О методологических аспектах регионального металлогенического анализа

Ефим Семенович КОНТАРЬ*

Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия

Аннотация

Актуальность и цель работы обусловлены необходимостью формулирования понятийной базы и существа, определяющих методологию регионального металлогенического анализа.

Результаты. Определены и конкретизированы принципиальные положения, составляющие методологическую и понятийно-смысловую основу регионального металлогенического анализа. Концептуальной основой регионального металлогенического анализа является положение о том, что руда (месторождение) входит в качестве естественной составляющей в определенные структурно-вещественные ассоциации (или комплексы), т. е. в те или иные формации магматических, осадочных и метаморфических пород. Они являются объективно существующими и реально картируемыми геологическими телами, которые выражены как в виде стратифицированных (серии, свиты, толщи, пачки, горизонты), так и в виде интрузивных (массивы) образований. На их основе осуществляется структурно-формационное (структурно-металлогеническое) районирование. Важной особенностью магматических, осадочных и рудных формаций является их повторяемость в геологической истории подвижных поясов, что подтверждает концепцию консервативности металлогенических процессов в геологической истории Земли. В то же время, наряду с повторяющимися, имеются магматические, осадочные и рудные формации, только однажды образованные в геологической истории Земли. Охарактеризованы латеральные и вертикальные ряды «породных» и рудных формаций. Приведены примеры каледонских и герцинских латеральных рудноформационных рядов Урала. Сформулированы основные положения количественной оценки прогнозных ресурсов прогнозируемых видов полезных ископаемых.

Выводы. Региональный металлогенический анализ складывается из следующих составляющих: петро- и литоформационный анализ и структурно-формационное районирование, являющееся адекватным структурно-металлогеническому районированию, рудноформационный анализ и геолого-промышленная типизация разномасштабных проявлений полезного ископаемого, количественная оценка прогнозных ресурсов ожидаемого оруденения.

Ключевые слова: петро- и литоформационный анализ, структурно-формационное (структурно-металлогеническое) районирование, рудноформационный анализ, геолого-промышленная типизация проявлений полезного ископаемого, количественная оценка прогнозных ресурсов, вертикальные и латеральные ряды «породных» и рудных формаций.

Введение

Научные основы регионального металлогенического анализа заложены Ю. А. Билибиным [1] и С. С. Смирновым [2]. Они заключаются в том, что рудообразование является одной из сторон единого процесса историко-геологического развития территории (участка земной коры), и оно обусловлено проявлениями тектоники, осадконакопления, магматизма и метаморфизма. Эти факторы являются определяющими как для выявления закономерностей размещения минеральных месторождений в пространстве и времени, осуществляемого с учетом особенностей структурно-вещественного (формационного) сложения территории и историко-эволюционного ее развития, так и для научного прогноза месторождений, что является конечным результатом металлогенического анализа.

Петро- и литоформационный анализ и структурно-формационное районирование. Важное достижение отечественной металлогенической науки

заключается в создании и реализации на практике прогнозно-металлогенических исследований принципов и методов петро-, лито- и рудноформационного анализа.

На них базируется положение о том, что руда (месторождение) входит в качестве естественной составляющей в определенные структурно-вещественные ассоциации (или комплексы), т. е. в те или иные формации магматических, осадочных и метаморфических пород. Эти формации являются объективно существующими и реально картируемыми геологическими телами, которые выражены как в виде стратифицированных (серии, свиты, толщи, пачки, горизонты), так и в виде интрузивных (массивы) образований. Поэтому выполняемый на формационной основе металлогенический анализ оказывается независимым от любых геотектонических концепций, что представляется особенно важным

*feg.gi@m.ursmu.ru

при создании на основе металлогенического анализа карт прогнозов и направлений геологоразведочных работ.

Формации магматических и (или) осадочных пород являются производными и одновременно индикаторами определенных палеотектонических (геодинамических) режимов, а следовательно, ассоциирующие с ними месторождения обусловлены этими же режимами. Поэтому при проведении сопоставлений, корреляций и периодизации геологических и металлогенических событий в масштабах крупных регионов важным является идентификация этих режимов, что влечет за собой участие в металлогеническом анализе определенных геотектонических концепций.

