DOI: 10.24411/0869-7175-2019-10025

УДК 553. 078
© Е.И.Филатов, Л.К.Филатова, 2019

Краткий очерк основ металлогении

Е.И.ФИЛАТОВ, Л.К.ФИЛАТОВА (Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»); 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1)

Кратко рассмотрены пять вопросов: исторические основы металлогении, современная металлогения, категории металлогении и металлогенические обстановки, эволюция рудообразования в геологической истории, Металлогенический (Минерагенический) кодекс.
В 1906 г. Луи де Лоне подчеркнул важность и необходимость изучения связей минеральных месторождений с региональной геологией и тектоникой. Впоследствии многие исследователи придавали этому термину своё толкование. Современная металлогения подразделяется на теоретическую и прикладную и отличается от исторической анализом месторождений полезных ископаемых и составляемых ими более крупных минерагенических площадей в пространстве и времени. Теоретическая металлогения изучает рудообразующие процессы путём создания их моделей, прикладная – включает металлогенический анализ, региональный и локальный прогнозы с количественной оценкой прогнозных ресурсов изучаемых площадей.
Ключевые слова: металлогения, минерагения, металлогенический анализ, металлогенические категории (зоны, системы, пояса), оруденение, геологическая и рудная формация, прогнозирование, рудоносная площадь.

Филатов Евгений Иванович
доктор геолого-минералогических наук



filatova.lk@mail.ru

Филатова Людмила Константиновна
кандидат геолого-минералогических наук

A brief outline of metallogeny basics

E.I.FILATOV, L.K.FILATOVA (Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals)

Five issues are briefly considered: Historical basics of metallogeny; Modern metallogeny; Categories of metallogeny, Metallogenic conditions; Evolution of ore formation in geological history; Metallogenic (Mineragenic) code.
In 1906, L. de Lone stressed the importance and necessity of studying the relations of mineral deposits to regional geology and tectonics. Subsequently, many researchers have given the term its own interpretation. Modern metallogeny is divided into theoretical and applied, and, unlike historical analysis, its focus extends from ore deposits to any mineral deposits and their larger mineragenic areas in space and time. Theoretical metallogeny studies ore-forming processes by creating their models, applied metallogeny includes metallogenic analysis, regional and local forecast with a quantitative estimation of the inferred resources for the studied areas.
Key words: metallogeny, minerageny, metallogenic analysis, metallogenic categories (zones, systems, belts), mineralization, geological and ore formation, forecasting, ore-bearing area.

Металлогения – раздел учения о полезных ископаемых, характеризующий геологические закономерности формирования и размещения рудных месторождений в пространстве и времени.

Исторические основы металлогении. Термин «металлогения» был введён в 1892 г. французским учёным Луи де Лоне. Первыми металлогенистами были представители Античной Греции: Фалес (624–547 гг. до н.э.) – отец нептунистов и Гераклит (544–474 гг. до н.э.) – прародитель плутонистов.

Георгий Агрикола (Георг Бауэр, 1494–1555) – немецкий учёный в области горного дела и металлургии известен своими мудрыми постулатами, такими как «Рудные жилы – соки Земли» (то есть продукты циркуляции растворов) или «Ищи руду возле руды» − постулат, указывающий на нептунистические воззрения автора.

В 1906 г. де Лоне подчеркнул важность и необходимость изучения связей минеральных месторождений с региональной геологией и особенно с тектоникой. Совокупность возникающих при этом вопросов он назвал тогда «тектонической металлогенией». В 1913 г. де Лоне писал о том, что *металлогения изучает минеральные месторождения химических элементов с тем, чтобы определить законы, следуя которым эти месторождения должны, преимущественно, появляться в той или иной геологической зоне, представлять то или иное размещение, те или иные изменения с глубиной*. Однако де Лоне включил в понятие металлогения все аспекты и проблемы учения о рудных месторождениях.

Позднее многие исследователи использовали термин «металлогения», давая ему иногда своё толкование. Так, Р.Холмс (1928) определил металлогению как «генетическое изучение рудных месторождений во взаимоотношении с возрастом, региональной тектоникой и петрографическими провинциями». С.С.Смирнов применял этот термин в своих региональных работах 1930–1940 гг. там, где речь шла о региональных исследованиях крупных регионов.

Ю.А.Билибин в 1944 г. под термином «металлогения» понимал совокупность проявлений металлогенического оруденения, осмысленных с точки зрения тех геологических закономерностей, которые управляют их распределением во времени и пространстве. Учёный опубликовал ряд важных обобщений по металлогении складчатых областей, в том числе наметил последовательность этапов их развития. Позже в этом же направлении работали И.Г.Магакьян, Е.А.Радкевич, Г.А.Твалчрелидзе и другие выдающиеся отечественные геологи.

