

УДК 550.4(1)

ГЕОХИМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ПРИ ГЕОЛОГО-СЪЕМОЧНЫХ И ПРОГНОЗНО-МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

А. А. СМЫСЛОВ

Геологическая съемка и геологическое картографирование, у истоков которого стояли такие выдающиеся геологи, как А. П. Карпинский и Д. В. Наливкин, оказали решающее влияние на развитие отечественной геологической науки и решение прикладных задач формирования минерально-сырьевой базы страны. В прикладной и теоретической геохимии в отличие от геологии и геофизики вопросам геохимической съемки уделялось значительно меньшее внимание.

В последнее десятилетие наряду с составлением геологических и геофизических карт стали широко применяться методы геохимического районирования различных структур на основе изучения особенностей распределения петрогенных и редких элементов в горных породах. Методы прикладной геохимии приобрели особое значение при средне- и крупномасштабных геолого-съемочных работах в связи с поисками и прогнозированием месторождений полезных ископаемых. Последнее осуществляется на основе выделения специализированных комплексов пород и наложенных (эпигенетических) аномалий с помощью моноэлементных (на отдельные металлы) или полиэлементных (на широкий круг металлов) геохимических карт.

Наибольший методический опыт накоплен при составлении моноэлементных карт разного масштаба — от обзорных до крупномасштабных и детальных и, в частности, радиогеохимических карт, методика построения которых подробно рассмотрена в специальных работах [6,7].

Значительно меньший опыт имеется по методике составления общих (полиэлементных) геохимических карт, которому посвящены лишь отдельные работы.

В настоящее время наметилось три подхода к составлению полиэлементных геохимических карт:

1. Методика И. В. Орлова и В. Н. Казмина [3], разработанная на примере крупномасштабного геохимического картирования в Центральном Казахстане. Согласно этой методике для геологически однородных образований вычисляются статистические параметры распределения отдельных рудных элементов и элементов-спутников, нижние аномальные содержания, выделяются геохимические аномалии отдельных элементов, которые выносятся на «облегченную» геологическую основу.

Близкая методика предложена Ю. Н. Капковым, Е. М. Квятковским, В. И. Яковлевым [5], где полиэлементные карты составляются путем наложения моноэлементных геохимических карт.

II. Методика С. В. Григоряна, А. А. Беуса и Л. Н. Овчинникова [1], применяемая при детальном геохимическом картировании. Здесь предлагается выделять мультипликативные ореолы, построенные по результатам перемножений в каждой пробе содержаний групп элементов-индикаторов.

III. Методика, разрабатываемая геологами ВСЕГЕИ [4,6,7]. Она базируется на принципиально новом подходе к выделению различно дифференцированных геохимических провинций и картированию природных ассоциаций химических элементов. В настоящее время эта методика апробирована в разных районах СССР (Казахстан, Карелия, Кавказ, Дальний Восток и др.). На ее основе проводится геохимическое районирование территорий [8] с учетом как фоновых распределений элементов, так и их перераспределения в результате наложенных процессов, выделяются наиболее перспективные в металлогеническом отношении дифференцированные провинции.

Составление геохимических карт различного масштаба по этой методике предусматривает построение геологической основы, вынесение геохимической нагрузки (количественных характеристик содержания и распределения петрогенных и рудных элементов) и комплексную интерпретацию всех геолого-геохимических материалов для целей геохимического районирования и металлогенического прогноза.

На геологической основе, отражающей вещественный состав и структурное положение горных пород или геологических формаций (в зависимости от масштаба карт), показываются результаты проявления различных сингенетических и эпигенетических процессов, влияющих на характер распределения редких и рассеянных элементов. Вещественная характеристика геологической основы отражает, кроме того, наиболее общие особенности распределения в горных породах петрогенных элементов, поведение которых играет определяющую роль в геохимическом процессе.

Главные параметры, характеризующие геохимическое поле литосферы, следующие:

- 1) содержание рудных элементов в горных породах и геологических формациях и уровень их накопления по отношению к кларку;
- 2) геохимические ассоциации металлов в зависимости от уровня их накопления и сходного поведения при процессах миграции;
- 3) степень геохимической дисперсности (неоднородности) распределения металлов в зависимости от размера коэффициента вариации или других параметров;
- 4) форма нахождения металлов в горных породах и рудах;
- 5) петрохимические особенности горных пород, в частности, геохимически специализированных комплексов.