Разномасштабные ареалы распространения этих формаций в пределах определенных тектонических структур земной коры соответствуют тем или иным структурно-формационным (структурно-металлогеническим) подразделениям. Формации магматических, осадочных и метаморфических пород, на основе которых осуществляется металлогеническое районирование конкретных территорий, выделяются в результате изучения геологических и вещественных признаков, которые являются воспроизводимыми. Они могут быть реально воспроизведены на геологических, металлогенических и прогнозных картах различных масштабов и назначений. Об этом свидетельствует, в частности, весь опыт металлогенического картографирования на Урале, которое осуществляется начиная с 1960-х гг. под эгидой Редакционного совета металлогенической карты Урала (РСМКУ) и до настоящего времени.

Таким образом, важнейшим элементом металлогенического анализа является выделение формаций магматических, осадочных и метаморфических пород, рядов этих формаций, их ареалов, а также и соответствующих им рудных объектов.

На основе анализа пространственно-временного размещения формаций и их рядов осуществляется структурно-формационное районирование, являющееся адекватным структурно-металлогеническому (металлогеническому) районированию [3, 4].

Задачами структурно-металлогенического (металлогенического) районирования являются оконтуривание рудоносных площадей различных типов и размеров и последовательное их ранжирование (от металлогенической провинции до рудного или потенциально рудного района и (или) рудного поля включительно в зависимости от масштаба исследования) с целью установления закономерностей пространственного их размещения как основы для прогнозных построений.

Как уже отмечалось, формации горных пород отражают определенные палеотектонические (тектономагматические, тектоно-седиментационные, геодинамические) обстановки развития участков земной коры. Поэтому при районировании территорий по условиям размещения этих формаций и (или) их рядов тем самым выделяются ареалы проявления тех или иных палеотектонических

(геодинамических) режимов, обеспечивающих в определенное геологическое время образование месторождений соответствующих рудноформационных (геолого-промышленных) семейств и типов. При таком подходе в районировании участвуют и палеотектонические (геодинамические) элементы.

Вместе с тем следует отчетливо представлять, что мы имеем дело с современным размещением формаций горных пород и отвечающих им рудных объектов, что обусловлено совокупностью всех геологических процессов, проявившихся в регионе после процессов рудообразования и в различной степени искаживших их первоначальную целостность и пространственное положение. Все это, однако, не противоречит целям и задачам металлогенического районирования и выделения перспективных площадей, ибо, хотя поиски ведутся в современных структурах, выбор площадей для их проведения базируется на установленных закономерностях размещения и образования рудных месторождений, что невозможно без анализа изначальных (палеотектонических, геодинамических) обстановок их формирования.

Следующим важным аспектом регионального металлогенического анализа является рудноформационная и геолого-промышленная типизация месторождений.

Рудноформационный анализ. Рудноформационный анализ является важным инструментом прикладной металлогении, направленным на прогнозную оценку территорий. Он базируется на изучении естественных соотношений природных скоплений рудного вещества с определенными ассоциациями магматических, осадочных или метаморфических пород и через эти устойчивые сообщества позволяет выделять перспективные площади, определять вероятные формационные (геолого-промышленные) типы оруденения и оценивать их прогнозные ресурсы.

Определение и сущность понятия «рудная формация» рассмотрены в работах большого количества исследователей [1, 3, 5–15] и суммированы в терминологических справочниках [16–19].

Общие вопросы и принципы рудноформационного анализа, а также их приложение к геологии и металлогении Урала обсуждались К. К. Золосевым с коллегами [20], а также автором [21, 22].

Большинство исследователей определяют рудную формацию как группу месторождений и (или) рудопроявлений, характеризующихся сходными минеральными ассоциациями и образованных в близких геологических условиях независимо от времени возникновения. В. И. Смирнов к этому определению добавляет сходные физико-химические условия образования на поверхности или в глубинных частях Земли (Горная энциклопедия. 1989. Т. 4. С. 417–418).

Приведенное определение соответствует абстрактной рудной формации или рудноформационному типу, и оно близко понятию петроформационного типа или абстрактной геологической (магматической) формации, как это сформулировано Ю. А. Кузнецовым [10].