Металлогения, согласно Е.Т.Шаталову и его соавторам (1964), имеет свои *объекты исследования* – металлогенические пояса и провинции, зоны и области, рудные районы и узлы, а также свои *специфические задачи* – выявление закономерностей распределения рудоносных площадей и рудных месторождений в пространстве и времени, изучение критериев связи оруденения с комплексом геологических обстановок, влияющих на процессы минерализации, систематизацию и изучение типовых особенностей рудоносных площадей, прогнозирование новых рудоносных площадей.

К числу основных методов металлогенических исследований относились: региональный металлогенический анализ, применяемый при изучении более или менее обширных регионов, металлогенический анализ рудоконтролирующих факторов, используемый при детальном исследовании рудных районов, формационный анализ и другие. Вместе с тем металлогения тесно увязывалась с тектоникой, петрографией, литологией, учением о полезных ископаемых. Ю.А.Билибин, как и де Лоне, рассматривал *металлогению* общую, региональную и специальную. Термин «металлогения», сопровождаемый географическим названием какого-либо региона или рудоносной площади (например, металлогения Урала, Италии и др.), следовало рассматривать как одно из значений металлогении региональной.

Выделялась *металлогения* эндогенная и экзогенная. В качестве синонима металлогении употреблялся термин «минерагения», иногда применительно только к закономерностям размещения месторождений неметаллических полезных ископаемых. Как подчёркивали Е.Т.Шаталов и П.Рутье (1963) оба эти термина этимологически тождественны.

Современная металлогения отличается от исторической анализом месторождений полезных ископаемых и составляемых ими более крупных минерагенических площадей в пространстве и времени.

Современное учение о полезных ископаемых, кроме металлогении, включает основы учения о полезных ископаемых с генетическими и промышленными типами месторождений, структуры рудных полей и месторождений, а также поиски и разведку месторождений полезных ископаемых.

К сфере современной металлогении относятся как рудные, так и нерудные полезные ископаемые. Поэтому синонимом данного термина является минерагения, буквально означающая «происхождение руд».

Современная металлогения подразделяется на теоретическую и прикладную. Теоретическая металлогения изучает рудообразующие процессы путём создания их моделей, реконструируя условия формирования геологических и рудных формаций в истории развития земной коры. Прикладная металлогения включает металлогенический анализ, региональный и локальный прогнозы рудоносности изучаемых территорий с количественной оценкой прогнозных ресурсов.

Значительный вклад в развитие современной металлогении внесли отечественные ученые: В.И.Смирнов, Е.Т.Шаталов, В.А.Кузнецов, Д.В.Рундквист, Н.С.Шатский, Ю.А.Кузнецов, Ю.А.Косыгин.

В.И.Смирнов – один из самых выдающихся в нашей стране учёных в области геологии полезных ископаемых и металлогении. Ему принадлежат первенство в разработке генетических моделей месторождений полезных ископаемых и понятия полихронности и полигенности процессов рудообразования при формировании стратиформных месторождений. Им созданы труды, посвящённые связи процессов вулканизма и формирования рудных особенно колчеданных месторождений; связи рудообразования с зонами Беньофа; эволюции рудообразования в связи с его цикличностью, стадийностью, направленностью и необратимостью; металлогенической зональности (региональной и локальной); источникам рудного вещества, составляющим три группы (1 – ювенильная подкоровая, 2 – ассимиляционная коровая, связанная с гранитной магмой, 3 – внемагматическая инфильтрационная).

Е.Т.Шаталов разработал классификацию металлогенических площадей, включающую металлогенические пояса, провинции, зоны, подзоны, рудные районы и поля.

В.А.Кузнецов создал классификацию рудных формаций.

Д.В.Рундквист в своих работах рассмотрел соотношения геологических и рудных формаций, металлогеническую зональность, возможности изотопных методов при металлогеническом анализе.

Н.С.Шатский, Ю.А.Кузнецов, Ю.А.Косыгин создали учение о геологических формациях, являющихся геологической основой металлогенических исследований.

