа в крупных телах гранитоидов, терригенно-карбонатных толщах; в областях активизации среди интрузивных пород разного состава, в метаморфизованных вулканогенных и осадочных толщах.

По данным М.Б. Бородаевской и И.С. Рожкова (табл. 1, стр. 110), месторождения близповерхностных золото-кварц-сульфидной, золото-кварцевой, золото-серебряной формаций образуются в молодых вулканических поясах, поясах альпийской и герцинской складчатости, в зонах активизации областей заверченной складчатости и платформ, в эвгеосинклиналях разного возраста и генетически связаны с андезитом-дацитовым в основном наземным вулканизмом при весьма характерном многократном чередовании проявлений магматической деятельности и рудообразования. Месторождения среднеглубинных золото-кварцевой, золото-сульфидной, золото-карбонат-талковой, золото-кварц-сульфидной, золото-медной формаций образуются в складчатых поясах миео- и эвгеосинклинального типа, на древних щитах, в срединных массивах и в зонах активизации областей заверченной складчатости в генетической связи с гранитоидным магматизмом. В эвгеосинклинальных областях известны месторождения золота, сопутствующие габбро-плагиогранитной формации мантийного происхождения или связанные с малыми интрузиями. Вместе с тем, известно много месторождений, удаленных от интрузивов.

В результатах исследований крупнейших знатоков золоторудных месторождений не подтверждается предположение Р.М. Константинова [14] о существовании функциональных связей металльно-минерального состава руд гидротермальных месторождений каждой рудной формации с геологическими обстановками их локализации

и образования — перечислены, вероятно, все мыслимые варианты состава, строения и происхождения рудообразующего субстрата. Причина такого разнообразия очевидна: металлоносные растворы предпочитают перемещаться в земной коре из очагов генерации по пересекающим разным субстрат зонам высокой проницаемости — разломам, а не по труднее преодолеваемому поровому пространству горных пород с разной открытой, эффективной пористостью. Доказательством этого служит повсеместный, без исключений, ставший очевидным в последние десятилетия определяющий размещение месторождений контроль гидротермальных месторождений, в частности, золота глубинными разломами. Месторождения образуют вытянутые вдоль глубинных разломов в их ближайшем обрамлении цепочки протяженностью до многих сотен километров, в Южной Сибири, например, — Татарского, Ишимбинского, Приенисейского в Енисейском районе, Кузнецко-Алатауского в Кузнецком Алатау, Окино-Китойского в Восточном Саяне, Келянского, Тулдуевского, Сьюльбанского в Северном Забайкалье, Кадали-Сухоложского в Ленском районе и т. д. При этом разные горные породы — изверженные, осадочные, метаморфические, в том числе черные сланцы в периферийной наиболее низкотемпературной мусковит-биотитовой зоне ареалов регионального метаморфизма нагревания, на обширных пространствах в обрамлении рудоконтролирующих разломов не содержат признаков воздействия на них, в том числе после регионального метаморфизма нагревания поздних растворов. Последний факт, в частности, наряду с другими, не укладывается в представление о приписываемой черным сланцам донорской при рудообразовании функции, предполагающей образование руд за счет золота, экстрагируемого растворами из пород. Реализация этой функции при исчезающе малых субкларковых содержаниях в сланцах золота потребовала бы неизбежно оставляющего следы «промыывания» горячими растворами обширных объемов черных сланцев.

Рудоконтролирующий статус глубинных разломов служит основой тектонического прогнозно-поискового критерия размещения месторождений нескольких формаций, скажем, так называемых золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой, золото-сульфидной и других. Структурный, литологический контроль золотого оруденения в многообразных его формах и сочетаниях форм проявлен, как правило, на локальном уровне, в масштабе отдельных месторождений, рудных узлов и, как и региональный тектонический контроль, не пригоден в силу ▶

приведенных обстоятельств в качестве стабильного формациеобразующего фактора, способствующего автономизации каждой формации.

В числе факторов, определяющих, наряду, по мнению многих геологов, с геологическими ситуациями локализации оруденения, геологические условия образования гидротермальных месторождений золота, как и других металлов, в описаниях рудных формаций приводятся разные оценки связей рудообразования с магматизмом, а в приложении к месторождениям черносланцевого типа — также с региональным метаморфизмом как предположительно с ведущими геологическими процессами, инициирующими и обуславливающими рудообразование.