Скопление вещества, которое мы называем рудой, следует рассматривать в качестве закономерного природного объекта, образование которого предопределено всем ходом геологического развития и который при определенных экономических условиях приобретает промышленное значение. В связи с этим рудная формация может рассматриваться как частный случай или особая форма проявления геологической формации вообще.

Такой подход к пониманию взаимосвязей рудных и «породных» (магматических и (или) осадочных) формаций следует из работ многих исследователей [5, 12, 19, 14]. Они полагают, что рудные формации должны стоять в одном ряду со всеми «породными» формациями и иметь с ними одинаковый «масштаб». Более определенно это обосновал Г. А. Твалчрелидзе [15]: понятия магматических, осадочных и рудных формаций должны применяться в полном соответствии одного другому и отражать тип геологической структуры и стадию ее развития.

Таким образом, рудная формация отражает не только вещественный состав руд, но и их связь с продуктивным магматизмом или седиментогенезом, палеотектоническую (геодинамическую) обстановку образования и геолого-структурную позицию нахождения, т. е. определенной «породной» формации отвечает свойственная ей рудная формация, которая, в свою очередь, определяет металлогенический профиль конкретной структурно-формационной зоны. Если исходить из обоснованного В. И. Смирновым [12, 13] положения о консервативности металлогенических процессов в геологической истории Земли, возможно решение обратной задачи, а именно реконструкция палеотектонических (геодинамических) режимов развития определенных участков земной коры по типам минеральных месторождений. Отметим, что на Вашингтонском геологическом конгрессе в 1989 г. работал специальный симпозиум «Минеральные месторождения как индикаторы тектонических режимов». Неслучайным является предположение ряда исследователей [23, 24] о том, что ареалам медноколчеданных (медно-цинковых) и колчеданно-полиметаллических (медно-свинцово-цинковых) месторождений отвечают области с соответственно океанической и континентальной корой, существовавшей во время рудоотложения. Поскольку колчеданные руды являются одними из наиболее ранних в тектономагматическом процессе одного цикла (раньше колчеданных руд формировались лишь скопления хромитов в альпинотипных дунит-гарцбургитовых ассоциациях), то на их образование и состав оказывают влияние особенности строения земной коры соответствующего времени.

В определении понятия «рудная формация» следует различать две особенности. С одной стороны, в нем отражена промышленно-экономическая сущность геологических объектов и тел; с другой – естественные природно-геологические условия образования рудного вещества. Такая двойственность обусловлена многообразием и изменчивостью во

времени самого понятия «руда». Руда (месторождение) – категория экономическая. Однако то вещество, которое называется рудой, является прежде всего природным объектом, образованным на тех или иных этапах геологического развития и при определенных физико-химических условиях. Этот объект становится рудой, когда установлены его качественные и количественные параметры и промышленная ценность в соответствии с существующим уровнем развития техники, технологии и конъюнктурными (экономическими) критериями.

Руда – это, по существу, горная порода. Во многих случаях в названиях руд и рудных формаций использована «породная» терминология: например, медистые *песчаники* и *сланцы*, железистые *кварциты*, редкометалльные *карбонатиты*, горючие *сланцы*, *кимберлиты*, *уртиты* (небокситовое сырье для производства глинозема), редкометалльные и керамические *пегматиты*, золотоносные *конгломераты* и т. д. Строго говоря, массивные медно-цинковые колчеданные руды представляют собой сфалерит-халькопиритовый пиритит, образованный на ранних стадиях развития подвижных поясов, а медно-порфировые – сульфидизированный гранит-порфир, фомировавшийся на орогенных или орогенно-активизационных стадиях развития этих же поясов и т. п.

Как и любая горная порода, руда состоит из минералов и может быть моно- и полиминеральной. И, следовательно, на нее распространяются все физико-химические и геолого-генетические законы породообразования (неслучайно В. И. Смирнов в определении понятия «рудная формация» ввел именно эти условия образования).

Рудные формации, как и формации магматических и осадочных пород, образуют вертикальные и латеральные ряды. Первые из них объединяют формации, последовательно проявляющиеся в ходе геологического развития одного пространственно-металлогенического подразделения; вторые – одновременные формации, закономерно сменяющие друг друга в пространстве (например, в смежных структурно-металлогенических зонах).