К ведущим представителям зарубежных металлогенических школ можно отнести ряд известных учёных, среди которых:

П.Лаффит и П.Рутье (Франция), составившие металлогеническую карту Европы в масштабе 1:2 500 000;

С.Бартон, Ф.Гайл, А.Митчелл, М.Гарсон, М.Луфф, А.Хейл, представляющие объединённую металлогеническую школу США, Канады и Австралии, рассмотревшие тектонические позиции минеральных месторождений континентов;

Р.Фритч – представитель скандинавской металлогенической школы, много сделавший для познания металлогении Балтийского щита;

Г.Борхерт, Л.Гауман (Германия), изучавшие закономерности формирования и размещения стратиформных рудных месторождений Западной и Центральной Европы;

Т.Ватанабэ, Т.Сато, Т.Тацума (Япония), создавшие классические работы по генезису колчеданных месторождений;

Т.Йовчев, Р.Доков, Р.Димитров, С.Симов, А.Панайотов, М.Стайков (Болгария), М.Петкович (Сербия), А.Янкович (Македония), изучавшие металлогению Балкан.

Современная металлогения в значительной степени базируется на тектонике литосферных плит и на методе дедукции, то есть, на исследованиях в направлении от общего к частному. Они, опираясь на знания об общей геологической ситуации, способом последовательного приближения трансформируются в оконтуривание потенциальных и реальных частных рудных площадей. Метод индукции же (от частного к общему) эффективен для выделения эталонных объектов.

Известные металлогенические школы России сосредоточены в ведущих геологических организациях: ИГЕМ, ЦНИГРИ, ИМГРЭ и Высших учебных заведениях (прежде всего, школа академика В.И.Смирнова при кафедре геологии и геохимии полезных ископаемых МГУ).

Категории металлогении и металлогенические обстановки. ***Основные категории*** металлогении подразделяются на пространственные и временные.

Пространственные категории – металлогенические пояса и провинции, металлогенические системы, зоны, подзоны, рудные районы, поля, месторождения.

Металлогенические пояса эквивалентны планетарным линейным поясам, например, в современной структуре – складчатым поясам (Урало-Монгольский и др.), зонам перехода или сочленения океанов и континентов (Тихоокеанский, Средиземноморский и др.). *Металлогенические провинции* в современной структуре отвечают крупным частям планетарных поясов, например, складчатым областям – системам островных дуг и окраинных морей, а в формационном выражении – ареалам развития вулкано-плутонических и осадочных ассоциаций геологических формаций (Южно-Уральская, Кавказская и др.). *Металлогенические системы* – крупные части провинций, например, системы островных дуг или сопряжённые дуги окраинного моря (система Юго-Западного Алтая). В литературе системы иногда именуются областями или мегазонами. *Металлогенические зоны* эквивалентны структурно-формационным зонам или ареалу развития ведущей рудоносной геологической формации или ассоциации формаций. *Металлогенические подзоны* охватывают структурно-формационные подзоны или линейные ареалы развития нескольких рудоносных геологических субформаций. *Рудные районы* отвечают структурно-формационным блокам I порядка или изометричным ареалам развития 2−3 рудоносных геологических субформаций, а *рудные поля* – структурно-формационным блокам II порядка или ареалам развития рудоносной геологической субформации. *Рудные узлы* включают сближенные в пространстве рудные поля, контролируемые одной геологической структурой.

Временные металлогенические категории – циклы, эпохи, стадии, подстадии.

Металлогенические циклы охватывают время преобразования океанической коры в континентальную по схеме: океан→островные дуги→окраинные моря→краевые ВПП→континент. *Металлогенические эпохи*, по В.И.Смирнову (в млн. лет): AR (3500–2500), PR_1 (2500–1900), PR_2 (1900–1400), PR_3 (1400–600), PZ_1 (600–400, каледонская складчатость), PZ_2 (400–225, герцинская складчатость), MZ (225–100, киммерийская складчатость), Pg–N–Q (100–0, альпийская складчатость).

Металлогенические стадии – океанические, островодужные, коллизионные, континентальные. *Металлогенические подстадии* – раннеостроводужная, позднеостроводужная.

Металлогенические обстановки – океанические, переходные от океанических к континентальным и континентальные. Океанические обстановки – это океанические плато и переокеанические зоны спрединга (рифтовые зоны).

Переходные от океанических к континентальным обстановки представлены энсиматическими и энсиалическими островными дугами, окраинными морями и краевыми вулкано-плутоническими поясами.

Континентальные обстановки объединяют плиты с внутренними морями, рифты и авлакогены, а также древние континенты и микроконтиненты.

Эволюция рудообразования в геологической истории. Закономерности рудообразования в геологической истории имеют не только теоретическую ценность, но и большое прикладное значение. Они могут быть выявлены на основе количественного анализа эволюции фор-

мирования месторождений полезных ископаемых в ходе развития земной коры.

Количественную оценку эволюции рудообразования в геологической истории логично привязать к её временным категориям, а именно к архейской, раннепротерозойской и другим геотектоническим и металлогеническим эпохам.

Суждение о количественной эволюции рудообразования во времени в первом приближении может быть получено на основе учёта суммарных запасов металлов, возникших в соответствующие металлогенические эпохи.