О том, насколько удалось решить эту проблему по прошествии столетия с начала систематических исследований, можно судить, как отмечалось, по обилию гипотез, «раскрывающих» такие связи.

Причины известны. В числе объективных — обычная удаленность месторождений от былых (гипотетических) глубинных очагов генерации и путей подъема металлоносных растворов в области рудообразования — верхние горизонты земной коры, в числе субъективных — неверно расставленные приоритеты в методологии и методах исследований [17]. Скажем, ученые многих стран в течение десятилетий предпринимают безуспешные попытки доказать способность гранитных расплавов генерировать металлоносные растворы при том, что природа оставила свидетельства генерации их после полной кристаллизации гранитных расплавов, но во время активного функционирования базальтоидного магматизма. В свою очередь, металлоносные растворы на путях подъема в ближнем подрудном и околорудном пространстве во внутрирудных дайках-флюидопроводниках долеритов и в рудах оставили вещественные следы, доказывающие генерацию растворов в очагах базальтовой магмы.

Обычная практика авторов формационных классификаций — в описаниях рудных формаций использовать словосочетания типа: месторождения залегают в массивах таких-то магматических пород, или месторождения сопутствуют таким-то магматическим формациям, или месторождения связаны (ассоциируют) с такими-то изверженными породами, или месторождения удалены от массивов таких-то магматических пород, то есть употреблять терминологию, мало к чему обязывающую. Если указывается на генетическую или парагенетическую связь месторождений с конкретными магмати-

ческими породами или формациями, то это не означает отсутствия другого мнения, не более обоснованного. Со времени создания обсуждаемых классификаций принципиально ситуация не изменилась. По-прежнему не найдено доказательств генерации золотоносных растворов в гранитных расплавах в объемах, достаточных для образования промышленных месторождений, но по-прежнему гранитные расплавы считаются, за редкими исключениями, наиболее вероятными источниками сосредоточенного в рудах месторождений золота, а месторождения вне черносланцевых толщ — магматогенными.

Продолжать ставить решение формационной проблемы в зависимость от не познанных в течение столетия механизмов генерации металлоносных растворов — значит законсервировать ее решение на неопределенное время. Вместе с тем, представляется бессмысленным искать заявленное в формулировке рудной формации сходство объединяемых в нее месторождений по локальным и во многом случайным для гидротермального оруденения ситуациям, обстановкам его размещения и, тем более, по не доказанной обусловленности рудообразования более масштабными геологическими процессами, рудогенерирующая роль которых дискутируется. В равной степени приведенные соображения относятся к поликомпонентным рудным формациям, обоснование принадлежности которых к магматическим комплексам посредством доказательства обусловленности рудообразования конкретным магматизмом, генетических (парагенетических) связей с магматизмом многопрофильного гидротермального оруденения представляет приоритетную задачу.

Завершая анатомирование рудной формации и опираясь на накопленные в результате формационной эпопеи знания, констатируем, что природа оказалась более сложно устроенной, чем ранее прогнозировалось. Все четыре диагностических признака, заложенные в формулировке рудной формации, некорректны. Многовариантное содержание вещественного состава гидротермальных руд есть следствие разнообразных вариаций в них метально-минеральных ассоциаций и постепенных переходов по метально-минеральному составу между месторождениями одного и разных металлов. Невозможно устранить личностный аспект в оценке сходства вещественного состава руд по многим причинам — невозможности подсчитать массы многочисленных минералов и/или металлов и их количественные соотно-

шения в объеме каждого месторождения, в том числе в условиях обычной минеральной и геохимической зональности, разной доступности месторождений и их частей, чрезвычайной трудоемкости такого рода операций и т.д. Корректному использованию геологических условий локализации и образования месторождений препятствуют чрезвычайно разнообразными обстановки, ситуации размещения руд в каждом месторождении и гипотетические представления о процессах, инициирующих рудообразование, исключающие возможность найти сходство между месторождениями. Очевидно, на основе некорректных исходных данных невозможно получить корректные результаты, то есть рациональную систему рудных формаций — основу типизации месторождений полезных ископаемых для решения генетических и металлогенических проблем.

