ИНСТРУКЦИЯ

по геохимическим методам поисков рудных месторождений

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

УТВЕРЖДЕНО
МИНИСТЕРСТВОМ ГЕОЛОГИИ СССР
22 июня 1982 г.

ИНСТРУКЦИЯ

по геохимическим методам поисков рудных месторождений



МОСКВА «НЕДРА» 1983

УДК 550.84 : 553.3/4(083—96)

Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений / М-во геологии СССР. М., Недра, 1983. 191 с.

Показаны значение и возможности применения геохимических методов на разных стадиях геологоразведочного процесса. Изложены порядок и рациональная последовательность проведения работ, связанных с использованием геохимических методов поисков: литохимических по вторичным и первичным ореолам рассеяния, гидрохимического, биогеохимического, атмохимического. Для каждого метода указаны области и условия применения, особенности отбора, подготовки и анализа проб, обработка полученных данных. Изложены требования к проектированию и организации геохимических работ. Приведен справочный материал для интерпретации результатов геохимических исследований.

Для инженерно-технических работников всех геологических организаций, ведущих геологопоисковые и разведочные работы с применением геохимических методов.

Табл. 31, ил. 10, список лит.— 42 назв.

Составители: *С. В. Григорян, А. П. Соловов, М. Ф. Кузин*

Редакционная коллегия: *Л. Н. Овчинников* (отв. редактор), *С. А. Володько, А. Г. Митяев, С. Ш. Саркисян*

И $\frac{1904020000—129}{043(01)—83}$ 64—83

© Издательство «Недра», 1983

ПРЕДИСЛОВИЕ

В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года», принятых XXVI съездом КПСС, поставлены задачи увеличить разведанные запасы минерально-сырьевых ресурсов страны, усилить поиски и разведку месторождений, более быстрыми темпами развивать прогрессивные виды геофизических и геохимических исследований.

Все более широкое внедрение в практику геологоразведочных работ геохимических методов поисков месторождений полезных ископаемых, успешная разработка ряда новых методик, а также усложнение условий проведения геохимических работ потребовали составления новой инструкции по геохимическим методам поисков рудных месторождений.

Инструкция составлена в соответствии с утвержденными Министерством геологии СССР (приказ № 690 от 15 декабря 1975 г.) Методическими указаниями о проведении геологоразведочных работ по стадиям, и ее применение является обязательным при проектировании и производстве поисковых и разведочных работ на твердые полезные ископаемые всеми организациями, осуществляющими геологоразведочные работы в СССР, независимо от ведомственной подчиненности, С опубликованием настоящей инструкции ранее действовавшая инструкция по геохимическим поискам рудных месторождений, утвержденная 29 октября 1964 г., прекращает свое действие.

Директивные документы, детализирующие состав и последовательность геохимических работ на отдельных стадиях и подстадиях геологоразведочного процесса и в конкретных геолого-ландшафтных условиях, должны находиться в строгом соответствии с основными положениями, рекомендациями и предписаниями настоящей инструкции.

При изложении гидрохимических методов использованы материалы Г. А. Голевой, биогеохимических — А. Л. Ковалевского, атмохимических — С. А. Воробьева, Б. А. Досановой, А. И. Фридмана и В. З. Фурсова. При характеристике вторичных ореолов рассеяния использованы работы В. В. Поликарпочкина. Применение при геохимических поисках учения о геохимии ландшафта дано по материалам А. И. Перельмана, а методика оценки качества аналитических определений — по материалам Р. И. Дубова.

ВВЕДЕНИЕ

Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых основаны на закономерностях распределения химических элементов в литосфере, гидросфере, атмосфере и биосфере. Предметом исследования при геохимических поисках является геохимическое поле и его локальные аномалии, обусловленные рудообразующими процессами.

В отличие от издавна существовавших методов поисков рудных месторождений (по коренным выходам на поверхности, обломочно-речной, валунно-ледниковый, шлиховой) геохимические методы позволяют обнаруживать полезные ископаемые по невидимым признакам с помощью экспресс-анализа проб, отобранных по заданной сети (профилям), или без пробоотбора, путем регистрации показаний соответствующих приборов. Высокая эффективность и объективный характер геохимических методов определяют их важнейшее значение не только при поисках в слабо обнаженных, задернованных и залесенных районах, но также и для выявления глубоко залегающих скрытых — слепых и погребенных месторождений, являющихся основным резервом прироста запасов руд в горнопромышленных районах.

Успешные геохимические поиски во всех случаях требуют при их проведении всестороннего анализа геологического строения, металлогении и ландшафтно-геохимических особенностей района работ. Совместное проведение геологических, геохимических и геофизических исследований в сочетании с горными работами и бурением обеспечивает надежную оценку объектов геологоразведочных работ.

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Основные положения

Научной основой геохимических методов поисков является учение о миграции, рассеянии и концентрации химических элементов в земной коре, заложенное трудами В. И. Вернадского, В. М. Гольдшмидта и А. Е. Ферсмана, а также учение о рудных месторождениях, определяющее геологические условия формирования месторождений различных генетических типов. Понятие об ореолах рассеяния элементов-индикаторов месторождений полезных ископаемых впервые было сформулировано Н. И. Сафроновым (1936 г.).

При помощи геохимических методов изучают закономерности распределения химических элементов в горных породах, почвах, природных водах, растениях и атмосфере с целью выделения участков, перспективных на обнаружение оруденения.

Особенности распределения химических элементов в коренных горных породах, в рыхлых отложениях, водах, растениях и атмосфере, не затронутых какими-либо рудообразующими или техногенными [1] процессами, определяют местный геохимический фон (нормальное поле).

Согласно закону Кларка — Вернадского о всеобщем рассеянии элементов в любых природных образованиях содержатся все химические элементы. Среднее содержание химических элементов в горных породах, почвах, природных водах, в приземной атмосфере и растениях в удалении от месторождений является относительно низким, характеризуя местный геохимический фон ($C_ф$), близкий к величине кларков элементов. В залежах полезных ископаемых и вблизи них содержания соответствующих элементов существенно выше ($C_р \gg C_ф$), благодаря чему и фиксируются геохимические аномалии, которые включают как сами рудные залежи, так и связанные с ними первичные ореолы химических элементов, возникающие в процессе образования месторождений, а также вторичные ореолы и потоки гипергенного рассеяния рудного вещества. Наличие значительно превышающих по размеру рудные залежи геохимических ореолов существенно облегчает обнаружение рудных месторождений геохимическими методами, определяя их высокую эффективность.

В результате геологических процессов эндогенного или экзогенного характера, сопровождающихся привносом одних и выносом других химических элементов, в коренных горных породах, рыхлых отложениях и почвах могут возникать локальные участки, характеризующиеся аномальными по сравнению с геохимическим фоном содержаниями химических элементов, — так называемые литохимические аномалии. Локальные участки, отличающиеся аномальными содержаниями химических элементов в подземных и поверхностных водах, называются гидрохимическими аномалиями, а участки,

[1] Техногенные процессы — процессы, связанные с промышленной или сельскохозяйственной деятельностью человека.

характеризующиеся аномальными содержаниями выделяющихся из земных недр газов, — атмохимическими аномалиями. Наличие аномально повышенных содержаний химических элементов в породах, почвах, водах и газах вызывает появление аномальных содержаний химических элементов в растениях, произрастающих на этой площади. В результате образуются биогеохимические аномалии, в контурах которых все растения или только отдельные их виды отличаются повышенными содержаниями некоторых элементов. Соответственно характеру геохимических аномалий различают литохимические, гидрохимические, атмохимические (газовые) и биогеохимические методы поисков.

Сырьевую базу современной горной промышленности образуют рудные месторождения, залегающие в литосфере и, следовательно, принадлежащие к разряду литохимических аномалий. В результате поступательного развития литосферы рудные месторождения и их первичные ореолы подвергаются выветриванию и денудации, образуя гипергенные геохимические аномалии в литосфере, гидросфере, атмосфере и биосфере[1], в различной степени связанные между собой и с коренным оруденением.

Эффективная методика геохимических поисков по вторичным ореолам должна быть основана на знании законов перемещения элементов в ландшафтах и более глубоких горизонтах литосферы, т. е. на изучении путей миграции рудных элементов в процессе превращения горных пород и руд в кору выветривания, континентальные отложения, почву, воду, растения и т. д. Поэтому одной из теоретических основ геохимических методов поисков является геохимия ландшафта и геохимия эпигенетических процессов зоны гипергенеза.

Принцип дифференциации геохимических ландшафтов имеет первостепенное практическое значение для районирования площадей по условиям ведения геохимических поисков. Это в первую очередь обусловлено разным рельефом местности, климатической неоднородностью и связанной с ними зональностью ландшафтов. В пределах одной ландшафтной зоны и подзоны условия образования ореолов неодинаковы вследствие особенностей геологического строения и рельефа. Например, в районах развития карбонатных или силикатных пород, гранитов или базальтов ландшафтные условия поисков неодинаковы. В связи с этим методика геохимических поисков должна быть дифференцирована применительно к отдельным типам, классам, родам и видам ландшафтов.

Важнейшее значение для геохимических поисков имеют степень и характер закрытости территории пострудными отложениями, а также их мощность и генезис. Особенности поисков в значительной степени зависят также от характера склоновых отложений.

Все эти факторы учитываются при районировании территории по условиям геохимических поисков с составлением карт различных масштабов, отражающих геолого-геоморфологические и ландшафтно-геохимические особенности района.

Геохимические аномалии разделяются на рудные и безрудные. К рудным относятся сами месторождения, их первичные ореолы, а также связанные с ними вторичные ореолы и потоки рассеяния химических элементов, к безрудным — аномалии, заведомо не имеющие отношения к промышленной минерализации, образование которых может быть вызвано, например, искусственным зараже-

[1] Под биосферой понимается область развития живых организмов, охватывающая нижние горизонты атмосферы, часть литосферы и гидросферу.

нием, испарительной, сорбционной, биохимической аккумуляцией химических элементов в масштабах, не достигающих промышленного значения.

Условием успешного проведения геохимических поисков является своевременная и правильная оценка выявляемых аномалий, число которых заведомо и многократно превышает возможное число промышленных месторождений. При благоприятной геолого-геохимической оценке в зоне геохимической аномалии закладывают горные выработки и буровые скважины с целью вскрытия оруденения в коренном залегании и оценки его масштаба.

Литохимические методы поисков

Литохимические методы поисков основаны на изучении закономерностей распределения химических элементов в литосфере с целью выявления месторождений по их первичным ореолам в рудовмещающих породах или по вторичным (гипергенным) ореолам и потокам рассеяния в рыхлых продуктах выветривания и перекрывающих отложениях.

Объемы литохимических поисков, выполняемых в СССР, существенно превышают все другие виды геохимических работ. Это обусловлено наиболее тесными пространственными и генетическими связями литохимических ореолов и потоков рассеяния с рудными телами, за счет которых они формируются.

Литохимические методы поисков по первичным ореолам

Первичный геохимический ореол рудного тела представляет собой окаймляющую рудное тело зону рудовмещающих пород, обогащенную или обедненную теми или иными элементами в результате их привноса, выноса или перераспределения в процессе рудообразования.

В настоящей инструкции рассматриваются только ореолы привноса, поскольку они в настоящее время изучены лучше и в отличие от ореолов выноса уже находят практическое применение. Это не означает, что следует отказаться от изучения и практического применения ореолов выноса. Исследования в этом направлении продолжаются и для некоторых типов месторождений полезных ископаемых уже получены результаты, имеющие практическое значение.

Для краткости изложения из термина «первичные геохимические ореолы привноса» слова «геохимические» и «привноса» в дальнейшем тексте инструкции опускаются.

Критерии и методика интерпретации геохимических аномалий вытекают из особенностей распределения химических элементов в околорудном пространстве, и, следовательно, для практического использования первичных ореолов необходимо знать основные закономерности их состава и строения.

Набор элементов, образующих первичные ореолы вокруг рудных тел месторождения того или иного типа, называется элементным составом ореолов. Все подобные ореолы являются многокомпонентными. Многие из ореолообразующих элементов являются «сквозными», т. е. служат индикаторами различных по составу рудных месторождений. Из 30 элементов-индикаторов, приведенных в табл. 1, только 10 требуют специальных методов анализа (это число сократится до 5 — уран, золото, ртуть, иод и бром, если не считать элементов-индикаторов редкометальных пегматитов). Это обстоятельство имеет большое практическое значение, поскольку позволяет при комплексных геохимических поисках использовать экспрессный спектральный анализ.

Таблица 1

Элементный состав первичных ореолов различных месторождений

Тип месторождений	Элементный состав
Редкометальные пегматиты	**Li, Rb, Cs,** Nb, Sn, **Ta,** W, Be, As, F, B
Медно-никелевые	Cu, Ni, Co, Ba, Pb, Zn, Ag, Bi Sn, Be, W, **I, Br**
Медно-колчеданные	Ba, Ag, Pb, Cd, Zn, Bi, Cu, Co, Mo, As, **Hg, I, Br**
Вольфрам-молибденовые в скарнах	Ba, Ag, Pb, Zn, Sn, Cu, W, Mo, Co, Ni, Be, W, B
Висмутовые в скарнах	As, Pb, Ag, Zn, Co, Cu, Bi, Ni, B
Оловорудные	Sn, Pb, As, Cu, Bi, Zn, Ag, Mo, Co, Ni, W, B, F, **I**
Полиметаллические в скарнах	Ba, As, Sb, Cd, Ag, Pb, Zn, Cu, Bi, Ni, Co, Mo, Sn, W, Be, B, **I**
Золоторудные	Ba, **Au,** Sb, As, Ag, Pb, Zn, Mo, Cu, Bi, Co, Ni, W, Be, I
Медно-порфировые	Ba, As, Sb, Ag, Pb, Zn, **Au,** Bi, Cu, Mo, Sn, Co, W, Be, **I**
Медные	Sr, Ba, As, Pb, Zn, Ag, Sn, Cu, Bi, Co, Ni, Mo, **Hg, I**
Медно-молибденовые	Cu, Mo, As, Ag, Pb, Zn, Bi, Co, Ni, Be, W
Полиметаллические	Cd, Ba, Sb, As, Ag, Pb, Zn, Cu, Bi, Mo, Co, Sn, W, Sr, **Hg,** I
Урановые	**U,** Ag, Pb, Zn, Cu, Mo, Co, Ni, V, As
Стратиформные свинцово-цинковые	Ba, As, Cu, Ag, Pb, Zn, Cu, Co, Ni, Sn, Mo, W, As
Сурьмяно-ртутные	Ba, Sb, **Hg,** As, Cu, Ag, Pb, Zn, Be, Co, Ni, W, Sn
Ртутные	Sb, **Hg,** Ba, Ag, Pb, Zn, Cu, Co, Ni, Sn, Mo, W, As
Общий перечень элементов-индикаторов	**Li, Rb, Cs, Hg, Au, U, Ta,** Sn, W, Be, Ba, Cd, Ag, Pb, Zn, Cu, Mo, Co, Ni, As, Sb, Zr, Nb, V, Mn, Sr, F, B, **I, Br**

Примечания. 1. Жирным шрифтом выделены элементы, требующие специальных методов анализа. 2. В рядах элементы перечислены в порядке уменьшения контрастности ореолов.

Минеральные формы нахождения элементов-индикаторов в ореольном пространстве и в руде, как правило, идентичны.

Первичные ореолы и зоны околорудного изменения пород являются генетически близкими образованиями, и их не всегда удается разграничить. Так, зоны серицитизации рудовмещающих пород могут быть рассмотрены как первичный ореол калия, зоны альбитизации — как ореол натрия и т. д.

Обычно размеры ореолов значительно превышают размеры рудных тел, которые они окружают: запасы металлов-индикаторов в ореолах значительны, нередко больше, чем в собственно рудных телах. Особенно велика протяженность надрудных ореолов по вертикали, что и определяет большое практическое значение первичных ореолов для поисков слепого оруденения. Вертикальная протяженность надрудных ореолов, определяющая глубинность геохимических поисков, обычно составляет сотни метров, а в отдельных случаях превышает 1 км.

На некоторых месторождениях (например, золоторудных) первичные ореолы часто незначительны как по размерам, так и особенно по интенсивности. В связи с этим приобретают особую актуальность специальные методы усиления слабых геохимических аномалий. Такие методы основаны на уменьшении мешающего влияния неоднородности фонового распределения элементов-индикаторов в рудовмещающих породах. Для решения этой задачи используют рациональный (фазовый или частично-фазовый) анализ и анализ тяжелых и других фракций геохимических проб (для выделения эпигенетичных по отношению к вмещающей породе форм нахождения элементов-индикаторов).

Указанные методы из-за их дороговизны и низкой производительности имеет смысл применять только в особых случаях, когда другие, более простые, методы не дают достаточно надежных результатов. Чаще всего необходимость применения этих методов возникает при детализационных работах на месторождениях особо ценных полезных ископаемых. В подавляющем же большинстве случаев для выявления слабых по интенсивности первичных ореолов достаточно эффективным оказывается способ перемножения содержаний элементов-индикаторов и выделения мультипликативных ореолов, которые по сравнению с моноэлементными являются более значительными по размерам и контрастности вследствие направленного усиления коррелирующихся полезных сигналов, а также поскольку влияние случайных ошибок при этом сводится к минимуму. Мультипликативные ореолы, как правило, обнаруживают более тесную связь с геолого-структурными особенностями месторождений полезных ископаемых, облегчая и повышая надежность интерпретации аномалий.

Форма первичных ореолов определяется геолого-структурными факторами. Для эндогенных месторождений это главным образом формы и направления зон трещиноватости и повышенной пористости пород. В большинстве случаев первичные ореолы развиваются согласно с рудными телами. Это положение справедливо для рудных тел как крутопадающих, так и пологозалегающих. Согласное развитие ореолов устанавливается и на месторождениях, где рудные тела представлены штокверками. Однако иногда вокруг рудных тел пологого залегания развиваются ореолы крутого падения, благодаря наличию дизъюнктивных нарушений крутого падения, служивших, вероятно, рудоподводящими каналами. Подобные случаи подчеркивают обязательность учета геолого-структурных условий локализации оруденения при интерпретации результатов геохимического опробования.

Важнейшей особенностью строения первичных ореолов является их зональность, которая выражается в закономерном изменении в пространстве различных их характеристик и параметров.

Зональность ореолов — понятие векторное, и ее параметры по разным направлениям не совпадают. По отношению к рудному телу могут быть выделены три основных типа зональности. Осевая зональность проявляется в направлении движения рудоносных растворов и в случае крутопадающих рудоносных зон совпадает с вертикальной, а для большинства субгоризонтальных — с горизонтальной. Продольная зональность отражает зональное строение ореолов по простиранию, а поперечная — вкрест простирания ореолов и согласных с ними рудных тел (рис. 1).

Для рудных тел субгоризонтального залегания в случае согласного развития ореолов продольная зональность обнаруживается как горизонтальная

(перпендикулярно осевой, но в той же плоскости), а поперечная совпадает с вертикальной зональностью.

Для решения наиболее важной задачи геохимических поисков по первичным ореолам — обнаружения слепого оруденения — главное значение имеет осевая зональность, поскольку для большинства рудных месторождений она совпадает или близка к вертикальной. Вертикальная зональность имеет решающее значение при оценке уровня эрозионного среза оруденения.

Выявление зональности ореолов и выбор на этой основе наиболее эффективных элементов-индикаторов можно проводить различными способами, один из которых приведен в прил. 26. По результатам расчета могут быть составлены ряды зональности с порядком расположения в них элементов от подрудных горизонтов месторождения к надрудным.

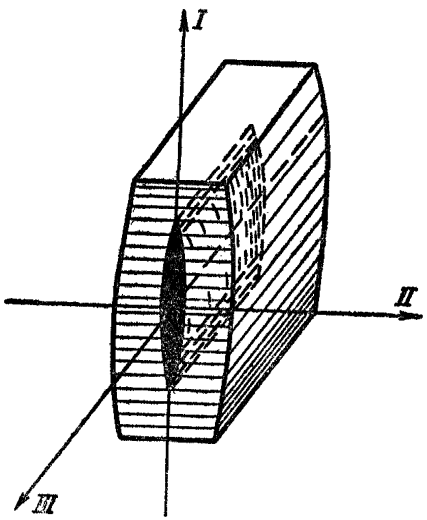

Рис. 1. Осевая (I), поперечная (II) и продольная (III) зональности первичных ореолов, развитых вокруг рудного тела крутого падения

В прил. 7 приведены ряды зональности первичных ореолов различных по составу и условиям формирования сульфидсодержащих рудных месторождений. Эти ряды, несмотря на различия генезиса и геолого-структурной позиции исследованных месторождений, близки между собой. К настоящему времени изучены первичные ореолы нескольких сотен гидротермальных месторождений, и все они характеризуются аналогичной зональностью их первичных ореолов. Это позволило составить следующий обобщенный ряд зональности для сульфидсодержащих гидротермальных рудных месторождений (от подрудных элементов к надрудным): W—Be—Sn—U—Mo—Co—Ni—Bi—Cu—Au—Zn—Pb—Ag—Cd—Hg—As—Sb—Ba—I.

Несколько усложняет ряды зональности первичных ореолов существование в них разных минеральных форм одного и того же элемента в близких количествах. В этих случаях наблюдается двойственное положение такого элемента-индикатора в ряду зональности. Подобное явление отмечено на некоторых сульфидных месторождениях для меди и мышьяка, что, как правило, связано с появлением в надрудных частях ореола значительного количества блеклых руд (теннантита) наряду с накоплением арсенопирита и халькопирита на более глубоких горизонтах. Известны также оловянные месторождения, где наряду с касситеритом имеется значительное количество станнина, при этом касситерит образует максимальные скопления в более глубоких горизонтах, а станнин преимущественно в верхнерудных и надрудных частях месторождения и его первичных ореолов. С учетом минеральной зональности обобщенный ряд зональности примет в этом случае следующий вид: W—Be—As^1—U—Mo—Co—Ni—Bi—Cu^1—Au—Sn^2—Zn—Pb—Ag—Cd—Cu^2—Hg—As^2—Sb—Ba—I.

Необходимо, однако, подчеркнуть, что наличие в ореолах различных минеральных форм того или иного элемента приводит к существенным переме-

щениям его в ряду зональности только при условии близких количеств минеральных форм, распределение которых отличается резкой дифференциацией в пространстве. Например, на многих свинцовых месторождениях помимо галенита встречается и небольшое количество сульфосолей свинца, что совершенно не сказывается на положении этого элемента в рядах зональности.

Независимо от геологической обстановки зональность ореолов повторяет зональность самих рудных тел. Однако зональность первичных ореолов по сравнению с зональностью рудных тел универсальна и более контрастна, так как околорудное пространство более значительно по размерам, характеризуется более однородным по сравнению с рудными телами строением и соответственно более стандартными условиями минералообразования, тогда как рудные тела локализуются на участках резкой смены физико-химических условий рудоотложения и отличаются «аномальными», ураганно-высокими содержаниями рудных компонентов, что сопровождается значительной дисперсией концентраций рудных компонентов и других геохимических параметров. Все эти обстоятельства затрудняют выявление зональности рудных тел.

В первичных ореолах изучается распределение не только основных компонентов руд, но и многих других, образующих контрастную зональность, в то время как основные компоненты руд отличаются сходным распределением в пространстве.

В строении мультипликативных ореолов также может быть установлена отчетливая зональность, если построить их раздельно для групп надрудных и подрудных элементов, выбор которых производится на основе рядов зональности. Адекватные сечения ореолов различных месторождений одной рудной формации характеризуются близкими значениями коэффициента зональности, в качестве которого используются отношения $I = \frac{\pi M_i}{\pi M_j}$ или $\nu = \frac{\pi \bar{C}_i}{\pi \bar{C}_j}$, где $\overset{n}{\pi} M_i \left(\pi \bar{C}_i\right)$ произведение продуктивностей (средних содержаний) ореолов по надрудным элементам, а $\pi M_j \left(\pi \bar{C}_j\right)$ — то же, для подрудных элементов. Среди многочисленных возможных коэффициентов зональности наиболее контрастными и стабильными являются, как правило, коэффициенты более высоких порядков.

Как уже отмечалось, поперечная зональность первичных ореолов (см. прил. 8) отражает различия ореолов элементов вкрест простирания рудных тел. В отличие от вертикальной (осевой) зональности, единообразной для различных по составу месторождений, поперечная зональность находится в более тесной зависимости от состава руд и специфична для каждой рудной формации. Такая зависимость позволяет использовать поперечную зональность в качестве критерия определения вероятного состава слепого оруденения.

В зависимости от особенностей залегания рудных тел поперечная зональность их ореолов может быть симметричной и асимметричной. Симметричной поперечной зональностью характеризуются ореолы рудных тел вертикального падения. У наклонных рудных тел наблюдается более интенсивное развитие ореолов в висячем боку, что и обусловливает асимметрию поперечной зональности (рис. 2). Избирательное накопление в висячем боку рудных тел особенно характерно для элементов-индикаторов надрудной группы, что позволяет с целью более отчетливого выявления асимметрии поперечной зональности использовать мультипликативный коэффициент геохимической зональности первичных ореолов. Таким образом, используя асимметрию поперечной зональности,

можно определять направление падения рудных тел, что немаловажно при проведении поисково-оценочных и разведочных работ.

Продольная зональность первичных ореолов выражается в закономерном изменении параметров ореолов в направлении простирания рудоносных зон, отражая в их плоскости направление движения рудоносных растворов, и поэтому согласуется с осевой зональностью. Продольная зональность первичных ореолов также (аналогично поперечной) может быть симметричной и асимметричной, отражая склонение рудных скоплений («столбов») в плоскости рудной зоны, что имеет важное значение при интерпретации геохимических аномалий.

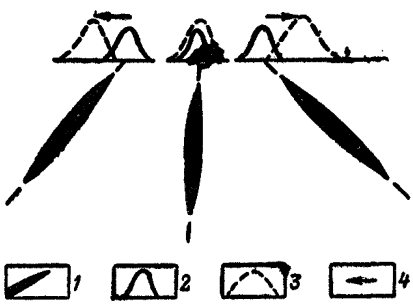

Рис. 2. Особенности развития первичных ореолов различных элементов-индикаторов над слепым оруденением.

1 — слепое рудное тело; *2* — графики содержания подрудных элементов-индикаторов; *3* — то же, надрудных элементов-индикаторов; *4* — направления склонения слепой рудной залежи

Иногда в результате совмещения в пространстве различных по составу и условиям локализации рудных месторождений формируются сложные по строению ореолы, которые принято называть полиформационными. Такие ореолы характеризуются специфическими корреляционными связями содержаний элементов-индикаторов; между содержаниями элементов, типоморфных для разных рудных формаций, как правило, устанавливается отрицательная корреляционная связь, что объясняется различными путями проникновения рудоносных растворов при формировании рудных тел разных формаций.

При интерпретации полиформационных первичных ореолов требуется особенно тщательное изучение геолого-структурного контроля оруденения в связи с парагенетическими ассоциациями рудных минералов. Известны, однако, случаи, когда в результате детального изучения первичных ореолов удавалось установить полиформационный характер оруденения и затем уже на этой основе определить рудоконтролирующие геологические структуры.

Практически в каждом рудном районе наряду с промышленными месторождениями встречаются и зоны рассеянной минерализации (ЗРМ), не содержащие концентрированного оруденения.

Сравнительное изучение геохимических особенностей ЗРМ и первичных ореолов промышленного оруденения сульфидсодержащих гидротермальных рудных месторождений позволило установить некоторые их различия, которые могут быть использованы для их разграничения:

а) аномалии, связанные с ЗРМ, отличаются от надрудных первичных ореолов большим набором элементов-индикаторов;

б) в строении ЗРМ отсутствует контрастная осевая зональность;

в) по величине мультипликативного коэффициента геохимической зональности любые срезы ЗРМ соответствуют ореолам, развитым на уровне нижних частей концентрированного оруденения;

г) от первичных ореолов, развитых на уровне концентрированного оруденения, ЗРМ отличаются существенно меньшими значениями среднеаномальных

(суммарных) содержаний основных элементов-индикаторов данного типа оруденения;

д) в строении ЗРМ отсутствует контрастная поперечная зональность.

Приведенные признаки отличия ЗРМ от первичных ореолов промышленного оруденения выявлены в результате изучения ограниченного числа рудных формаций и поэтому еще требуют уточнения в процессе геологоразведочных работ в конкретных рудных районах.

Литохимические методы поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния

Вторичным литохимическим ореолом рассеяния химических элементов называется локальная зона аномально повышенных содержаний характерных для данного месторождения элементов в современных или древних рыхлых отложениях и почвах или в перекрывающих отложениях, образовавшаяся в результате гипергенного разрушения этого месторождения или его первичных ореолов.

Литохимическим потоком рассеяния месторождения называется область повышенных содержаний химических элементов, характерных для данного месторождения, развивающаяся в горных породах на путях механического и солевого стока. В направлении стока содержания химических элементов убывают, постепенно приближаясь к значениям, соответствующим местному геохимическому фону.

В механическом ореоле рассеяния минеральные компоненты присутствуют в форме твердого вещества — устойчивых в зоне гипергенеза первичных или вторичных минералов, а в солевом ореоле — в форме растворенных или сложно связанных с вмещающими породами воднорастворимых соединений. Подчиненное значение при формировании литохимических ореолов рассеяния имеет миграция рудных элементов в газообразном (парообразном) состоянии, сопровождаемая их сорбцией и окклюзией.

Вторичные ореолы в современном элювио-делювии или древней коре выветривания образуются на месте ранее существовавших участков рудного тела и (или) его первичного ореола. Поэтому их именуют еще остаточными ореолами рассеяния. В отличие от этих ореолов выделяют наложенные ореолы, в контурах которых до развития вторичных процессов рассеяния первичная минерализация отсутствовала. Кроме того, различают открытые ореолы, т. е. выходящие на современную дневную поверхность, и закрытые, которые с применением существующих технических средств обнаруживаются только на некоторой глубине от поверхности.

На рис. 3 схематически изображены наиболее важные в поисковом отношении типы вторичных литохимических ореолов рассеяния. Типизация основана на генетическом принципе и, кроме того, учтена открытость или закрытость ореолов. Открытый ореол характеризуется на уровне дневной поверхности, а закрытые на уровне их надежного развития, при минимальной глубине от поверхности[1]. К числу открытых относятся ореолы I—VI типов, к числу закрытых — VII—XI типов.

---

[1] В практике геохимических поисков этот уровень получил наименование представительного горизонта опробования.

I. Остаточные диффузионные и диффузионно-дефлюкционные ореолы рассеяния представляют собой важнейший тип, существование которого позволяет широко применять при поисках поверхностное опробование. Развитие этих ореолов характерно для месторождений, залегающих в верхнем структурном этаже в активно денудированных районах.

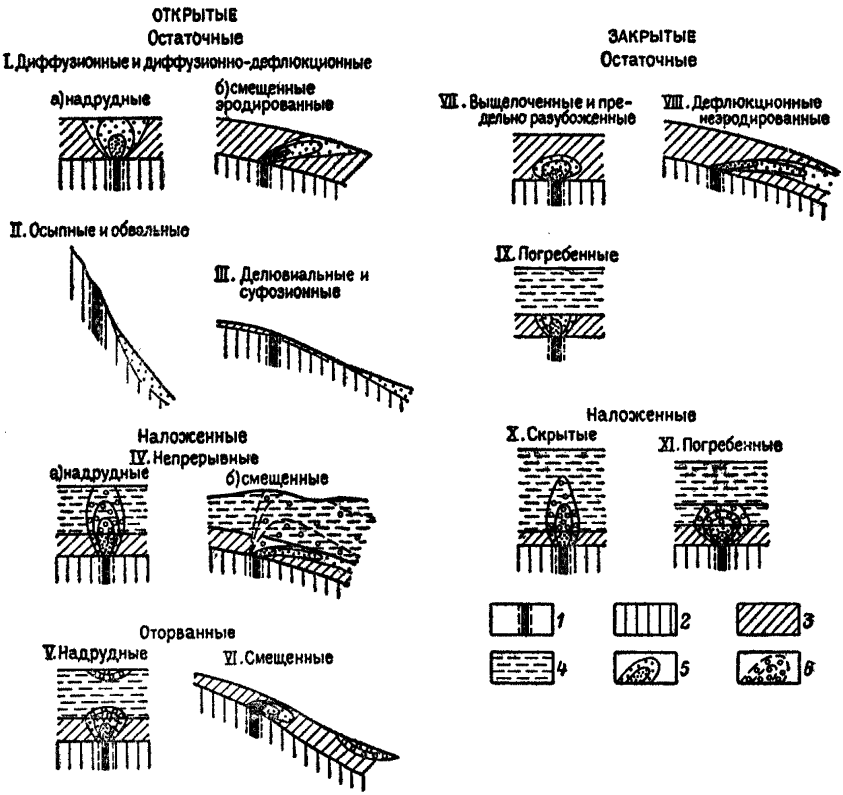

Рис. 3. Основные типы вторичных литохимических ореолов рассеяния рудных месторождений (по В. В. Поликарпочкину).