Наиболее выразительным примером вертикального ряда магматических формаций, проявленных в Уральской металлогенической провинции, является офиолитовая ассоциация – натровая базальт-риолитовая (и ее латеральный аналог базальт-андезит-дацит-риолитовая) – известково-щелочная кали-натровая туфо-турбидитная базальт-андезито-базальтовая-щелочная калиевая трахибазальт-трахитовая. Этот ряд отражает проявления палеотектонических (геодинамических) режимов во времени, а именно: растяжение → смена растяжения сжатием → сжатие → стабилизация (континентализация). Соответственно этому ряду магматических формаций выстраивается ряд рудных формаций и рудноформационных семейств: альпинотипные хромиты → колчеданное семейство → скарново-магнетитовая (сингенетичные вулканогенно-осадочные стратиформные железо-

окисные залежи, скарнированные под воздействием комагматических вулканитов интрузий) [20, 21].

Важной особенностью рудных (как и магматических и осадочных) формаций является их повторяемость в геологической истории подвижных поясов, хотя каждая конкретная структура развивается направленно.

Так, в палеозойской истории Урала названный ряд формаций проявлен дважды: первый раз – на каледонском уровне (ордовик–силур–ранний девон), второй раз – на герцинском уровне (ранний–средний девон–фран). Соответственно проявлено два важнейших в промышленном отношении уровня колчеданообразования (поздний ордовик–ранний силур и средний девон). Возрастная повторяемость свойственна также марганцевым, железорудным, медно-порфировым и другим объектам. В то же время по своей рудогенетической и промышленной значимости эти ряды обладают значительными различиями. Так, в каледонском ряду формаций хромитов образовано значительно больше, чем в герцинском, тогда как герцинский ряд не менее чем в три раза превосходит каледонский по количеству накопленных колчеданных руд.

Такая повторяемость рядов магматических и рудных формаций отражает разновременное проявление в различных структурных зонах Урала однотипных палеотектонических (геодинамических) режимов, обеспечивающих однотипные металлогенические последствия, что свидетельствует об их автономном развитии [25].

Хорошо известна также повторяемость одних и тех же рудноформационных типов месторождений в геологической истории Земли, как это показано на примере колчеданных месторождений [26–29].

Наряду с повторяющимися, в том числе и на Урале, известны формации, только однажды проявленные в геологической истории. К ним, в частности, относятся специфические ассоциации, свойственные ранним этапам жизни древних платформ. Это железистые кварциты; граниты-рапакиви; габбро-долеритовые комплексы с ильменит-титаномagnetитовыми рудами; расслоенные перидотит-пироксенитовые интрузии со стратиформными хромовыми рудами и ряд других. К неповторяющимся палеозойским образованиям Урала относятся следующие вулкано-интрузивные ассоциации: трахибазальт-трахиандезит-габбро-монцодиорит-лейкогранитная раннего среднего девона с медно- и железо-скарновыми залежами (Краснотурьинско-Ауэрбаховский рудный район); андезит-базальт-диорит-гранодиоритовая раннего карбона с крупными накоплениями скарново-магнетитовых руд (Соколовско-Сарбайский и Качарский рудные районы), трахиандезит-трахибазальт-габбро-монзонит-граносиенитовая среднего-позднего карбона с молибден-медно-порфировыми объектами (Бенкалинская группа).

В качестве наиболее выразительных примеров латеральных рядов «породных» и рудных формаций Урала можно привести следующие:

– средний-поздний ордовик (частично ранний силур): карбонатно-марганцевая (Парнокское месторождение), стратиформная свинцово-цинковая (Саурейское месторождение), фосфоритовая (Софроновское месторождение) в терригенно-карбонатных отложениях чехла окраины Восточно-Европейской платформы → колчеданное семейство (Тарньерско-Шемурский, Валенторский, Медногорский и другие рудные районы) в базальтриолитовой формации Тагильского и Сакмарского (Кракинско-Медногорского) поясов → редкометалльные руды (Вишневогорское месторождение) в миаскит-карбонатитовой формации Сысертско-Ильменогорского срединного массива;