Между тем, потребность в рациональной системе обобщения эмпирических данных сохраняется, поскольку индуктивный подход к познанию того, как действует природа, создавая месторождения, до сего времени, сейчас и в будущем остается единственным способом открытия законов рудообразования и использования добываемых знаний для углубления теории и решения прикладных задач. В достижении нового знания теоретические разработки, эксперимент, моделирование — элементы дедуктивного подхода — важны, но имеют вспомогательное значение как средство проверки жизнеспособности идей и рабочих гипотез с целью трансформации их в достоверное знание (теорию).

Итак, на пути в неведомое первопроходцами достигнут результат, оставляющий желать лучшего, что нередко случается в любой науке.

Необходимость корректировки технологии формационной типизации месторождений стала очевидной еще в семидесятых годах, когда вместо достижения цели — разработки рациональной системы рудных формаций месторождений каждого из многих видов полезных ископаемых на основе одних исходных посылок было создано множество их вариантов, всего лишь перечисление которых составило объемный том [9]. Тогда же в методологию типизации оруденения была внесена единственная поправка, не рекомендовавшая, как отмечалось, учитывать генетическую информацию на раннем этапе выделения рудных формаций, но это не обеспечило их коррекцию. После упомянутых событий 1983 года никто не решает что-либо вносить, вероятно, работает «человеческий» фактор.

Санкция основателя формационного метода в рудной геологии С.С. Смирнова, позволяющая изменить, в случае необходимости, тем более, как сейчас, в кризисной ситуации, технологию исследования, которой, насколько известно, никто не воспользовался, сохраняет свою силу. Далее обсуждаются ключевые вопросы предлагаемого альтернативного существующему варианту решения формационной проблемы.

Генетическое содержание рудных формаций

Термодинамические и физико-химические режимы отложения руд (генетическое направление в рудной геологии) и геологические процессы, обуславливающие создание месторождений (металлогенетическое направление) представляют ансамбль взаимосвязанных факторов рудообразования. Только сочетание этих факторов способно обеспечить реконструкцию в полном объеме сущности рудообразования, без понимания которой невозможно развитие (углубление) теории и прогнозирование месторождений. Поэтому лишение рудных формаций генетического содержания было в прошлом и было бы в будущем большой ошибкой, формально ограничивающей возможности формационного метода. Известно, что в генетическом направлении исследований достигнуты