1 — рудные тела и их первичные ореолы; *2* — рудовмещающие породы; *3* — местные продукты выветривания; *4* — дальнеприносные отложения; *5* — остаточные ореолы рассеяния; *6* — наложенные ореолы рассеяния

В условиях сглаженного, плоского или волнистого рельефа ореолы развиваются путем перемещения рудных обломков и диффузии растворенных веществ в горной влаге, залегают непосредственно над рудой и имеют в поперечном сечении вид развернутого кверху веера. На склонах приобретает значение массовое движение рыхлых грунтов (дефлюкция), и ореолы рассеяния смещаются на то или иное, иногда значительное (до десятков и сотен метров), расстояние. Выход ореолов на поверхность обеспечивается в этом случае одновременно протекающими процессами плоскостного смыва и дефляции, поэтому диффузионно-дефлюкционные ореолы открытого типа распространены там, где растительность не препятствует водной и ветровой эрозии — на площадях с разреженной пустынно-полупустынной и степной растительностью.

В плане размеры вторичных ореолов, как правило, превышают размеры соответствующих им рудных тел и их первичных ореолов, приближенно повторяя их контуры, со смещениями и искажениями, обусловленными рельефом, условиями залегания руд и процессами гипергенного рассеяния.

II. Остаточные осыпные и обвальные ореолы образуются у подножия крутых склонов. Этот тип ореолов почти совершенно не изучен и в практике геохимических поисков не используется.

III. Остаточные делювиальные и суффозионные ореолы образуются в нижней части и у подножия склонов. Делювиальные ореолы являются результатом поверхностного плоскостного смыва материала склоновыми водными потоками и отложения его на участках, где уклоны уменьшаются и течение воды замедляется. Вверх по склону они выклиниваются, хотя их продолжение можно видеть в тонком (1—2 см) поверхностном слое, перемываемом склоновыми водами. Суффозионные ореолы образуются вследствие внутригрунтового вымывания тонкого материала и отложения наилков в нижней части склонов, где внутригрунтовые воды выходят на поверхность. Делювиальные и суффозионные ореолы также слабо изучены и пока не используются в практике поисково-геохимических работ.

IV. Наложенные непрерывные ореолы простираются на глубину до рудного тела или его остаточного ореола, характерны для условий аккумулятивно-денудационных равнин с покровом дальноприносных (аллохтонных) отложений ограниченной мощности (2—10 м), но иногда до 50—100 м, главным образом в умеренно влажной и аридной зонах. В ореолах резко преобладают солевые формы миграции — капиллярный подъем и диффузия растворов в сочетании с обменными химическими реакциями, гидратацией ионов, сорбционным закреплением ореола, испарительной и биогенной аккумуляцией рудных элементов. В отдельных случаях наблюдаются наложенные механические ореолы рассеяния устойчивых рудных минералов.

По положению относительно рудного тела и морфологическим особенностям выделяются две разновидности этого типа ореолов: а) надрудные, развивающиеся по вертикали над рудным телом и его остаточным ореолом; б) смещенные, питающиеся за счет смещенного дефлюкционного ореола и переноса веществ водами, фильтрующимися по границе между коренными породами и рыхлыми образованиями или на других уровнях. Соотношение размеров ореолов в плане с размерами рудных тел и первичных ореолов самое различное.

Из-за переменной мощности аллохтонного покрова открытые диффузионные ореолы, даже в пределах одной рудной зоны, могут по простиранию переходить в наложенный погребенный тип, сочетаться с интервалами открытого остаточного ореола I типа или сменяться открытыми наложенными ореолами. Критическая мощность аллохтонного покрова, при которой открытый диффузионный ореол не прослеживается на глубину или переходит в наложенный погребенный тип, прямым образом зависит от масштаба коренного оруденения, определяется составом руд, местными ландшафтно-геохимическими условиями и палеогеографией района.

V. Наложенные оторванные надрудные ореолы от ореолов предыдущего типа отличаются наличием на глубине горизонта аллохтонных отложений, в котором ореол не прослеживается по вертикали. В этом отношении надрудные ореолы сходны с безрудными геохимическими аномалиями, возникающими

в результате местной гипергенной аккумуляции металлов на геохимических барьерах, не связанных с наличием коренного оруденения на глубине.

Образование ореолов данного типа обязано процессам солевого накопления элементов — их вторичной аккумуляции. В районах аридной зоны надрудные ореолы могут развиваться за счет испарительной концентрации элементов вблизи дневной поверхности, в результате выхода или капиллярного подъема подземных вод, омывающих рудные тела или их ореолы, а также вследствие биогенной аккумуляции элементов, когда корневая система растений достигает горизонта остаточного ореола рассеяния. В гумидной зоне в дополнение к надрудной биогенной аккумуляции элементов имеет место прямое сорбционное обогащение металлами верхних горизонтов рыхлых отложений, богатых органическими и минеральными коллоидами.

Образование наложенных ореолов рассеяния имеет важнейшее значение для эффективного проведения наземных (поверхностных) литохимических поисков в закрытых рудных районах. Однако по мере увеличения мощности перекрывающих отложений даже крупные месторождения, первоначально эродированные до уровня промышленных интервалов оруденения, способны создавать только весьма слабые наложенные ореолы рассеяния. В общем случае эти слабые литохимические аномалии маскируются геохимическим фоном тех же элементов-индикаторов, сингенетичных перекрывающим горным породам. Поэтому для выявления наложенных вторичных ореолов в пробах из перекрывающих отложений проводится частично-фазовый анализ способами различных вытяжек (см. прил. 27). При достаточной точности экспрессного спектрального анализа та же задача — увеличение контрастности аномалий — решается путем суммирования (мультипликации) ореолов групп химических элементов. При необходимости эти приемы усиления слабых полезных сигналов могут сочетаться. Имеющийся опыт показывает, что в благоприятных условиях с применением этих методов крупные колчеданно-полиметаллические месторождения могут обнаруживаться наземными литохимическими поисками при мощности чехла перекрывающих отложений до 100 м. Оценка литохимических аномалий, признаваемых наложенными ореолами погребенных рудных месторождений, производится методом глубинных литохимических поисков, как и остаточных ореолов рассеяния в древней коре выветривания.

VI. Наложенные оторванные смещенные ореолы близки к ореолам V типа, отличаясь от них отчетливо проявленным смещением от рудных тел в сторону современного стока. Химические элементы, обладающие в определенной ландшафтно-геохимической обстановке повышенной способностью к миграции в растворах, за счет последующей аккумуляции могут создавать оторванные солевые ореолы, наложенные на местные элювио-делювиальные и пролювиально-аллювиальные отложения.

Оторванные ореолы характерны для горно-таежных ландшафтов гумидной зоны с относительно сглаженными формами горного рельефа. Наличие подобных ореолов следует рассматривать как поисковый признак, с учетом которого в пределах данного бассейна водосбора проводятся поиски закрытых частично выщелоченных ореолов или открытых ореолов тех же месторождений по менее подвижным элементам-спутникам. В отдельных случаях, в том числе и в аридной зоне, оторванные солевые литохимические ореолы могут быть связаны с выходом подземных минерализованных вод, омывающих на глубине невскрытое (слепое) рудное тело. Геохимические аномалии, сходные по морфологии с оторван-

ными ореолами, могут также возникать при наличии геохимических барьеров в результате длительной аккумуляции рудных элементов из вод с фоновыми их содержаниями.

VII. Остаточные выщелоченные и предельно разубоженные ореолы при наличии многих общих признаков имеют различный генезис. Образование выщелоченных с поверхности остаточных ореолов характерно для элементов активных водных мигрантов при замедленной денудации в районах гумидной зоны. В современном элювио-делювии мощность выщелоченных горизонтов редко превышает 1,0—1,5 м. Иногда в этих условиях наблюдается аккумуляция легкоподвижных элементов на уровне аллювиального горизонта. В древней коре выветривания характерен вынос рудных элементов из обеленного каолинового горизонта, мощность которого может достигать 10 м и более.

Предельно разубоженные ореолы образуются в результате закономерного протекания процесса рассеяния в сторону наиболее полного выравнивания концентраций элементов. При этом максимальные содержания металла в верхних горизонтах ореола могут достигать значений, не отличимых от обычных колебаний местного геохимического фона. Остаточный ореол такой рудной зоны становится доступным для обнаружения только на некоторой глубине от поверхности и вследствие этого должен быть отнесен к разряду закрытых ореолов. Иногда закрытые ореолы этих типов именуют «ослабленными у поверхности».

В вертикальном разрезе выщелоченные и предельно разубоженные остаточные ореолы имеют грибообразную форму, расширяясь на уровне представительного горизонта, положение которого определяется местными условиями.

VIII. Остаточные дефлюкционные неэродированные ореолы образуются на склонах возвышенностей. Ореолы этого типа изучены недостаточно.

IX. Остаточные погребенные ореолы являются аналогами современных делювиальных ореолов, отличаясь от них наличием перекрывающего чехла более молодых осадков. Ореолы этого типа характерны для закрытых районов двухъярусной геологической структуры. Оптимальные условия для образования погребенных остаточных ореолов существуют в районах, претерпевших длительное континентальное развитие в период, предшествовавший накоплению молодых осадков.

В случае полного сохранения профиля древней коры выветривания силикатных пород ее верхние каолиновые горизонты нередко бывают обеднены металлами и имеющиеся здесь погребенные остаточные ореолы ослаблены. Максимальное площадное распространение эти ореолы рассеяния имеют на уровне пестроцветной, существенно гидрослюдистой коры выветривания, являющейся в данных условиях представительным горизонтом для проведения геохимических поисков. В горизонтах щебенистой коры выветривания вторичные ореолы рассеяния постепенно сужаются, примыкая на глубине к рудным телам и их первичным ореолам. Соответственно этому в вертикальном разрезе коры выветривания погребенные остаточные ореолы имеют грибообразную, часто асимметричную форму, определяющуюся элементами залегания рудных тел и направлением палеостока. В перекрывающих кору выветривания отложениях ореолы данного типа не прослеживаются.

Районы, в которых процессы корообразования не имели места или древняя кора выветривания уничтожена последующими геологическими процессами, менее благоприятны для обнаружения погребенных остаточных ореолов, так как в этом

случае они проявлены только в маломощном базальном горизонте чехла (1—2, реже 3—5 м) или же отсутствуют полностью.

X—XI. Наложенные скрытые и погребенные ореолы являются аналогами открытых диффузионных ореолов, перекрытых позднейшими осадками. Все сказанное относительно открытых диффузионных можно распространить и на погребенные наложенные ореолы. При поисках погребенных месторождений, как показывает опыт работы в СССР, из геохимических методов наиболее эффективны методы поисков по наложенным литохимическим ореолам рассеяния элементов-индикаторов, а также биогеохимические и атмохимические методы. Последние основаны на использовании развитых в перекрывающих погребенные месторождения отложениях газовых ореолов рассеяния и рассматриваются в разделе настоящей инструкции, посвященном атмохимическим методам поисков.

Наложенные ореолы рассеяния образуются в результате биогенной и диффузионно-фильтрационной миграции рудных элементов в газообразном и растворенном состоянии, осуществляющей геохимическую связь между вмещающими коренными породами, рудными телами, их первичными ореолами, а также перекрывающими их рыхлыми отложениями. В подавляющем большинстве случаев наложенная составляющая по концентрации меньше фоновой (сингенетичной).

Анализ материалов по эпигенетическим (наложенным) гипергенным ореолам рассеяния элементов-индикаторов позволяет сделать следующие основные выводы об особенностях их развития:

1) эпигенетические наложенные ореолы наблюдаются в различных стратиграфических комплексах, перекрывающих месторождения рыхлых отложений (от палеогеновых до четвертичных). Во всех исследованных случаях вне зависимости от возраста перекрывающих отложений в современных почвах проявлены отчетливые эпигенетические ореолы. Это означает, что наложенные ореолы успевают сформироваться за относительно небольшой отрезок времени;

2) ореолы развиты в различных по литолого-фациальным особенностям отложениях перекрывающего покрова: песчаных, аллювиальных, супесчано-суглинистых моренных, существенно глинистых (озерных, лагунных и морских), в сложно переслаивающихся осадочных породах различного литологического состава;

3) ореолы образуются в разнообразных ландшафтно-геохимических условиях и, следовательно, в различных типах почв: от тундровых и таежных (мерзлотных и немерзлотных) до степных, сухостепных и пустынных;

4) ореолы развиваются и выявляются (в результате опробования почв) при значительной (до 130 м) мощности покровных отложений. Объекты с мощностью перекрывающего чехла более 130 м пока не исследовались;

5) в эпигенетических ореолах рассеяния набор элементов-индикаторов весьма широк. Так, для сульфидных месторождений он включает большую часть их элементов-индикаторов и прежде всего такие важнейшие, как медь, свинец, цинк, серебро, никель, кобальт, молибден, мышьяк, а также сульфат-ион;

6) морфология эпигенетических ореолов определяется литологическим составом перекрывающих образований, а также условиями гидродинамического режима подземных вод и особенностями залегания рудных зон. Для месторождений, перекрытых глинистыми отложениями с пассивным гидродинамическим режимом, характерны наложенные ореолы, имеющие в разрезе столбообразную форму. Для месторождений, перекрытых песчаными отложениями с активным гидродинамическим режимом, морфология ореолов контролируется направлением современного или древнего стока подземных вод.

Литохимические потоки рассеяния месторождений, развивающиеся в пролювиальных и аллювиальных отложениях временной или постоянной гидросети, по фазовому состоянию мигрирующего вещества также могут быть разделены на механические и солевые, а по доступности обнаружения — на открытые и закрытые. Наиболее важное поисковое значение имеют открытые потоки рассеяния, развивающиеся в отложениях современной гидросети горных районов.

В открытой гидросети активно денудируемых районов месторождения большинства рудных элементов образуют механические потоки рассеяния. Солевые потоки рассеяния в современной гидросети можно обнаружить в ландшафтно-геохимических условиях, характеризующихся развитием закрытых, в частности выщелоченных с поверхности, вторичных ореолов рассеяния и скрытых рудных тел. Погребенные механические и тем более солевые потоки рассеяния, развитые в отложениях палеогидросети, в связи с трудностями их интерпретации имеют ограниченное поисковое значение.

Содержание металла в потоке рассеяния в решающей степени зависит от положения рудных тел, их первичных и вторичных ореолов рассеяния в местном бассейне денудации. Крупные месторождения, выведенные на уровень денудационного среза, в благоприятных условиях образуют литохимические потоки рассеяния протяженностью до нескольких километров.

Рассмотренные основные типы вторичных ореолов и потоков рассеяния могут иметь различные особенности, определяющиеся местными ландшафтно-геохимическими условиями. То или иное влияние могут оказать характер почвообразовательных процессов, глубина залегания грунтовых вод, наличие устойчивой мерзлоты и, в частности, явлений солифлюкций, характер вмещающих пород, структурные особенности и вещественный состав полезных ископаемых. Однако решающее значение имеют генезис и мощность рыхлого покрова, скорость современной денудации, характер современных и палеоклиматических условий, определяющих индивидуальные особенности миграции элементов.

Миграция элементов в зоне гипергенеза, направленная к рассеянию и постепенной ликвидации ранее образованных концентраций химических элементов, одновременно вызывает возникновение вторичных аккумуляций этих элементов. Вторичная аккумуляция может привести к образованию промышленных месторождений — современных и древних россыпей, месторождений, связанных с корой выветривания, зонами вторичного сульфидного обогащения и т. п. Однако чаще вторичные аккумуляции элементов в зоне гипергенеза представляют собой безрудные аномалии, возникающие при наличии так называемых геохимических барьеров, которые резко изменяют условия миграции элементов.

Формирование вторичных литохимических ореолов рассеяния во многом обусловлено физико-химическими особенностями природных вод, определяющими среду миграции рудных элементов в почвах, корах выветривания, водоносных горизонтах. Основное значение при этом имеют окислительно-восстановительные и щелочно-кислотные условия вод. Выделяются три типа окислительно-восстановительных условий: окислительные, восстановительные глеевые и восстановительные сероводородные. Они широко распространены в природе и часто сменяют друг друга в пределах почвенного слоя, коры выветривания, водоносного горизонта, формируя окислительно-восстановительную зональность.

Для окислительной обстановки характерно присутствие в водах свободного кислорода или других сильных окислителей. Железо, марганец, медь, ванадий, сера и ряд других элементов находятся в высоких степенях окисления (Fe^{3+},

Mn^{4+}, Cu^{2+} и т. д.). Для почв и отложений окислительного ряда характерна красная, бурая и желтая окраска.

В восстановительной обстановке без сероводорода (глеевой) воды не содержат кислорода и других сильных окислителей. Глеевые воды обычно имеют CO_2 и растворимые органические соединения. Железо и марганец в этих условиях находятся в восстановительном состоянии (Fe^{2+}, Mn^{2+}) и ведут себя как другие двухвалентные металлы — кальций, магний и т. д. Почвы и породы имеют сизую, зеленую, голубоватую, белесую и пятнистую окраску. Восстановительная сероводородная обстановка характерна для многих илов и водоносных горизонтов. Породы в этом случае имеют черную окраску, содержат пирит и другие сульфиды.

Хотя в условиях глеевой и сероводородной обстановок воды не содержат свободного кислорода и являются восстановительными, в геохимическом отношении эти обстановки противоположны друг другу — глеевая среда благоприятна для водной миграции многих металлов, а сероводородная неблагоприятна (в связи с образованием нерастворимых сульфидов). Величины Eh при этом могут быть одинаковыми.

Многие элементы, образующие катионы (железо, медь, никель, кобальт), легко мигрируют в кислых водах и слабее в щелочных. Неметаллы и металлы, образующие анионы, напротив, лучше мигрируют в щелочных водах. Некоторые элементы в зависимости от степени окисления и pH могут быть и в катионной и анионной форме (цинк, алюминий, уран, молибден). Наконец, миграция ряда элементов практически не зависит от pH в водах любого состава (натрий, хлор).

По кислотно-щелочным условиям воды разделяются на четыре основные группы: сильнокислые, кислые и слабокислые, нейтральные и слабощелочные, сильнощелочные.

К сильнокислым относятся воды с $pH<3$. Такая кислотность обычно обусловлена окислением пирита и других сульфидов, а также элементарной серы, приводящим к образованию свободной серной кислоты. В сернокислых водах легко мигрируют большинство металлов, в том числе железо, алюминий, медь и цинк. Сильнокислые воды особенно характерны для окисляющихся сульфидных месторождений, зон окисления пиритоносных глин и сланцев.

Кислыми и слабокислыми являются воды с pH от 3 до 6,5, их кислотность обусловлена процессами разложения органических веществ и поступлением в воды угольной кислоты, фульвокислот и других органических кислот. Если в почвах или породах мало катионов, то кислотность не может быть полностью нейтрализована и в системе господствует кислая среда. В таких водах легко мигрируют металлы в форме бикарбонатов и комплексных соединений с органическими кислотами. Кислые и слабокислые воды широко распространены в гумидных лесных и болотных ландшафтах (тундра, тайга, широколиственные леса, влажные тропики и субтропики).

Нейтральные и слабощелочные воды имеют pH 6,5—8,5, их реакция определяется чаще всего отношением бикарбоната кальция к его карбонату или же бикарбоната к CO_2. Эта обстановка менее благоприятна для водной миграции большинства металлов, которые здесь осаждаются в форме нерастворимых гидроокислов, карбонатов и других солей. Анионогенные элементы, напротив, мигрируют сравнительно легко (кремний, германий, мышьяк, ванадий, уран, молибден). Рассматриваемые воды особенно характерны для аридных ландшафтов. Такой состав имеют также подземные воды известняков и изверженных пород. При разложении органических веществ здесь тоже образуются угольная и органи-

ческие кислоты, но они полностью нейтрализуются $CaCO_3$ и другими минералами кальция, а также минералами магния, натрия, калия.

Сильнощелочные воды с pH>8,5 обычно обязаны своей реакцией присутствию соды ($NaHCO_3$, реже Na_2CO_3). Они характерны для лесостепных ландшафтов, установлены в глубоких горизонтах артезианских бассейнов. Многие металлы в этих условиях почти не мигрируют, как, например, кальций, стронций, барий, железо. Напротив, кремний, молибден, германий, селен и другие анионогенные элементы мигрируют интенсивно. Особенность содовых вод состоит в том, что некоторые металлы ведут себя в них как анионогенные элементы, входя в состав различных подвижных анионов. Медь, например, входит в состав аниона $[(Cu(CO_3)_2^{2-}]$, а алюминий — аниона AlO_2^{1-}. Скандий, иттрий, цирконий, малоподвижные в слабокислых и слабощелочных водах, образуют здесь растворимые карбонатные комплексы.

Каждая обстановка водной миграции характеризуется определенным сочетанием окислительно-восстановительных и щелочно-кислотных условий, как это показано в табл. 2.

Таблица 2

Основные геохимические классы вод и эпигенетических процессов

Щелочно-кислотные условия почв	Окислительно-восстановительные условия вод		
	кислородные	глеевые	сероводородные
Сильнокислые (pH < 3)	Сильнокислый окислительный	Сильнокислый глеевый	Сильнокислый сероводородный
Кислые и слабокислые (pH3—6,5)	Кислый окислительный	Кислый глеевый	Кислый сероводородный
Нейтральные и щелочные (pH 6,5—8,5)	Нейтральный и щелочной окислительный	Нейтральный и щелочной глеевый	Нейтральный и щелочной сероводородный
Сильнощелочные (содовые) (pH > 8,5)	Содовый окислительный	Содовый глеевый	Содовый сероводородный

Важная геохимическая особенность зоны гипергенеза состоит в формировании в ней зон выщелачивания в результате действия вод на горные породы и почвы. Зоны выщелачивания особенно характерны для почв, кор выветривания и водоносных горизонтов. Мощность зон выщелачивания подвержена значительным колебаниям: в почвах она измеряется обычно только десятками сантиметров, в коре выветривания — уже многими метрами, а в водоносных горизонтах — сотнями метров и даже километрами. Однако геохимическая направленность процессов в разных природных системах нередко остается неизменной или же близкой.

Изучение зон выщелачивания имеет большое значение для направления и интерпретации результатов геохимических поисков рудных месторождений, так как в условиях сглаженного рельефа с этими зонами связано ослабление вторичных ореолов рассеяния месторождений. Для формирования зон выщелачивания главное значение имеют окислительно-восстановительные условия вод. Выделяются три основных типа зон выщелачивания: 1) зона окислительного выщелачивания, 2) зона глеевого выщелачивания, 3) зона сероводородного выщелачивания.

В каждом типе выделяются зоны сильнокислого, кислого и слабокислого, нейтрального и слабощелочного и, наконец, содового выщелачивания. С учетом

минерализации вод получаются разновидности зон выщелачивания, соответствующие основным геохимическим классам вод.

Как уже отмечалось, важное значение в формировании геохимических аномалий в зоне гипергенеза имеют геохимические барьеры — участки земной коры, где на коротком расстоянии резко уменьшается интенсивность миграции химических элементов и, как следствие, происходит их концентрация. Геологические условия формирования барьеров очень разнообразны, но их геохимическая направленность в самых различных частях земной коры нередко одинакова.

Выделяются четыре основных типа геохимических барьеров — механические, физико-химические, биогеохимические и техногенные. Наиболее изученными и практически наиболее важными являются механические и физико-химические барьеры, которые в свою очередь разделяются на ряд классов (см. прил. 6.). В местах, где восстановительная обстановка (глеевая и сероводородная) сменяется окислительной, формируется кислородный барьер (A), при смене окислительной обстановки на восстановительную — сероводородный (B) или глеевый (C). При резком увеличении pH, например при встрече кислых вод с известняками и другими карбонатными породами, возникает щелочной барьер (D). Подобный барьер характерен для участков окисляющихся сульфидных месторождений с аккумуляцией малахита, азурита, церуссита и других карбонатов. При уменьшении pH возникают кислые барьеры (E). Барьеры, таким образом, классифицируются по агенту, приводящему к концентрации элементов (окисление, восстановление и т. д.). С этих позиций выделяются также испарительный (F), сорбционный (G), термодинамический (H), гравитационный (механический) и прочие барьеры.

Многие геохимические барьеры можно выделить непосредственно в полевых условиях. Так, кислородный барьер выделяется по признакам эпигенетического ожелезнения (ржавые пятна гидроокислов железа) и омарганцеванию (черные примазки минералов марганца), восстановительный глеевый — по признакам эпигенетического оглеения (сизая окраска горизонтов за счет двухвалентного железа), щелочной карбонатный — по границе распространения горных пород, вскипающих от действия на них соляной кислоты, сорбционный барьер — по контакту пород и почвенных горизонтов различного механического состава: более дисперсный материал выступает в роли сорбента целого ряда элементов (медь, цинк, свинец и др.), испарительный — по солевым коркам, гипсу, выцветам легкорастворимых солей на стенках горных выработок и другим солевым аккумуляциям.

Концентрация элементов на физико-химических барьерах зависит, с одной стороны, от класса барьера, а с другой,— от состава вод, поступающих к нему. На сочетании этих двух факторов построена систематика геохимических барьеров, приведенная в прил. 6. Каждый вид геохимического барьера обозначается индексом, включающим его символ и класс вод, поступающих к барьеру.

Описываемая систематика геохимических барьеров построена по матричному принципу, который позволяет прогнозировать выявление новых их типов, еще не установленных в природе. Так, в прил. 6 показано 86 видов барьеров и некоторые из них, например C4, B6, E7, пока не установлены.

В природных условиях нередко происходит совмещение различных геохимических процессов (как в пространстве, так и во времени). В связи с этим выделяются комплексные барьеры, образующиеся в результате наложения двух или нескольких взаимосвязанных геохимических процессов. Например, выпадение

гелей гидроокислов железа и марганца на кислородном барьере приводит к сорбции ими химических элементов, т. е. здесь возникает комплексный кислородно-сорбционный барьер (A—G).

Особым классом геохимических барьеров являются двусторонние барьеры, формирующиеся при движении вод различного геохимического состава к барьеру с разных сторон. На таком барьере происходит осаждение разнородной ассоциации химических элементов, примером такого барьера является двусторонний кислый и щелочной барьер E3—D2.

Различаются латеральные барьеры, образующиеся при движении вод в субгоризонтальном направлении, например в болоте у подножья горного склона, и радиальные (вертикальные) барьеры, формирующиеся при вертикальной (снизу вверх или сверху вниз) миграции растворов в пределах почвенного профиля или толщи горных пород. В конкретных природных условиях происходит иногда совмещение различных типов барьера.

Аккумуляции на кислородных барьерах возникают при контакте глеевых или сероводородных вод с водами, характеризующимися кислородной обстановкой. Особенно широко распространен барьер A6, который встречается почти повсеместно в ландшафтах с влажным климатом. В геологическом прошлом такие барьеры были характерны для эпохи формирования древней коры выветривания. Кислые глеевые почвенные, грунтовые и иловые воды ландшафтов с влажным климатом обогащены Fe^{2+}, Mn^{2+}, органическими кислотами, придающими воде цвет чая. Вблизи месторождений воды обогащены Cu, Zn, B, Co и другими металлами. Если такие воды выходят на земную поверхность, например, у основания склона, то в этом месте возникает кислородный барьер, осаждаются гидроокислы железа и марганца в виде конкреций и пластов бурых железняков. Глеевые грунтовые воды нередко разгружаются на дне рек и озер, где также возникает кислородный барьер с Fe—Mn-аккумуляциями. Глубинные восходящие глеевые воды, поднимаясь по разлому в месте контакта с кислородными водами, встречают кислородный барьер, на котором также осаждаются Fe и Mn.

Вблизи рудных месторождений скопления гидроокислов железа нередко обогащены рудными элементами. Это объясняется тем, что гидроокислы железа являются коллоидными минералами и легко сорбируют из воды многие металлы.

Нейтральные и щелочные глеевые воды характерны для районов распространения пород и почв, содержащих $CaCO_3$ (например, болотные воды лесостепей и степей). Здесь железо менее подвижно, чем в лесных ландшафтах, а марганец еще подвижен. Поэтому на кислородном барьере преимущественно концентрируются гидроокислы марганца (барьер A7). Такие марганцевые аккумуляции нередко образуются и в глубоких горизонтах в результате диффузионной миграции слабоглеевых растворов снизу вверх — к кислородному барьеру. Барьеры A8 характерны для болот с содовыми водами. Барьеры A9—A12 возникают в местах разгрузки глубинных сероводородных вод — на контакте с кислородными подземными водами или со свободным кислородом воздуха. Здесь бактерии окисляют сероводород с образованием самородной серы.

Сульфидные барьеры (B1—B8) возникают в местах, где кислородные или глеевые воды встречают на своем пути сероводородную обстановку или сульфиды. Образование сероводорода в основном связано с деятельностью бактерий, реже это следствие прямых химических реакций. Сульфидные барьеры имеют большое практическое значение, так как на них образуются рудные тела некоторых месторождений меди, урана, селена и других элементов, еще чаще встречаются

геохимические аномалии элементов, образующих нерастворимые сульфиды — Fe, Cu, Zn, Pb, Co, Ni и т. д. Барьеры B1 возникают и в зоне гипергенеза сульфидных месторождений, с ними связано формирование подзоны вторичного сульфидного обогащения.

На глеевых барьерах (C1—C12) формируются вторичные аккумуляции в местах встречи кислородных, сероводородных и частично глеевых вод с глеевой средой. Они характерны для таежных, тундровых, степных, тропических болот и для глубоких водоносных горизонтов. На глеевом барьере формируются урановые аномалии в песках и торфах (типы C3, C4), а в торфах степных болот накапливается молибден (C3).

На щелочных барьерах (D1—D3, D5—D7, D9—D11) вторичные аккумуляции рудных элементов возникают в местах повышения pH среды (например, при смене сильнокислой обстановки на слабокислую или слабощелочной на сильнощелочную). Наиболее контрастные барьеры характерны для участков перехода от кислой среды к щелочной. Например, при окислении сульфидных руд, залегающих в известняках, образуются сернокислые растворы, несущие повышенные концентрации Fe, Cu, Zn, Co, которые, однако, снижаются при взаимодействии с вмещающими карбонатными породами. В результате повышения pH на щелочном барьере типа D1 осаждаются гидроокислы и карбонаты металлов. Например,

$$\underset{\text{раствор}}{ZnSO_4} + \underset{\text{твердая фаза}}{CaCO_3} \rightarrow \underbrace{\underset{\text{твердая фаза}}{ZnCO_3} + CaSO_4}.$$

Поэтому зона окисления в таких местах богата вторичными карбонатами металлов, среди которых особенно выделяются зеленые и синие карбонаты меди — малахит и азурит.

Геохимические барьеры типа D2 известны в районах влажного климата, например на контакте ультраосновных пород с известняками. Здесь разложение органических остатков в почвах приводит к образованию кислых вод, в которых легко растворяются Mg, Ni, Co, содержащиеся в ультраосновных породах (Ni и Co образуют органические комплексы с фульвокислотами). На контакте с известняками возникает щелочной барьер, на котором осаждаются эти металлы. В щелочных водах хорошо мигрируют такие анионогенные элементы, как кремний, селен, молибден и германий. В местах снижения pH, на кислом барьере (E2—E4, E6—E8, E10—E12), особенно при резком уменьшении щелочности, эти элементы осаждаются из вод, приводя к окремнению пород при концентрации в них молибдена и германия.