Анализ эволюции эндогенно-экзогенного рудообразования может быть произведён на примере какого-либо одного класса месторождений, например, месторождений сульфидных руд.

Такой сравнительный анализ количественной эволюции медного и свинцового рудообразования в своё время был выполнен Е.И.Филатовым и Е.П.Шираем для ведущих формационных типов медных и полиметаллических месторождений [7].

Металлогенический (Минерагенический) кодекс. Основные составителями Металлогенического кодекса – сотрудники ЦНИГРИ: доктора геолого-минералогических наук профессор А.И.Кривцов и профессор Г.В.Ручкин, кандидат геолого-минералогических наук В.И.Кочнев-Первухов. Глава I Кодекса составлена сотрудником Роснедра кандидатом геолого-минералогических наук А.Ф.Карпузовым, остальные главы и приложения – основным коллективом при участии сотрудника «ООО УралИКЦ» доктора геолого-минералогических наук Е.С.Контаря и старшего научного сотрудника ЦНИИгеолнеруд А.Г.Ахманова.

На разных стадиях работы над кодексом авторы широко использовали возможность обсуждения его аспектов с коллегами, которым выразили свою благодарность. Особо отмечены конструктивная критика и ценные предложения профессоров В.В.Авдонина (МГУ), П.А.Игнатова (МГРИ-РГГРУ), Е.И.Филатова (ИМГРЭ), Е.М.Аксенова (ЦНИИгеолнеруд).

Основные термины. *Месторождение* (минеральное, полезного ископаемого, минерального сырья) – природное или техногенное скопление полезного ископаемого, которое в количественном или качественном отношении может быть предметом промышленной разработки при данном состоянии техники и в данных экономических условиях.

Рудообразующий процесс – совокупность геологических процессов и явлений, которые сопровождаются возникновением месторождений-обособлений значительных масс рудного вещества за счёт его однонаправленной миграции из областей заимствования (выноса) в области накопления с ростом содержаний на локальных участках.

Рудообразующая система – совокупность совмещённых в пространстве и времени источников энергии и рудного вещества, транспортирующих агентов (носителей), путей транспортировки рудного вещества и областей (среды) его накопления.

Рудная формация – группа месторождений или рудопроявлений, однотипных по вещественному, элементному и минеральному составам руд и геологической обстановке нахождения, которая характеризуется связью с определённой геологической формацией (либо сочетанием геологических формаций) и типовыми структурными условиями рудонакопления.

Метасоматическая (гидротермально-метасоматическая) формация – устойчиво повторяющаяся совокупность метасоматических пород, закономерно располагающихся в пространстве и развивающихся в ходе однонаправленного процесса гидротермального преобразования пород.

Геологическая формация – естественное сообщество горных пород (геологические тела), обладающих пространственно-временной общностью при близости обстановок возникновения и формирования на отдельных отрезках однотипного становления земной коры; каждая геологическая формация фиксирует определённый режим развития.

Металлогеническая формация – устойчивая постоянно наблюдаемая пространственно-временная ассоциация геологических, метасоматических и рудных формаций. Металлогеническая формация состоит из триады: геологическая формация (или их сочетание)–метасоматическая формация–рудная формация (или ассоциация формаций).

Металлогенический таксон – пространственная категория металлогении, соответствующая рудоносным площадям различных размеров и рангов. Базовым таксоном металлогении является металлогеническая зона – эквивалент структурно-формационной зоны, в которой установлены продукты рудообразующих процессов (месторождения, рудопроявления).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Геохимическая* и металлогеническая специализация структурно-вещественных комплексов // Г.С.Гусев, Ю.К.Кудрявцев и др. – М., 1999.
2. *Кривцов А.И.* Прикладная металлогения. – М.: Недра, 1989.
3. *Металлогенический* кодекс России // А.И.Кривцов, Г.В.Ручкин, А.Ф.Карпузов, и др. – М.: Геокарт-ГЕОС, 2012
4. *Российский* металлогенический словарь // Под ред. А.И.Кривцова. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2003.
5. *Смирнов В.И.* Металлогения. Избранные труды. – М.: Наука, 1993
6. *Филатов Е.И., Ширай Е.П.* Формационный анализ в прогнозных исследованиях // Советская геология. 1987. № 2. С. 45–55.
7. *Филатов Е.И., Ширай Е.П.* Формационный анализ рудных месторождений. – М.: Недра, 1988.
8. *Филатов Е.И., Филатова Л.К.* Основы металлогении и формационный анализ рудоносных комплексов. Учебное пособие. – М.: РУДН, 2016.