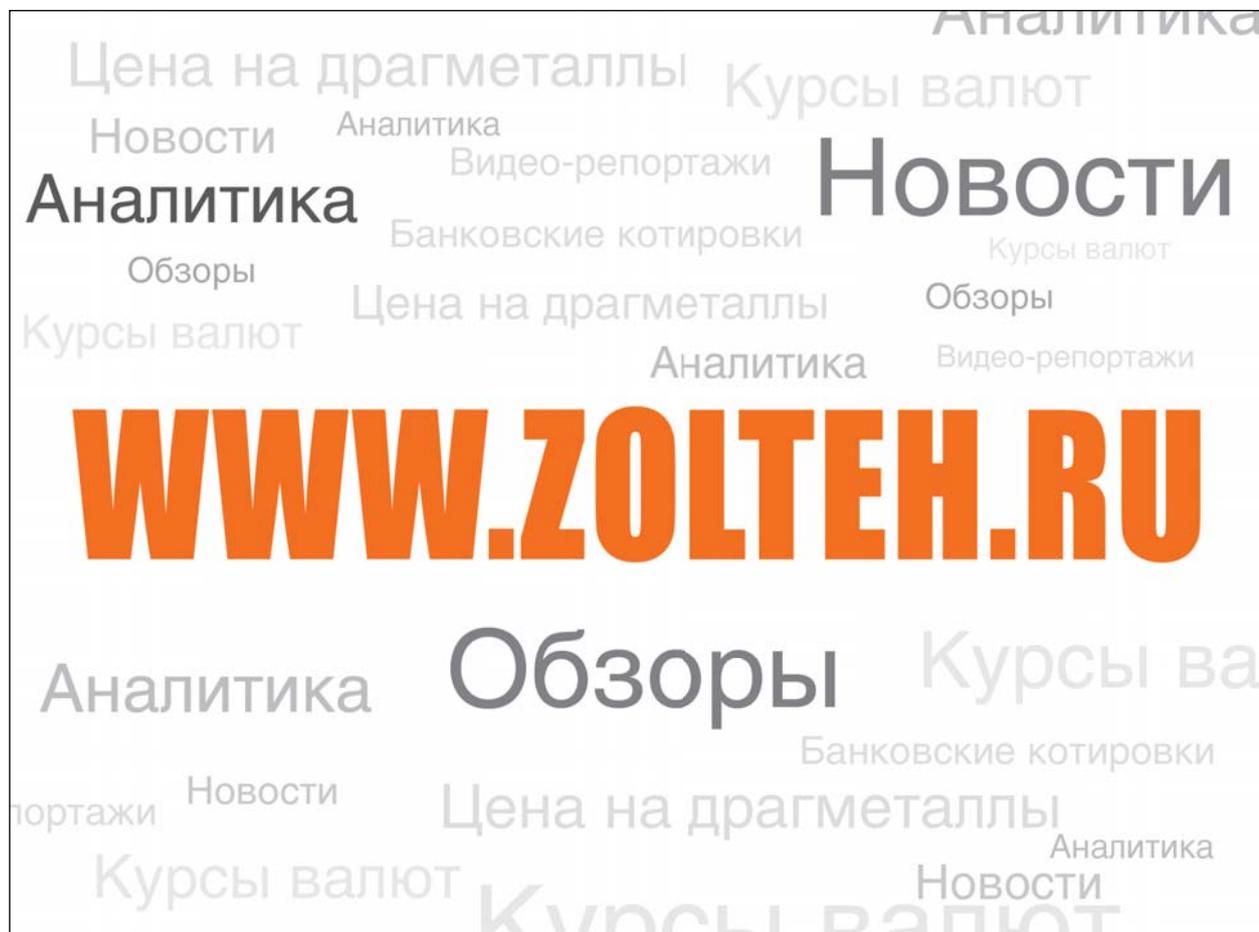
существенно большие успехи сравнительно с металлогенетическим, в результатах которого сохраняется достаточно много гипотетических положений. Вследствие этого важно создать такую систему приоритетов в процедуре автономизации рудных формаций, которая обеспечивала бы их корректность и исключала варибельность, то есть то, чего не удалось добиться до сего времени. При соблюдении этого условия рудные формации будут естественно, без проблем, встроены в существующую генетическую классификацию рудообразующих процессов и в будущую геолого-генетическую их классификацию, разработка которой, как и во времена С.С. Смирнова, сдерживается из-за дефицита достоверной металлогенетической информации. Будет устранена причина разделяемого многими противопоставления генетической и формационной классификаций.

Вещественное содержание рудных формаций

Как это следует из теории систем, в которой разработаны общие принципы, обеспечивающие создание корректных классификаций объектов и процессов [16, 18], таксон одного уровня, в нашем случае рудная формация, должен быть выделен по одному признаку или по одной совокупности признаков.

Руды гидротермальных месторождений золота и других металлов сложены гидротермально измененными в процессах рудообразования породами и содержат от десятков до первых сотен минералов в форме самородных металлов, их сплавов, оксидов, сульфидов, солей кислородных и бескислородных кислот, карбонатов, силикатов в чрезвычайно многообразных сочетаниях, количественных соотношениях, повторяющихся в рудах не только одного, но и разных видов полезных ископаемых ассоциациях и с постепенными переходами между месторождениями. Доля рудной минерализации в массе созданного рудообразующими процессами вещества, однако, незначительна при том, что большая часть рудных минералов отложена в поздние стадии процессов.

Реконструкция термодинамической и физико-химической сущности рудообразующих процессов, на что следует ориентировать процедуру формационной типизации в генетическом ее аспекте, возможна при неременном условии изучения всего созданного вещества, а не только его металлогенетическо-рудно-минеральных фрагментов, как это обычно практиковалось во времена создания формационных классификаций, в том числе приведенных в табл. 1 (стр. 110). Результаты изучения, ▶



Группа	Категория	Класс	Подкласс	Непосредственное основание (рудная формация)
Эндогенная	Гидротермальная	Магматогенный	Плутоногенный (глубинный)	Полиметалльная скарновая Редкоземельно-редкометалльная фенитовая Редкометалльная грейзеновая Золото-уран-полиметаллическая березитовая
			Вулканогенный (малоглубинный)	Золото-серебро-сурьмяно-ртутная аргиллизитовая Корунд-сурьмяно-ртутная вторично-кварцитовая
	Метаморфогенный	Мусковит-биотитовая фация	Магнетит-талк-хризотитовая алогипербазитовая и аподолмитовая Хрусталеносная апокварцитовая Наждачная апобокситовая Графитовая апоугольная	
		Амфиболитовая фация	Андалузит-силлиманит-корундовая апобокситовая Графитовая апогнейсовая	

Табл. 2. Генетическая классификация рудообразующих процессов (фрагмент).