Барьеры типа E8 возникают на участке окисления сульфидных руд в известняках там, где осуществляется сток вод в сторону сульфидных руд. Эти гидрокарбонатные воды имеют слабощелочную реакцию и могут содержать повышенные количества кремнезема, который осаждается при встрече щелочных вод с кислыми. В результате происходит окремнение известняков, характерное для многих зон окисления сульфидных руд. В этом случае геохимический барьер является двусторонним: от руд — щелочной барьер, а в направлении к рудам — кислый. Для таких барьеров характерны несовместимые ассоциации элементов, включающие, например, катионогенные и анионогенные металлы (D1 и E3).

Вторичные аккумуляции на испарительных барьерах (F1—F12) возникают в аридных ландшафтах на участках испарения поверхностных, грунтовых и

подземных вод. Для них характерно усиление рудных аномалий меди, цинка, никеля и кобальта (F1), а также бора, фтора, вольфрама и бериллия (F4). Характерны и безрудные аномалии молибдена, урана и стронция (F3, отчасти F4 и F7).

На сорбционных барьерах (G1—G12) на контакте с водами глинистых горизонтов почв, глин, торфов и других пород, богатых адсорбентами, имеющих отрицательный заряд, возможно накопление меди, цинка и свинца. Особенно характерно образование подобных барьеров на участках окисления сульфидных месторождений. Агрегаты бокситов и бурых железняков имеют положительный заряд и способны адсорбировать анионы. Этим объясняются повышенные содержания в бурых железняках ванадия, фосфора, мышьяка. Например, на сорбционных барьерах G1 и G5 происходит как усиление рудных аномалий, так и формирование безрудных аномалий (барьеры G2, G6).

Геохимическая классификация элементов по их способности к гипергенной миграции приведена в табл. 3. Следует помнить, что на поверхности суши механический сток существенно превышает солевой и это значительно уменьшает зависимость подвижности химических элементов от их способности к водной миграции.

Таблица 3

Геохимическая классификация элементов по их способности к гипергенной миграции

Воздушные мигранты

Активные (образуют химические соединения)	Пассивные (не образуют химических соединений)
O, H, C, N, I	Ar, He, Ne, Kr, Xe, Rn

Водные мигранты

Катионогенные элементы	Анионогенные элементы
Очень подвижные ($K_x = 10n - 100\ n$)	
	с постоянной валентностью **Cl, Br**
	с переменной валентностью
Подвижные с постоянной валентностью ($K_x = n - 10\ n$)	
Ca, Na, Mg, Sr, Ra	F, B
Слабоподвижные ($K_x = 0\ ,\ n—n$)	
с постоянной валентностью	
K, Ba, Rb, Li, Be, Cs	**Si, P**
с переменной валентностью	
Tl	Ge, Sn, Sb, As

Подвижные и слабоподвижные в окислительной и глеевой обстановках ($K_x = 0,1n$ — — n) и инертные в восстановительной сероводородной обстановке ($K_x < 0,\ n$). Осаждаются на сероводородном барьере

Хорошо мигрируют в кислых водах окислительной и глеевой обстановок и осаждаются на щелочном барьере

Zn, Cu Ni, Pb, Cd

Мигрируют в кислых и щелочных водах окислительной обстановки

Hg, Ag

Подвижные и слабоподвижные в окислительной обстановке ($K_x = 0$, $n - n$) и инертные в восстановительных (глеевой и сероводородной) обстановках. Осаждаются на сероводородных и глеевых барьерах

V, Mo, Se, U, Re

Подвижные и слабоподвижные в восстановительной глеевой среде ($K_x = 0$, $n - n$) и инертные в окислительной и восстановительной сероводородной средах. Осаждаются на кислородных и сероводородных барьерах

Fe, Mn, Co

Малоподвижные в большинстве обстановок ($K_x = 0$, $n - 0$, $0n$ и менее)

Слабая водная миграция с органическими комплексами. Частично мигрируют в сильнокислой среде

Al, Ti, Cr, Ce, Nd, Y, La, Ca, Th, Sc, Sm, Cd, Dy, Tb, Er, Tu, Ho, Eu, Lu, Yb, In, Bi

Слабая водная миграция с органическими комплексами. Частично мигрируют в щелочной среде

Zr, Nb, Ta, W, Hf, Te

Не образуют или почти не образуют химических соединений, характерно самородное состояние

Os, Pd, Ru, Pt, Au, Rh, Ir

Примечание. Жирным шрифтом показаны элементы, в истории которых биогенное накопление играет существенную роль.

Вторичные аккумуляции рудных элементов нередко возникают на путях современного гидростока — в речных отложениях (современные россыпи), на выходах подземных вод, на кромках болот, в солончаках, такырах и т. п. Если их образование обязано наличию оруденения, такие вторичные литохимические аккумуляции приобретают поисковое значение.

Различия в миграционной способности элементов, а также разные количественные соотношения между элементами в составе руд и первичных ореолов определяют выбор элементов-индикаторов, по которым ведут литохимические поиски по вторичным ореолам и потокам рассеяния. В общем случае лучшими элементами-индикаторами являются главные компоненты месторождения; в некоторых случаях поиски более целесообразно вести по второстепенным элементам-спутникам.

Изучение ассоциаций элементов в литохимических аномалиях позволяет иногда отличать безрудные аномалии от вторичных ореолов и потоков рассеяния рудных месторождений. Например, одновременное высокое содержание элементов с резко различными коэффициентами водной миграции (например, Pb и Sr, Sn и F и т. п.) характерно только для рудных аномалий.

Гидрохимические методы поисков

Гидрохимические методы, входящие в общий комплекс применяемых в СССР геохимических методов, базируются на изучении геохимических и гидродинамических закономерностей распределения рудных элементов в природных водах и процессов их взаимодействия с вмещающими породами.

Главная задача гидрохимических поисков — оценка рудоперспективности района путем выявления мест локализации источников рассеяния рудного вещества по его водным ореолам рассеяния. С помощью гидрохимических методов в поле может быть получена экспрессная информация о наличии рудной минерализации под мощным покровом рыхлых отложений в любых геоморфологических и климатических условиях. Поскольку все известные элементы-индикаторы способны растворяться и мигрировать в природных водах, гидрохимические методы возможно применять при поисках всех типов месторождений. В закрытых слабо расчлененных районах с редким распространением поверхностных водопроявлений гидрохимические поиски следует сочетать с литохимическим опробованием и геофизическими исследованиями неглубоких картировочных скважин.

Формирование водных ореолов рассеяния существенно сульфидных руд происходит главным образом в результате сернокислотного выветривания и электрохимического растворения. Главным агентом сернокислотного выветривания является кислород, поэтому наибольшие изменения химического состава в районах сульфидных месторождений испытывают воды, формирующиеся выше местных базисов эрозии. В благоприятной обстановке (отсутствие скоплений органических веществ в рыхлом покрове и др.) окисление сульфидных руд распространяется на значительную (до 250—500 м) глубину, вследствие чего их водные ореолы рассеяния могут существовать значительно ниже местных базисов эрозии.

Изменение химического состава вод несульфидных месторождений происходит под влиянием более слабых процессов гидролитического разложения, углекислотного выветривания и биогенного преобразования, что соответствующим образом отражается на контрастности водных ореолов рассеяния.

Благодаря различной скорости «растворения» минералов соотношение элементов в гидрохимических ореолах рассеяния значительно отличается от соотношения элементов в рудных телах и их первичных ореолах. Так, для сульфидных руд характерно возрастание скорости окисления («растворения») в ряду сульфидов: пирит — халькопирит — галенит — молибденит — арсенопирит — пентландит — сфалерит, в связи с чем медно-никелевые или медно-молибденовые руды будут сопровождаться гидрохимическими ореолами никеля или молибдена и резко ослабленным ореолом меди. Для водных ореолов рассеяния характерна геохимическая зональность, обусловленная последовательной сменой аномальных концентраций химических элементов в соответствии с их миграционной способностью в данной среде, разбавлением окружающими фоновыми водами, процессами ионного обмена, гидратации, сорбции и соосаждения (рис. 4).

Подвижность химических элементов в природных водах зависит главным образом от их солевого состава, кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных свойств, основными показателями которых являются O_2, H_2S, CO_2, Eh и pH. Интенсивность водной миграции того или иного химического элемента в природных водах может быть выражена коэффициентом, представляющим

собой отношение содержания химического элемента в сухом остатке воды к его содержанию в водовмещающих горных породах.

Водные ореолы рассеяния рудных тел могут перемещаться из водоносного горизонта, который непосредственно соприкасается с рудными телами, в вышележащие водоносные горизонты и благодаря разгрузке восходящих ореольных

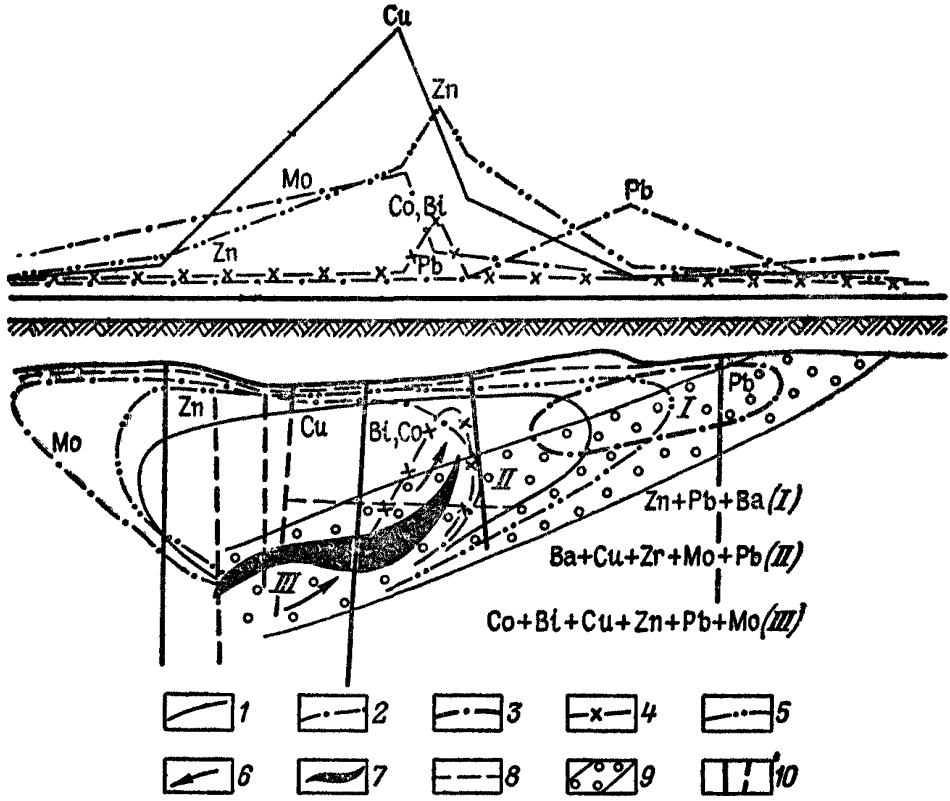

Рис. 4. Геохимическая зональность гидрохимических ореолов скрытой медноколчеданной залежи (схема и графическое изображение).

Контуры водных ореолов: *1* — меди, *2* — молибдена, *3* — свинца, *4* — висмута и кобальта, *5* — цинка, *6* — направление движения ореольных вод в коре выветривания и по разломам рудовмещающих вулканогенных пород, *7* — рудная залежь, *8* — уровень грунтово-трещинных вод, *9* — эндогенный ореол и его зоны (*I* — надрудная, *II* — околорудная, *III* — подрудная), *10* — буровые скважины

вод и диффузионному рассеянию рудных элементов формировать гидрохимические потоки рассеяния в открытых водотоках и водоемах. В связи с этим водные ореолы и потоки рассеяния [1], образовавшиеся за счет растворения и выщелачивания рудных элементов из глубокозалегающих залежей, проявляются часто в неглубоко залегающих грунтовых или поверхностных водах. Например, химический состав вод некоторых озер может измениться под влиянием скрытой разгрузки глубоких трещинных напорных вод, взаимодействующих на глубине с рудными телами, или в результате привноса рудных элементов с окружающей территории, для которой характерно развитие рудных месторожде-

[1] Водный поток рассеяния отличается более вытянутой формой в направлении движения ореольных вод, чем водный ореол рассеяния.

ний. Такие аномальные по содержанию рудных элементов воды бессточных озер могут служить косвенным показателем рудоносности района.

Химические элементы, находящиеся в водах, и геохимические параметры вод, значения которых претерпевают изменения под влиянием рудных тел, а также их первичных и вторичных ореолов, называются гидрохимическими элементами-индикаторами и имеют значение поисковых признаков. К числу прямых поисковых признаков относятся рудообразующие и некоторые сопутствующие элементы, наиболее характерные для данного типа месторождений, образующие контрастные аномальные концентрации в ореольных водах, к числу косвенных — зависимые от контакта с рудными телами изменения состава солевых компонентов (калий, сульфат-ион, хлор-ион и др.), а также величин pH и Eh вод.

Под фоновыми водами подразумеваются такие воды, химический состав которых формируется под влиянием различных региональных геологических и гидрогеологических процессов, не связанных с разрушением рудных тел или (и) их литохимических ореолов. Эти воды обогащаются различными химическими компонентами за счет углекислотного, биогенного или гидролитического разложения горных пород.

Наиболее контрастные водные ореолы и потоки рассеяния образуются в результате интенсивного окисления сульфидных залежей и их литохимических ореолов. Если эти рудные залежи оказываются обогащенными дисульфидами железа и залегают в химически слабоактивных силикатных породах, то образуются потоки и ореолы кислых сульфатных вод с высокими концентрациями рудообразующих и сопутствующих элементов. Агрессивно воздействуя на вмещающие породы и сульфидные минералы, эти воды обогащаются серпокислыми солями алюминия, железа, сульфатами кальция, натрия, магния, калия, а также разнообразными рудными и нерудными элементами (медь, цинк, никель, кадмий, кобальт, серебро, ртуть, мышьяк, сурьма, висмут, германий, селен и др.). Наименьшей контрастностью в гидрохимических ореолах отличаются элементы, соединения которых неустойчивы в кислой сульфатной среде (молибден, свинец, золото, барий, стронций и др.).

Коэффициент контрастности гидрохимических ореолов рассеяния интенсивно окисляющихся сульфидных руд колчеданного типа достигает величины нескольких десятков и сотен тысяч, что в значительной мере облегчает их обнаружение при правильном определении направления движения ореольных вод. Величина окислительно-восстановительного потенциала в кислых сульфатных водах достигает максимальных значений 0,7—0,8 В, а pH снижается до 0,7—2,5. Под влиянием интенсивного выщелачивания вмещающих пород кислыми сульфатными водами в пределах сульфидных рудных полей нередко образуется «сульфидный карст».

Протяженность ореолов кислых сульфатных вод, как правило, не превышает 300—500 м, и только на участках широкого развития литохимических ореолов рассеяния, представленных бурыми железняками за счет их переотложения, формируются вытянутые до 2,5 км по направлению движения грунтовых вод контрастные гидрохимические ореолы рассеяния.

Значительно менее контрастные водные ореолы и потоки рассеяния образуются при взаимодействии подземных вод с рудными залежами при малом содержании дисульфидов железа, даже при залегании рудных тел на небольшой глубине выше местных базисов эрозии. Ввиду слабого отличия pH аномальных

вод от pH фоновых вод этот косвенный показатель в данном случае теряет поисковое значение. Что же касается сульфат-иона, то, несмотря на резкое снижение контрастности его ореольных значений, он может быть использован и при поисках слабоокисляющихся малосульфидных залежей.

В связи с тем что активность водной миграции некоторых рудообразующих компонентов в зоне восстановительных процессов с $Eh<0$ падает, большое значение при поисках глубокозалегающих руд в этих условиях приобретают так называемые анионогенные элементы, мигрирующие в виде устойчивых комплексных анионов ($HMoO_4^{1-}$, MoO_4^{2-}, $HAsO_4^{2-}$ и др.). В глубоких нейтральных и слабощелочных водах в восстановительной обстановке эти элементы образуют достаточно контрастные для обнаружения водные ореолы.

Контрастность неглубоких гидрохимических аномалий обычно изменяется в зависимости от режима подземных и поверхностных вод. Наименее постоянны гидрохимические аномалии в поверхностных потоках высокогорных районов с резко меняющимися условиями питания и стока.

Формирование и особенности проявления ореолов рассеяния рудных тел в поверхностных и подземных водах зависят от многих природных факторов и в первую очередь от гидрогеологических и геоморфологических условий залегания рудных тел; в этом отношении среди водных ореолов можно выделить четыре типа (рис. 5): I — залегающие ниже местных базисов эрозии в долинах рек под маломощным покровом водопроницаемых аллювиальных отложений в зоне слабого водообмена (долинный тип); II — расположенные на водоразделах выше местных базисов эрозии в условиях интенсивного водообмена (водораздельный тип); III — залегающие под элювио-делювиальными образованиями на склонах водоразделов (склоновый тип); IV — глубоко скрытые в толще рудовмещающих пород значительно ниже местных базисов эрозии под покровом рыхлых аллохтонных отложений, обводняющиеся глубокими трещинно-жильными и пластово-трещинными водами (трещинный тип).

В условиях интенсивного водообмена при залегании рудных тел выше эрозионных врезов формируются водные ореолы рассеяния открытого типа с поверхностными водопроявлениями. Локальное развитие слабоконтрастных водных ореолов рассеяния наблюдается при глубоком залегании рудных тел — значительно ниже эрозионных врезов. Пониженная контрастность их обусловлена замедленным водообменом, узколокальным характером разгрузки ореольных вод по глубоким разрывным нарушениям и отсутствием сильных окислителей (O^{2-}, H_2SO_4 и др.) в водах.

Открытые водные ореолы рассеяния проявляются на поверхности земли в виде разнообразных очагов разгрузки грунтовых и напорных глубоких вод (родники, заболоченные участки, источники трещинных вод и т. д.). Их образование происходит обычно при залегании рудных тел или их литохимических ореолов выше местных базисов эрозии.

Закрытые водные ореолы рассеяния окаймляют рудные тела, располагающиеся ниже местных базисов эрозии в слаборасчлененных предгорных и равнинных областях. В отличие от водных ореолов открытого типа они не вскрываются современными эрозионными формами рельефа и не проявляются в поверхностных водопроявлениях. Такого типа водные ореолы образуются обычно вокруг рудных тел, глубоко погребенных под покровом рыхлых песчано-глинистых отложений. В случае значительного удаления рудных месторождений от эрозионных дренирующих форм рельефа и при большой мощности рыхлых слабо-

проницаемых наносов водные ореолы рассеяния не проявляются на поверхности земли в виде открытых очагов разгрузки. Глубина залегания рудных тел при этом не всегда определяет степень их окисления. Так, например, на малых глубинах под водонепроницаемыми глинистыми отложениями нередко залегают менее окисленные рудные месторождения, чем на большей глубине, но под покровом легководопроницаемых отложений.

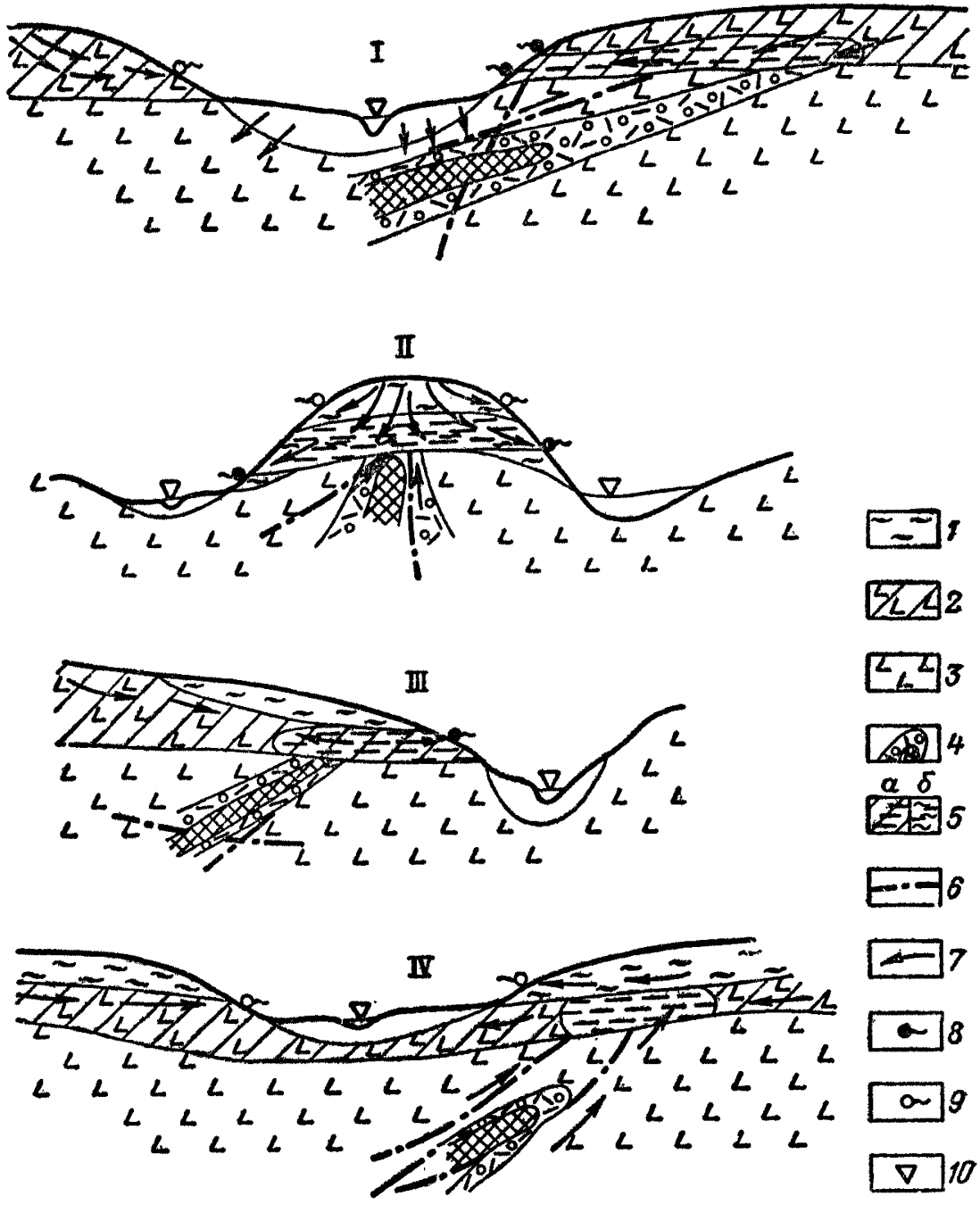

Рис. 5. Типы водных ореолов рассеяния скрытого оруденения в зависимости от гидрогеологических условий их проявления.

I — долинный; *II* — водораздельный; *III* — склоновый; *IV* — трещинный. *1* — надрудные рыхлые образования; *2* — кора выветривания рудовмещающих пород; *3* — рудовмещающие образования; *4* — рудное тело с эндогенным ореолом; *5* — водный ореол рассеяния: *а* — в измененных горных породах, *б* — в рыхлых отложениях; *6* — разрывные тектонические нарушения; *7* — направление движения подземных вод; *8* — открытые очаги разгрузки ореольных вод; *9* — открытые очаги разгрузки фоновых вод; *10* — местный базис эрозии.

Зональность водных ореолов рассеяния рудных месторождений зависит от устойчивости основных форм водной миграции их элементов-индикаторов, состава и водопроницаемости надрудных образований, изменений геохимических условий миграции рудных элементов с глубиной, состава, зональности и морфологии первичных и вторичных литохимических ореолов.

Для каждой гидрохимической среды характерен свой ряд подвижности элементов. Например, в сильнокислой азотно-кислородной сульфатной воде в околорудной зоне интенсивно окисляющихся сульфидных месторождений наиболее контрастные ореолы образуют катионогенные элементы в виде легкорастворимых сульфатных комплексов $CuSO_4^0$, $ZnSO_4^0$, $CdSO_4^0$, $NiSO_4^0$ и др.). В щелочной гидрокарбонатной и слабокислой средах более подвижны анионогенные элементы (Mo, As, Sb, F, B, Ge, Se). Наименее благоприятна для миграции и накопления большинства элементов-индикаторов околонейтральная среда (pH 6,5—7,5).

Высокорастворимыми, а следовательно, и способными к накоплению рудные элементы становятся в глубоких трещинных хлоридных углекислых и углеводородных субтермальных и термальных водах, имеющих сходный состав с газово-жидкими включениями в минералах.

Процессы сорбции и соосаждения оказывают существенное влияние на контрастность и протяженность отдельных гидрохимических ореолов лишь при резких изменениях Eh и pH ореольных вод, вызывающих образование труднорастворимых соединений (гидроокиси железа и алюминия, карбонаты и сульфаты кальция, окись кремния и др.).

Гидрохимическая зональность рудных полей обычно искажается вследствие скрытой разгрузки трещинных ореольных вод, неоднородности состава вмещающих пород и влияния других геологических факторов. Однако общая тенденция к увеличению числа элементов-индикаторов по мере приближения к месторождению выдерживается при всех значениях геохимических параметров среды миграции, что и является одним из главных показателей рудоперспективности выявляемых гидрохимических аномалий.

В направлении движения подземных вод от погребенных окисляющихся медноколчеданных залежей обычно прослеживаются следующие зоны гипергенноизмененных пород: кремнисто-опаловая, ярозитовая, алунитизации, огипсования и галлуазитизации. Образование этих зон обусловлено соответствующим изменением химического состава подземных вод по направлению их движения (кислотность уменьшается, содержание кремнекислоты увеличивается, концентрация железа, металлов и сульфат-иона понижается).

Вместе с гидроокислами железа и алюминия, а также кремнекислотой из нейтрализующихся ореольных вод в их очагах разгрузки соосаждаются молибден, серебро, свинец, цинк, медь, селен, кадмий, германий, галлий и индий. Вследствие этого зоны ярозитизации и алунитизации часто оказываются обогащенными разнообразными металлами, что и обусловливает приуроченность к ним литохимических аномалий.

С понижением кислотности ореольных вод до pH 6,5—6,9 вокруг погребенных сульфидных залежей по основным породам обычно развивается зона галлуазитизации, обогащенная купритом, фосфатами меди и цинка, малахитом, азуритом, смитсонитом, церусситом, атакамитом, хризоколлой, каламином, самородной медью, брошантитом и другими новообразованиями, устойчивыми при pH выше 5. Гипергенное омеднение отмечается часто на некотором (100—150 м)

расстоянии от рудного тела. Это вызывает появление «отрицательных» гидрохимических аномалий меди в неглубоких грунтовых водах над погребенными медноколчеданными залежами. Зона омеднения сопровождается зоной омарганцевания в связи с осаждением значительного количества марганца при нейтрализации кислых ореольных вод. Выпадающий из них гипс, мирабилит, тенардит и галит вызывают появление (в результате переотложения) сульфатных и хлоридных гидрохимических аномалий в периферийной зоне водных ореолов.

Если процесс нейтрализации подземных вод по направлению от окисляющегося погребенного рудного тела к местным оазисам эрозии происходит очень интенсивно (взаимодействие с карбонатными породами), протяженность водного ореола рассеяния резко сокращается.

Не менее важную роль играет и продолжительность процессов окисления. Длительное окисление приводит к образованию протяженных и очень контрастных солевых (литохимических) и водных ореолов рассеяния металлов, прослеживающихся на расстоянии нескольких сот метров по направлению древнего и современного переноса продуктов разрушения. В почвенном слое солевой ореол рассеяния формируется обычно на участках разгрузки грунтовых ореольных вод.

При расположении погребенных или скрытых рудных тел на крутых склонах солевые и соответственно водные ореолы рассеяния наиболее хорошо мигрирующих компонентов носят резко смещенный по отношению к рудным залежам характер. Такие смещенные аномалии рудных элементов (молибден, серебро и др.) обычно приурочены к низинным болотам, богатым органическим веществом.

На формирование гидрохимической зональности рудных полей большое влияние оказывают гидрогеологическая раскрытость рудоносных структур, к которым приурочены рудные месторождения, режим подземных вод и другие гидрогеологические факторы. В зависимости от глубины залегания рудных тел по отношению к местному базису эрозии влияние этих факторов проявляется с различной интенсивностью. Повышение интенсивности водообмена грунтовых вод в коре выветривания рудных залежей вызывает появление больших по размерам и контрастности водных орелов рассеяния вследствие увеличения притока в рудную зону агрессивных кислородсодержащих вод, воздействующих на рудные тела. В то же время увеличение массы поверхностных и грунтовых вод и скорости их движения часто приводит к снижению контрастности развивающихся в них водных ореолов рассеяния. Снижение активности водообмена и агрессивности вод с глубиной частично компенсируется длительностью взаимодействия подземных вод с рудной минерализацией, а также отсутствием разбавляющего влияния атмосферных осадков.

Исследования современных и палеогидрогеологических условий залегания разных типов рудных месторождений показали, что в большинстве случаев они располагаются на контакте различных по водопроницаемости комплексов пород (туфы, аргиллиты, алевролиты, песчаники, диабазы, альбитофиры и др.) либо на стыке различных геохимических, структурных и гидродинамических зон. Древние экраны (барьеры) часто оказываются и современными водоупорами, а отрицательные формы палеорельефа — участками накопления рудного вещества. К палеолощинам обычно приурочены солевые литохимические и водные ореолы рассеяния рудных элементов, отражающие расположение древних зон окисления рудных месторождений.

Возникновение же бесперспективных (безрудных) гидрохимических аномалий вызывается: а) выщелачиванием рудных компонентов из скрытых на глубине литологических комплексов пород, обогащенных металлами; б) выщелачиванием рассеянной рудной минерализации (ЗРМ), не сопровождающейся концентрированным оруденением; в) увеличением интенсивности выщелачивания рассеянной рудной минерализации глубокими агрессивными минеральными водами (углекислые, азотные, термальные и др.); г) локальным повышением активности выщелачивания рассеянной рудной минерализации на отдельных трещиноватых интервалах при интенсивном (боковом) притоке агрессивных кислородсодержащих вод.

Биогеохимические методы поисков

Биогеохимические методы поисков основаны на выявлении вторичных ореолов рассеяния элементов-индикаторов руд в живых организмах и их остатках, называемых биогеохимическими ореолами. В настоящее время практическое значение имеет только метод, использующий в качестве объектов опробования наземные растения и их остатки (торф, лесную подстилку и гумусовый горизонт почв).

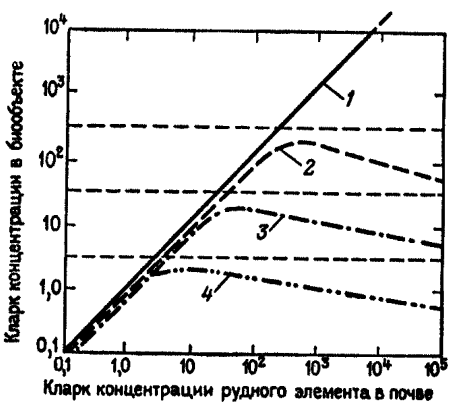

Рис. 6. Нормированные концентрационные кривые, соответствующие основным группам биообъектов.

Группы биообъектов: *1* — неограниченной аккумуляции, безбарьерный (количественно-информативный); *2* — практически безбарьерный, высокоинформативный; *3* — близфонобарьерный, малоинформативный; *4* — фонобарьерный, пассивный к высоким концентрациям в питающей среде (неинформативный). Пунктиром показаны приближенные границы между концентрационными кривыми различных типов

Основными факторами, влияющими на формирование биогеохимических ореолов рудных месторождений в растениях, являются: 1) доступность растениям минеральных и химических форм элементов-индикаторов, находящихся в корнеобитаемой зоне почв и почвообразующих пород; 2) величина поверхности контакта корневых систем растений с лито-, гидро- и атмохимическими ореолами рассеяния; 3) наличие и величина антиконцентрационных физиолого-биохимических барьеров против высоких концентраций рудных элементов в питающей среде.

Биогеохимические поиски возможны только по биообъектам, у которых антиконцентрационные барьеры либо отсутствуют, либо имеют высокие предельные уровни, существенно превышающие местный биогеохимический фон. В конкретных природных условиях выявляется относительно большое количество массивных биологических объектов, в которых содержание большинства элементов-индикаторов не превышает их минимально аномальных значений. По наличию и величине антиконцентрационных барьеров выделяют четыре группы биообъектов (рис. 6): 1) безбарьерные; 2) практически безбарьерные, с предельными концентрациями, превышающими фоновые содержания в 30—300 раз; 3) близфонобарьерные, с предельными концентрациями, превышающими местный

фон приблизительно в 10 раз, и 4) фонобарьерные, с предельными концентрациями элементов-индикаторов, равными или близкими к фону, не превышающими их минимально аномальных содержаний для соответствующих видов и частей растений.