– средний девон: медноколчеданные руды в дифференцированных вулканических формациях (Гайское, Подольское, Сибайское, Дегтярское, Учалинское, Узельгинское, Александринское, Сафьяновское и другие месторождения) Западно-, Восточно-Магнитогорского и Каменского поясов → кремнисто-марганцевые руды (Файзулинское, Клевакинское и другие месторождения) в кремнисто-яшмовой формации этих же структур → цинковоколчеданные руды (Амурское месторождение) в терригенно-вулканомиктовой формации Восточно-Магнитогорского пояса → бокситы СУБРа в карбонатной формации Тагильского пояса → вероятно, редкометалльные руды Борсуксайского месторождения в нефелиновых сиенитах южной части Адамовско-Мугоджарского срединного массива. Такие ряды отражают одновременные проявления в разных структурах Урала различных палеотектонических (геодинамических) режимов, что также свидетельствует об их автономном развитии.

Все изложенное позволяет при рудноформационном анализе применять те же принципы и методы, что и при формационном анализе всех геологических образований. Общая последовательность такова: от формации магматических или осадочных пород – к соответствующей ей рудной формации, установлению ее промышленной значимости в конкретных экономических условиях и геологической обстановке.

Как следует из изложенного, в основу выделения рудных формаций положены следующие основные признаки: состав руд и количественные соотношения основных компонентов; состав и характер продуктивных магматических и осадочных формаций; тектономагматические (тектоно-седиментационные) условия их накопления.

Существует еще один аспект рудноформационного анализа – это мало рассматриваемый вопрос соотношений рудных формаций и геолого-промышленных типов месторождений. Как известно, основы геолого-промышленной группировки месторождений полезных ископаемых заложены В. М. Крейтером. К промышленным он предложил относить такие естественные геолого-минералогические типы месторождений, которые обеспечивают более 1 % мировой добычи определенного вида полезного ископаемого.

Природная повторяемость промышленных типов месторождений позволила рассматривать их в качестве геолого-промышленных или промышленно-генетических (по Д. И. Горжевскому) типов. По мнению Р. М. Константинова [7], понятие о промышленных типах месторождений частично совпадает с понятием рудной формации. Д. И. Горжевский полагает, что промышленные типы месторождений отвечают некоторым наиболее важным рудным формациям, а понятие о рудных формациях значительно шире, чем понятие о промышленных типах месторождений.

«Российский металлогенический словарь» [17] определяет геолого-промышленный тип месторождений как «*Рудно-формационный тип месторождений, по совокупности характеристик отвечающий современным требованиям горнодобывающей промышленности к минеральному сырью. В один геолого-промышленный тип входит группа месторождений, сходных по геотектонической позиции, связям с геологическими формациями, химическому и минеральному составу, технологическим свойствам сырья, его экономической значимости, горнотехническим условиям разработки*». Иными словами, геолого-промышленный тип – это рудная формация, имеющая промышленное значение. Вероятно, могут быть рудные формации, утратившие свое промышленное значение так же, как и рудные формации, промышленное значение которых при современном уровне развития техники и технологии еще не установлено.

Оценка прогнозных ресурсов. Конечным результатом регионального металлогенического анализа является количественная оценка прогнозных ресурсов полезных ископаемых перспективных площадей.

Основные положения этой оценки, как это видно из опубликованных материалов [30], заключаются в следующем.

1. Прогнозными называются ресурсы необнаруженных и неразведанных месторождений полезных ископаемых, наличие которых в пределах оцениваемого объема или площади (участка) земной коры

предполагается на основании благоприятной геологической обстановки, положительных поисковых признаков и известных закономерностей образования и размещения месторождений, определенных (прогнозируемых) геолого-промышленных (рудно-формационных) типов.

2. Прогнозные ресурсы оцениваются по геолого-промышленным (рудноформационным) типам ожидаемого (прогнозируемого) оруденения, известного в отечественной и мировой минерально-сырьевой практике.

3. Прогнозные ресурсы оцениваются на основании обоснованной аналогии с одноранговыми металлогеническими таксонами, где известны разведанные месторождения того же геолого-промышленного (рудноформационного) типа.

4. Металлогенические таксоны с крупными и уникальными объектами, как и сами эти объекты, не могут использоваться в качестве эталонных аналогов.

5. Прогнозные ресурсы разных категорий должны оцениваться в количествах, соответствующих ожидаемым запасам категории C_2 .