характеризующие процессы в целом, от начала до завершения, призваны составить доказательную базу каждой автономной рудной формации, а попытки дифференцировать металльно-минеральный состав руд на главные минералы и не очень главные, ведущие и не очень, устойчивые и неустойчивые, которые всегда носили личностный акцент, останутся в прошлом.

Использованию в качестве вещественного содержания рудных формаций всего созданного гидротермальными процессами вещества в составе околорудных (рудовмещающих) метасоматитов и сингенетичных им рудно-минеральных комплексов нет препятствий. Трудными выдающихся российских ученых Д.С. Коржинского, В.А. Жарикова, Б.И. Омеляненко, Г.П. Зарайского, Ю.Б. Шаповалова создана теория эндогенных метасоматических процессов, на ее основе разработаны принципы формационной типизации эндогенных метасоматических пород, выделены и классифицированы метасоматические формации, сопровождаемые почти всеми видами гидротермальных полезных ископаемых. Большинство природных метасоматических колонок с их минерало-петрохимической зональностью в миниатюре воспроизведены в экспериментах. Каждая метасоматическая формация с рудно-минеральными комплексами в ее составе автономна, образована в индивидуальном сочетании термодинамических и физико-химических режимов, обладает присущими ей не повторяющимися в смежных формациях структурой метасоматических ореолов, минерало-петрохимическими и геохимическими чертами, наборами видов полезных ископаемых. Осталось мало гидротермально измененных пород, которые получают формационный статус в недалеком будущем.

Изменением технологической парадигмы устраняются недостатки, следующие в рудной формациологии из реализации прежнего методологического металльно-минерального подхода. В название рудной формации целесообразно включить название метасоматической формации и двух-трех наиболее важных в промышленном отношении металлов, для неметаллических полезных ископаемых метаморфического происхождения — состав протолита и промышленных минералов (табл. 2).

Промышленная золоторудная минерализация сопровождается скарновую, березитовую, аргиллизитовую метасоматические формации. Слабая золотоносность, редко достигающая промышленных значений, иногда отмечается в метасоматитах кремне-щелочной, грейзеновой, пропилитовой, вторично-кварцовой формаций.

Сравнительно редкие золотые месторождения скарновой формации по масштабам запасов, как правило, — мелкие, рядовые (до десятков тонн). К их числу относятся Синюхинское в Горном Алтае, Лебедское, Натальевское в Кузнецком Алатау, Ольховское в Восточном Саяне и др. Наиболее многочисленная группа плутоногенных месторождений золота, делающая погоду в экономике металла, связана с метасоматитами березитовой формации. Большинство месторождений этой группы содержат запасы золота до 100 тонн, но известны объекты с запасами более 1000 тонн. Группу представляют Березовское, Кочкарское месторождения Урала, Советское и другие в Енисейском крае, Берикуйское, Богомдарованное, Саралинское и многие другие Кузнецкого Алатау, Кедровское, Ирокиндинское и многие другие Северного Забайкалья, Сухой Лог, Вернинское Ленского района,

Чертово Корято Патомского нагорья. Золото-серебряные руды месторождений аргиллизитовой формации отличаются на порядок более высоким содержанием серебра, по масштабам запасов относятся к мелким, рядовым, крупным, располагаются, как правило, в молодых позднемезозойско-альпийских вулканических поясах. Группы представляют месторождения Дальнего Востока — Карамкен, Дукат, Белая Гора, Многовершинное и другие, Мексики — Пачука, Материнская жила (Veta Madre), США — Материнская жила (Mother Lode).