Использование первых двух групп биообъектов, дающих соответственно количественную и приближенно-количественную информацию об элементах-индикаторах на горизонте питания растений, обеспечивает наиболее эффективное ведение биогеохимических поисков. Использование биообъектов третьей группы позволяет получить лишь качественную информацию, искаженную антиконцентрационными барьерами, которая, как правило, не может интерпретироваться количественно. Использование фонобарьерных биообъектов не дает никакой поисковой информации, и проведение биогеохимических поисков с их опробованием лишено смысла.

Согласно статистическим данным по 20 элементам-индикаторам, относительное количество фонобарьерных видов и частей растений, неинформативных в поисковом отношении, равно приблизительно половине (47 %) изученных наземных биообъектов растений, число которых для различных элементов-индикаторов изменяется от 50 до 250. Для некоторых элементов (Cu, Pb, Ag, Cd, W, Be, Li, Cs, и Ba) относительное количество таких неинформативных видов и частей растений близко к половине или превышает 50 %, а для U, F, Mn и Fe превышает 80 % изученных биообъектов. Элементами-индикаторами, наиболее благоприятными для использования при поисках, так как они имеют наименьшее (30 %) относительное количество неинформативных видов и частей растений, являются Zn, Mo, Au, Bi, Rb и As.

В связи с преобладанием барьерного типа в накоплении практически всех элементов-индикаторов месторождений полезных ископаемых при поисках следует использовать небольшое число наиболее информативных безбарьерных и практически безбарьерных частей широко распространенных растений. Биогеохимические поиски по таким биологическим объектам рекомендуются для практического использования в объемах, определяемых результатами районирования территорий по применимости различных геохимических методов.

Опыт группирования 50—500 биообъектов Сибири показал, что многие из них являются безбарьерными или практически безбарьерными, т. е. количественно-информативными, одновременно на большое число элементов-индикаторов. Такими биообъектами, например, являются корни древесных, кустарниковых и травянистых растений, низшие растения — мхи и лишайники и внешние слои коры (корка) в нижних, удобных для опробования частях стволов древесных растений. Анализ информации о количественных барьерных характеристиках надземных частей различных видов растений позволил выделить биообъекты, наиболее эффективные для использования при поисковых работах в Сибири (см. прил. 13). Таблицы поисковых характеристик биообъектов, благоприятных для использования при биогеохимических поисках, аналогичные приведенной в прил. 13, должны составляться для новых районов поисков по данным специальных опытно-методических работ с учетом степени и стабильности безбарьерности каждого биообъекта, а также глубинности поисковой информации, получаемой при его опробовании. В прил. 13, составленном с учетом этих требований, первый и второй биообъекты (корка березы и нижние части стеблей рододендрона) помещены в начале таблицы в связи с тем, что в южных районах Сибири, закрытых эоловыми и эолово-делювиальными образованиями, они обес-

печивают максимальную глубинность выявления месторождений порядка 20—40 м, в то время как для третьего биообъекта — шишек сосны — максимальная глубинность получается равной 10—20 м, а для большинства травянистых растений лесных ландшафтов 8—15 м, хотя среди последних и есть редкие виды, обеспечивающие глубинность опоискования территорий порядка 15—30 м (например, клевер луговой).

Большое значение имеют формы нахождения элементов-индикаторов, контактирующих с корнями растений при формировании биогеохимических ореолов рудных месторождений и одни формы обусловливают отсутствие или ослабление биогеохимических ореолов (из-за недоступности растениям элементов-индикаторов, входящих в некоторые труднорастворимые и устойчивые минералы), другие, наоборот, способствуют образованию более контрастных биогеохимических ореолов (в связи с интенсивным накоплением в растениях элементов-индикаторов). По имеющимся данным, растениям обычно недоступны прочно связанные формы элементов-индикаторов, находящиеся в относительно крупных (>0,03—0,1 мм) кристаллах, зернах или прочных агрегатах, труднорастворимых в кислотах минералов.

Интенсивность и эффективные размеры биогеохимического ореола зависят также от мощности аллохтонного или склонового рыхлого покрова, глубины зоны полного или значительного выщелачивания литохимических ореолов и глубины проникновения корневых систем изучаемых растений. С увеличением мощности покровных образований зависимость химического состава растений от состава руд и их лито-, гидро- и атмохимических ореолов ослабевает. Глубинность биогеохимических поисков в конкретных геологических и ландшафтных условиях ведения поисковых работ имеет определенную величину, которую необходимо предварительно установить в ходе опытно-методических работ. Для обеспечения максимальной глубинности биогеохимических поисков предпочтительно опробование многолетних древесных, кустарниковых и травянистых растений, имеющих глубокопроникающие корневые системы (см. прил. 12). Минимальная глубина корневых систем таких растений увеличивается с повышением аридности климата; так, в зоне многолетней мерзлоты она равна 0,5—2 м, в зоне умеренного климата 3—10 м, а в зоне аридного климата достигает 5—20 и даже 30—70 м.

Ореолы рассеяния в торфах обусловливаются первичным накоплением элементов-индикаторов в растениях-торфообразователях, а также вторичным сорбционным накоплением их в отмерших растениях и в торфе за счет диффузии и капиллярного подъема почвенных растворов и грунтовых вод или прямого влияния гидрохимических ореолов рассеяния рудных месторождений. В некоторой степени сходна природа биогеохимических ореолов в растительной подстилке, т. е. в слое растительных остатков, образующемся под пологом живых растений, а также в гумусовом горизонте почв. В результате вторичного обогащения элементами из водных растворов ореолы рассеяния некоторых элементов-индикаторов в торфе и растительной подстилке имеют бо́льшую контрастность, чем в живых растениях или почве. Следует, однако, иметь в виду, что во многих случаях пробы растительной подстилки намного разнороднее, чем пробы живых растений, из-за многообразия исходных видов растений, различной степени разложения растительных остатков и выщелачивания из них элементов-индикаторов, переменного количества неорганического материала и существенного влияния других трудноконтролируемых факторов. Это иногда обусловливает невоз-

можность обеспечить необходимую стандартизацию отбора проб растительной подстилки и усложняет интерпретацию полученных результатов.

Кроме того, при изучении биогеохимических ореолов в торфах и растительной подстилке следует помнить, что основные растения-торфообразователи — это мхи и лишайники, являющиеся безбарьерными по отношению к большому комплексу рудных элементов. Растительная же подстилка состоит преимущественно из листьев и хвои деревьев и кустарников и надземных частей трав, которые являются обычно неинформативными или малоинформативными биообъектами по отношению к большинству рудных элементов. Лишь для ограниченного числа элементов-индикаторов, например золота, свинца и цинка, эти биообъекты являются безбарьерными или практически безбарьерными. Исходя из этих данных, торф и его живой мохово-лишайниковый покров можно считать высокоинформативными на большой комплекс элементов-индикаторов в отличие от растительной подстилки, информативной лишь на ограниченное число элементов.

Сравнительно сложные в отношении интерпретации получаемых данных биогеохимические поиски следует проводить только в таких условиях, когда они имеют существенно бо́льшую геологическую и экономическую эффективность, чем литохимические поиски.

Атмохимические методы поисков

Атмохимические (газовые) методы поисков основаны на изучении распределения газовых компонентов в подземной и приземной атмосфере с целью выявления газовых ореолов рассеяния месторождений полезных ископаемых.

Проведенные в различных регионах СССР в значительном объеме опытно-методические работы показали, что наиболее перспективно применение атмохимических методов для выявления погребенных месторождений. Известно три группы газов, формирующих атмохимические ореолы рассеяния рудных месторождений.

Первая группа — первичные газы — компоненты процесса рудообразования. Для гидротермальных процессов это углекислый газ, аргон, сероводород, метан, водород, летучие соединения галогенов и ряд других элементов. Наличие их в рудных телах доказано исследованиями состава газово-жидких включений в минералах. К этой же группе относятся газообразные органические соединения, возникновение которых происходит при термометаморфизме органического вещества осадочных пород в процессе рудообразования. Выделение газовых компонентов из рудных месторождений происходит в течение всего времени их эволюции. Высвобождение гипогенных газовых компонентов, законсервированных в рудном веществе, происходит непрерывно по мере вскрытия газово-жидких включений при процессах выветривания, динамометаморфизма и прочих внешних воздействиях.

Вторую группу составляют газы, поступающие с глубины по зонам разрывных нарушений, в которых могут быть локализованы рудные тела. Эти газовые компоненты (углекислый газ, гелий, водород, углеводородные газы, аргон, пары ртути) являются продуктами дегазации мантии, а также химических и ядерных реакций, протекающих в земных недрах. Образование некоторых газовых компонентов обусловлено радиоактивным распадом (радон, торон, актинон), что широко используется при поисках радиоактивных руд (в данной инструкции этот вопрос не рассматривается).

К третьей группе относятся газовые компоненты, образующиеся в результате процессов, протекающих в зоне окисления. Взаимодействие кислых сульфатных растворов с рудным веществом и вмещающими породами, бактериальное разложение сульфидов приводят к накоплению CO_2, H_2S, SO_2 при одновременном уменьшении содержания кислорода в подземной атмосфере зоны окисления сульфидных месторождений. В зоне гипергенеза происходит восстановление ртутьсодержащих минералов до самородной ртути с последующим переходом ее в газовую фазу.

Важное практическое значение при поисках погребенных месторождений имеет большая проникающая способность газовых компонентов, мигрирующих на значительные расстояния от рудных тел через перекрывающие толщи молодых осадков.

Атмохимические поиски ведутся как по сорбированным, так и по свободным газам. В первом случае с заранее выбранной глубины, обычно не превышающей первых метров, в герметически закрывающиеся емкости отбираются пробы перекрывающих отложений, из которых в лабораторных условиях извлекаются и анализируются сорбированные газы. Во втором случае из специально пробуренных скважин отбираются пробы подпочвенного воздуха для полевого и (или) лабораторного анализа. Полевой анализ является более оперативным, позволяя быстрее выделять аномальные области для постановки на них детализационных работ. Прямой отбор газовых проб применяется для выявления газовых ореолов ртути, гелия, углекислого и сернистых газов.

Атмохимические поиски в целом являются косвенными, однако тщательный анализ физико-химических условий образования газовых ореолов рассеяния часто дает достаточные основания для уверенной геологической интерпретации выявленных аномалий и установления их связи с месторождениями. К достоинствам атмохимических методов относится их значительно бóльшая, чем возможная в принципе для других геохимических методов, глубинность.

Атмохимические ореолы рассеяния представляют собой многокомпонентную сложную смесь, которая наследует газовый состав месторождений при их формировании и в последующие периоды, когда физико-химические и биологические процессы, особенно в зоне гипергенеза, усиливают или возобновляют действие атмохимических источников. Газовые ореолы рассеяния могут состоять из химических элементов, неорганических, органических и элементно-органических соединений. Это ореолы в отличие от литохимических являются динамической системой, на которую могут оказывать существенное влияние термодинамические и физико-химические условия среды и состояние источника (месторождения). Газовые ореолы рассеяния существуют с момента образования месторождений и до полного его разрушения эрозионными процессами. В настоящее время при атмохимических поисках используются только некоторые из газов, а именно: углекислый газ, углеводороды, водород, сероводород, сернистый газ, кислород, гелий, аргон, радон. Однако источником аномальных концентраций перечисленных газов являются не только рудные месторождения, но и многие химические, биохимические и радиоактивные процессы, происходящие на поверхности и вблизи поверхности земли и не имеющие отношения к формированию и существованию рудных месторождений. Это существенно осложняет интерпретацию результатов атмохимических поисков и требует привлечения других методов, прежде всего литохимических.

Наиболее универсальный газовый компонент рудных месторождений — угле-

кислый газ, который тесно связан с процессами рудообразования, будучи одной из основных составляющих рудообразующих флюидов. В зоне гипергенеза он же является основным продуктом окисления сульфидных руд и разложения карбонатов. CO_2 тяжелее воздуха, вследствие чего в меньшей степени, чем другие газы, улетучивается в атмосферу и образует в поверхностных отложениях четкие и устойчивые во времени аномалии.

Углекислый газ выделяется также в процессе жизнедеятельности организмов в почве. Большие количества углекислого газа возникают в результате окисления органического вещества кислородом вблизи поверхности; он является основным компонентом вулканических газов, тесно ассоциирует с гидротермально-измененными породами и эндогенными месторождениями. Существенно аномальные концентрации углекислого газа наблюдаются в газовых потоках, мигрирующих из глубин Земли по зонам разломов.

Среди углеводородов наибольшее значение при изучении газовых ореолов имеет метан. Этот газ, содержащийся в почвах и болотах, образуется при биохимических процессах, а также в результате воздействия интрузий, эффузий и гидротермальных растворов на осадочные породы при взаимодействии водорода или паров воды с углеродом, его окисью и двуокисью.

Водород широко распространен в вулканических газах, газах рудных месторождений и залежах калийных солей. Много водорода выделяется при термальном воздействии интрузий и гидротермальных растворов на органическое вещество. Термокаталитическое разложение воды на глубине также приводит к образованию водорода.

Сероводород в приповерхностных условиях образуется за счет биохимических процессов и в результате окисления сульфидных руд. Он часто встречается и в вулканических газах.

Сернистый газ образуется в зоне окисления сульфидных месторождений и фиксируется также в вулканических газах.

Гелий постоянно образуется в земной коре на больших глубинах в результате радиоактивного альфа-распада и различных ядерных реакций. В повышенных количествах он присутствует в газах многих месторождений.

Аргон фиксируется в природных газах обычно в больших количествах, чем гелий. Повышенные концентрации этого газа особенно характерны для галогенных пород. Аргон образуется преимущественно при радиоактивном распаде ^{40}K.

Наиболее полная информация о природе аномалий может быть получена при проведении газовой съемки по комплексу компонентов-индикаторов, специфичных для конкретных геолого-геохимических условий. Появление в подпочвенном воздухе повышенных концентраций углекислого газа, сернистых газов, а также пониженное содержание кислорода могут быть использованы в качестве индикаторов перекрытых сульфидных руд.

Атмохимические методы с успехом могут применяться для решения следующих основных задач:

— выявления и прослеживания разрывных структур в районах с широким развитием покровных отложений во всех климатических и ландшафтных условиях;

— выявления и локализации рудных зон, в частности перспективных на скрытое оруденение.

В настоящее время практически используются три самостоятельных атмохимических метода: поиски по газовым компонентам в подпочвенном воздухе, газортутные поиски по парам ртути и поиски по водо-гелиевым ореолам.

За последние годы в СССР усиленно развивается газортутный метод, с помощью которого выявляются прямые поисковые признаки ртутных и ртутьсодержащих рудных месторождений. Известно, что повышенные содержания газов и паров ртути, источником которых являются рудные месторождения, фильтруются и диффундируют по трещинам и микротрещинам по направлению к поверхности Земли. При этом часть газов и паров ртути сорбируется перекрывающими отложениями и растворяется в подземных водах, а остальная — идет на формирование окклюдированных и свободных атмохимических ореолов рассеяния в окружающих породах, подпочвенном пространстве, почвах и приземной атмосфере.

Источниками газортутных аномалий (ореолов) являются: 1) зоны минерализации, рудопроявления, рудные тела и месторождения, 2) зоны глубинных разломов. Аномалии первых источников, как правило, отличаются от последних большей локальностью.

Однородный фон в содержаниях паров ртути в почвенном воздухе позволяет однозначно выделять аномалии небольшой интенсивности.

Первичные ореолы ртути наиболее интенсивны в надрудных горизонтах сульфидных месторождений, где их продуктивность в 3—8 раз выше, чем в околорудных и подрудных, что должно быть учтено при интерпретации результатов газортутных поисков.

Для образования динамически устойчивых газовых ореолов рассеяния ртути необходимо наличие определенной суммарной (критической) массы сульфидов в рудном теле, первичном и вторичном ореолах. Масса сульфидов ниже минимальной (критической) не способна образовывать газовые ореолы рассеяния в почвенном воздухе, учитывая фильтрацию и диффузию паров ртути в атмосферу и рыхлые отложения. В связи с этим смещенные вниз по склону вторичные ореолы и потоки рассеяния и аномалии, образовавшиеся за счет деятельности человека, в большинстве случаев не могут создать устойчивые аномальные концентрации паров ртути.

В результате исследований последних лет удалось установить:

— над ртутными залежами и ртутоносными зонами за счет возгонки, происходящей при любых температурах земной поверхности, образуются газовые ореолы рассеяния ртути. Гипергенные процессы усиливают переход ртути из твердого состояния в парообразное, что приводит к формированию более интенсивных газовых ореолов рассеяния ртути;

— газовые ореолы ртути образуются над рудными залежами и не собственно ртутных месторождений, так как в ореолах многих эндогенных месторождений содержание ртути в 5—1000 раз больше, чем в горных породах;

— количество ртути, переходящей из твердой фазы в газовую, зависит от температуры, формы нахождения ртути и концентрации ее в твердой фазе, площади рудных тел и литохимических аномалий на поверхности, а также условий открытости или закрытости поверхности по отношению к атмосфере.

Условия применения геохимических методов поисков

Геохимические методы поисков рудных месторождений применяются на всех стадиях геологоразведочных работ. Виды и масштабы геохимических поисков, а также особенности их сочетания с другими геологоразведочными работами определяются степенью геологической и геохимической изученности территории, ее геологическими и ландшафтно-геохимическими условиями и должны находиться в строгом соответствии с Методическими указаниями о проведении геологоразведочных работ по стадиям Министерства геологии СССР (1975 г.).

По геологическому строению и ландшафтно-геохимическим особенностям в СССР выделяют три основных типа регионов геохимических поисков.

I. Горно-складчатые регионы с покровом современных рыхлых образований преимущественно элювио-делювиального генезиса. Для таких регионов, занимающих около 30 % территории СССР, характерен расчлененный рельеф с преобладанием трансэлювиальных ландшафтов (сильно расчлененный мелкосопочник, бедленд, горы и т. п.). Реже встречаются расчлененные возвышенности, в которых плоские поверхности — элювиальные элементарные ландшафты чередуются со склонами — трансэлювиальными и элювиально-аккумулятивными. Объектами поисков являются эндогенные и осадочно-метаморфогенные месторождения, в основном выведенные действием тектонических и денудационных процессов на поверхность. Вторичные ореолы и потоки рассеяния месторождений в этих условиях одновременно могут проявляться в современных рыхлых образованиях (элювио-делювии, аллювии), поверхностных и подземных водах, газах, а также в растениях. В горных, активно денудируемых районах этого типа преимущественно и достаточно эффективно применяются литохимические методы поисков. В районах гумидной зоны при замедленной денудации их иногда целесообразно сочетать с гидрохимическими и биогеохимическими методами. Такое комплексирование методов целесообразно также на участках развития закрытых и полузакрытых ореолов, а также при поисках месторождений в нижних частях склонов и на дне долин.

II. Регионы преимущественного развития мощных толщ осадочных горных пород с глубокозалегающим кристаллическим фундаментом. Рельеф таких регионов, занимающих примерно 57 % территории СССР, слабо расчленен, с преобладанием аккумулятивных форм. Характерны плоские и слабо волнистые равнины. Преобладают плоские поверхности и очень пологие склоны — элювиальные ландшафты. Реже наблюдаются расчлененные возвышенности. Главные объекты геохимических поисков в таких регионах — пологозалегающие осадочные месторождения в мощных (сотни-тысячи метров) толщах пород верхнего структурного яруса. Вторичные остаточные ореолы и механические потоки рассеяния эндогенных месторождений на поверхности в этих условиях, как правило, не проявляются. Геохимические поиски экзогенных (первичноосадочных) месторождений можно проводить путем гидрохимического опробования искусственно вскрываемых глубоких подземных вод (по гидрохимическим ореолам и потокам рассеяния) в сочетании с литохимическим опробованием керна скважин. Может быть целесообразным также применение поисков по речным потокам рассеяния в гидро- и биогеохимическом вариантах.

III. Складчатые закрытые регионы аккумулятивно-денудационных равнин с чехлом аллохтонных (дальнепринос-

ных) отложений мощностью до 500 м. Такие регионы занимают около 13 % территории СССР. Ландшафты таких регионов аналогичны II типу регионов. Объектами поисков являются эндогенные и осадочно-метаморфогенные месторождения в породах складчатого основания, а иногда и осадочные (в частности, россыпные) месторождения в породах чехла. Регионы рассматриваемого типа обычно приурочены к краевым частям платформ, хотя иногда они располагаются и внутри горно-складчатых районов. Развитие вторичных остаточных ореолов и механических потоков рассеяния на поверхности в таких случаях ограничено месторождениями, залегающими в верхних горизонтах осадочного чехла. В подобных районах могут быть применены метод поисков по вторичным наложенным ореолам рассеяния (при мощности осадочного чехла до 100 м, иногда и более), а также атмохимический или глубинный литохимический и гидрохимический, либо сочетание этих методов. При небольшой (около 20—30 м, иногда более) мощности аллохтонных отложений в районах аридного климата возможно применение биогеохимического метода поисков.

Во всех случаях геохимическим поискам должны предшествовать предварительные геолого-геохимические и геофизические исследования рыхлого покрова и структуры кристаллического фундамента таких регионов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ РАБОТ

§ 1. Геохимические работы можно проектировать как в комплексе с другими видами работ, так и самостоятельно, но в строгом соответствии с утвержденными Министерством геологии СССР директивными указаниями о проведении геологоразведочных работ по стадиям. Геохимические поиски осуществляются отрядом в составе начальника отряда (старшего геолога), геолога, старшего техника-геолога, техника-геолога и рабочих.

§ 2. Основным документом на производство геохимических работ является проект, который составляют в соответствии с геологическим заданием и требованиями настоящей инструкции, а также других документов, регламентирующих производство геологоразведочных работ в отрасли.

Географо-экономическую, геологическую и гидрогеологическую характеристики района работ, ландшафтно-геохимические и металлогенические его особенности, а также степень геохимической изученности района работ приводят в общей части проекта в объемах, достаточных для направления и организации геохимических работ. В специальной части проекта должны быть освещены следующие вопросы:

1) цель и задачи проектируемых геохимических работ;

2) выбор геохимических методов поисков, условия комплексирования различных геохимических методов поисков между собой и с другими видами геологоразведочных работ;

3) обоснование масштаба поисков (плотности сети), методики отбора и обработки геохимических проб;

4) обоснование методик аналитических работ с указанием чувствительности и точности определения содержаний каждого химического элемента;

5) геологическое и технико-экономическое обоснование объемов полевых, аналитических и камеральных работ, особое внимание должно быть обращено на выбор наиболее информативных геохимических параметров и методику их расчета, возможность применения ЭВМ и других способов ускорения и автоматизации обработки геохимических материалов:

6) организация полевых, аналитических и камеральных работ, включая обоснование выделения предполагаемых производственных подразделений, районов и участков работ, мест расположения лабораторий, способов и объемов транспортировки людей и грузов, календарного плана работ и мероприятий по технике безопасности;

7) потребность в аппаратуре и оборудовании, специальных реактивах и материалах;

8) содержание отчетных материалов с указанием сроков их исполнения.

Производственно-техническая часть проекта должна содержать достаточные для расчета смет данные и служить основным руководством для исполнителей при производстве работ.

§ 3. Методика проектируемых геохимических работ должна соответствовать настоящей инструкции и учитывать цели и условия работ, а также опыт предыдущих исследований по результатам изучения литературных и фондовых ма-

териалов по данному району или смежным с ним с аналогичным геологическим строением, металлогенией и ландшафтно геохимическими условиями.

§ 4. Проведению всех видов площадных геохимических работ в обязательном порядке должно предшествовать районирование по условиям производства геохимических работ на основе учета геолого-геохимических, металлогенических и ландшафтно-геохимических особенностей площади проектируемых работ, а также ее геохимической изученности.

§ 5. При необходимости проектом работ предусматривается производство опытно-методических исследований в объемах, достаточных для уточнения методики площадных геохимических работ. Целью опытно-методических работ должно быть выявление геохимически и экономически наиболее эффективных видов геохимических работ или их комплексов для данного района и отдельных его участков, различающихся геологическими и ландшафтно-геохимическими особенностями, а также получение опытных данных о целесообразных направлениях поисковых профилей, оптимальной глубине и способе отбора геохимических проб. При проектировании должны учитываться требования к содержанию опытно-методических работ, предусмотренные специальными разделами настоящей инструкции по каждому виду геохимических работ.

§ 6. Не допускается проектирование геохимических поисков в масштабах более мелких, чем масштабы проводимых с ними одновременно или ранее проведенных геологических съемок и поисков на той же площади.

§ 7. В сложных условиях масштаб геохимических работ может проектироваться крупнее масштаба проводимых одновременно геологосъемочных или поисковых работ, но в пределах масштабов, допускаемых для данной подстадии (стадии) утвержденными Министерством геологии СССР методическими указаниями, и с расчетом обеспечения завершения геохимических работ до окончания других работ соответствующей подстадии (стадии) геологоразведочного процесса.

§ 8. Проектирование и проведение площадных геохимических работ, опережающих на одну и более подстадию геологическую съемку соответствующего масштаба, не допускается.

§ 9. На подстадии региональных геофизических работ масштаба 1 : 200 000 целесообразно проектировать геохимические работы для выявления региональных геологических структур и получение их общей геохимической характеристики с целью повышения достоверности геологической интерпретации геофизических материалов. Для этого может применяться различное геохимическое опробование, но в большинстве случаев наиболее эффективным оказывается проведение литохимических поисков по потокам и вторичным ореолам рассеяния, а иногда также атмо- и гидрохимических поисков.

§ 10. В случаях, если данная подстадия геологоразведочного процесса проектируется на несколько сезонов, геохимические работы следует проектировать в максимальном объеме на первый сезон при условии обеспечения тесной их увязки с геологическими наблюдениями. Геохимические поиски по потокам рассеяния целесообразно при этом сочетать со шлиховым опробованием, а гидрохимические — с гидрогеологическими съемками соответствующего масштаба.

§ 11. Для предварительной проверки и оценки выявленных перспективных геохимических аномалий проектом работ должны быть предусмотрены необходимые объекты поверхностных горных выработок (канавы, мелкие шурфы и неглубокие буровые скважины). Проходка тяжелых горных выработок бу-

ровых скважин для проверки геохимических аномалий, как правило, может проектироваться только начиная с подстадии поисково-оценочных работ. Отступление от этого правила в особых случаях допускается только с разрешения компетентных организаций Министерства геологии СССР.

§ 12. В зависимости от ожидаемого типа оруденения для проверки выявленных аномалий проектом предусматривается определенная последовательность работ с учетом конкретных геологических и ландшафтно-геохимических условий района.

Для выделения наиболее перспективных геохимических аномалий рекомендуется следующий порядок работ:

1) геологическое и ландшафтно-геохимическое изучение участка выявленной аномалии;

2) расчет параметров выявленных геохимических аномалий для установления их интенсивности, размеров и строения;

3) интерпретация полученных результатов для оценки возможных прогнозных ресурсов оруденения, обусловившего данную геохимическую аномалию;

4) вскрытие предполагаемого оруденения или его первичных ореолов поверхностными горными выработками.

§ 13. Геохимические работы должны проектироваться таким образом, чтобы весь цикл работ, включая проверку геохимических аномалий поверхностными горными выработками, был завершен в минимально короткий срок в ту же подстадию геологоразведочного процесса, чтобы к моменту составления проектов на следующую подстадию была обеспечена основа для выбора перспективных площадей для постановки на них более детальных работ. Проведение геохимических работ детальности последующей подстадии для оценки выявленных геохимических аномалий допустимо только после завершения предварительной оценки таких аномалий на всей территории работ и может предусматриваться проектом лишь при обеспечении этого условия.

§ 14. Проектируемое топографо-геодезическое обеспечение геохимических работ должно предусматривать сохранение на местности точек привязки профилей геохимического опробования на длительный срок.

При комплексировании геохимических и геофизических работ целесообразно их проведение по одной и той же сети наблюдений, имея в виду последующее сопоставление получаемых результатов, а также использование однажды разбиваемой топографической сети для нескольких видов работ.

§ 15. Последовательность проведения геохимических и геофизических работ при их комплексировании зависит от условий работ и геологического строения исследуемого участка. Обычно при мелкомасштабных работах в первую очередь проводятся аэрогеофизические и аэрогеохимические поиски, а затем региональные литохимические поиски по потокам рассеяния. При более детальных работах геофизические методы чаще используются для определения рудоконтролирующих структур скрытого оруденения, прямые признаки которого (первичные ореолы) устанавливаются геохимическими методами.

§ 16. Для интерпретации выявляемых геохимических аномалий часто бывает недостаточно сведений, получаемых при геологической съемке, поэтому в проекте следует предусмотреть специальные геологические и минералого-геохимические работы, необходимые для всесторонней оценки геолого-структурного положения и вещественного состава геохимических аномалий (ореолов).

§ 17. При составлении проекта работ необходимо иметь в виду целесооб-

разность организации при значительных объемах геохимических работ самостоятельных геохимических отрядов и партий. Организация полевой спектральной лаборатории целесообразна при годовом объеме работ свыше 25 000 проб, работе в удаленных и труднодоступных районах, а также при проведении глубинных геохимических поисков в сочетании с буровыми работами, когда требуется особенно оперативное получение результатов. При некоторых особых условиях (изучение наложенных и гидрохимических ореолов, необходимость обогащения проб и т. п.) полевые аналитические лаборатории необходимы при любых объемах работ.

§ 18. Анализы геохимических проб и предварительную обработку результатов необходимо проводить в процессе производства поисков с целью обеспечения оперативной корректировки направления и объемов как геохимических, так и других видов геологоразведочных работ, а также скорейшей оценки рудоносности площади поисков.

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ ГЕОХИМИЧЕСКИХ РАБОТ ПО СТАДИЯМ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНОГО ПРОЦЕССА

§ 19. Требования к содержанию геохимических работ определяются их местом в рациональном комплексе геологоразведочных работ. Для каждой стадии геологоразведочного процесса на основе учета результатов прогнозно-металлогенических исследований, конкретного типа известных или предполагаемых рудных объектов, геологического строения и ландшафтно-геохимических условий выбирается оптимальный комплекс геохимических и других методов геологоразведочных работ, обеспечивающих выполнение задач определенной стадии геологоразведочного процесса. На всех стадиях разведки степень использования геохимических методов определяется в основном их информативностью для конкретного объекта разведки. При этом следует иметь в виду, что, как правило, экономически оправдано применение геохимических методов во всех случаях, когда благодаря этому может быть достигнуто сокращение объема дорогостоящих горных выработок и буровых скважин.

Определение содержания геохимических работ для каждой стадии и подстадии геологоразведочного процесса производится в соответствии с требованиями и рекомендациями § 20—38 настоящей инструкции.

§ 20. На стадии «Региональные геологосъемочные и геофизические работы» должна быть получена общая геохимическая характеристика территории. На этой же стадии выполняется районирование территории по условиям проведения геохимических поисков с учетом ландшафтно-геохимических и геолого-геоморфологических критериев, уточняются методические приемы и определяются наиболее эффективные для данной территории методы геохимических поисков. Главной целью геохимических работ на этой стадии является выделение перспективных площадей с обязательной количественной оценкой прогнозных ресурсов (категории P_2 и P_3) для постановки поисковых работ последующих стадий геологоразведочного процесса.

§ 21. На подстадии «Региональные геофизические работы масштаба 1 : 200 000» рекомендуется для успешного решения задачи геологической интерпретации геофизических данных производить литохимическое опробование горных пород на участках геофизических аномалий. Возможное в этом случае установление геохимических поисковых признаков месторождений полезных ископаемых может иметь важное значение для направления всех последующих работ.

§ 22. На подстадии «Региональная геологическая съемка масштаба 1 : 200 000 с составлением региональных площадных карт», а также при геологическом доизучении ранее закартированных в масштабе 1 : 200 000 площадей применение геохимических методов, как это и предусматривается утвержденными Министерством геологии СССР Методическими указаниями, должно иметь основными целями расшифровку геологического строения территории и осуществление сопутствующих съемке поисковых работ. Для решения этих задач производятся районирование территорий геологической съемки по условиям геохимических поисков на ландшафтной основе и литохимические поиски в масштабе 1 : 200 000, предпочтительно по потокам рассеяния путем опробования аллювиальных отложений современной гидросети. При необходимости в закрытых районах могут проводиться биогеохимические, атмохимические и гидрохимические поиски того же масштаба.