На основе указанных параметров на геохимических картах отражаются три главные составляющие геохимического поля литосферы: а) равномерно рассеянный геохимический фон; б) геохимически специализированные комплексы (первый уровень концентрации); в) эпигенетические (локальные) концентрации металлов (второй уровень концентрации).

При характеристике этих составляющих в качестве геохимической классификации использована уточненная классификация В. В. Гольдшмидта, в соответствии с которой по уровню согласованного накопления металлов в объемах геологических тел выделяются «чистые» (литофильные, халькофильные, сидерофильные) или смешанные ассоциации [2,10].

В зависимости от степени накопления элементов этих ассоциаций выделено несколько градаций (уровней) содержаний: фоновый, повышенный и специализированный. В зависимости от масштаба геохимической карты выделяется различное количество ассоциаций, каждой из которых соответствует свой цвет, а его интенсивность отвечает уровню накопления элементов.

Анализ составляющих геохимического поля в совокупности с особенностями геологического строения и развития регионов положены в основу геохимического районирования — выделения главнейших геохимических подразделений, характеризующихся аномальными (положительными) содержаниями или соотношениями рудных элементов, среди которых выделяются следующие геохимические подразделения:

С четко выраженной линейностью	Без четко выраженной линейности
Геохимический пояс	Геохимический блок
Геохимический линеамент	Геохимическая провинция
Геохимическая зона	Геохимическая область
Геохимическая полоса	Геохимический район

Соотношение геохимических подразделений с геологическими структурами и металлогеническими подразделениями приведено в таблице.

При геохимическом районировании геологических структур в развитие принципов выделения геохимических провинций и зон, ранее предложенных А. Е. Ферсманом [9], А. А. Беусом, С. В. Григоряном [1] и другими исследователями, положены помимо данных о средних содержаниях химических элементов и их ассоциаций степень дифференцированности вещества литосферы или контрастность (геохимическая градиентность) распределения металлов в минералах, горных породах и геологических формациях [4].

В настоящее время с учетом изложенных выше принципов геохимические методы в той или иной степени применяются на всех стадиях геолого-разведочных работ с решением следующих основных задач:

1) обзорное и мелкомасштабное металлогеническое районирование с выделением геохимической специализации и потенциальной рудности крупных блоков и структур земной коры с количественной оценкой их потенциальных ресурсов;

2) среднемасштабное прогнозирование рудных полей и структурно-металлогенических зон с выделением конкретных потенциально рудоносных геологических структур и оценкой прогнозных ресурсов категории P_3 для постановки специализированного крупномасштабного картирования и общих поисков;

3) крупномасштабное прогнозирование, общие и специализированные поиски с выделением локальных площадей и структур для детальных поисково-оценочных работ и оценкой прогнозных ресурсов категории P_2 .

В ходе геохимических исследований этих масштабов изучается и оценивается потенциальная рудоносность геологических и геохимических систем разного ранга (см. таблицу) и решаются разные задачи, связанные с изучением закономерностей размещения и формирования рудных месторождений, определением возраста и длительности рудообразования, источников рудного вещества и путей миграции металлоносных растворов.

**Типы изучаемых геологических объектов
и выделяемых геохимических систем
при исследованиях разного масштаба**

Масштаб исследований	Геологические объекты	Геохимические параметры	Выделяемые геохимические системы	Прогнозируемые металлогенические системы	Оценка ресурсов
Обзорный, 1:1 000 000	Структурно-формационные комплексы и блоки земной коры	Среднее содержание, уровень накопления	Пояса, провинции, блоки, линейaments	Провинции, пояса	Потенциальные
Мелкий, 1:1 000 000 — 1:500 000	Ряды геологических формаций и геологические формации	Среднее содержание, уровень накопления, корреляционные связи	Провинции, области, зоны	Провинции, области, зоны	Прогнозные региона
Средний, 1:200 000 — 1:100 000	Геологические формации и горные породы	Среднее содержание, уровень накопления, коэффициенты вариации	Аномальные зоны выноса (мобилизации) и привноса	Зоны, рудные районы и поля	Прогнозные категории P_3
Крупный, 1:50 000 — 1:25 000	Горные породы и минералы	Среднее содержание, форма нахождения, уровень накопления	Зоны привноса, первичные ореолы	Рудный узел, месторождения	Прогнозные категорий P_3 и P_2