Геологические условия рудообразования и рудные формации

После обнаружения во второй половине двадцатого столетия в процессах осадконакопления и магматизма явлений конвергенции, выраженных в образовании одних совокупностей осадочных или магматических пород в условиях существенно различных геологических, прежде всего тектонических (геодинамических) режимов, потребовалось решить вопрос о целесообразности продолжения их учета в процедуре выделения (обоснования) соответственно осадочных и магматических формаций или после того, как формации выделены. В итоге обсуждения было принято решение исключить геологические режимы из комплексов геологических признаков осадочных и магматических формаций, но наполнять каждый геологический режим вещественным содержанием — наборами образованных в условиях этого режима тех и других формаций. В формационных исследованиях метасоматизма этот вопрос не стоял — в метасоматические формации заложены только минеральный и химический составы, термодинамические и физико-химические режимы образования метасоматических пород, минерало-петрохимическая зональность метасоматических ореолов, результаты теоретических расчетов и экспериментов без учета геологических условий образования метасоматических ореолов.

Гидротермальные процессы образования месторождений золота и других металлов отличаются спецификой, не свойственной другим категориям рудообразующих процессов — магматических, осадочных, выветривания, и обусловленной пространственной разобщенностью месторождений, с одной стороны, источников энергии, растворов, рудного вещества, с другой. Источники недоступны для непосредственного изучения и реконструируются, в основном, по косвенным признакам, часто не обеспечивающим достоверных результатов. Ситуация усугубляется разнообразием геологи-



Рис. 1. Рудноформационная иерархия.

ческих обстановок локализации месторождений, объединявшихся в одну формацию, — типовых обстановок, кроме контроля гидротермальных месторождений разломами, не найдено. Вероятность изменения в обозримом будущем всего перечисленного в позитивном направлении приближается к нулю.

Таким образом, без коренного пересмотра предложенной в прошлом технологии формационной типизации гидротермального оруденения должна наступить тишина, что и произошло в начале девяностых годов. При сохранении потребности в рациональной системе обобщения эмпирических, теоретических, экспериментальных данных с целью поисков общих законов рудообразования и возможности такую систему создать с учетом негативных результатов и на основе накопленных предшественниками и коллегами в рудной геологии опыта и знаний представляется целесообразным и необходимым эту задержавшуюся на столь продолжительное время тишину нарушить.

В данном случае речь идет об отчуждении «сходных геологических условий рудообразования» от процедуры выделения рудных формаций, но реконструкции этих условий и оценке степени их сходства посредством не только изучения отдельных месторождений, как это было принято, но и использования их обобщенных образов (типовых моделей) — уже выделенных и обоснованных без учета геологических режимов рудообразования рудных формаций. Рудные формации наследуют автономность, безальтернативность метасоматических формаций, с ореолами которых руды пространственно совмещены и в каждом из которых рудно-минеральные комплексы образуются в одном с метасоматитами процессе. В процедуре выделения рудных формаций разногласия, дискуссии сводятся к минимуму. В итоге рудные формации транс-

формируются в вещественно-генетические категории, пригодные для решения генетических проблем и получения предписываемого теорией систем статуса (исполнения функции) непосредственного основания генетической классификации рудообразующих процессов — источника информации для ее разработки и совершенствования.

Таксономическая формационная иерархия

Каждая метасоматическая формация поликомпонентна с присущей только ей совокупностью видов, в основном, металлических полезных ископаемых. Причины и условия металлогенической специализации метасоматических формаций неизвестны, это «белое пятно» в рудной геологии. Вместе с тем, было бы трудно, если не невозможно, опровергнуть представление о том, что металлогеническая специализация метасоматических формаций подчиняется неизвестным пока законам, открывать которые — приоритетная цель металлогении. Трудно переоценить прикладное — прогнозное значение решения этой проблемы. В связи с приведенными соображениями целесообразно сохранить поликомпонентный статус рудной формации. В рудной формациологии это таксон высшего уровня, призванный аккумулировать информацию, переход которой от количественных показателей к качественным, как можно предполагать, будет сопровождаться открытием упомянутых законов.

В практике генетических и металлогенических исследований обычно изучаются месторождения одного одно-двух-трехметалльного вида, руды которых содержат в сопоставимых промышленных концентрациях геохимически (металлогенически) связанные металлы, — золото и серебро, свинец и цинк, олово и вольфрам, вольфрам и молибден и т. д. Поэтому необходимо

и на таком уровне иметь накопитель информации, обобщение которой призвано обеспечить реконструкцию условий образования именно таких, условно говоря, монокомпонентных месторождений. Задача решается посредством дифференциации поликомпонентной рудной формации на монокомпонентные рудные субформации, объединяющие такого рода месторождения, в соответствии с одним из ключевых принципов системного подхода, согласно которому таксоны одного уровня должны быть производными из таксонов более высокого уровня. Этот принцип соблюдается также при дифференциации субформаций на геологические типы месторождений в случаях конвергентного рудообразования по числу геологических (геодинамических и, возможно, других) режимов образования месторождений (рис. 1). На данное время, например, известно два геодинамических режима образования собственно золотых месторождений березитовой субформации — коллизионного на активных континентальных окраинах и внутриконтинентальных рифтов.