Площадные литохимические поиски масштаба 1:200 000 по вторичным ореолам рассеяния проводятся только на тех площадях, где поиски по потокам рассеяния не эффективны. Общая задача данной подстадии — выделение площадей для постановки дальнейших более детальных геологосъемочных, а в отдельных случаях и непосредственно поисковых работ — в полной мере относится и к геохимическим работам. В результате геохимических исследований на этой подстадии должны быть получены все необходимые данные для проектирования и проведения более детальных геохимических работ.

В районах с особо сложным геологическим строением методическими указаниями, утвержденными Министерством геологии СССР, допускается проведение на этой подстадии геологической съемки масштаба 1:100 000. Очевидно, что это относится и к геохимическим работам, масштабы которых должны соответствовать масштабам геологической съемки.

На основе анализа параметров, выявленных на данной подстадии геохимических аномалий с учетом результатов других видов геологоразведочных работ, обязательной является количественная оценка прогнозных ресурсов категории P_3, как ресурсов потенциально перспективных площадей районов и рудных полей, в пределах которых на основании благоприятных стратиграфических, литологических, тектонических предпосылок, выявленных при производстве в оцениваемом районе геологической съемки масштабов 1 : 200 000 и 1 : 100 000, прогнозно-металлогенических, региональных и геофизических исследований возможно выявление новых месторождений. Подсчет прогнозных ресурсов категории P_3 производится согласно указаниям и по формулам § 211 настоящей инструкции.

§ 23. Геохимические поиски на подстадии «Геологическая съемка масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000) с составлением крупномасштабных карт» базируются на результатах геохимических работ предыдущей стадии. В случае, если такие работы не были выполнены своевременно или же были выполнены на неудовлетворительном методическом уровне, необходимые (§ 22) для проведения геохимических поисков масштаба 1 : 50 000 данные должны быть получены в начальный период работ.

В результате работ данной подстадии утвержденные Министерством геологии СССР методические указания требуют установления поисковых критериев и выделения перспективных площадей для постановки поисковых работ. Основными геохимическими методами решения этих задач должно быть выявление вторичных литохимических ореолов и потоков рассеяния. Реже на данной подстадии и, как правило, на ограниченных площадях проводятся литохимические

поиски по первичным ореолам (геолого-геохимическое профилирование), а также атмохимические, биогеохимические и гидрохимические поиски для выявления скрытых на глубине рудных месторождений. В определенных геологических и ландшафтно-геохимических условиях целесообразны иногда комплексные работы одновременно несколькими геохимическими методами.

Рекомендуются следующие варианты проведения геохимических поисков на данной подстадии.

1. В горных активно денудируемых районах, а также в слабо расчлененных открытых складчатых районах аридной зоны с покровом элювио-делювиальных образований (Казахстан, Южный Урал, горные районы Сибири, Забайкалья, Дальнего Востока и Северо-Востока) геохимические поиски проводят литохимическими методами, путем выявления вторичных остаточных ореолов, а также потоков рассеяния месторождений.

2. В слабо расчлененных складчатых районах гумидной зоны с повышенной мощностью элювио-делювиальных образований литохимические поиски в масштабе 1 : 50 000 следует сочетать с гидрохимическими поисками (Средний Урал, Западная Сибирь и т. п.).

3. В закрытых районах с покровом рыхлых аллохтонных отложений мощностью до 100 м (в отдельных случаях и до 200 м) для выявления скрытых рудных месторождений целесообразно сочетание литохимических, гидрохимических и атмохимических поисков путем выявления вторичных наложенных литохимических (солевых), газовых и биогеохимических ореолов рассеяния (Северный Казахстан, Тургайский прогиб, Южный Урал, Украинский кристаллический массив, Воронежская антеклиза, Кольский п-ов, Южная Карелия). До начала геохимических поисков масштаба 1 : 50 000 в таких районах обязательно проведение специальных геологических и геофизических исследований для районирования территории по мощности рыхлого чехла, перекрывающего рудоносный субстрат. В закрытых районах аридной зоны с покровом дальнеприносных отложений, не превышающим возможную глубину проникновения корневой системы растений, иногда целесообразно на данной подстадии проведение биогеохимических поисков в масштабе 1 : 50 000. Выявленные на поверхности чехла наиболее перспективные литохимические, гидрохимические, атмохимические и биогеохимические аномалии целесообразно детализировать теми же методами, а также путем проведения глубинных литохимических поисков уже на данной подстадии работ.

В случае проведения при сложном геологическом строении геологосъемочных работ в масштабе 1 : 25 000 в том же масштабе проводятся и геохимические поиски.

На данной подстадии геологоразведочных работ особое внимание должно быть уделено получению представительного опытно-методического материала по корреляции вторичных ореолов рассеяния и первичных ореолов рудных месторождений, которые необходимы для обоснованного проектирования геохимических работ на последующих стадиях и подстадиях.

При положительных результатах геохимических работ данной подстадии, когда установлено, что выявленные геохимические аномалии связаны с промышленным оруденением, является обязательным подсчет прогнозных ресурсов категории P_2 новых месторождений, наличие которых основывается помимо геохимических данных на положительной оценке выявленных проявлений полезного ископаемого геологическими и геофизическими методами. При этом для оценки масштабов предполагаемых месторождений, суждений о форме и размерах тел полезного

ископаемого, его качества используется аналогия с известными месторождениями того же промышленного типа, со сходными геохимическими параметрами. Подсчет прогнозных ресурсов категории P_2 производится согласно указаниям и по формулам § 211 настоящей инструкции. Прогнозные ресурсы категории P_2 являются основой для проектирования детальных поисков, а также поисково-оценочных работ.

§ 24. Подстадия «Глубинное геологическое картирование с прогнозированием полезных ископаемых» сопровождается геохимическим опробованием керна буровых скважин в целях выявления вторичных погребенных ореолов рассеяния и первичных ореолов рудных месторождений.

При поисках месторождений в кристаллическом фундаменте, если в основании чехла осадочных горных пород залегает водоносный горизонт, гидравлически связанный с трещинными водами фундамента, а также при поисках экзогенных месторождений в породах чехла следует проводить глубинные гидрохимические поиски путем опробования глубоких подземных и межпластовых вод в буровых скважинах (некоторые районы Рудного Алтая, Северного Казахстана. Средней Азии, Украины). Проведение этих работ обязательно сочетают с литохимическим опробованием керна скважин.

При отсутствии древних кор выветривания и водоносного горизонта в основании чехла геохимические поиски проводят по первичным ореолам путем литохимического опробования керна поисковых скважин, углубленных в породы складчатого основания, и сочетают его с гидрохимическим опробованием трещинных вод.

Геохимические поиски на этой подстадии должны проводиться в едином комплексе с геофизическими работами и картировочным бурением. Первостепенное значение на этой подстадии имеет всестороннее изучение первичных ореолов. Сеть буровых скважин на этой подстадии работ обычно относительно редкая и вероятность прямого подсечения скважиной оруденения или интенсивной части его первичного ореола невелика, поэтому особенное значение приобретают различные методы усиления ореолов, применение которых на этой подстадии геологосъемочных работ является обязательным. Хорошие результаты дают методы мультипликации ореолов и анализ различных фракций геохимических проб (в основном тяжелых). В результате геохимических работ на этой подстадии должны быть получены данные, достаточные для проектирования специальных глубинных литохимических поисков или обоснованного прекращения работ.

При положительных результатах геохимических работ подсчет прогнозных ресурсов категории $P_2 — P_3$ на данной подстадии является обязательным и должен производиться согласно с условиями и требованиями § 23 настоящей инструкции.

§ 25. К началу второй стадии геологоразведочного процесса «Поиски месторождений полезных ископаемых» геохимические поиски масштаба 1:50 000 должны быть закончены с подсчетом по геохимическим данным прогнозных ресурсов предполагаемых рудных месторождений по категории P_2. Однако на практике возможна организация поисковых работ на основе геологического картирования прошлых лет, когда региональные геохимические поиски не проводились совсем, проводились в недостаточном объеме или методически неверно. В подобных ситуациях при решении вопроса о применении тех или иных геохимических методов поисков необходимо учитывать степень геохимической изу-

ченности района до начала работ конкретной стадии или подстадии, руководствуясь требованиями настоящей инструкции.

При этом на подстадиях общих и детальных поисков обязателен подсчет или уточнение прогнозных ресурсов категории P_2, а на подстадии поисково-оценочных работ категории P_1. Обоснованием геологических прогнозных ресурсов категории P_1, помимо геохимических параметров, должны служить также представления о формационном типе месторождения, его генезисе, геологической экстраполяции имеющихся по наиболее изученной части месторождения данных о форме и строении тел полезных ископаемых, его качестве, структурно-тектонических особенностях, литологических и стратиграфических предпосылках, определяющих площади и глубины распространения промышленной рудоносности. Подсчет геологических прогнозных ресурсов категории P_1 по геохимическим параметрам производится по формулам и согласно указаниям § 104, 106 и 107 настоящей инструкции.

§ 26. На подстадии «Общие поиски с выделением перспективных площадей и определением прогнозных ресурсов», согласно утвержденным Министерством геологии СССР методическим указаниям, геохимические работы должны способствовать успешному решению задачи оценки перспектив опоискованной территории на выявление сырья с определением прогнозных ресурсов и выделением конкретных площадей и участков для детальных поисков.

Если геохимическая изученность территории поисков к началу работ соответствует требованиям настоящей инструкции, то геохимические работы на данной подстадии начинаются с проверки и всестороннего изучения геохимических аномалий, выявленных на предыдущей стадии геологоразведочных работ. При этом выделяются участки, требующие детализации геохимических поисков, уточняется методика их проведения и очередность работ. На крупных рудопроявлениях и аномалиях уже по материалам литохимических поисков масштабов 1 : 200 000—1 : 50 000 (1 : 25 000) геохимические методы должны быть использованы для оценки прогнозных ресурсов руд (см. § 211, 213).

В более сложных случаях для такой оценки на данной подстадии должны быть выполнены на участках выявленных рудопроявлений и аномалий геохимические поиски масштаба 1 : 10 000 (1 : 5 000), а при необходимости на небольших участках и в более крупном масштабе.

На данной подстадии является обязательным геохимическое опробование буровых скважин и горных выработок, которое в первую очередь осуществляется методом первичных литохимических ореолов, а также доступными в конкретных условиях другими геохимическими методами.

Если геохимическая изученность территории поисков к началу работ данной подстадии не соответствует требованиям настоящей инструкции, основной задачей геохимических работ должно явиться достижение такой изученности. Если перспективность района работ доказана другими методами, площадные геохимические поиски масштаба 1 : 200 000 могут не проводиться, что не исключает обязательности районирования территории по условиям проведения геохимических поисков и допускает непосредственное выполнение площадных литохимических поисков масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000).

В первую очередь такие геохимические поиски проводятся на тех площадях, где выявлены рудопроявления или получены какие-либо данные об их рудоносности, после этого — на прилегающих к ним участках, а затем и на остальной территории района поисков. Все другие геохимические работы данной

подстадии выполняются только после полного завершения площадных геохимических поисков масштаба 1 : 50 000. При несоблюдении этого требования возможны грубые ошибки в определении первоочередных участков проведения более детальных поисковых работ. На данной подстадии поисков должны быть выделены все участки, заслуживающие проведения на них более детальных геологоразведочных работ, а при прогнозной оценке ресурсов минерального сырья (категория P_1) полностью использованы геохимические данные.

§ 27. На подстадии «Детальные поиски с определением ресурсов на конкретных участках», которая имеет целью оценку перспектив изученных площадей и участков с выделением проявлений минерального сырья, заслуживающих дальнейшей оценки, а также оценку прогнозных ресурсов минерального сырья на перспективных площадях, геохимические работы обязательны. Поскольку поисковые работы данной подстадии проводятся с применением значительных объемов дорогостоящих буровых и горных работ, необходимо особенно тщательное выполнение опережающих и сопровождающих детальных геохимических исследований. Буровые и горные работы должны проводиться, как правило, на участках, полностью охарактеризованных детальными геохимическими исследованиями. Если такой характеристики не было получено ранее, необходимы оперативные меры для ее получения в кратчайший срок.

На данной подстадии в любых геологических и ландшафтно-геохимических условиях решающую роль играют литохимические методы поисков. В зависимости от геологических и ландшафтно-геохимических условий площади поисков применяется либо метод литохимических поисков по вторичным ореолам, либо литохимический метод поисков по первичным ореолам оруденения. Для повышения надежности интерпретации гипергенных литохимических аномалий следует в полной мере применять методику оценки уровня их эрозионного среза на основе зональности первичных ореолов. Для усиления адекватности суммированных вторичных и первичных ореолов при выборе мультипликативного коэффициента зональности следует использовать наименее подвижные в зоне гипергенеза элементы-индикаторы. Масштаб литохимических поисков на данной подстадии зависит от геолого-структурных особенностей площади поисков и в первую очередь определяется размерами объектов поисков (рудных тел). Применяются масштабы от 1:10 000 до 1:5 000, реже крупнее. При этом, как и на предыдущей подстадии, литохимическому опробованию в обязательном порядке подвергаются все горные выработки и керн всех буровых скважин с целью выявления возможных первичных ореолов оруденения.

§ 28. На подстадии «Поисково-оценочные работы с оценкой выявленных проявлений», которая имеет конечной целью выделение объектов под предварительную разведку с определением прогнозных ресурсов и частично запасов категории C_2, применение геохимических методов является одним из требований к основному содержанию работ. На данной подстадии геохимические работы проводятся исключительно литохимическими методами. Литохимическое опробование производится в основном по керну буровых скважин и горным выработкам и направлено главным образом на выявление и изучение первичных ореолов рудных тел. Важнейшее значение имеет оперативность в получении результатов геохимического опробования, которое во многих случаях позволяет своевременно корректировать направление поисково-оценочных работ и часто существенно сокращает первоначально запланированный для оценки объем горных и буровых работ. Использование особенностей состава и строения

(зональность) литохимических ореолов оруденения повышает также степень обоснованности подсчета прогнозных ресурсов.

Утвержденными Методическими указаниями о стадийности геологоразведочного процесса предусмотрены и такие случаи, когда поисково-оценочные работы могут ставиться на проявлениях полезных ископаемых, выявленных ранее, или по заявкам первооткрывателей без проведения других подстадий поисков. Применение геохимических методов в таких случаях требует опережающих опытно-методических работ по установлению параметров фонового распределения основных элементов-индикаторов оцениваемого оруденения в коренных породах и рыхлых отложениях и определения оптимальной глубины пробоотбора при целесообразности постановки литохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния. Цель этих работ — обеспечение надежности планомерных геохимических поисков на рудопроявлении и в пределах прилегающих площадей по первичным и вторичным литохимическим ореолам рассеяния элементов-индикаторов. Литохимическое опробование керна буровых скважин и горных выработок осуществляется одновременно с их бурением или проходкой.

§ 29. На стадии «Предварительная разведка», целью которой является выяснение геологической структуры, формы и условий залегания месторождения, а также количества и качества запасов и технологических свойств полезного ископаемого по месторождению (шахтному полю) в целом, применение геохимических методов способствует уточнению структуры, формы и условий залегания рудных тел, а также определению количества и качества полезного ископаемого в невскрытых (экстраполируемых или интерполируемых) частях месторождения. Проходка поверхностных горных выработок должна осуществляться с учетом строения и морфологии первичных ореолов (или адекватных им вторичных ореолов рассеяния), выявленных при поисково-оценочных работах.

Если геохимические исследования таких ореолов своевременно не проводились, то необходимо завершить их до начала массовой проходки горных выработок, совмещая геохимическое опробование с работами по уточнению геологической карты месторождения. Во всех вновь проходимых поверхностных горных выработках должно быть произведено геохимическое опробование коренных пород для уточнения строения и уровня среза первичных ореолов с целью корректировки объемов и направления разведочных выработок. Особое значение на этой стадии работ приобретает оперативность опробования, которая может быть обеспечена активным внедрением ядерно-физической аппаратуры для определения широкого круга химических элементов в буровых скважинах и горных выработках.

При выборе оптимальной системы разведочных работ часто возникают затруднения в определении формы сложных, неправильных рудных залежей и неоправданно затрачиваются средства на разведку мелких ответвлений и апофиз. В таких случаях знание морфологии и строения первичных ореолов позволяет уверенно выделить главную часть залежи, а также существенно повысить надежность увязки рудных подсечений при оконтуривании рудных тел.

Основным результатом рассматриваемой стадии разведки должна быть хотя и предварительная, но достаточно надежная оценка всего разведываемого месторождения с подсчетом запасов полезного ископаемого по категориям C_1 и C_2. Надежность оценки запаса категории C_2 в существенной степени определяется геологической (в том числе геохимической) изученностью месторож-

дения. При этом значительная глубинность метода первичных ореолов дает возможность устанавливать наличие или отсутствие слепого оруденения, а также иногда и степень его интенсивности на глубину до нескольких сотен метров. Анализ особенностей продольной зональности первичных ореолов позволяет во многих случаях однозначно решить вопрос о склонении так называемых рудных столбов (обогащенных частей) в плоскости рудного тела и тем самым избежать возможных ошибок при оценке запасов полезного ископаемого.

§ 30. На стадии «Детальная разведка», когда уточняются представления о структуре месторождения, выясняются формы и условия залегания полезного ископаемого, геохимические методы должны применяться при решении следующих задач:

— ревизии геологоразведочных работ, проведенных на предыдущих стадиях;

— оценки перспектив рудоносности за пределами горных выработок и буровых скважин;

— выявления слепых рудных тел;

— корректировки направления разведочных работ.

Большинство месторождений, прошедших стадию предварительной разведки, но требующих по той или иной причине переоценки, разведывались в период, когда метод первичных литохимических ореолов не применялся. Есть примеры, когда постановка на таких месторождениях геохимических работ позволила их переоценить на основании выявления новых слепых рудных залежей, что, учитывая низкую стоимость ревизионных геохимических исследований, позволяет считать их обязательными при переоценке ранее разведанных месторождений.

Оценка перспектив месторождения за пределами пройденных горных выработок и буровых скважин необходима для обоснования экстраполяции запасов полезных ископаемых. В этом случае решаются две самостоятельные задачи: оценка флангов разведанного месторождения и определение перспектив его рудоносности на глубину.

Для оценки флангов месторождения прежде всего необходима детализация площадного геохимического опробования на участках, прилегающих к оконтуривающим месторождение горным выработкам. Если такая детализация проведена ранее, необходима повторная интерпретация выявленных здесь аномалий с учетом уточнения геохимических параметров, которое обычно достигается в ходе геохимических работ, сопровождающих разведку. Большое значение для оценки рудоносности флангов имеет анализ характера продольной зональности первичных ореолов в направлении оцениваемого фланга.

Оценка перспектив рудоносности на глубину в основном сводится к определению того, какая часть рудной залежи — верхняя, средняя или нижняя — вскрыта разведочными выработками, на основе анализа вертикальной зональности первичных ореолов. Следует подчеркнуть, что значительные затраты, связанные с детальной разведкой, требуют высокой степени надежности прогноза оруденения на глубину. Вследствие этого на стадии детальной разведки особенно необходима тесная увязка геохимических исследований с геофизическими работами, детальными геолого-структурными наблюдениями и минералогическим изучением форм нахождения элементов-индикаторов.

Геохимическое опробование горных выработок и буровых скважин, пройденных при детальной разведке, позволяет выявлять первичные ореолы не

только известных рудных тел, но и неизвестных, слепых рудных залежей, залегающих рядом или глубже. Геохимическое опробование горных выработок и керна буровых скважин позволяет существенно увеличить эффективный радиус их действия благодаря обнаружению первичных ореолов близлежащих рудных тел, поэтому метод первичных ореолов должен использоваться для корректировки направления разведочных работ путем оперативного опробования горных выработок и керна буровых скважин.

Особого внимания заслуживают вопросы комплексирования геохимических и геофизических работ для выявления скрытого оруденения. Слепые рудные тела, залегающие на разных глубинах, иногда отчетливо фиксируются аномалиями поляризуемости. При наличии на глубине слепых рудных тел сульфидного состава методом ВЭЗ ВП отчетливо фиксируется увеличение поляризуемости пород с глубиной. Следовательно, используя особенности распределения элементов-индикаторов первичных ореолов оруденения, можно определить тип ожидаемой на глубине минерализации и уровень геохимической аномалии относительно оруденения, а с помощью электроразведочных методов — существенно уточнить ее оценку, так как по данным геофизических методов могут быть высказаны суждения о примерных масштабах оруденения, а также глубине его распространения.

§ 31. Утвержденные Министерством геологии СССР Методические указания предусматривают применение различных систем разведки для пяти основных морфологических групп месторождений: 1) крупных пластовых и пластообразных; 2) представленных массивами, штокверками и крупными залежами различных форм; 3) представленных жилами и линзами; 4) сложенных трубообразными телами и ветвящимися залежами; 5) сложенных мелкими линзами, жилами и пропластками, трубками, «гнездами», «карманами» и т. п.

Такая группировка в основном соответствует и особенностям применения геохимических методов, за исключением сингенетичных осадочных месторождений (первая группа), при разведке которых применение метода первичных ореолов проводится по специальной методике, находящейся пока в стадии разработки.

При проектировании и проведении геохимических работ на стадии детальной разведки следует руководствоваться § 32—36 настоящей инструкции, в которых, применительно к отдельным морфологическим группам конкретизируются требования к содержанию и задачам геохимических работ.

Методика применения геохимических методов существенным образом определяется характером залегания рудных тел — пологим, близким к вертикальному или наклонным. В последних двух случаях условия применения геохимических методов аналогичны таковым для жильных месторождений. Для крупных, средних и мелких пологозалегающих пластовых и пластообразных рудоносных залежей эти условия принципиально не отличаются и поэтому рассматриваются в § 32 совместно.

§ 32. Первичные ореолы пологозалегающих месторождений резко вытянуты в плоскости рудных тел, а по вертикали, как правило, имеют ограниченное распространение, что для целей детальной разведки имеет первостепенное практическое значение. Над пологозалегающими рудными телами в первичных ореолах более четко проявляются элементы основных компонентов руд, а максимальная интенсивность их ореолов устанавливается в интервалах рудных тел. В связи с этим при разведке следует в первую очередь вскрывать

эпицентры геохимических аномалий основных рудных элементов, так как ореолы других элементов-индикаторов могут быть сдвинуты по отношению к рудным телам в соответствии с зональностью их распределения. Ограниченная глубинность выявления субгоризонтальных рудных тел по их первичным ореолам предопределяет широкое применение в этом случае специальных методов усиления ореолов путем их суммирования, применения анализа тяжелых фракций и т. п.

Использование первичных ореолов позволяет существенно повысить эффективность и снизить стоимость буровой разведки рудных тел субгоризонтального залегания. Значительные размеры ореолов в плоскости рудных тел создают благоприятные условия для выделения перспективных участков первоначально с помощью бурения скважин по редкой сети. Выделенные таким образом участки перспективных первичных ореолов оруденения разбуриваются по более густой сети на ограниченных площадях.

§ 33. Месторождения, представленные массивами, штокверками и крупными залежами различных форм, сопровождаются особенно интенсивными, протяженными и контрастными первичными ореолами, форма которых повторяет в несколько сглаженных очертаниях форму рудных залежей. Применение геохимических методов при разведке подобных месторождений весьма эффективно благодаря отчетливой вертикальной зональности их первичных ореолов.

§ 34. Детальная разведка рудных жил и линз, имеющих правильную форму, производится в основном буровыми скважинами. Применение геохимических методов в этом случае позволяет уменьшить количество контрольных горных выработок, проходимых с целью проверки отсутствия значительных пережимов оруденения, так как такие пережимы хорошо фиксируются по строению первичных ореолов. Асимметрия зональности первичных ореолов часто позволяет определять направление падения рудных тел.

§ 35. Месторождения, представленные трубообразными телами и ветвящимися залежами, детально разведываются горными выработками в сочетании с буровыми скважинами, а особо сложные залежи — только горными выработками. Метод первичных ореолов в этом случае не только позволяет устанавливать уровень ореола относительно оруденения, но и дает обоснование для разрежения сети горных выработок, благодаря получению достаточно достоверных сведений о характере изменения формы и элементов залегания рудных тел. Экономия достигается также и за счет того, что отпадает необходимость проходки горных выработок для разведки участков локальных и мелких изменений морфологии рудного тела. При интерпретации первичных ореолов месторождений данной морфологической группы использование мультипликативных параметров обязательно, так как это позволяет резко повысить достоверность рекомендации по направлению работ, что особенно важно на стадии детальной разведки, связанной с проходкой дорогостоящих горных выработок.

§ 36. Месторождения, сложенные мелкими линзами, жилами и пропластками, трубками, «гнездами», «карманами» и т. п., утвержденные Министерством геологии СССР Методические указания предписывают не подвергать детальной разведке до начала эксплуатации ввиду чрезмерно больших удельных затрат на их разведку. Если на предыдущих стадиях геологоразведочных работ геохимические исследования были проведены в полном

объеме, то это предписание Методических указаний в полной мере относится и к геохимическим работам.

Однако на практике приходится часто сталкиваться с тем, что геохимические исследования к моменту окончания предварительной разведки проведены в недостаточном объеме или совсем не проводились. В таких условиях следует до утверждения проекта эксплуатационных работ провести детальное геохимическое опробование всех пройденных на месторождении горных выработок и имеющегося керна буровых скважин с тщательной интерпретацией получаемых данных. В итоге проведения таких исследований возможно получение трех вариантов результатов: 1) представления о распределении оруденения и его запасах останутся без существенных изменений; 2) удастся выявить новые пункты локализации оруденения, т. е. увеличить прогнозные ресурсы месторождения, расширить его контуры по флангам и (или) на глубину, но представления о рудораспределении останутся неизменными; 3) будут уверенно выявлены геологически обоснованные закономерности распределения оруденения, позволяющие трактовать месторождение как единое рудное тело или зону, удельные затраты на детальную разведку которого экономически оправданы. Наиболее эффективны результаты геохимических исследований в третьем варианте, когда появляется возможность перевода месторождений в группу менее сложных.

В тех же случаях, когда месторождение подобного морфологического типа не содержит особо ценных компонентов, оправдывающих риск эксплуатации без детальной разведки, изменение с помощью геохимических методов представлений о его морфологии может повлечь за собой вовлечение в народное хозяйство дополнительного горнорудного объекта. Подобные результаты достигаются благодаря изучению первичных ореолов оруденения, когда удается выявить более равномерное рудораспределение, иногда установить и рудоконтролирующие и оконтуривающие геологические структуры, часто малозаметные при визуальных наблюдениях в монотонных толщах осадочных и особенно метаморфических горных пород.

§ 37. На стадии «Разведка эксплуатируемого месторождения в пределах горного отвода» условия применения геохимических методов остаются такими же, как и на предыдущей стадии детальной разведки, но с использованием при интерпретации геохимических аномалий результатов отработки на эксплуатационных участках. Разведке пространственно изолированных участков рудного поля должен предшествовать (если он не был проведен ранее) комплекс литохимических поисков, обязательный для подстадии поисково-оценочных работ и стадии предварительной разведки.

§ 38. Стадия «Эксплуатационная разведка» начинается при подготовке месторождения к отработке с проходкой капитальных, горноподготовительных и нарезных выработок и сопровождает разработку месторождения до ее окончания, имея целью предельно возможное уточнение контуров тел полезного ископаемого и его качества, а также горнотехнических условий отработки. Применение геохимических методов на этой стадии разведки эффективно для корректировки направления разведочных работ. При применении метода первичных ореолов, когда имеются эталонные разрезы ореолов с данными эксплуатации, представляется возможность замены части разведочных горных выработок подземными буровыми скважинами. В особенности это относится к раз-

ведочным выработкам типа квершлагов и рассечек, проходимых вкрест простирания рудных залежей.

Как правило, на начальных этапах эксплуатации месторождения развертывается крупное строительство наземных производственных и жилых помещений, что требует специального внимания к проверке участков строительства на безрудность и особенно в отношении оруденения, скрытого на глубине. Использование для этого результатов изучения зональности первичных ореолов позволяет установить возможную глубину скрытого оруденения и ограничить проверку участка строительства на безрудность бурением меньшего числа контрольных скважин.

Геохимические данные по мере пополнения и детализации в ходе эксплуатационной разведки должны обобщаться для использования их при поисках и разведке аналогичных месторождений. Экономическая эффективность получения и распространения подобной информации значительна, если учесть масштабы геологоразведочных работ в нашей стране.

ЛИТОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ

Литохимические методы поисков по первичным ореолам

1. Условия применения

§ 39. Литохимический метод поисков по первичным ореолам основан на выявлении и использовании в качестве поисковых признаков геохимических аномалий, сингенетичных с месторождениями полезных ископаемых. Поиски по первичным ореолам осуществляются путем систематического опробования горных пород, вмещающих месторождения. Особенности распределения элементов-индикаторов оруденения в первичных ореолах учитываются на всех стадиях геологоразведочного процесса.

§ 40. На стадии региональных геологических и геофизических работ выполняются опытно-методические работы с целью получения представительных данных о связи первичных и вторичных литохимических ореолов для обоснованного использования закономерностей состава и строения первичных ореолов при интерпретации вторичных литохимических ореолов как на этой, так и на последующих стадиях геологоразведочного процесса. При геологическом картировании коренных горных пород и особенно на подстадии глубинного геологического картирования попутно в геологических маршрутах производится геохимическое опробование коренных пород с целью выявления и интерпретации первичных ореолов месторождений полезных ископаемых.

§ 41. На стадии поисков месторождений полезных ископаемых метод поисков по первичным ореолам находит широкое применение в комплексе с методом поисков по вторичным ореолам (геолого-геохимическое профилирование) уже на подстадии общих поисков и имеет первостепенное значение на подстадиях детальных поисков и поисково-оценочных работ. На этой стадии особенности первичных ореолов привлекаются как для интерпретации аномалий, выявленных в результате непосредственного опробования коренных рудовмещающих пород, так и для интерпретации адекватных первичным ореолам вторичных литохимических ореолов рассеяния элементов-индикаторов.

§ 42. Методика поисков месторождений полезных ископаемых по их первичным ореолам в существенной степени определяется масштабом работ,

а также степенью обнаженности участков поисков, мощностью и характером рыхлых отложений.

§ 43. На подстадии общих поисков основной задачей работ по первичным ореолам является обеспечение надежности полной интерпретации выявленных литохимических ореолов. Производится определение формационной природы оруденения (состава руд, типа полезного ископаемого), установление уровня их эрозионного среза (наличие слепого оруденения), элементов залегания рудных тел и предполагаемого масштаба оруденения. На этой подстадии особенности первичных ореолов используются при интерпретации вторичных ореолов рассеяния в пределах площадей, где коренные рудовмещающие породы полностью или частично перекрыты автохтонными рыхлыми образованиями, в которых развиты литохимические вторичные (остаточные) аномалии.

В пределах закрытых площадей, где коренные рудовмещающие породы перекрыты аллохтонными (дальнеприносными) отложениями значительной мощности и поиски проводятся по наложенным ореолам рассеяния элементов-индикаторов, первичные ореолы используются в процессе вскрытия наложенных ореолов (скважинами, шурфами и др.), когда производится обязательное опробование коренных пород, выявление и интерпретация развитых в них первичных ореолов.

§ 44. На подстадиях детальных поисков и поисково-оценочных работ первичные ореолы используются для уточнения уровня эрозионного среза и пространственного положения предполагаемого оруденения и определения прогнозных ресурсов полезного ископаемого. На этих подстадиях в пределах перспективных участков с хорошей обнаженностью проводится площадное геохимическое опробование коренных пород по профилям, ориентированным вкрест простирания известных или предполагаемых рудных зон. Рекомендуемая сеть опробования на подстадии детальных поисков 100×10 м (масштаб 1 : 10 000) и в отдельных случаях 50×10 м (масштаб 1 : 5000). На подстадии поисково-оценочных работ сеть опробования может быть сгущена до 20×5 м (масштаб 1 : 2000).