Главный вывод из этих положений заключается в том, что ни одно из них (благоприятная геологическая обстановка, геолого-промышленный или рудноформационный тип, обоснованные аналогии) не может быть реализовано без четкого понимания особенностей геологического строения оцениваемых территорий.

Заключение

Таким образом, региональный металлогенический анализ складывается из следующих составляющих: петро-, литоформационный анализ и структурно-формационное районирование, являющееся адекватным структурно-металлогеническому районированию, рудноформационный анализ и геолого-промышленная типизация проявлений полезного ископаемого, количественная оценка прогнозных ресурсов ожидаемого оруденения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Билибин Ю. А. Избранные труды. В 4 т. М.: Изд-во АН СССР, 1961. Т. III. 518 с.
2. Смирнов С. С. Рудные месторождения и металлогения восточных районов СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 359 с.
3. Рудоносность и геологические формации структур земной коры / под ред. Д. В. Рундквиста. Л.: Недра, 1981. 424 с.
4. Щеглов А. Д. Современное состояние теоретических основ металлогении. Л.: ВСЕГЕИ, 1989. 24 с.
5. Воеводин В. Н. Принципы рудноформационного анализа и генетическая классификация эндогенного вольфрамового оруденения // Сов. геология. 1982. № 4. С. 34–48.
6. Горжевский Д. И. История возникновения и современное использование понятия «рудные формации» // Руды и металлы. 1996. № 5. С. 5–10.
7. Константинов Р. М. Основы формационного анализа гидротермальных рудных месторождений. М.: Наука, 1973. 214 с.
8. Кормилицын В. С. Общие принципы выделения магматических и рудных формаций в зонах мезозойской тектоно-магматической активизации Забайкалья // Геологические формации. Л., 1986. С. 144–145.
9. Кузнецов В. А. Магматизм и рудные формации // Проблемы магматической геологии. Новосибирск: Наука, 1973. С. 309–317.
10. Кузнецов Ю. А. Главные типы магматических формаций. М.: Недра, 1964. 387 с.
11. Бородаевская М. Б., Горжевский Д. И., Кривцов А. И. и др. Принципы формационной классификации месторождений цветных и благородных металлов // Сов. геология. 1984. № 6. С. 3–12.
12. Смирнов В. И. Эндогенная металлогения // Тектоносфера Земли. М.: Наука, 1978. С. 121–169.
13. Смирнов В. И. Проблемы металлогении // Вестник Моск. ун-та. Сер. геол. 1979. № 6. С. 14–29.
14. Строна П. А. К проблеме рудных формаций // Известия вузов. Геология и разведка. 1982. № 1. С. 84–94.
15. Твалчредидзе Г. А. Опыт систематики эндогенных месторождений складчатых областей (на металлогенической основе). М.: Недра, 1966. 176 с.
16. Основные типы рудных формаций: терминологический справочник / под ред. Ю. А. Косыгина, Е. А. Кулиша. М.: Наука, 1984. 316 с.

17. Российский металлогенический словарь. СПб: ВСЕГЕИ, 2003. 320 с.
18. Рудные и рудоносные формации / под ред. Ю. А. Косыгина, Е. А. Кулиша. М.: Недра, 1983. 350 с.
19. Термины и понятия, используемые при прогнозно-металлогенических исследованиях / под ред. А. И. Кривцова и В. М. Терентьева. СПб: ВСЕГЕИ, 1991. 210 с.
20. Глубинное строение и металлогения подвижных поясов / Золотов К. К. [и др.]. М.: Недра, 1990. 191 с.
21. Контарь Е. С. Латеральные и вертикальные ряды месторождений цветных и черных металлов в геологической истории Урала // Руды и металлы. 1996. № 5. С. 10–17.
22. Контарь Е. С. Об общих принципах рудноформационного анализа // Руды и металлы. 1997. № 3. С. 3–10.
23. Hutchinson R. W. Massive Base Metal Sulphide Deposits as Guides to Tectonic Evolution // The Continental Crust and its Mineral Deposits. Geological Association of Canada, Special Paper 20. 1980. P. 659–684.
24. Sawkins F. J. Integrated Tectonic-Genetic Model for Volcanic-Hosted Massive Sulphide Deposits // Geology. 1990. Vol. 18. No. 11. P. 1061–1064. [http://doi.org/10.1130/0091-7613\(1990\)018<1061:ITGMFV>2.3.CO;2](http://doi.org/10.1130/0091-7613(1990)018<1061:ITGMFV>2.3.CO;2)
25. Бородаевская М. Б., Кривцов А. И., Ширай Е. П. Основы структурно-формационного анализа колчеданосных провинций. М.: Недра, 1977. 152 с.
26. Колчеданные месторождения мира / Бородаевская М. Б. [и др.]. М.: Недра, 1979. 284 с.
27. Колчеданные месторождения зарубежных стран / под ред. С. Н. Иванова. М.: Наука, 1984. 216 с.
28. Контарь Е. С. Количественная оценка колчеданообразования // Геология рудных месторождений. 2002. Т. 44. № 6. С. 543–555.
29. Кривцов А. И., Самонов И. З., Шабаршов П. Я. О продуктивности различных эпох для колчеданного оруденения // Геология рудных месторождений. 1979. № 1. С. 97–102.
30. Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых / под ред. А. И. Кривцова. М.: ЦНИГРИ, 2010. 95 с.