Рудные формации — цель и/или средство генетических и металлогенических исследований?

Несмотря на заявления представителей монокомпонентного направления о том, что рудная формация должна быть средством металлогенических исследований, а не их целью, достигнуть этого было невозможно по той причине, что для выделения, обоснования новой формации или определения принадлежности изучаемых месторождений к известным, ранее выделенным формациям было необходимо, согласно заложенному в формулировках содержанию рудной формации, сначала выполнить металлогенические исследования — реконструировать геологические условия образования оруденения. Невозможно использовать в процессе то, чего еще нет. Более адекватно оценивали функцию ▶

формационного анализа, то есть комплекса операций по выделению рудных формаций, представители поликомпонентного направления, например, П.А. Строна [7], считая этот комплекс методической основой металлогенических исследований. Впрочем, методы металлогенических исследований разрабатывались вне сферы формационного анализа задолго до его начала. Скорее в формационных исследованиях использовались методы металлогении.

Разработка академиком Д.С. Коржинским теории эндогенных метасоматических процессов и метасоматической зональности сопровождалась прикладным следствием — созданием в конце семидесятых годов системы корректных гидротермальных метасоматических формаций, объединивших большинство метасоматических пород вместе с заключенными в них рудно-минеральными комплексами. Адекватная природным метасоматическим колонкам воспроизведенная в эксперименте минералого-петрохимическая зональность ореолов большинства метасоматических формаций подтвердила соответствие теоретически выведенных режимов минералообразования природным. Тем самым была подготовлена вещественно-генетическая основа рудных формаций. Остается загадкой, почему использованию этой выражающей содержание рудообразующих процессов от их начала до завершения вещественно-генетической основы в процедуре формационной типизации оруденения предпочли бесконечные манипуляции с фрагментами слагающего руды вещества — главными, ведущими, парагенетическими и прочими минералами и ассоциациями.

Итак, благодаря трудам предшественников достигнута цель рудно-формационного метода — создана совокупность корректных, без проблем диагностируемых рудных формаций-эталонов, которые через рациональную систему обобщения эмпирической информации, теоретических и экспериментальных данных пригодны к выполнению функции средства генетических и металлогенических исследований.

Генетическая классификация рудообразующих процессов и рудные формации

Накопленная достоверная генетическая информация в основном достаточна для замены многочисленных созданных до сего времени классификаций, наследовавших генетическую классификацию месторождений полезных ископаемых В.А. Обручева (1922 г., 1935 г.), генетической классификацией

рудообразующих процессов — концентрированным выражением общей теории рудообразования. Удовлетворяющая требованиям теории систем [16,18], предложенная классификация, фрагмент которой в части, представляющей процессы образования гидротермальных месторождений золота, приведен в таблице 2 (стр. 118), разработана с учетом: 1) принципа целостности, выраженного в требовании к процессам как к внутренне расчлененным единствам; 2) принципа иерархической ровной организации процессов как составных частей системы, представляющих определенные уровни соподчинения, связанные между собой иерархически так, что один из них служит основанием для других; 3) принципа дискретности таксонов; 4) принципа обрабатываемости, обеспечивающего переход от непосредственного основания — источника информации для суждения о происхождении оруденения к процессам и в обратном направлении, и т. д.

Включенные в генетическую классификацию рудообразующих процессов в качестве непосредственного основания рудные формации как носители обобщенных данных имеют преимущества перед приведенными в качестве примеров отдельными месторождениями в лишенных непосредственного основания генетических классификациях месторождений полезных ископаемых, поскольку в

последних систематизированы не процессы, а источники информации — месторождения.