§ 45. В районах с частичной обнаженностью площадному опробованию подвергаются рыхлые отложения. Коренные породы в этих условиях опробуются при детализации выявленных гипергенных аномалий как по естественным, так и искусственным обнажениям (канавы, шурфы и др.).

§ 46. На всех подстадиях геологоразведочных работ геохимическому опробованию подвергаются все без исключения горные выработки и керн буровых скважин.

§ 47. При проверке геохимических аномалий проходка тяжелых горных выработок (глубоких шурфов и скважин, штолен и т. п.) до завершения геохимического опробования коренных пород, включая интерпретацию первичных ореолов, не разрешается. До очередного сгущения сети поисков должна быть завершена интерпретация геохимического опробования выработок и скважин, пройденных по более редкой сети с целью уточнения на этой основе направления дальнейших работ.

§ 48. На стадиях предварительной и детальной разведки, разведки эксплуатируемого месторождения в пределах горного отвода и эксплуатационной разведки с помощью первичных ореолов решаются следующие задачи: оценка перспектив рудоносности на глубину и на флангах рудопроявлений и месторождений, подлежащих разведке, поиски слепого оруденения, корректировка направления разведочных работ, а также уточнение морфологических особен-

ностей разведываемых рудных тел путем широкого использования при увязке рудных подсечений особенностей состава и строения первичных ореолов.

§ 49. Проведение геохимического опробования коренных пород по естественным и искусственным обнажениям до начала работ стадии детальной разведки является обязательным, так как такое опробование позволяет существенно уточнить оценку перспектив рудоносности месторождений и рудопроявлений.

§ 50. Геохимическое опробование горных выработок и буровых скважин, пройденных при разведке известных рудоносных зон, позволяет не только оценить их перспективы на глубину, но и выявить ореолы, связанные с неизвестными слепыми рудными телами, залегающими рядом или же глубже, благодаря чему существенно увеличивается радиус информативного действия горных выработок и буровых скважин.

§ 51. Использование первичных ореолов позволяет существенно повысить эффективность буровых работ при поисках и разведке рудных тел субгоризонтального залегания. Значительные размеры ореолов в плоскости рудных тел создают благоприятные условия для выделения с помощью бурения по относительно редкой сети скважин участков, перспективных на слепое оруденение. При этом в разряд перспективных относятся не только участки, где бурением вскрыто оруденение, но и участки, где по результатам геохимического опробования выявлены только геохимические аномалии данного типа оруденения и в пределах которых сгущение сети буровых работ может привести к обнаружению рудных тел.

2. Опытно-методические работы

§ 52. Опытно-методическими работами по изучению первичных ореолов решаются следующие основные задачи:

1) установление комплекса элементов, которые образуют первичные ореолы вокруг рудных тел типоморфных для района поисков месторождений и могут быть использованы в качестве их индикаторов;

2) определение величины геохимического фона каждого из элементов-индикаторов, развитых в районе рудовмещающих пород;

3) выявление ширины и по возможности вертикальной протяженности ореолов для различных элементов-индикаторов;

4) установление ряда вертикальной (осевой) зональности первичных ореолов и характера поперечной и продольной зональности;

5) выявление коэффициентов зональности, наиболее эффективных для интерпретации первичных ореолов;

6) установление закономерных связей параметров месторождений (рудных тел) и их первичных ореолов с целью выявления геохимических критериев оценки вероятного масштаба оруденения.

§ 53. При выборе участков проведения опытно-методических работ предпочтение отдается тем из них, где известны типичные для района работ месторождения с хорошо разведанными рудными телами. Наиболее благоприятные результаты при изучении первичных ореолов дает опробование горных выработок и буровых скважин, которые расположены в одном разрезе и пересекают рудное тело на различных уровнях. Это позволяет построить вертикальные разрезы ореолов различных элементов и оценить одновременно их размеры.

Опробуемые интервалы выработок и скважин должны выходить по возможности за границы зон гидротермально-измененных пород, окаймляющих рудные тела.

§ 54. Установление элементов-индикаторов производят путем:

а) изучения имеющихся результатов химических и спектральных анализов штуфных, бороздовых и технологических проб, отобранных в рудных телах в процессе разведочных и эксплуатационных работ;

б) построения графиков, а также планов и разрезов, характеризующих распределение химических элементов в коренных породах;

в) анализа и сопоставления полученных данных с результатами изучения первичных ореолов аналогичных месторождений.

§ 55. Геохимический фон для элементов-индикаторов определяют согласно приемам, изложенным в § 238—246, отдельно для каждого типа пород, имеющего значительное распространение на изучаемой площади.

§ 56. Для составления рядов зональности элементов-индикаторов и выбора на этой основе оптимальных коэффициентов геохимической зональности предложен ряд методов, один из которых описан в приложении 26.

§ 57. На основе рядов элементов-индикаторов осевой зональности определяются наиболее важные из них для оценки уровня среза геохимических аномалий. В общем случае такими будут элементы, максимально удаленные друг от друга в рядах зональности, поскольку отношение параметров ореолов подобных пар и групп элементов характеризуется значительным градиентом по вертикали, а следовательно, и высокой степенью надежности их практического применения.

§ 58. В случае установления в рядах зональности нескольких максимумов накопления одного и того же элемента необходимо обратить особое внимание на изучение минеральной зональности, так как подобное явление обычно связано с наличием нескольких форм нахождения одного и того же элемента в близких количествах. В сульфидсодержащих гидротермальных месторождениях подобные явления особенно характерны для меди, мышьяка, олова и вольфрама.

3. Отбор проб

§ 59. Первичные геохимические ореолы изучаются путем опробования рудовмещающих пород по серии заранее выбранных разрезов или профилей, обычно ориентированных вкрест простирания рудолокализующих структур.

§ 60. Отбор проб в горных выработках, из керна буровых скважин и на естественных обнажениях производят методом пунктирной борозды путем точечной отбойки восьми—десяти мелких кусочков (сколков) размером не более 3—4 см в поперечнике примерно на одинаковом расстоянии друг от друга. Отобранные кусочки объединяют в одну пробу по каждому интервалу. Если в пределах опробуемого интервала имеет место смена пород, то каждая разновидность породы должна быть охарактеризована отдельной пробой. Материал тектонических трещин, встречающихся по профилю опробования или вблизи него, а также жилы и прожилки опробуют отдельно.

§ 61. Интервал опробования составляет 5—10 м. При изучении первичных ореолов опробование коренных пород на поверхности, в горных выработках и в керне скважин по возможности должно быть сплошным (пробы должны примыкать непосредственно одна к другой).

§ 62. При неудовлетворительном выходе керна или бескерновом бурении в процессе проходки скважины геохимическое опробование можно проводить по шламу и буровой мути. Пробу шлама отбирают ежесменно или по рейсам. При необходимости шлам нескольких рейсов объединяют в одну пробу. Масса пробы шлама не должна превышать 150—200 г. При большей массе пробу после сушки подвергают квартованию до требуемой массы.

§ 63. В случае опробования шлама при бурении с промывкой глинистым раствором необходимо учитывать возможность заражения пробы химическими элементами, содержащимися в промывочной жидкости, а также разубоживания содержаний элемента в шламе за счет глины. Поэтому предварительно следует проанализировать глинистый материал, идущий на приготовление бурового раствора.

§ 64. В случае бурения скважин с промывкой может иметь место отставание в выносе шлама от забоя к устью скважины, что необходимо учитывать при графическом изображении данных опробования и их интерпретации.

§ 65. Отбор проб коренных пород обязательно сопровождается геологической документацией, включающей подробную характеристику литологического состава интервала опробования, особенностей и элементов залегания коренных пород, степени их трещиноватости и обводненности, проявлений и степени интенсивности рудной и гипергенной минерализации, гидротермально-метасоматических изменений и др. Образец полевой книжки для документации приведен в прил. 14 и 15.

4. Обработка проб

§ 66. Обработку проб производят по следующим последовательным операциям:

а) измельчение в лабораторных щековых дробилках до крупности менее 5 мм;

б) измельчение на валках до крупности менее 1 мм;

в) перемешивание по способу кольца и конуса и сокращение квартованием до 50—100 г;

г) механическое истирание оквартованной навески на вибрационных и других истирателях.

Растертую часть пробы направляют на анализ.

§ 67. Пробы, отобранные для исследования минерального состава первичных ореолов, в частности для отбора мономинеральных фракций, обрабатываются по специальным схемам, выбираемым в соответствии с конкретными задачами работ.

§ 68. Дробильные агрегаты и истиратели после обработки каждой пробы тщательно очищают. Особое внимание следует уделять очистке дробильных агрегатов после обработки проб, отобранных из рудных интервалов. Такие пробы (с надписью «рудные») следует группировать и измельчать в одно время, после чего в дробилку и валки пропускают «пустую» породу с фоновыми содержаниями определяемых элементов. После окончания обработки рудных проб дробилку, валки, стаканы, в которых производят истирание проб, очищают особо тщательно (продувкой сжатым воздухом, чисткой металлическими щетками, протиранием мокрыми тряпками и т. д.).

Чтобы избежать заражения проб элементами группы железа и другими, составляющими легатуру стальных узлов дробилок, следует либо заменить узлы

из легированной стали на таковые из углеродистой стали, либо установить элементы, которые привносятся во время измельчения проб, и исключить их из числа исследуемых элементов.

§ 69. Дробление и истирание геохимических проб на рудничных дробилках, занятых дроблением рудных проб, и в помещениях, где они установлены, категорически запрещается.

5. Анализ проб

§ 70. Пробы анализируются прежде всего методом приближенно-количественного спектрального анализа на многие элементы, перечисленные в § 170. Некоторые химические элементы, чувствительность определения которых этим методом недостаточна (уран, золото, ртуть, рубидий, иод, фтор), в случае необходимости анализируются другими методами. При изучении некоторых особенностей распределения химических элементов в первичных ореолах иногда применяют методы количественного анализа.

§ 71. В ряде случаев при изучении первичных ореолов пробы необходимо анализировать также на некоторые породообразующие элементы (калий, магний, кальций и др.). Необходимость применения специальных методов и методик анализа на бор, фтор, рубидий, цезий; церий, стронций, тантал, золото, ртуть, ванадий и другие элементы следует рассматривать каждый раз особо, с учетом металлогенических особенностей исследуемого района, а также результатов опытно-методических работ.

§ 72. Учитывая значительную трудоемкость специальных методов анализа проб, следует использовать их только при анализе проб, отобранных в пределах геохимических аномалий, выявленных в результате опережающего экспрессного спектрального анализа всех геохимических проб. Обоснованием для подобной рекомендации являются: а) многокомпонентный характер первичных геохимических ореолов рудных месторождений; б) наличие положительной корреляции между содержаниями элементов-индикаторов; в) тесное совмещение в пространстве ореолов всех элементов-индикаторов данного типа оруденения.

§ 73. При детальных поисковых, разведочных и эксплуатационных работах на широкий круг элементов следует анализировать ограниченное число проб, отобранных с опорных профилей. Большую же часть проб можно анализировать на сокращенное число элементов, в это число включают прежде всего основные элементы-индикаторы типичных для районов работ месторождений.

§ 74. При определении перечня элементов, на которые необходимо анализировать пробы, следует учитывать производительность и чувствительность методов спектрального анализа. В связи с низкой чувствительностью методов определения ряда элементов их ореолы можно оконтуривать лишь в пределах полей высоких концентраций. В том случае, когда эти элементы являются важными индикаторами, в частности индикаторами зональности, определение их содержания в пробах следует проводить методами, обладающими повышенной чувствительностью.

§ 75. В ряде случаев при изучении и практическом применении первичных ореолов с помощью экспрессного спектрального и других методов производится анализ тяжелых фракций геохимических проб, а также мономинеральных проб с целью изучения особенностей распределения элементов-примесей в минералах-индикаторах.

§ 76. Очень важно систематическое и оперативное получение результатов анализа по мере проведения поисковых и разведочных работ. Организацию обработки и анализа проб следует считать нормальной, если, по крайней мере, в поисковых партиях 80 % проб будет проанализировано к концу полевого сезона, а на разведочных и эксплуатационных объектах 100 % проб после завершения проходки соответствующей горной выработки или буровой скважины.

6. Интерпретация и изображение результатов геохимического опробования

§ 77. Результаты опробования коренных пород, выполненного по маршрутам, профилям, керну буровых скважин и горным выработкам, изображают в виде графиков содержаний, построенных методом автоматической распечатки на ЭВМ или вручную.

§ 78. Распределение элементов-индикаторов по результатам площадного опробования целесообразно представлять в виде изоконцентраций на планах поверхности, погоризонтных планах или разрезах, а также в виде полей полиэлементных аномалий (мультипликативных, ассоциаций элементов-индикаторов и др.), построенных с помощью ЭВМ или вручную. Градации для изолиний удобно выделить по порядкам (10, 100 и т. д.). При необходимости могут быть выделены более дробные градации. Если проведение изолиний невозможно (узкие диффузионные ореолы, редкая сеть опробования и т. д.), могут быть применены другие способы изображения данных на планах и разрезах, например построение осей максимумов аномальных полей, и др.

§ 79. Для количественной характеристики осевой (вертикальной для ореолов крутого падения) и продольной зональности рудных тел и первичных ореолов пользуются коэффициентами зональности. В качестве коэффициентов зональности могут служить отношения средних содержаний пар элементов или произведений средних содержаний групп элементов (мультипликативный коэффициент зональности). При этом в числитель помещаются элементы, концентрирующиеся в надрудных (левая часть ряда зональности данной рудной формации, см. прил. 7), а в знаменатель — преимущественно в центральных и подрудных частях первичного ореола (центральная и правая части ряда зональности). Более четко зональность проявляется по отношениям линейных продуктивностей ореолов, поскольку в этом случае помимо содержаний элементов учитывается ширина их первичных ореолов, которая синхронно с содержаниями элементов меняется для различных элементов на разных уровнях рудного тела и ореола.

§ 80. Вычисление линейной продуктивности первичного ореола по определенному сечению (при равноинтервальном опробовании) производят по формуле

$$M = \sum_{i=1}^{n} m_i (C_i - C_\Phi),$$

где m_i — длина интервалов опробования; C_i — содержание элементов в пробах; n — число проб, введенных в подсчет; C_Φ — среднефоновое содержание данного элемента.

§ 81. С помощью мультипликативных коэффициентов выявляется более контрастная зональность (чем выявленная по парным отношениям), причем

эта зональность тем контрастнее, чем выше порядок коэффициента (чем больше число использованных в коэффициенте элементов-индикаторов).

§ 82. При составлении окончательного отчета планы и разрезы, показывающие распределение элементов, целесообразно составлять не для всех химических элементов, определявшихся в пробах, а только для наиболее важных индикаторов рудоносности, особенности распределения которых играют главную роль в оценке геохимических аномалий.

§ 83. Данные анализа единичных проб, взятых вне основной площади поисков, которые не могут быть оформлены в виде планов и разрезов, помещают в отдельные таблицы. Также в виде таблиц оформляют результаты анализа проб, использованных для определения геохимического фона элементов.

§ 84. При интерпретации данных опробования коренных рудовмещающих пород необходимо учитывать следующие наиболее важные особенности первичных ореолов:

— состав элементов-индикаторов первичных геохимических ореолов в основном соответствует элементному составу рудных тел, вокруг которых они образуются;

— размеры первичных ореолов обычно значительно превышают размеры рудных тел, вокруг которых они развиты. Известны первичные ореолы, прослеживающиеся над рудными телами на 1000 м и более;

— при прочих равных условиях наблюдается прямая связь между размерами рудных тел и окаймляющих их первичных ореолов;

— первичные ореолы имеют зональное строение, обусловленное закономерной пространственной дифференциацией в их пределах элементов-индикаторов оруденения;

— зональность первичных ореолов эндогенных месторождений наиболее контрастна в направлении движения рудоносных флюидов (осевая зональность, для ореолов крутого падения — вертикальная);

— осевая зональность первичных ореолов эндогенных месторождений одной или близких по составу рудных формаций является единой (см. прил. 7);

— при совмещении в пространстве проявлений разных рудных формаций образуются полиформационные геохимические аномалии.

§ 85. Оконтуривание первичных геохимических ореолов основывается на сравнении параметров исследованных участков и фона. Для расчета параметров фона и определения на этой основе минимально-аномальных концентраций химических элементов для каждой разности рудовмещающих пород используются результаты геохимического опробования на специально выбранных «фоновых» участках, удаленных от рудных тел и месторождений и не несущих следов проявления рудной минерализации. Расчеты выполняются по методике, указанной в § 238—246.

§ 86. Для выявления более контрастных геохимических ореолов целесообразно строить мультипликативные ореолы групп элементов-индикаторов. Благодаря направленному усилению коррелирующихся полезных сигналов (ореолы) влияние флуктуаций (фон) сводится к минимуму, в связи с чем мультипликативные ореолы проявляют более тесную связь с геолого-структурными особенностями рудных тел и месторождений, что существенно повышает надежность их интерпретации.

§ 87. Мультипликативные аномалии строятся путем перемножения содержаний как всех элементов-индикаторов данного типа оруденения (общие

мультипликативные аномалии), так и различных групп элементов-индикаторов: надрудных, подрудных и т. д. (частные мультипликативные аномалии). В отдельных случаях целесообразно оконтуривание мультипликативных аномалий по величине мультипликативного коэффициента геохимической зональности, рассчитанной по каждой пробе.

§ 88. В случаях, когда из-за недостаточной чувствительности анализа в некоторых пробах значимые содержания тех или иных элементов не обнаружены (предел обнаружения ниже фона), при построении мультипликативных аномалий в порядке исключения допускается условное приравнивание содержания элементов к половине предела обнаружения. Такое приравнивание допустимо только для наиболее информативных элементов и только в случае минимального числа проб без значимых содержаний элемента-индикатора (не более 10 %).

§ 89. Опыт показывает, что в большинстве случаев построение мультипликативных аномалий по данным приближенно-количественного спектрального анализа оказывается достаточным для уверенной интерпретации результатов геохимического опробования. Другие методы усиления первичных ореолов, например методы рационального анализа, анализа тяжелых или иных фракций, применение различных видов количественного анализа, а также специальные анализы на химические элементы, не определяемые приближенно-количественным спектральным анализом, следует применять только в случаях получения неудовлетворительных результатов по данным приближенно-количественного спектрального анализа.

§ 90. В благоприятных условиях, когда установлена тесная пространственная сопряженность и высокая степень соответствия первичных и вторичных литохимических ореолов, представляется возможным, обычно применяя мультипликативные коэффициенты зональности, выделять с помощью критерия зональности первичных ореолов перспективные на слепое и слабоэродированное оруденение гипергенные геохимические аномалии.

§ 91. В тех случаях, когда известна подвижность элементов в гипергенных условиях, имеется возможность выбора малоподвижных элементов, вторичные ореолы которых в большей степени соответствуют первичным и поэтому являются более надежными их индикаторами. Например, в окислительной обстановке зоны гипергенеза большинства полиметаллических месторождений в силикатных породах гипергенная подвижность элементов-индикаторов является выдержанной и выражается следующим обобщенным рядом элементов-индикаторов (подвижность возрастает слева направо): барий — серебро — вольфрам — свинец — висмут — молибден — медь — олово — мышьяк — цинк — никель — кобальт. Очевидно, что вторичные ореолы элементов левой части этого ряда будут в большей степени соответствовать первичным ореолам, особенно в случае мультипликативных аномалий, и их использование в коэффициенте зональности окажется более эффективным.

§ 92. При интерпретации данных геохимического опробования коренных пород в районах, где эталонные месторождения или не известны или геохимически не изучены, для выбора элементов-индикаторов зональности следует пользоваться рядами зональности, приведенными в прил. 7. Для рудных формаций, ряды зональности которых в прил. 7 отсутствуют, можно пользоваться обобщенным рядом зональности первичных ореолов гидротермальных сульфидсодержащих месторождений.

§ 93. Важнейшей задачей интерпретации геохимических аномалий в коренных породах является определение их формационной принадлежности. Для этой цели наряду с геолого-минералогическими признаками используют поперечную зональность первичных ореолов, в частности ряды поперечной зональности (см. прил. 8).

В отличие от осевой зональности, единообразной для различных по составу месторождений, поперечная зональность, вследствие более тесной зависимости от состава руд, специфична для каждого месторождения. Первыми в рядах поперечной зональности, как правило, располагаются элементы — основные промышленно-ценные компоненты руд.

Зависимость ширины ореолов от концентрации элементов в рудах позволяет использовать поперечную зональность в качестве критерия определения вероятного состава (формационного типа) предполагаемого слепого оруденения.

§ 94. Для установления возможной полиформационной природы первичных ореолов помимо прямых геолого-структурных наблюдений может быть использован корреляционный анализ: между содержаниями элементов-индикаторов, типоморфных для разных рудных формаций, часто устанавливается отрицательная корреляционная связь, тогда как в ореолах, связанных с одной рудной формацией, корреляционная связь всегда является положительной.

На полиформационный характер выявленных аномалий может указывать также появление элементов-индикаторов, не свойственных данной рудной формации, а также несоответствие размеров выявленных ореолов тех или иных элементов для месторождений данного минерального состава.

§ 95. В строении мультипликативных ореолов гидротермальных месторождений обычно устанавливается зональность, единая не только качественно, но и количественно, когда адекватные сечения ореолов различных месторождений одной рудной формации характеризуются весьма близкими значениями коэффициентов зональности ореолов, что позволяет использовать их для оценки уровня выявленных ореолов относительно оруденения. Такая оценка возможна не только в пределах известных рудных полей с «эталонными» месторождениями, но и на новых площадях.

§ 96. В тех случаях, когда отсутствуют табулированные значения коэффициента зональности первичных ореолов, для ориентировочной оценки уровня эрозионного среза геохимических аномалий можно использовать эмпирически установленную закономерность увеличения контрастности зональности первичных ореолов гидротермальных сульфидсодержащих месторождений примерно на два порядка (в 100 раз) при повышении порядка мультипликативного коэффициента зональности. Так, коэффициент третьего порядка (с любыми надрудными и подрудными элементами, подобранными в строгом соответствии с обобщенным рядом зональности) будет меняться от надрудных уровней к подрудным в 10^6 раз, от $n \cdot 1000$ (надрудные) до $n \cdot 10^{-3}$ (подрудные). Следует сказать, что при расчете коэффициента средние содержания нормируются через фон. Для коэффициента четвертого порядка верхнерудные сечения будут иметь значения $n \cdot 10^4$, а нижнерудные $n \cdot 10^{-4}$ и т. д.

§ 97. Для определения вероятного направления падения предполагаемого слепого рудного тела может быть использована асимметрия поперечной зональности первичных ореолов, которая возникает благодаря более интенсивному развитию первичных ореолов элементов надрудной группы со стороны висячего бока рудной залежи. При этом следует учитывать, что асимметрия поперечной

зональности может служить надежным индикатором элементов залегания рудного тела только в условиях однородной среды. В тех случаях, когда рудные тела локализованы на контакте различных по составу и физико-химическим свойствам пород, асимметрия поперечной зональности может быть обусловлена и этой причиной, что должно быть принято во внимание при интерпретации геохимических аномалий.

§ 98. При интерпретации эндогенных геохимических аномалий для определения наличия и вероятного направления склонения оруденения по простиранию рудных зон, включающих в себя как рудные тела, так и окаймляющие их первичные ореолы, могут быть использованы особенности продольной зональности. Продольная зональность первичных ореолов отражает направление движения рудоносных растворов в плоскости рудоносных зон и поэтому согласуется с осевой зональностью. При этом в продольном направлении в соответствии со склонением рудных тел происходит дифференциация в распределении элементов-индикаторов, что позволяет использовать асимметрию этой зональности для определения склонения оруденения. Продольная зональность может быть выявлена в проекции как на вертикальную, так и на горизонтальную плоскость. При использовании горизонтальной проекции удается определить склонение рудных тел по результатам площадного геохимического опробования.

§ 99. При определении уровня эрозионного среза аномалий необходимо учитывать, что в случае кулисного расположения сближенных рудных тел могут быть встречены тесно совмещенные в пространстве геохимические ореолы с различной глубиной эрозионного среза. В связи с этим необходим дифференцированный подход к интерпретации геохимических аномалий путем выделения аномалий элементов-индикаторов оруденения раздельно для каждого рудного тела.

§ 100. Определение уровня эрозионного среза рудных зон гидротермальных месторождений, состоящих из ряда кулисно расположенных по вертикали рудных тел, в целом может быть осуществлено с помощью коэффициентов зональности, включающих барий, который обычно образует общий первичный ореол рудной зоны, в целом не реагируя на ее кулисное строение.

§ 101. Для оценки зон рассеянной минерализации могут быть использованы их специфические геохимические особенности, прежде всего отсутствие в строении подобных зон контрастной и выдержанной осевой геохимической зональности, а также низкие значения мультипликативного коэффициента зональности, надежно отличающие зоны рассеянной минерализации от перспективных на слепое и слабо эродированное оруденение первичных ореолов (надрудных и верхнерудных).

§ 102. Оценка масштаба прогнозируемого оруденения (прогнозных ресурсов) по данным геохимического опробования коренных пород является наиболее сложной задачей интерпретации геохимических данных и должна производиться с обязательным учетом конкретных геолого-структурных условий локализации оруденения. Для первоначальной ориентировки в оценке прогнозируемого оруденения могут служить интенсивность и размеры ореолов основных компонентов руд (ширина, протяженность, концентрация), которые в общем случае находятся в прямой зависимости от масштаба оруденения.

§ 103. Подсчет прогнозных ресурсов геохимических аномалий и рудопроявлений по результатам геохимического опробования коренных пород произво-

дится в случаях благоприятной оценки уровня эрозионного среза исследованных участков, выполненной на основе геохимической зональности первичных ореолов.

§ 104. Подсчет прогнозных ресурсов слепого оруденения по параметрам их надрудных первичных ореолов производится по формуле

$$Q = \alpha \frac{1}{40} pH,$$

где α — доля балансовых руд в общих запасах полезного компонента в ореолах; p — продуктивность первичного ореола ($м^2$ %); H — вероятная вертикальная протяженность оруденения данного типа, выбранная по геологическим соображениям.

Величина α для конкретных типов месторождений определяется в результате опытно-методических работ. При отсутствии таких данных можно пользоваться следующими величинами α, полученными для перечисленных ниже типов месторождений: скарново-шеелитовый (W) — 0,5; скарново-полиметаллический (Pb) — 0,3; колчеданно-полиметаллический (Zn) — 0,3; медно-молибденовый (Cu) — 0,8; (Mo) — 0,6; жильный полиметаллический (Pb) — 0,2; жильный золото-кварцевый (Au) — 0,3; жильный золото-серебряный (Au) — 0,3; прожилково-вкрапленный настуран-сульфидный (U) — 0,4.

Опытным путем установлено, что приведенная выше формула дает удовлетворительные результаты при относительно неглубоком залегании слепого оруденения, что обычно фиксируется наличием зон дизъюнктивных нарушений и отчетливо проявленных околорудных изменений, а также так называемых ореолов выноса ряда элементов-индикаторов. В случае более глубокого залегания слепого оруденения (перечисленные выше признаки, как правило, отсутствуют) формула дает заниженные результаты, что должно быть учтено при окончательной оценке геохимических аномалий.

§ 105. Расхождения между цифрами прогнозных ресурсов слепого оруденения и суммой разведанных запасов по категориям $A + B + C_1 + C_2$ менее трехкратных следует считать хорошей точностью оценки прогнозных ресурсов, а в пределах до пятикратных — удовлетворительной.

§ 106. Подсчет прогнозных ресурсов слабо эродированного оруденения (установленного на основе геохимической зональности) производится по формуле

$$Q = \frac{1}{40} p' \cdot 0{,}8H,$$

где p' — продуктивность рудного тела (слабо эродированного); H — вероятная вертикальная протяженность оруденения.

§ 107. Подсчет прогнозных ресурсов рудопроявления, вскрытого эрозией примерно до средних частей оруденения, производится по формуле

$$Q = \frac{1}{40} p' \cdot 0{,}6H,$$

где p' — продуктивность рудного тела, H — вероятная вертикальная протяженность оруденения.

§ 108. Расхождения между цифрами прогнозных ресурсов вскрытого эрозионной поверхностью оруденения (§ 106, 107) и суммой разведанных запасов по категориям $A+B+C_1+C_2$ менее двукратных следует считать хорошей точ-

ностью оценки прогнозных ресурсов, а в пределах до трехкратных — удовлетворительной.

§ 109. Для оценки перспектив рудоносности на глубину рудопроявлений кварц-касситеритовой формации наряду с зональностью первичных ореолов олова и его элементов-спутников может быть использована методика подсчета прогнозных ресурсов олова, основанная на учете особенностей распределения фтора.

Установлено, что для рудных тел, мощность жильного выполнения которых превышает 3,5 м, расчет прогнозных линейных ресурсов олова по разведочным профилям может проводиться по формуле

$$Q_{\text{пр}} = 68{,}5 - 59{,}3K_{\text{р}},$$

где $K_{\text{р}} = \frac{F_{\text{р}}}{F_{\text{ор}}}$; $F_{\text{р}}$ и $F_{\text{ор}}$ —средние содержания фтора в жильном выполнении и околожильных породах.

Для рудных тел, мощность жильного выполнения которых равна 1,0—3,5 м, расчет проводится по той же формуле, но с умножением результата на поправочный коэффициент (Ф), определенный по формуле: $\Phi = 0{,}11 + 0{,}25\ M_{\text{р}}$, где $M_{\text{р}}$ — мощность жильного выполнения.

Для рудных тел, мощность жильного выполнения которых менее 1 м, расчет прогнозных линейных ресурсов олова производится по формуле: $Q = 5{,}0 - 4{,}2\ K_{\text{р}}$.

Рассчитанные прогнозные оценки линейных ресурсов олова распространяются на глубину 100 м.

Литохимические методы поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния

1. Условия применения

§ 110. Поиски рудных месторождений по их вторичным ореолам и потокам рассеяния проводятся путем систематического отбора литохимических проб по определенной сети для выявления вторичных ореолов и по направлениям современных водотоков, рек и ручьев для выявления потоков рассеяния рудных месторождений.

§ 111. Проведение литохимических поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния в природных условиях, допускающих возможность их применения, является обязательным как на стадии региональных геологосъемочных и геофизических работ, так и на стадии поисков месторождений полезных ископаемых. Целесообразность использования этих методов на разведочных стадиях зависит главным образом от степени корреляции вторичных ореолов рассеяния с коренным оруденением и его первичными ореолами. При достаточно высокой степени такой корреляции по данным изучения вторичных ореолов рассеяния могут решаться те же задачи, что и при использовании метода литохимических поисков по первичным ореолам (§ 47—50). Применение литохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния рудных месторождений на стадиях разведки может оказаться необходимым в случаях, когда по тем или иным причинам не были своевременно, до начала разведочных работ, оценены фланги и ближайшие окрестности разведуемого месторождения.

§ 112. Во всех случаях до постановки литохимических поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния должно быть проведено районирование

территории работ по условиям проведения геохимических работ на основе имеющихся ландшафтно-геохимических, геологических, почвенных и других карт. При недостаточности сведений для такого районирования должны быть организованы работы для получения недостающих материалов в порядке, определяемом § 131—137 настоящей инструкции.

§ 113. На подстадии региональных геофизических работ масштаба 1 : 200 000 могут проводиться аэрогеохимические съемки (АГСМ), требования к производству которых здесь не рассматриваются. В целях уточнения геологической интерпретации геофизических данных на этой подстадии могут проводиться литохимические поиски по потокам рассеяния, а также отбор литохимических проб по отдельным профилям геофизических съемок. На данной подстадии желательна организация опытно-методических работ в целях уточнения условий и методики проведения литохимических поисков на следующей подстадии и выяснения сравнительной эффективности различных видов геохимических поисков в конкретных геологических и ландшафтно-геохимических условиях предполагаемых районов работ.

§ 114. На подстадии региональной геологической съемки масштаба 1 : 200 000 с составлением региональных прогнозных карт одновременно проводятся литохимические поиски по ореолам или потокам рассеяния в масштабе 1 : 200 000 или при сложных геологическом строении и (или) ландшафтно-геохимических условиях в масштабе 1 : 100 000.

В горных, хорошо расчлененных рудных районах литохимические поиски на данной подстадии должны проводиться путем исследования потоков рассеяния, с опробованием аллювиальных отложений современной гидросети. В равнинных, слабо расчлененных открытых складчатых районах, с неотчетливо выраженными путями современного стока литохимические поиски следует проводить по вторичным остаточным ореолам рассеяния путем опробования элювио-делювиальных образований.