Статья поступила в редакцию 17 февраля 2021 года

Methodological aspects of regional metallogenic analysis

Efim Semenovich KONTAR^{**}

Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia

Abstract

Relevance and purpose of the work are due to the need to formulate the conceptual base and essence that determine the methodology of regional metallogenic analysis.

Results. The fundamental provisions that make up the methodological and conceptual-semantic basis of the regional metallogenic analysis have been determined and concretized. The conceptual basis of regional metallogenic analysis is the provision that the ore (deposit) is included as a natural component in certain structural-material associations (or complexes), i.e., in certain formations of igneous, sedimentary and metamorphic rocks. They are objectively existing and actually mapped geological bodies, which are expressed both in the form of stratified (series, formations, strata, packs, horizons) and intrusive (massifs) formations. On their basis, structural-formation (structural-metallogenic) zoning is carried out. An important feature of magmatic, sedimentary and ore formations is their recurrence in the geological history of mobile belts, which confirms the concept of the conservatism of metallogenic processes in the geological history of the Earth. At the same time, along with repetitive ones, there are magmatic, sedimentary and ore formations formed in the geological history of the Earth only once. Lateral and vertical rows of rock and ore paragenetic associations are characterized. Examples of Caledonian and Hercynian lateral ore-formation series of the Urals are given. The main provisions of the quantitative assessment of the predicted resources of the predicted types of minerals are formulated.

Conclusions. The regional metallogenic analysis consists of the following components: petro-lithoformational analysis, structural-formational zoning which is adequate to structural-metallogenic zoning, paragenetic analysis of mineral associations and geological-industrial typification of various-scale occurrences of a mineral, and quantitative assessment of expected mineralization predicted resources.

Keywords: petro-, lithoformational analysis, structural-formational (structural-metallogenic) zoning, paragenetic analysis of mineral associations, geological and industrial typification of mineral occurrences, quantitative assessment of predicted resources, vertical and lateral series of “rock” and ore formations.