При этом решаются следующие важные для прогнозирования и поисков металлогенические проблемы:

1) региональное геохимическое районирование и анализ зональности распределения металлов в геологических структурах с выделением геохимических провинций, зон и других подразделений и оценкой их потенциальной рудоносности;

2) выделение геохимических эпох накопления рудных элементов с выявлением среди них потенциально металлогенических эпох;

3) количественная оценка потенциальных ресурсов и прогнозных запасов руд для структур с разным типом геохимической специализации;

4) выявление источников рудного вещества, областей мобилизации металлов, путей и способов их транспортировки и осаждения.

В решении этих задач большое значение имеет создание серии взаимосвязанных и дополняющих друг друга разномасштабных прогнозно-геохимических карт, которые позволяют последовательно проследить распределение и поведение металлов во всем объеме геологических структур.

Главные принципиальные положения, которые учитывались при разработке легенд и при составлении разномасштабных геохимических карт, следующие:

1. Процессы концентрации металлов (рудообразование) тесно и количественно связаны с явлениями рассеяния и мобилизации рудных элементов в ходе проявления широкой гаммы геологических процессов, являясь составной частью общей направленной миграции и дифференциации вещества земной коры и верхней мантии. По существу, это положение

ние представляет собой геохимическое выражение принципа Ю. А. Билибина о взаимосвязи процессов рудообразования с другими геологическими явлениями.

2. Наиболее высокая степень концентрации и неоднородности в распределении рудных элементов связана с эпигенетическими процессами преобразования горных пород — с гидротермальным метасоматозом и инфильтрацией подземных вод артезианских бассейнов. Сингенетические процессы — осадконакопление и магматизм — обуславливают формирование значительных по масштабам накопления, но бедных по содержанию микроэлементов геохимически специализированных комплексов пород.

3. Поведение и содержание малых, в том числе рудных, элементов тесно связано с петрогенными компонентами, такими как кремний, калий, натрий, органический углерод и др., которые, по определению А. И. Перельмана, являются «диктаторами» по отношению к редким и рассеянными элементами.

С учетом этих принципов выбирается методика минералого-геохимических исследований, включающих широкий круг работ, связанных с опробованием горных пород и минералов, определением содержания химических элементов, многочисленными петрографическими, математическими и иными приемами обработки шлифов, проб и результатов анализов и, наконец, построением геохимических карт и их интерпретацией.

Заключительным этапом интерпретации геохимических карт является оценка потенциальных ресурсов и прогнозных запасов руд на основе установленных количественных соотношений между различными составляющими геохимического поля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беус А. А., Григорян С. В. Геохимические методы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. М.: Недра, 1975, 280 с.
2. Вернадский В. И. Очерки геохимии. // Изб. тр. М.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 1. С. 5—392.
3. Геохимическая карта СССР. Масштаб 1:10 000 000 : Объяснительная записка / Всесоюз. н.-и. геол. ин-т. Л., 1985, 68 с.
4. Казмин В. Н., Орлов Н. В. К вопросу о принципах составления геохимических карт при геологической съемке // Сов. геол. 1966. № 6. С. 90—100.
5. Капков Ю. Н., Каятковский Е. М., Яковлев В. И. Основные принципы геохимических карт масштаба 1:50 000 // Зап. Ленингр. горного ин-та, 1966. Т. 1, вып. 2. С. 60—65.
6. Радиогеохимические исследования: Метод. рекомендации / Под ред. А. А. Смыслова; Мингео СССР. М., 1974, 141 с.
7. Смыслов А. А., Плющев Е. В. Основные принципы и методы составления радиогеохимических карт // Тр. Всесоюз. н.-и. геол. ин-та. Н. С. 1968. Т. 164. С. 104—135.
8. Титов В. К., Смыслов А. А. Принципы геохимического районирования щитов. // Геол. и металлогения щитов древних платформ СССР. Л.: Недра, 1976. С. 305—312.
9. Ферсман А. Е. Геохимические и минералогические методы поисков полезных ископаемых // Избр. тр. М.: Изд-во АН СССР, 1953 Т. 11. С. 443—760.
10. Шоу Д. М. Геохимия микроэлементов кристаллических пород. Л.: Недра, 1960, 208 с.