Главной задачей литохимических поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния на данной подстадии геологоразведочных работ является получение общей геохимической и металлогенической характеристики исследуемого района и выявление площадей для постановки более детальных работ следующей подстадии.

§ 115. Литохимические поиски масштаба 1 : 200 000 проводятся и на площадях, подвергающихся перекартированию в том же масштабе, если это признается необходимым для повышения достоверности и качества геологосъемочных работ или (и) прогнозирования минеральных ресурсов.

§ 116. Следует учитывать, что в закрытых рудных районах со сплошным покровом дальнеприносимых отложений мощностью более 10 м литохимические поиски масштаба 1 : 200 000 позволяют обнаруживать только экзогенные месторождения в отложениях осадочного чехла, если опытно-методическими работами не установлена возможность выявления наложенных ореолов рассеяния погребенных месторождений.

§ 117. Литохимические поиски на подстадии геологической съемки масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000) с составлением крупномасштабных карт проводятся с учетом результатов литохимических поисков масштаба 1 : 200 000 (1 : 100 000). В районах, где установлено наличие промышленного оруденения или доказана их перспективность, литохимические поиски масштаба 1 : 50 000 могут проводиться, минуя стадию работ более мелкого масштаба, основываясь на мате-

риалах районирования территории по условиям проведения геохимических поисков.

В горных, хорошо расчлененных районах, где литохимические поиски ранее не проводились, их следует начинать на данной подстадии с исследования потоков рассеяния в масштабе 1 : 50 000 с последующим переходом к поискам по литохимическим ореолам. При наличии достаточных данных литохимических поисков по потокам рассеяния, полученных ранее, а также в открытых и полузакрытых[1] районах со сглаженным рельефом целесообразно переходить к поискам по вторичным ореолам рассеяния, минуя исследования потоков рассеяния в масштабе 1 : 50 000.

В районах со сплошным покровом дальнеприносных отложений мощностью от 10 до 100 м, редко более, литохимические поиски масштаба 1 : 50 000 возможны с целью обнаружения месторождений, выходящих на поверхность фундамента. Такие поиски должны проводиться по методике, обоснованной опытно-методическими работами (§ 131—137), обеспечивающей выявление вторичных наложенных ореолов рассеяния погребенных месторождений заданного класса крупности.

Главной задачей литохимических работ данной подстадии является выявление участков, перспективных для постановки более детальных работ и получения достаточных материалов для составления карты прогноза полезных ископаемых и расчета прогнозных ресурсов руд (см. § 211).

§ 118. На подстадии глубинного геологического картирования с прогнозированием полезных ископаемых отбор литохимических проб вблизи поверхности имеет ограниченное поисковое значение и может применяться только, если опытно-методическими работами доказана практическая возможность выявления ослабленных остаточных или наложенных вторичных ореолов рассеяния погребенных рудных месторождений. Если надежная фиксация этих ореолов при литохимических поисках доказана, то необходимо принять меры по первоочередному проведению таких поисков на площадях, где проектируется бурение картировочных скважин с целью обеспечения своевременности возможной корректировки по результатам литохимического опробования мест их заложения.

Литохимические поиски с целью выявления первичных или погребенных вторичных ореолов рассеяния рудных месторождений и породах фундамента проводятся на данной подстадии в масштабе не мельче 1 : 50 000, который, как правило, должен быть крупнее масштаба глубинного геологического картирования. Однако, если глубинное геологическое картирование проектируется в масштабе 1 : 25 000, литохимические поиски масштаба 1 : 10 000 ограничиваются участками, непосредственно примыкающими к местам заложения буровых скважин, а на остальной площади проводятся литохимические поиски в масштабе 1 : 25 000. Литохимическое опробование керна картировочных скважин является обязательным и проводится непрерывно по мере их проходки с целью выявления как первичных ореолов, так и адекватных им погребенных вторичных ореолов рассеяния рудных месторождений. Полученные результаты литохимического опробования используются при составлении прогнозно-

[1] Полузакрытыми именуются рудные районы с частым чередованием открытых и закрытых участков, с размерами последних до нескольких квадратных километров при общей «закрытости» территории до 70—75 %.

металлогенических схем фундамента, залегающего под более молодыми образованиями.

§ 119. На стадии поисков месторождений полезных ископаемых производятся работы путем последовательного повышения детальности литохимического опробования на площадях выявленных геохимических аномалий. На подстадии общих поисков с выделением перспективных площадей и определением прогнозных ресурсов литохимические поиски проводятся в масштабе 1 : 10 000 на площадях, ограниченных выявленными ранее литохимическими аномалиями, а также на участках, где обнаружены признаки рудной минерализации другими методами. Для масштаба 1 : 10 000 и крупнее методика литохимических работ определяется степенью обнаженности площадей. При удовлетворительной обнаженности опробуются коренные рудовмещающие породы с целью выявления и оценки первичных ореолов. При неудовлетворительной обнаженности эффективнее опробование рыхлых отложений с целью выявления и оценки вторичных ореолов рассеяния с учетом степени соответствия (корреляции) в данных условиях первичных и вторичных ореолов. Если на предыдущих стадиях не были проведены литохимические поиски масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000), они должны быть в обязательном порядке в кратчайший срок осуществлены на данной подстадии. Основной задачей поисков по литохимическим ореолам на данной подстадии является выделение конкретных участков для проведения поисков с применением горных и буровых работ. Материалы литохимических поисков по первичным и (или) вторичным ореолам рассеяния масштаба 1 : 10 000 должны быть использованы при определении прогнозных ресурсов руд в соответствии с § 211 настоящей инструкции.

§ 120. На подстадии детальных поисков с определением прогнозных ресурсов на конкретных участках литохимические поиски по первичным и (или) вторичным ореолам рассеяния проводятся в масштабах 1 : 10 000—1 : 2000. Масштаб работ выбирается в зависимости от размеров рудных тел и их литохимических (первичных) и вторичных ореолов. Поиски проводятся с обязательным литохимическим опробованием всех горных выработок и керна буровых скважин.

Основными задачами литохимических поисков на данной подстадии является выделение рудопроявлений, заслуживающих дальнейшей оценки, с подсчетом ожидаемых прогнозных ресурсов минерального сырья на перспективных площадях. Решение этих задач возможно только при оценке площади поисков различными методами и полном учете геологических и ландшафтно-геохимических особенностей. На этой подстадии проводятся работы по выявлению скрытого на глубине оруденения на основе анализа строения вторичных ореолов рассеяния, удовлетворительно коррелирующихся с первичными ореолами рудных тел (по первичным ореолам при удовлетворительной обнаженности). На подстадии детальных поисков в закрытых районах на перспективных площадях, выявленных предыдущими работами (наличие вторичных наложенных литохимических и других ореолов погребенных месторождений), рекомендуется постановка глубинных литохимических поисков.

§ 121. На подстадии поисково-оценочных работ производится литохимическое опробование коренных пород по керну буровых скважин и в горных выработках. Основная цель такого опробования — выявление по первичным ореолам скрытого оруденения. Наряду с этим выполняется литохимическое опробо-

вание коренных пород на поверхности и рыхлых отложений для подсчета прогнозных ресурсов руд по параметрам первичных и (или) вторичных ореолов рассеяния за пределами контуров поисково-оценочных буровых скважин и горных выработок.

§ 122. Площадное литохимическое опробование в масштабе 1 : 25 000 и мельче следует проводить попланшетно, в рамках трапеций государственной разграфки соответствующего масштаба. По геологическим, организационным или экономическим соображениям допускается производство таких поисков на $^1/_2$ или $^1/_4$ листа соответствующей разграфки. Литохимическое опробование в масштабе 1 : 10 000, проводимое на участках, превышающих по площади 50 км², должно по возможности выполняться в рамках трапеций государственной разграфки этого масштаба или на $^1/_2$, $^1/_4$ листа. Производство литохимических поисков масштаба 1 : 5000—1 : 2000 в пределах планшетов государственной разграфки является желательным. Постановка литохимических поисков в пределах одного рудного поля на многочисленных мелких разобщенных участках неправильной формы запрещается, если эти работы не являются опытно-методическими.

§ 123. Литохимические поиски по вторичным ореолам и потокам рассеяния производят путем точечного опробования рыхлых отложений по определенной сети на глубине представительного горизонта, в необходимых случаях устанавливаемого опытно-методическими работами.

§ 124. Литохимические поиски по потокам рассеяния в масштабах 1 : 200 000—1 : 50 000 производят путем опробования всей площади по сети маршрутов, густота которых зависит от степени эрозионного расчленения местности и выбранного масштаба работ (табл. 4). Основным условием выбора точек опробования является равномерное распределение их на изучаемой площади. При этом маршруты следует начинать и заканчивать в 100 м выше устьев рек с отбором в концевых точках двух проб на расстоянии 20—30 м.

Таблица 4

Плотность опробования литохимических потоков рассеяния

Масштаб	Сеть		Число проб на 1 км² площади
	Среднее расстояние между опробуемыми руслами, км	Расстояние между точками пробоотбора по руслу, км	
1 : 200 000	2	0,50	1
1 : 100 000	1	0,25	4
1 : 50 000	0,5—0,7	0,05—0,25	8

В зависимости от детальности работ при поисках по потокам рассеяния расстояния между точками отбора проб принимаются от 100 до 500 м.

Размеры потока рассеяния характеризует его длина, т. е. протяженность русла, в пределах которого содержание элемента-индикатора больше или равно его нижнему аномальному значению.

§ 125. Площадное литохимическое опробование рыхлых отложений для выявления ореолов рассеяния должно быть выполнено по сети профилей, соответствующей принятому масштабу работ, при соблюдении требований, указанных в табл. 5. Профили следует ориентировать вкрест господствующему простиранию

рудоконтролирующих структур и рудных зон. При достоверной ориентировке сети опробования вкрест простирания ожидаемых ореолов рассеяния рудных зон для надежного выявления последних расстояние между профилями основной сети не должно превышать 0,9 предполагаемой длины ореола, а расстояние между точками отбора проб — не более половины его предполагаемой ширины. Это обеспечит обнаружение ореола не менее чем одним профилем и двумя аномальными точками, а в 10 % случаев двумя профилями и двумя-тремя аномальными точками.

Таблица 5

Плотность опробования вторичных ореолов рассеяния

Масштаб	Сеть		Число проб на 1 км² площади
	Расстояние между профилями, м	Расстояние между точками пробоотбора, м	
1 : 200 000	2000	200	2—5
1 : 100 000	1000	100	10—20
1 : 50 000	500	50	40
1 : 25 000	250	50—40	80—100
1 : 10 000	100	20—25	500—400
1 : 5000	50	10—20	2000—1000
1 : 2000	25	10	4000

§ 126. Глубинные геохимические поиски с целью оценки выявленных наложенных литохимических, атмохимических, биогеохимических и других аномалий следует производить не менее чем по 2—3 параллельным профилям, пересекающим аномалию в центральной ее части, с расстоянием между ними 1000—250 м, с числом скважин в профиле не менее 3—5 при расстоянии между ними 100—25 м.

§ 127. Допускается оперативное сгущение или разрежение выбранной сети литохимического опробования в процессе исполнения работ в зависимости от геологических условий и полученных результатов, но с сохранением ее равномерности, обеспечивающей объективный характер результатов поисков.

Сверх обязательного минимума проб по заданной сети на местах, представляющих особый интерес с точки зрения нахождения оруденения, может быть произведен отбор дополнительных проб. Необходимое сгущение сети для увязки результатов работ по соседним профилям, уточнения параметров ореола и надежности выбора мест заложения горных выработок и буровых скважин осуществляют путем сокращения расстояний между профилями и уменьшения шага пробоотбора по профилю. Исключение из площади литохимических поисков участков по соображениям их возможной бесперспективности является совершенно недопустимым.

§ 128. При выполнении литохимических поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния следует последовательно увеличивать их детальность на выборочных перспективных площадях, придерживаясь основных масштабов: 1 : 200 000, 1 : 50 000, 1 : 10 000, 1 : 2000. При сложных геологических и ландшафтно-геохимических условиях поиски могут проводиться последовательно в масштабах 1 : 100 000, 1 : 25 000, 1 : 5000.

§ 129. При детальных литохимических поисках по вторичным ореолам рассеяния выбор их масштаба должен производиться при учете размеров, мор-

фологии и генетического типа известных или возможных месторождений и рудопроявлений. При этом отбор проб проводят первоначально по основной более редкой сети с последующей разбивкой дополнительных детализационных, часто более коротких, профилей с меньшим шагом пробоотбора.

На месторождениях пластового, прожилково-вкрапленного, штокверкового и других типов оруденения, характеризующихся значительными размерами рудных выходов, измеряемых многими сотнями метров, при относительно равномерном оруденении детальные литохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния в масштабе 1 : 10 000 в большинстве случаев являются достаточными. На жильных, гнездовых и иных месторождениях, характеризующихся размерами рудных тел по простиранию в пределах десятков и первых сотен метров, неправильной формой и неравномерным оруденением, при детальных литохимических поисках по вторичным ореолам целесообразно применение сети пробоотбора в масштабе 1 : 5000.

§ 130. До постановки литохимических поисков производят предварительное геологическое обследование участка работ с целью выбора или уточнения целесообразного направления профилей поисковой сети. После получения результатов поисков такое же обоснование необходимо для определения мест сгущения точек пробоотбора и геологической оценки выявленных аномалий. Все геологические наблюдения и данные результатов литохимических поисков должны быть привлечены в свою очередь для уточнения геологической карты, используемой в качестве основы для поисков. При детальных литохимических поисках необходимо составлять схематические геологические карты того же масштаба и ландшафтно-геохимические схемы масштаба 1:10 000 с последующим их уточнением в ходе работ.

2. Опытно-методические работы

§ 131. Опытно-методические работы при проведении литохимических поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния имеют целью совершенствование методики таких поисков, повышение их достоверности, информативности и экономической эффективности. Эти работы могут предшествовать литохимическим поискам или осуществляться одновременно с ними, что должно быть определено на этапе проектирования в зависимости от состояния геохимической изученности района поисков.

§ 132. Прежде всего должны быть проведены опытно-методические работы, цель которых — обеспечить достоверность литохимического опробования, что достигается правильным выбором анализируемой фракции материала пробы, размеров сети опробования и глубины пробоотбора (представительного горизонта). Во вторую очередь проводятся опытно-методические работы, которые должны способствовать повышению эффективности интерпретации результатов литохимического опробования, что достигается получением различных геохимических параметров, необходимых для оценки выявляемых геохимических аномалий (величины нормального фона и минимально-аномальных содержаний элементов-индикаторов, степени адекватности первичных и вторичных ореолов, геохимических параметров, определяющих глубину эрозионного среза литохимических ореолов по отношению к оруденению, величину прогнозных ресурсов оруденения).

§ 133. Специальной задачей опытно-методических работ является установление целесообразности и методики комплексирования проектируемых на данной

площади литохимических поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния с другими геохимическими и иными методами поисков.

§ 134. Для решения задач опытно-методических работ используются ландшафтно-геохимические исследования и литохимическое опробование отдельных эталонных или сложных в ландшафтно-геохимическом или геологическом отношении участков территории поисков. Ввиду относительно высокой стоимости опытно-методических работ, как правило, следует ограничивать площади их проведения размерами, обеспечивающими решение поставленных задач в кратчайший срок.

§ 135. Ландшафтно-геохимическое картирование при опытно-методических работах выполняется в случаях, когда неясно влияние ландшафтно-геохимических факторов на вторичные ореолы рассеяния.

§ 136. Ландшафтно-геохимическое картирование проводится по маршрутам с расстоянием 1000—200 м в зависимости от сложности геологического и ландшафтно-геохимического строения участка работ. Частота точек наблюдения по маршруту зависит от частоты смены элементарных ландшафтов. В каждом элементарном ландшафте должны быть 1—2 точки наблюдения и пройден 1 шурф на глубину до 2,0—2,5 м для выявления оптимального горизонта отбора литохимических проб путем изучения и опробования отдельных горизонтов почвенного профиля, современной коры выветривания и континентальных отложений. Опробуются также все водопроявления и изучается растительный покров с определением содержания элементов-индикаторов оруденения в различных видах и частях растений по методике, рекомендуемой в § 293—339.

§ 137. Программой опытно-методических работ при литохимических поисках по вторичным ореолам и потокам рассеяния целесообразно предусматривать решение следующих основных вопросов.

1. Характер развития вторичных остаточных ореолов рассеяния по вертикальному разрезу рыхлых образований, их форма, смещение на горных склонах, изменение параметров ореола с глубиной (M, σ, k и др.).

2. Наличие вторичных наложенных литохимических ореолов рассеяния рудных и сопутствующих им элементов на поверхности дальнеприносных отложений над месторождениями разного масштаба крупности в данных геологических и ландшафтно-геохимических условиях, характер развития этих наложенных ореолов по вертикальному разрезу чехла в зависимости от его мощности, литологического состава отложений и особенностей состава оруденения.

3. Определение величин местных коэффициентов пропорциональности k', $k \geqslant 1{,}0$ между площадной продуктивностью литохимических потоков рассеяния p' м² % и продуктивностью вторичных остаточных ореолов рассеяния p м² %, развитых в том же бассейне денудации, для разных рудных элементов и в различных условиях.

4. Оценка средних величин местных коэффициентов остаточной продуктивности вторичных ореолов рассеяния $\bar{k} \geqslant 1{,}0$ и коэффициентов гипергенного рассеяния $\bar{\sigma}$ м для разных рудных элементов и в различных ландшафтно-геохимических условиях.

5. Возможность оценки уровня эрозионного среза оруденения по вторичным ореолам рассеяния, уточнение оценок прогнозных ресурсов металла по параметрам литохимических потоков и ореолов рассеяния и сопоставление этих оценок с цифрами разведанных запасов и т. п.

Изучение вторичных ореолов требует опробования рыхлых отложений в

плане и по вертикальным разрезам, закладываемым по направлению уклона рельефа, а при отсутствии уклона — вкрест простирания рудных тел, с проходкой горных выработок с интервалом 10—20 м на полную мощность рыхлых отложений и отбором проб по вертикали с интервалом 10—20 см в горных выработках и не более 0,5—1 м в буровых скважинах. Разрезы следует начинать несколько выше рудных тел и продолжать вниз по уклону до окончания ореола рассеяния (в случае дефлюкционных рыхлых отложений — до подножия склонов).

Потоки рассеяния изучаются по направлению переноса материала с отбором проб через интервал около 100 м с расчетом прослеживания полной длины потока рассеяния (рис. 7). Отбор проб производится на поверхности или, если имеются основания полагать, что опробование на глубине дает лучшие результаты, на двух или нескольких отметках, до глубины 0,3—0,5 м. В случае необходимости организуется опробование потока рассеяния в плане.

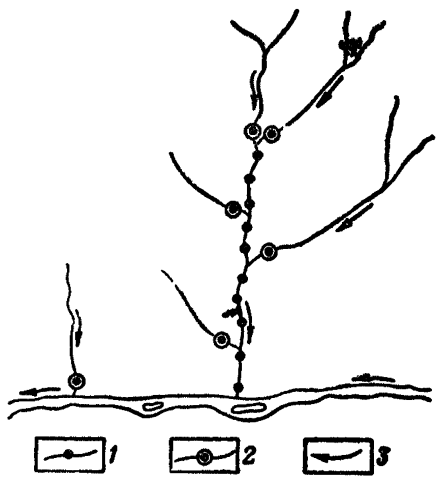

Рис. 7. Схема опробования потоков рассеяния.

1 — рядовые пробы; *2* — двойные (концевые) пробы; *3* — направление стока

Оптимальные размеры и число участков опытно-методического литохимического опробования определяются природными условиями района работ, масштабами и задачами проектируемых литохимических поисков на определенной стадии или подстадии геологоразведочного процесса. Объем опытно-методического литохимического опробования, как правило, не должен превышать 10 % от объема литохимического опробования проектируемых литохимических поисков. Затраты на опытно-методические работы (полевой и камеральный периоды) определяются прямым сметным расчетом.

3. Отбор проб

§ 138. При минимальных объеме и массе литохимическая проба должна достоверно отображать среднее содержание химических элементов на участке ее отбора. Пробы отбираются из наиболее представительного горизонта развития вторичных ореолов, но при этом глубина, с которой производят отбор проб, должна быть по возможности минимальной, обеспечивающей высокую экономическую производительность литохимических поисков без ущерба для их эффективности.

§ 139. При литохимических поисках по потокам рассеяния в пробу отбирается илисто-глинистая или песчанистая фракция аллювиальных отложений с поверхности либо с глубин до 60 см и более в пределах сухой части русла временного или постоянного водотока, либо с его дна в зависимости от местных природных условий, что определяется опытно-методическими работами.

Широкие заболоченные долины с неясно выраженным руслом следует опробовать двумя параллельными маршрутами по бортам. При этом по каждому из маршрутов одновременно опробуют все боковые притоки и конусы выноса.

§ 140. При литохимических поисках по открытым остаточным ореолам рассеяния в пробу должна быть отобрана мелкая песчано-глинистая фракция элювио-делювиальных образований с глубины 15—20 см под растительным слоем.

В районах преобладания ослабленных у поверхности и погребенных вторичных остаточных ореолов рассеяния пробы следует отбирать из горизонта надежного и максимально широкого их развития (представительного горизонта). В складчатых районах гумидной зоны с мощным покровом элювио-делювиальных образований при замедленной денудации представительный горизонт может, в частности, совпадать с верхним гумусированным горизонтом почвенного профиля (открытые ореолы) или иллювиальным горизонтом на глубине 0,5—0,8 м от поверхности (закрытые, выщелоченные у поверхности ореолы). Если в условиях гумидной зоны часть наиболее легко мигрирующих элементов выщелочена, а другая часть элементов, устойчивая к процессам выщелачивания, образует открытые ореолы, то глубина опробования должна соответствовать глубине представительного горизонта элементов, являющихся главным объектом поисков.

§ 141. Следует учитывать, что образование открытых, т. е. развитых на поверхности, вторичных ореолов рассеяния в первую очередь определяется не мощностью рыхлого покрова, а его генезисом. Рыхлые образования элювио-делювиального генезиса любой мощности (современные или древние коры выветривания), развитые на поверхности рудовмещающих пород, не являются помехой для проведения литохимических поисков: вторичные остаточные ореолы рассеяния обнаруживаются в них непосредственно на поверхности или небольшой глубине (0,5—1,2 м). Напротив, аллохтонные (дальнеприносные) отложения даже небольшой мощности могут экранировать вторичные остаточные ореолы рассеяния.

§ 142. При литохимических поисках по вторичным наложенным ореолам рассеяния в закрытых рудных районах пробоотбор ведется с глубины, установленной и обоснованной опытно-методическими работами.

§ 143. В условиях аккумулятивных равнин с покровом аллохтонных аллювиально-пролювиальных, эоловых, озерно-лагунных, морских, ледниковых и других дальнеприносных отложений при поисках по погребенным остаточным ореолам рассеяния глубина представительного горизонта соответствует полной мощности молодых осадков, перекрывающих рудоносные формации, и совпадает с глубиной кровли древней коры выветривания. Глубинные литохимические поиски по вторичным остаточным ореолам рассеяния в таких районах могут быть произведены только после районирования территории с учетом геолого-структурного положения, мощности и состава перекрывающих отложений.

§ 144. Глубинные литохимические поиски по погребенным остаточным ореолам рассеяния проводят путем опробования керна буровых скважин на глубине представительного горизонта. Их выполняют, как правило, только на особо перспективных площадях. В пределах территории, выделенной под глубинные поиски, целесообразно первоначально разредить сеть пробоотбора, а иногда и временно исключить из контура буровых работ участки с особенно большой глубиной залегания представительного горизонта впредь до получения результатов по остальной части территории.

§ 145. Отбор проб с глубины до 25—40 см из копушей производят с помощью лопаты или легкой двусторонней кайлы-мотыги саперного типа. При

глубине пробоотбора 0,5—1,0 м наряду с копушами используют ручные буры и специальные пробоотборники, при глубине от 2—3 до 20—50 м применяют вибрационное или шнековое бурение, от 50 до 100—150 м — самоходные установки колонкового бурения с гидровыносом керна. В состав работ при этом входит: 1) достижение тем или иным орудием проходки необходимой глубины пробоотбора; 2) взятие пробы; 3) сокращение пробы до достаточной массы; 4) упаковка пробы; 5) документация опробования в полевых дневниках и журналах; 6) укладка пробы в упаковочную тару.

§ 146. *Масса отбираемой пробы должна обеспечить получение из нее при* последующей обработке (см. § 156—169) выхода заданной фракции в количестве не менее 25 г, а при поисках по наложенным ореолам, золотометрических съемках и в других необходимых случаях — не менее 100 г.

§ 147. Пробы отбирают в мешочки размером 10—20 см² из светлой прочной материи с пришитыми к ним в верхней половине завязками. На нижней половине мешочка заранее должен быть надписан крупно чернильным карандашом, а лучше типографской краской порядковый номер. В каждой партии (отряде) не должно быть одновременно двух мешочков, имеющих одинаковый порядковый номер. Не рекомендуется применение мешочков без номеров и использование для написания адреса пробы бумажных этикеток из-за их непрочности.

§ 148. Отбор проб по профилю следует производить в порядке возрастающей нумерации мешочков, в строгой последовательности. Перед выходом на работу отряд получает от ст. техника мешочки, подобранные в порядке номеров пачками по 100 шт. в каждой, в количестве, заведомо превышающем возможную дневную выработку отряда. При отборе проб техник должен периодически сверять записи в полевой книжке с номером мешочка и номером пикета. Собранные пробы ежедневно необходимо доставлять в лагерь партии, где производят их обработку. Оставление проб на профиле до следующего дня недопустимо.

§ 149. Полевую документацию пробоотбора следует производить в стандартной полевой книжке обязательно одновременно с отбором проб. Полевая книжка является основным документом и должна соответствовать образцу, приведенному в прил. 14 и 15.

§ 150. Одновременно с отбором проб исполнитель ведет в полевой книжке абрис профиля (кроки), отмечая элементы ситуации, определяющие местоположение точек отбора проб, геологическую обстановку и геоморфологические особенности местности. При поисках по потокам рассеяния основой абриса служит схема местной гидросети, в случае поисков по прямолинейным маршрутам — линия профиля, дополненная наблюдениями в стороне на половину расстояния между профилями или в пределах видимости. В абрис заносят дороги, речки и другие водотоки, горные выработки, особенности рельефа, элементы залегания, контакты и состав горных пород, тектонические нарушения, мощность и состав опробуемых рыхлых отложений, места находок рудных свалов, наблюдаемые или возможные геохимические барьеры, линии контактов различных геохимических ландшафтов и другие геолого-геохимические особенности территории, наблюдаемые по линии профиля литохимических поисков.

Абрис ведут глазомерно в масштабе, при котором ширина одной строчки в полевой книжке равна шагу по профилю. Привязку точек отбора проб к элементам ситуации производят с помощью горного компаса и определения расстояний шагами или на глаз; на абрисе указывают положение магнитного

меридиана. Дополнительные записи, поясняющие абрис, заносят в полевую книжку в форме примечания. При глубинных поисках каждую отбираемую пробу контролирует техник с точки зрения ее принадлежности к представительному горизонту для опоискования. В конце рабочего дня техник обязан записать итоговое число проб и подписать полевую книжку, свидетельствуя своей подписью правильность сделанных в ней записей.

§ 151. Все записи в полевой книжке должны вестись простым черным карандашом. Записи химическим карандашом и чернилами запрещаются. Зарисовки по абрису могут выполняться не химическими цветными карандашами.

В полевых книжках категорически запрещаются всякого рода подчистки и стирания резинкой сделанных записей, заклеивание или вырывание страниц. Вычеркивание записи разрешается только тонкой чертой с подписью ответственного исполнителя работ.

Все записи, сделанные в поле, начальник партии (отряда) должен систематически проверять и подписывать, а также контролировать не реже одного раза в неделю правильность отбора проб непосредственно на местности с документацией такого контроля в специальной или личной полевой книжке.

§ 152. Пройденные за день маршруты пробоотбора наносят на сводную карту (схему) с указанием даты и номера полевой книжки. При поисках по потокам рассеяния сводная схема должна выполняться по подробной выкопировке с топокарты временной и постоянной гидросети участка.

Если в партии работает несколько отрядов по отбору проб, целесообразно такие схемы наносить различными цветными карандашами, присвоив каждому отряду свой цвет, что исключает случайные пропуски отрезков профилей и облегчает обоснованное размещение повторно-контрольных наблюдений. Заполненные целиком полевые книжки снабжают оглавлением. На последней странице делают заверенную печатью партии запись о числе листов в книжке. Заполненные полевые книжки подлежат хранению наравне с основными фактическими материалами геологоразведочных работ.

§ 153. Обнаруженные в процессе литохимических поисков рудные свалы, коренные выходы оруденения и древние отвалы подвергаются штуфному опробованию. Пробу снабжают подробной этикеткой с указанием наименования партии, места и даты взятия пробы, а также ее минерального состава. Для отбора проб нужно иметь в резерве несколько мешочков, которые рекомендуют делать из материала другого цвета в отличие от мешочков для проб литохимических поисков. Подробную запись о взятии штуфной пробы заносят в полевую книжку, а место взятия пробы отмечают в абрисе.

§ 154. При опробовании участков, на которых были проведены разведочные работы (канавы, шурфы и т. п.), следует обращать особое внимание на отбор проб из природных, не нарушенных и не загрязненных отвалами рыхлых отложений. В случае невозможности удовлетворения этого условия участок профиля (или русла), занятый отвалами, хвостами обогатительной фабрики и т. п., следует исключать из площади поисков с отметкой об этом в полевой книжке и абрисе.

§ 155. При наличии препятствий для отбора проб в намеченной точке можно отступить от нее по профилю на величину до 1/10 расстояния между точками и в сторону от профиля до 1/10 расстояния между профилями с отметкой об этом в полевой книжке.

4. Обработка проб

§ 156. Обработку проб необходимо производить в строгом соответствии с единой технологической схемой, определяющей состав работ по обработке литохимических проб (рис. 8). Все операции по обработке проб, как правило, производятся на базе партии (отряда) в кратчайший срок после их отбора.

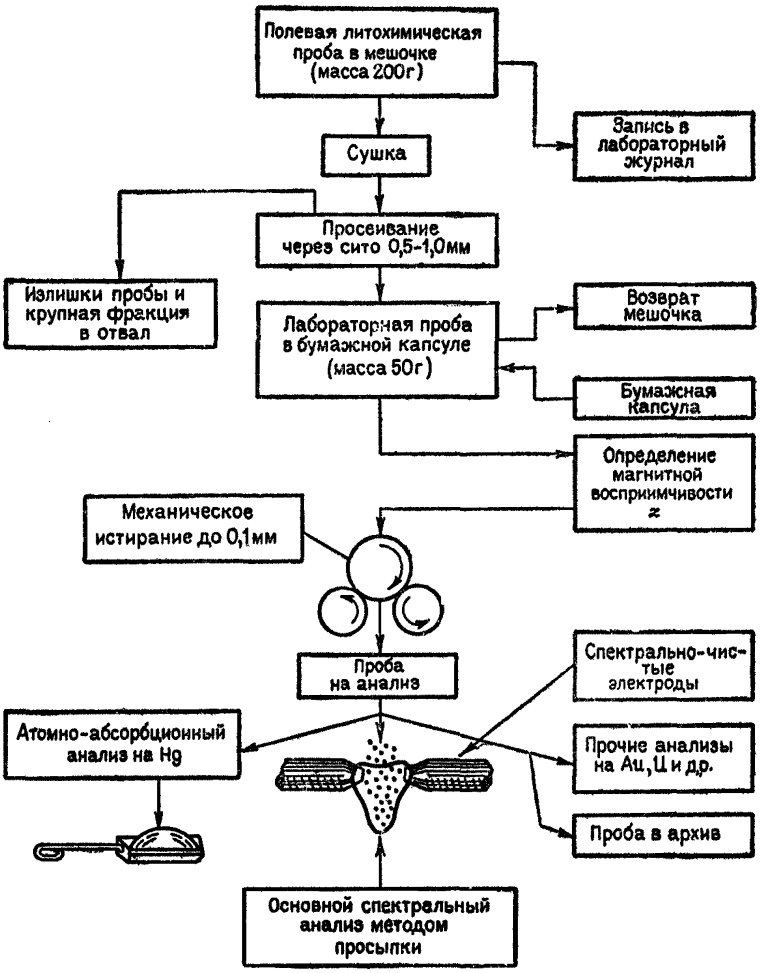

Рис. 8. Схема обработки и анализа литохимической пробы

§ 157. При значительном удалении базы партии и лаборатории от места отбора проб и возникающих затруднениях с их доставкой первичная обработка проб должна быть организована в лагере полевого отряда до стадии, предшествующей их растиранию.