REFERENCES

1. Bilibin Yu. A. 1961, Selected works. In 4 vols. Moscow. Vol. III. 518 p. (In Russ.)
2. Smirnov S.S. 1962, Ore deposits and metallogeny of the eastern regions of the USSR. Moscow, 359 p. (In Russ.)
3. Rundkvist D. V. 1981, Ore content and geological formations of crustal structures. Leningrad, 424 p. (In Russ.)
4. Shcheglov A. D. 1989, The current state of the theoretical foundations of metallogeny. Leningrad, 24 p. (In Russ.)
5. Voevodin V. N. 1982, Principles of ore formation analysis and genetic classification of endogenous tungsten mineralization. *Sovetskaya geologiya* [Soviet geology], pp. 34–48. (In Russ.)
6. Gorzhevsky D. I. 1996, The history of origin and modern use of the concept of “ore formations”. *Rudy i metally* [Ores and metals], pp. 5–10. (In Russ.)
7. Konstantinov R. M. 1973, Fundamentals of formation analysis of hydrothermal ore deposits. Moscow, 214 p. (In Russ.)
8. Kormilitsyn V. S. 1986, General principles of identification of magmatic and ore formations in zones of Mesozoic tectonic-magmatic activation of Transbaikalia. Geological formations, Leningrad, pp. 144–145. (In Russ.)
9. Kuznetsov V. A. 1973, Magmatism and ore formations. Problems of magmatic geology. Novosibirsk, pp. 309–317. (In Russ.)
10. Kuznetsov Yu. A. 1964, The main types of igneous formations. Moscow, 387 p. (In Russ.)
11. Borodaevskaya M. B., Gorzhevsky D. I., Krivtsov A. I., et al. 1984, Principles of formation classification of non-ferrous and precious metals deposits. *Sovetskaya geologiya* [Soviet geology], no. 6, pp. 3–12. (In Russ.)
12. Smirnov V. I. 1978, Endogenous metallogeny. Tectonosphere of the Earth. Moscow, pp. 121–169. (In Russ.)
13. Smirnov V. I. 1979, Metallogeny problems. *Vestnik Moskovskogo universiteta* [Moscow University Economics Bulletin]. Ser. geol., no. 6, pp. 14–29. (In Russ.)
14. Strona P. A. 1982, To the problem of ore formations. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka* [Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration], no 1, pp. 84–94. (In Russ.)
15. Tvalchrelidze G. A. 1966, Experience in the taxonomy of endogenous deposits of folded areas (on a metallogenic basis). Moscow, 176 p. (In Russ.)
16. Kosygin A., Kulish E. A. 1984, The main types of ore formations: terminological reference. Moscow, 316 p. (In Russ.)
17. 2003, Russian metallogenic dictionary. 320 p. (In Russ.)
18. Kosygin A., Kulish E. A. 1983, Ore and ore-bearing formations. Moscow, 350 p. (In Russ.)
19. Kryvtsov I., Terentyev V. M., 1991, Terms and concepts used in predictive metallogenic studies. St. Petersburg, 210 p. (In Russ.)
20. Zoloev K. K., Popov B. A., Rapoport M. S., etc. 1990, Deep structure and metallogeny of mobile belts, Moscow, 191 p. (In Russ.)
21. Kontar E. S. 1996, Lateral and vertical rows of deposits of non-ferrous and ferrous metals in the geological history of the Urals. *Rudy i metally* [Ores and metals], no. 5, pp. 10–17. (In Russ.)
22. Kontar E. S. 1997, General principles of ore formation analysis. *Rudy i metally* [Ores and metals], no. 3, pp. 3–10. (In Russ.)

23. Hutchinson R. W. 1980, Massive Base Metal Sulphide Deposits as Guides to Tectonic Evolution. The Continental Crust and its Mineral Deposits. Geological Association of Canada, Special Paper 20. P. 659–684.
24. Sawkins F. J. 1990, Integrated Tectonic-Genetic Model for Volcanic-Hosted Massive Sulphide Deposits. *Geology*, vol. 18, no. 11, pp. 1061–1064. [http://doi.org/10.1130/0091-7613\(1990\)018<1061:ITGMFV>2.3.CO;2](http://doi.org/10.1130/0091-7613(1990)018<1061:ITGMFV>2.3.CO;2)
25. Borodaevskaya M. B., Krivtsov A. I., Shirai E. P. 1977, Fundamentals of structural and formational analysis of pyrite provinces. Moscow, 152 p. (*In Russ.*)
26. Borodaevskaya M. B., Gorzhevsky D. I., Krivtsov A. I., et al. 1979, World pyrite deposits. Moscow, 284 p. (*In Russ.*)
27. 1984, Pyrite deposits of foreign countries. Ed. by S. N. Ivanov. Moscow, 216 p. (*In Russ.*)
28. Kontar E. S. 2002, Quantification of pyrite formation. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy* [Geology of ore deposits], vol. 44, no. 6, pp. 543–555. (*In Russ.*)
29. Krivtsov A. I., Samonov I. Z., Shabarshov P. Ya. 1979, On the productivity of different eras for pyrite mineralization. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy* [Geology of ore deposits], no. 1, pp. 97–102. (*In Russ.*)
30. 2010, Principles, methods and procedure for assessing the forecast resources of solid minerals. Ed. by I. Krivtsov. Moscow, 95 p. (*In Russ.*)

The article was received on February 17, 2021