Реализация предлагаемой технологии решения формационной проблемы применительно к месторождениям других промышленно-генетических категорий и видов твердых полезных ископаемых сопряжена с несопоставимо меньшими трудностями реконструкции магматических, осадочных, в корях выветривания рудообразующих процессов. Рудные формации представляют собой в качестве вещественно-генетической основы соответствующие геологические формации с всегда сингенетичным им, то есть образованным в единых с ними процессах, залегающим в них оруденением — хромит-платиновая габбро-перидотит-дунитовая, фосфор-титан-железородная габбро-пироксенитовая, медно-никелевая габбровая, алмазная лампроит-кимберлитовая, алюминиевая (бокситовая) известняковая (прибрежно-морская), железо-марганцевая известково-песчано-глинистая (прибрежно-морская), алюминий (боксит)-железо-марганцевая латеритная и др. Единые с гидротермальными формациями принципы их выделения обеспечивают тождественную им рациональную методологию генетических и металлогенических исследований, корректность генетической и, вероятно, будущей геолого-генетической классификаций рудообразующих процессов. ♦



1. Драгунов В.И. Понятие о парагенезисе и становление формациологии и формационной геологии // Геологические формации и закономерности размещения полезных ископаемых. М.: Наука, 1990 г., — с. 11–29.
2. Breithaupt A. Die Paragenesis der Mineralien. Freiberg: Engelhardt, 1849 г., V. 1, — 276 p.
3. Смирнов С.С. Некоторые замечания о сульфидно-касситеритовых месторождениях // Известия АН СССР. Сер. геологич., 1937 г., № 5, — с. 853–862.
4. Смирнов С.С. К оценке оловорудных районов // Советская геология, 1941 г., № 3, — с. 3–16.
5. Билибин Ю.А. Металлогенические провинции и металлогенические эпохи. М.: Госгеолтехиздат, 1955 г., — 87 с.
6. Смирнов С.С. О современном состоянии теории образования магматогенных рудных месторождений // Записки Всесоюзного минералогического общества. Вторая серия, 1947 г., Ч. 76, Вып. 1, — с. 23–36.
7. Строна П.А. Главные типы рудных формаций. Л.: Недра, 1978 г., — 199 с.
8. Кучеренко И.В. О генетической классификации рудных формаций // Геология и геохимия рудных месторождений Сибири / под ред. акад. В.А. Кузнецова. Новосибирск: Наука, 1983 г., — с. 4–16.
9. Основные типы рудных формаций. Терминологический справочник / под ред. Ю.А. Косыгина, Е.А. Кулиша. М.: Наука, 1984 г., — 316 с.
10. Кучеренко И.В. Теория и практика формационного метода в рудной геологии. Ч. 2 // Известия Томского политехнического университета, 2004 г., Т. 307, № 5, — с. 28–35.
11. Кучеренко И.В. Об источниках кремнезема в образовании мезотермальных кварцевожильных золотых месторождений // Региональная геология. Геология месторождений полезных ископаемых: Мат-лы Международной конференции «Горно-геологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науки и производства», 10–15 сент. 2001 г., Томск: Изд-во ТПУ, 2001 г., — с. 249–255.
12. Kucherenco I.V., Gavrilov R.Yu. Femophilic elements in wallrock metasomatites and in ores of mesothermal gold deposits – newsletter of mantle deep // International Journal of applied and fundamental research, 2011 г., № 1, — p. 37–43.
13. Петровская Н.В. Роль минералогии в разработке таксономической системы гидротермальных рудных месторождений // Геология рудных месторождений, 1982 г., Т. 24, № 3, — с. 15–27.
14. Константинов Р.М. Основы формационного анализа гидротермальных рудных месторождений. М.: Наука, 1973 г., — 216 с.
15. Константинов Р.М., Сиротинская С.В. Логико-информационные исследования эндогенных рудных формаций и вариационные ряды рудных месторождений // Проблемы эндогенного рудообразования. М.: Наука, 1974 г., — с. 68–82.
16. Блауберг И.В., Юдин Э.Г. Становление и сущность системного подхода. М.: Наука, 1973 г., — 270 с.
17. Кучеренко И.В. Реконструкция золотопродуцирующей способности силикатных расплавов как основа петрологического и петрохимического прогнозно-поисковых критериев оценки территорий на золото // Золото и технологии, 2013 г., № 2, — с. 70–80.
18. Гуляев А.П. О системном изучении метасоматитов // Петрология рудоносных метасоматитов: Материалы Второго среднеазиатского совещания, Фрунзе, 13–15 мая 1980 г. Фрунзе, 1980 г., — с. 4–6.