§ 158. Обработку проб необходимо производить в порядке последовательности расположения точек отбора проб на профиле с соблюдением

условий, исключающих попадание материала одной пробы в другую («заражения»).

§ 159. Поступающие в лабораторию для обработки и анализа пробы лаборант обязан принять по счету согласно записям в полевых книжках или сопроводительных описях, указать в них интервал присвоенных пробам лабораторных номеров и расписаться в их получении. После повторной сверки этой записи с номерами проб в лабораторном журнале и полевой книжке последнюю возвращают технику.

§ 160. Перед началом обработки все влажные пробы должны быть доведены до воздушно-сухого состояния посредством сушки на солнце (летом), в сушильных шкафах или над очагом (в остальное время года). Глинистые пробы в процессе сушки рекомендуется периодически разминать во избежание их ссыхания в твердые комки. Обработка влажных проб запрещается. Высушенные пробы укладывают в деревянные лотки по возрастающей нумерации мешочков.

§ 161. Просеивание проб следует производить после дробления ссохшихся комков через сито из стальной проволоки с диаметром отверстий примерно 0,5—1,0 мм (или с другим диаметром, обосновано выбранным в результате опытных исследований). Применение сит из бронзовой, латунной или луженой сетки, а также сит, имеющих пайки, не разрешается.

§ 162. Просеивать нужно на чистый лист стекла, кровельного железа или алюминия. Подлежащую анализу фракцию пробы переносят в бумажную капсулу, на которой заранее надписывают чернилами лабораторный номер пробы и соответствующий номер мешочка (или номер профиля и пикета). Окончательная масса пробы должна быть около 25 г (или 100 г, см. § 146).

Примечание. В процессе просеивания пробы во избежание путаницы пустой мешочек, содержащий данную пробу, должен лежать на рабочем месте сотрудника, занятого обработкой пробы, до окончания этой операции и перехода к отработке следующей пробы.

§ 163. Пробы, находящиеся в бумажных капсулах, до завершения обработки и анализа всей серии следует сохранять в порядке номеров в деревянных стандартных лотках, устанавливаемых в стеллажах. На бумажной капсуле наряду с лабораторным номером пробы необходимо указывать название партии и год производства работ. Для этого могут быть использованы заранее заготовленные штампы.

§ 164. Растирание проб следует производить с помощью механических растирочных станков или в исключительных случаях вручную в фарфоровых или агатовых ступках. В случае механического растирания проб в стальных стаканах до производства этой операции в случае необходимости следует определить магнитную восприимчивость проб.

§ 165. Растирание проб необходимо производить до состояния пудры, что обычно проверяют на ощупь. Растирание проводят в порядке последовательности расположения проб на профиле. Перед высыпанием в стакан (ступку) каждой следующей пробы внутренность стакана (ступки), а также стальные стержни (или пестик) тщательно очищают от остатков предыдущей пробы. Очистку стаканов выполняют с помощью стальных ершей, вращаемых электромотором небольшой мощности или путем продувки сжатым воздухом.

§ 166. Освободившиеся от проб мешочки должны быть тщательно очищены от остатков проб и пыли, подобраны по порядку номеров и переданы для

повторного использования. После пятикратного использования мешочки необходимо стирать, исключая пробы с заведомо рудных участков, мешочки из-под которых стирают сразу. Отдельные пришедшие в негодность мешочки перед заменой их новыми под теми же порядковыми номерами должны быть уничтожены.

§ 167. Поступающие на анализ штуфные и бороздовые пробы должны проходить обработку и сокращение по специальным технологическим схемам, утвержденным начальником партии. Обработку таких проб не следует выполнять в помещении, где производят обработку геохимических проб, во избежание «заражения» последних. Запрещается применение для обработки геохимических проб сит, ступок и мешочков, которые были использованы при обработке и хранении штуфных и бороздовых проб или приготовлении эталонов.

§ 168. Заведующий лабораторией или начальник партии (отряда) обязан систематически производить качественную и количественную проверки обработанных проб, а также контролировать соответствие выполненных работ принятым технологическим схемам.

§ 169. Помещение растирочного цеха должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией и устройствами, обеспечивающими защиту работающих от пыли. Лица, постоянно занятые работой в растирочном цехе, должны ежегодно проходить профилактический медицинский осмотр.

5. Анализ проб

§ 170. Пробы, отобранные при литохимических поисках по вторичным ореолам и потокам рассеяния, подлежат анализу на химические элементы, перечень которых зависит от геолого-геохимических особенностей и металлогении территории поисков, назначения и содержания работ соответствующей стадии геологоразведочного процесса, а также от требований к оперативности и экономичности получения информации.

При работах на I стадии этого процесса, а также если в данном районе литохимические поиски производят впервые, обязательному определению в пробах спектральным методом (способом просыпки) подлежат следующие химические элементы (в порядке их атомных номеров): бериллий, бор, фосфор, титан, ванадий, хром, марганец, кобальт, никель, медь, цинк, мышьяк, стронций, цирконий, ниобий, молибден, серебро, олово, сурьма, барий, лантан, вольфрам, свинец, висмут. Кроме того, каждый раз особо должна быть рассмотрена целесообразность применения специальных методик анализа на фтор, золото, ртуть, уран, литий, рубидий, цезий, калий, натрий и некоторые другие элементы.

§ 171. Перечень химических элементов, которые должны быть определены при литохимических поисках по вторичным ореолам и потокам рассеяния на II стадии геологоразведочных работ, уточняются в зависимости от имеющихся геологических данных и новейших геохимических представлений.

§ 172. При литохимических поисках по вторичным ореолам рассеяния на подстадиях детальных поисков и поисково-оценочных работ перечень химических элементов, подлежащих обязательному определению в пробах, может быть изменен с учетом металлогенических особенностей изучаемой территории и полученных результатов работ предыдущих стадий и подстадий.

§ 173. Независимо от масштаба проводимых литохимических поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния в пробах, показавших аномально

высокие содержания тех или иных элементов-индикаторов, должно быть определено содержание редких и рассеянных элементов, являющихся характерными спутниками этих металлов.

§ 174. Требования к качеству и определению результатов аналитических работ изложены в § 349—384 настоящей инструкции.

§ 175. Контроль и обеспечение точности работ, а также определение геохимического фона и минимально-аномальных содержаний элементов-индикаторов должны соответствовать при проведении литохимических поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния требованиям, изложенным в § 238—246 настоящей инструкции.

6. Изображение результатов

§ 176. Результаты анализа проб литохимических поисков отображаются на картах и различных графиках.

Основу картографирования составляют так называемые поэлементные «разноски» результатов анализа, составляемые по числу рудных элементов, определявшихся при анализе. Для каждого из основных рудных элементов составляется отдельная разноска, второстепенные элементы, в том числе определяемые с недостаточной чувствительностью, совмещаются в числе не более трех. Однако, когда предыдущими или опытно-методическими геохимическими исследованиями доказана большая информативность полиэлементных ореолов, можно начинать картографирование сразу с построения карт таких ореолов (мультипликативных, многомерных полей и др.), а карты моноэлементных ореолов выполнять только в виде врезок для тех участков, где моноэлементные ореолы дают дополнительную информацию, необходимую для интерпретации аномалий.

При построении как моноэлементных, так и полиэлементных карт рекомендуется применение методов автоматического картографирования на базе современных ЭВМ. Наряду с этим для ограниченных по объему массивов допускается обработка результатов анализа геохимических проб вручную или же с частичным привлечением методов обработки на ЭВМ.

На оригинал карты-разноски наносятся маршруты вдоль гидросети или прямоугольной сети профилей литохимических поисков с обозначением точек пробоотбора (пикетов), указанием номенклатуры трапеции (названия участка), линейного масштаба поисков, наименования организации, производившей работы, и года работ. С этого оригинала изготовляется необходимое число светокопий, на которые тушью (или чернилами) выносятся содержания химических элементов в удобных для этого единицах $10-n\%$ с указанием на них символа элемента, величины, принятой за единицу, номеров лабораторных журналов, из которых производилась выписка анализов, даты их составления и прочие необходимые сведения.

На картах-разносках вытягивание линий изоконцентраций производится мягким карандашом, раскраска разносок производиться не должна. При совмещении на одной разноске нескольких элементов каждому из них присваивается свое условное обозначение.

При разноске анализов цифры содержания элементов должны выписываться поочередно слева и справа от линии профиля, содержания ниже порога чувствительности обозначаются символом «—», отсутствие пробы — знаком «х», с объяснением этих символов в зарамочном оформлении. Результаты повторно-контрольного опробования выписываются рядом с первичными данными

другим цветом. Отсутствие какой-либо цифры или этих символов около точки, обозначающей место пробоотбора, указывает, что разноска анализов этих проб не производилась. Готовая карта-разноска подписывается исполнителем.

Карта-разноска служит основным документом для составления фоновых выборок, для количественной интерпретации аномалий, в том числе с применением ЭВМ. Кроме того, такие карты используются при осмотре аномалий на местности, служат для составления отчетных карт и т. п.

§ 177. Результаты анализа проб по потокам рассеяния изображаются в виде карт, на которых поток рассеяния каждого элемента изображают в виде линий, параллельных оси опробованного русла. Длина линии соответствует протяженности потока рассеяния, а содержания элемента в потоках рассеяния обозначаются линиями различной толщины.

§ 178. Результаты площадных литохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния изображают на геологической основе в виде изолиний и оттеняют соответствующей штриховкой.

§ 179. При вычерчивании линий равного содержания (изоконцентраций) руководствуются общеизвестными правилами линейной интерполяции, причем учитывают геологическое строение участка. При недостаточном количестве имеющихся данных соответствующий отрезок изолинии проводят пунктиром.

В соответствии с правилами горной геометрии правильно обработанная карта изоконцентраций должна отражать господствующее простирание рудных залежей и взаимоотношение углов их падения с рельефом местности, в той или иной степени искаженных перемещениями ореолов на склонах.

При построении карт изоконцентраций элементов рекомендуется применение автоматических распечаток на ЭВМ. Карту изоконцентраций составляют на один или группу элементов. С этих материалов на геологическую карту затем наносят только изолинии в окончательно отработанном варианте. В разрыве изолиний следует указать цифры присвоенных им значений (в 10^{-3} или 10^{-2} %), а в центральных точках ореолов — цифры максимальных содержаний данного элемента. Обычно изолиниям присваивают значения в геометрической прогрессии. Более густое штрихование при составлении карты изоконцентраций применяют для более высоких концентраций элементов.

7. Интерпретация результатов литохимических поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния

§ 180. Объектом интерпретации при литохимических поисках являются геохимическое поле в целом и его локальные аномалии. Путем анализа поэлементных и сводных геохимических карт, составленных в соответствии с указаниями § 176—179, устанавливаются особенности геохимического поля, характеризующие геологическую структуру, металлогению и ландшафты изучаемой территории. К числу таких признаков относятся: изменение параметров геохимического фона, зоны резких градиентов или изменения азимута изолиний геохимического поля, закономерные изменения соотношений между содержаниями двух или нескольких химических элементов и т. п. Для выявления этих признаков производится математическая обработка имеющихся данных, в том числе с применением ЭВМ, в частности расчет коэффициентов корреляции, мультипликация содержаний элементов, расчет других показателей и обобщение данных в форме карт более мелкого (обзорного) масштаба, в том числе со снятым покровом рыхлых образований. На основе сопоставления полученных данных с

геологическими, геофизическими, топографическими материалами и полевого дешифрирования аэрофотоснимков вносятся уточнения в существующие карты и формулируются конкретные выводы.

Основные геологические результаты литохимических поисков в конечном счете определяются оценкой выявленных аномалий.

§ 181. Каждой литохимической аномалии (или) группе сближенных однотипных аномалий, выявленных литохимическим опробованием различного масштаба, присваивается порядковый номер, под которым с указанием номенклатуры соответствующей трапеции аномалия регистрируется в каталогах, на перфокартах, описывается в полевых книжках, геологических отчетах и обозначается на картах. Порядковая нумерация аномалий ведется в рамках трапеций масштаба 1 : 200 000. Наиболее крупным и геологически перспективным аномалиям или связанным с известными рудопроявлениями, а также участкам детальных работ масштаба 1 : 10 000 и крупнее обычно присваивается собственное название, чаще всего уже имеющееся, заимствованное из местных географических наименований, отвечающее геологическим и ландшафтным особенностям участка, методике исследований и т. п.[1].

§ 182. Число гипергенных литохимических аномалий, выявляемых при поисках в рудном районе для элементов, определяемых с докларковой (или близкой к ней) чувствительностью анализа, заведомо и многократно превышает число возможных промышленных месторождений соответствующих металлов, имеющихся на данной территории.

Наиболее «богатые», т. е. характеризующиеся высоким содержанием металла и протяженные литохимические аномалии обычно привлекают наибольшее внимание. В то же время известно, что даже очень крупному месторождению, вследствие местных геологических и ландшафтных условий может соответствовать только весьма слабая геохимическая аномалия. Это определяет необходимость индивидуального подхода к оценке каждой литохимической аномалии и недопустимость отбраковки любой из них, без ее полевого геологического осмотра на местности. Геологические, геохимические, в том числе количественные, ландшафтные и прочие характеристики гипергенных литохимических аномалий, вытекающие из камерального рассмотрения имеющихся материалов, служат только для установления очередности их геологического осмотра.

§ 183. Оценка гипергенных литохимических аномалий слагается из трех последовательных операций:

а) предварительная классификация аномалий по типам и ожидаемой степени их перспективности с целью установления очередности их осмотра;

б) геологический осмотр аномалий на местности с контрольно-детализационным пробоотбором;

в) окончательная оценка аномалии (аномального участка) по сумме имеющихся данных с подсчетом прогнозных ресурсов металла и рекомендациями по производству дальнейших работ или ее обоснованная отбраковка.

§ 184. Для предварительной оценки выявленных гипергенных литохимических аномалий и установления очередности их осмотра решающее значение имеет анализ геологических и геофизических данных. Первоочередному геологическому осмотру подлежат аномалии, являющиеся характерными представителями

[1] Названия, отмечающие какие-либо исторические события или в честь выдающихся деятелей, присваиваются только крупным промышленным месторождениям по решению вышестоящих геологических организаций.

различных типов литохимических аномалий, развитых на данной территории. Помимо геологических и ландшафтных особенностей, для установления признаков сходства и различий между аномалиями рассмотрению подлежат их геохимические спектры, коэффициенты зональности, ожидаемый генетический тип, уровень эрозионного среза коренного оруденения, площадная продуктивность и т. п.

§ 185. Продуктивность выявленных потоков рассеяния рудных элементов вычисляется по формуле

$$p'_x = S_x \left(C'_x - C'_ф\right)^1, \qquad (1)$$

где C'_x и $C'_ф$ — соответственно найденное в данной точке и местное фоновое содержание металла в аллювии, а S_x — площадь бассейна денудации (видимого водосбора) для данной точки русла, м².

Продуктивность потока рассеяния вдоль русла в зоне непосредственного поступления рудного материала со склона непрерывно возрастает, а ниже по течению, в идеальном случае, остается постоянной. Это условие удовлетворительно соблюдается в руслах ручьев I—II порядков, при нахождении рудных объектов в верховьях малых рек и у водоразделов. В этом случае за величину продуктивности данного потока рассеяния принимается ее устойчивое значение.

$$p'_x = f(x) = \text{const}. \qquad (2)$$

При нахождении рудных месторождений в средних и нижних течениях рек высоких порядков условие постоянства p'_x нарушается и график продуктивности потока рассеяния, пройдя через максимум у нижней (по течению) границы оруденения, нередко быстро падает до фоновых значений. Причиной этого является резкое преобладание в составе опробуемых отложений материала ближайших склонов, вследствие чего местный аллювий уже не отвечает составу природной средней пробы всего бассейна денудации S_x.

§ 186. При подсчетах p'_x для устранения неоднородностей русловых процессов за величину содержания металла в данной точке потока рассеяния целесообразно принимать скользящее среднее из трех смежных точек. Величину S_x для данной точки следует определять обмером на карте или по аэрофотоснимкам. Подсчеты продуктивности потоков рассеяния ведутся только для интервалов $C'_x \geqslant C'_a = C'_ф \cdot \varepsilon^3$, они более надежны при шаге пробоотбора $\Delta x = 0{,}25$—$0{,}2$ км. Результаты вычислений должны быть изображены в виде графика $p'_x = f(x)$ вдоль русла при горизонтальном масштабе 1 см = Δx.

§ 187. Общую предварительную оценку аномального участка, выявленного в результате литохимических поисков по потокам рассеяния, определяет их суммарная продуктивность

$$p'_{общ} = \sum_{i=1}^{m} p'_i, \qquad (3)$$

где p'_i — устойчивые значения продуктивностей отдельных потоков рассеяния по m смежным руслам, дренирующим данный участок, м² %. Оценку продуктивно-

---

[1] Буквенные обозначения параметров потоков рассеяния снабжаются знаком «штрих» ($C'_ф$, p', q' и т. п.).

сти целесообразно выражать в тоннах металла для слоя 1 м (q', т/м). Это достигается умножением величины p' на объемную массу аллювия d, которую для простоты принимают равной 2,5 т/м^3, и делением на 100 для перехода от весовых процентов к тоннам металла или

$$q'_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^{m} p'_i \, d10^{-2} = \frac{1}{40} \sum_{i=1}^{m} p'_i. \qquad (4)$$

Полученные цифры $q'_{\text{общ}}$ целесообразно надписывать на рабочих картах литохимических поисков в контуре соответствующих аномальных участков с перенесением этих цифр на отчетные карты для участков, рудная природа которых подтверждена геологическим осмотром. При поисках по потокам рассеяния обнаружение слепых месторождений и рудных тел, выходящих на эрозионную поверхность только своими надрудными первичными ореолами, не гарантировано и показатель $q'_{\text{общ}}$ для их оценки служить не может.

§ 188. Показатель площадной продуктивности гипергенных литохимических аномалий, выявляемых при наземных или глубинных поисках по вторичным ореолам рассеяния, с опробованием современных элювио-делювиальных образований или древних кор выветривания, одновременно учитывает геометрические размеры аномалии (длину, ширину) и среднее содержание в ней металла. Это обеспечивает предварительную сравнительную оценку аномалий, находящихся в сходных геологических и ландшафтно-геохимических условиях, в частности вторичных остаточных ореолов рассеяния, связанных с однотипным коренным оруденением. По данным литохимических поисков при правильной (прямоугольной) сети пробоотбора подсчет продуктивности аномалий ведется по формуле

$$p = \Delta x \cdot l \left(\sum_{x=1}^{N} C_x - N C_{\text{ф}} \right), \qquad (5)$$

где Δx — шаг пробоотбора по профилю; l — расстояние между профилями, м; $\sum_{x=1}^{N} C_x$ — арифметическая сумма содержаний металла в контуре $C_x \geqslant C_{\text{а}}$ для данной аномалии, %; $C_{\text{ф}}$ — местное фоновое содержание металла и N — число точек, вошедших в подсчет.

При литохимических поисках масштабов 1 : 200 000—1 : 25 000 подсчеты продуктивности отдельных аномалий по формуле (5) допустимы при $N \geqslant 10$, при малых N они целесообразны после получения результатов контрольно-детализационного пробоотбора (см. § 202). При литохимических поисках масштаба 1 : 10 000 и крупнее число точек в контуре аномалии обычно составляет многие десятки — первые сотни и подсчет площадной продуктивности для количественной характеристики вторичных (остаточных, наложенных) ореолов рассеяния во всех случаях является обязательным.

При количественной оценке оруденения по вторичным ореолам рассеяния применение формулы (5), основанной на подсчете площадной продуктивности ореолов, в случае дефлюкционных явлений дает искаженные результаты вследствие зависимости размеров ореолов (их протяженности по уклону) от положения рудных тел на склоне, что должно быть учтено при оценке аномалий.

§ 189. Подсчет площадной продуктивности аномалий по формуле (5) следует вести, используя поэлементные карты-разноски с цифрами содержаний металла в пробах, после проведения линий изоконцентраций, в контуре замкнутой

наружной изолинии $C_x \geqslant C_a$. При неправильной сети пробоотбора арифметический подсчет затруднителен и определение p' следует вести путем обмера с помощью планиметра площадей между изолиниями, умножения найденных величин на среднее геометрическое содержание металла между изолиниями (за вычетом фона) и последующего суммирования этих произведений. В общем случае эти подсчеты ведутся по формуле

$$p = \sum_{i=1}^{m} \Delta S_i \tilde{C}_i - S_1 C_\phi, \qquad (6)$$

где $\Delta S_i = S_i - S_{i+1}$ — разность площадей между соседними изолиниями; $C_i = \sqrt{C_i C_{i+1}}$ и $C = C_{max}$ (при $S_{m+1} = 0$). При глубинных литохимических поисках подсчет продуктивности вторичных остаточных (погребенных) ореолов рассеяния целесообразен на нескольких постоянных уровнях z_i, ниже представительного горизонта вплоть до уровня забоя скважин, с последующим рассмотрением графиков $p_z = f(z)$ и оценкой устойчивых значений p.

При мелкомасштабном обобщении результатов литохимических поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния подсчеты продуктивностей ведутся в пределах фиксированных площадей, в соответствии с указаниями § 184, 185 и 186.

§ 190. Продуктивность литохимического потока рассеяния p' в общем случае пропорциональна продуктивности вторичных остаточных ореолов рассеяния p', развитых в пределах данного бассейна денудации. В свою очередь продуктивность вторичного остаточного ореола рассеяния пропорциональна показателю продуктивности выхода оруденения на поверхность коренных пород под покровом рыхлых образований [1]. Таким образом, между указанными показателями существуют следующие простые зависимости:

$$p = k p_{р.т}, \qquad (7)$$

$$p' = k' p = k' k p_{р.т}, \qquad (8)$$

где $p_{р.т}$ — продуктивность коренного оруденения, м ^{2} %; k', k — местные коэффициенты соответствия, значения которых могут быть больше или меньше единицы.

Продуктивность вторичных ореолов рассеяния в равной мере целесообразно выражать в тоннах металла для слоя в 1 м

$$q = \frac{p}{40} = k q_{р.т}. \qquad (9)$$

Показатели продуктивности вторичных литохимических потоков и ореолов рассеяния q' и q для разных металлов и различного масштаба рудопроявлений могут характеризоваться значениями от первых килограммов до десятков тысяч тонн металла на 1 м углубки.

Численные значения коэффициентов соответствия между продуктивностью вторичных потоков и ореолов рассеяния и рудных тел применительно к данному рудному элементу, главнейшим типам оруденения и местным ландшафтно-геохимическим условиям должны быть постепенно найдены из опыта работ в

[1] Под продуктивностью выхода рудного тела $p_{р.т}$ понимают произведение его длины на среднюю видимую мощность и средневзвешенное содержание металла в рудах (т. е. произведение площади выхода на среднее содержание металла), включая его первичный ореол.

конкретном районе. С этой целью следует систематически производить численное сопоставление продуктивности хорошо изученных с поверхности и разведанных рудных тел и месторождений с продуктивностями их вторичных остаточных ореолов рассеяния, а также продуктивностей потоков рассеяния с продуктивностями вторичных ореолов рассеяния, найденных в их бассейнах денудации.

§ 191. Сведения о численных значениях коэффициентов соответствия k' между продуктивностью потоков рассеяния и вторичных ореолов рассеяния еще недостаточны. Для золота (и, вероятно, платины) величина k' неустойчива и трудно поддается определению, для олова, вольфрама, висмута, ниобия в активно денудируемых горных районах гумидной зоны $k'>1{,}0$, в тех же условиях для свинца, серебра, фосфора $k'\approx 1{,}0$, в окислительной обстановке для меди, молибдена $k'<1{,}0$, для фтора обычно $k'<0{,}5$ и т. п. В аридном климате за счет испарительной аккумуляции для фосфора, стронция, молибдена, бора возможны значения $k'\gg 1{,}0$. В гумидном климате в условиях заболоченных русел, за счет аккумуляции на восстановительном барьере значения $k'\gg 1{,}0$ возможны, например, для молибдена и урана.

§ 192. Численные значения коэффициента соответствия $k\gtrless 1{,}0$, характеризующего зависимость между количеством металла (в м %, в м² %, т/м) в коренном оруденении и в развитом за его счет вторичном (остаточном) ореоле рассеяния, для некоторых металлов в главнейших типах ландшафтов достаточно изучены и могут быть заимствованы из литературы. В общем случае, в гумидном климате для элементов, представленных тяжелыми, устойчивыми в зоне выветривания первичными и вторичными минералами, $k>1{,}0$, для элементов, образующих относительно легкорастворимые минералы, в тех же условиях $k<1{,}0$, в аридной зоне для первых k мало отличается от единицы, для вторых $k>1{,}0$. В горных районах в условиях активной современной денудации различия между индивидуальными свойствами химических элементов стираются и все значения $k\approx 1{,}0$. В условиях выровненного рельефа и замедленной денудации, в частности в древних корах выветривания, величины коэффициента соответствия погребенных ореолов рассеяния могут для разных металлов резко различаться — от $k\ll 1{,}0$ до $k>1{,}0$.

§ 193. Определения численных значений $k\gtrless 1{,}0$ для местных геологических и ландшафтных условий должны проводиться в каждой организации, ведущей поиски по вторичным ореолам рассеяния.

Простейшим образом эти определения проводятся путем проходки специальных литохимических профилей вдоль разведочных канав, вскрывающих коренное оруденение, независимо от его промышленного или непромышленного масштаба, включая надрудные первичные ореолы слепых рудных тел.

Пробоотбор, обработка и анализ проб по таким «интерпретационным» профилям должны проводиться по стандарту, принятому для литохимических поисков в данном районе, что не исключает одновременного проведения опытно-методических работ с пробоотбором на различных глубинах, рассева проб на фракции и применения специальных методов анализа проб. Интерпретационные профили проходятся по одному или лучше по обоим бортам канавы на расстоянии 3—5 м от нее с отбором проб из природных, не загрязненных отвалами элювио-делювиальных образований, обычно с шагом 10 м, а при мощности рудных зон более 50 м — с шагом 15—20 м. Профили обоими своими концами должны выходить за пределы канавы, в любом случае их длина не должна быть меньше 150—200 м.

Для оценки k подсчитываются линейные продуктивности коренного оруденения ($M_{р.т}$, в м %) по данным химического и спектрального анализов бороздовых и линейных проб на всю мощность рудной зоны по формуле

$$M_{р.т} = \Sigma\, l_i C_l, \tag{10}$$

где l_i — длина интервала опробования с содержанием металла C_i и вторичного ореола рассеяния (также в м %) по литохимическому профилю по формуле

$$M = \Delta x \left(\sum_{x=1}^{n} C_x - nC_ф \right). \tag{11}$$

По этим данным находят

$$k = \frac{M}{M_{р.т}}. \tag{12}$$

Эти определения k следует сделать для основных (полезных) компонентов оруденения и для любых элементов-спутников, проявляющихся во вторичных ореолах рассеяния. Поскольку обычно их содержания в рудной зоне $C_l \gg C_ф$, при подсчетах по формуле (10) вычитание фоновых содержаний не производится.

Для интерпретационных профилей вдоль канав, пройденных другими организациями, при отсутствии сведений о содержаниях в коренном оруденении элементов-спутников следует провести дополнительный спектральный анализ проб по канаве путем отсыпки необходимого количества материала из дубликатов при их наличии в архиве.

По нескольким (5—7 и больше) определениям k для однотипных условий, при их удовлетворительной сходимости, следует вычислить среднее геометрическое $\tilde{k}$ и оценить его доверительные пределы ($\varepsilon \pm 1$). Необходимо учитывать, что обе величины M и $M_{р.т}$ при оценке k по формуле (12) должны отвечать либо видимой, либо истинной мощности рудной зоны и вторичного ореола рассеяния, в противном случае в одну из величин следует ввести соответствующую поправку. Если профиль образует угол $\omega < 90°$ с азимутом канавы, пройденной вкрест простирания рудной зоны, найденные значения M следует исправить путем умножения на $\cos \omega$.

§ 194. Для вторичных остаточных ореолов рассеяния, приуроченных к линейным рудным зонам с относительно постоянным оруденением, в однотипных ландшафтах найденные значения k_l обычно удовлетворительно сходятся между собой, оставаясь в пределах 2—3-кратных колебаний. Очень резкие расхождения между отдельными определениями k_l вдоль разных канав, без изменения ландшафтных условий, обнаруживаются при четкообразном оруденении, с частым чередованием раздувов и пережимов рудной зоны. Причиной этого является рассеяние рудных элементов по простиранию таких рудных зон с обогащением вторичных ореолов рассеяния в пережимах ($k \gg 1{,}0$) и обеднением ореолов рассеяния над раздувами оруденения ($k \ll 1{,}0$). Для обнаружения явлений такого «бокового» рассеяния, искажающего истинную величину местного коэффициента остаточной продуктивности ореолов, необходимо исследовать корреляционную зависимость между величинами $M_{р.т}$ и отвечающими им значениями k_l. В случае статистически значимой (5 %-й уровень) отрицательной корреляции между $M_{р.т}$ и k_l среднее геометрическое значение $\tilde{(k)}$ не будет характеризовать истинное значение k, существенно отличаясь от него в сторону завышения. В этих условиях при числе определений k_l более 6—7 единственное

значение $k_{ср}$ для данного ландшафта следует определять как частное от деления суммы всех линейных продуктивностей вторичных ореолов рассеяния M_i на сумму того же числа продуктивностей коренного оруденения $M_{р.т}$ по формуле

$$k_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{m} M_i}{\sum_{i=1}^{m} (M_{р.т})}, \qquad (13)$$

где m — число сечений, по которым велись подсчеты M и $M_{р.т}$.

Для рудных зон изометрической или любой сложной неправильной формы местное значение $k_{ср}$ следует определять по формуле

$$k_{ср} = \frac{p}{p_{р.т}}. \qquad (14)$$

При отсутствии заметного бокового рассеяния различия между k и ± 1 и $k_{ср}$ обычно статистически незначимы.

§ 195. Для многих генетических типов промышленных месторождений цветных, редких и драгоценных металлов различия между окисленными рудами на выходах (в канавах) и первичными рудами на глубине часто невелики. Это позволяет определять местное значение коэффициента соответствия продуктивности вторичных ореолов рассеяния в целом для месторождения, в том числе при устойчивой форме рудных тел, сопоставляя продуктивность ореолов рассеяния с продуктивностью коренного оруденения по неглубоким разведочным скважинам. В тех случаях, когда отмечается существенное гипергенное перераспределение рудных элементов в верхних горизонтах оруденения, в частности наличие зон вторичного сульфидного (медь, серебро), окисного (медь, уран), остаточного (золото, марганец, барий) обогащения, зоны выщелачивания (медь, уран) или резкого закарстования рудных выходов, необходимо определять несколько погоризонтных значений k. Из них важнейшее значение имеет величина коэффициента соответствия между продуктивностью вторичного ореола рассеяния и тем горизонтом оруденения, в зоне которого сосредоточены или ожидаются основные промышленные запасы металла (чаще всего зона первичных руд).

§ 196. Надежные определения коэффициента соответствия продуктивности ореолов рассеяния k возможны только для коренного оруденения с линейными продуктивностями $M_{р.т} > (M_{р.т})_{min}$, поскольку при очень малых $M_{р.т} \to 0$ величина M тождественно стремится к нулю и оценка k становится неопределенной. Требования к $(M_{р.т})_{min}$ в свою очередь зависят от местных значений k, увеличиваясь с убыванием k. Начиная со значений $k<0{,}05$, следует считать, что пропорциональная зависимость между количеством металла во вторичном остаточном ореоле рассеяния и в коренном оруденении нарушается и такой резко ослабленный ореол рассеяния приближается к типу «закрытых», не проявляющихся на горизонте пробоотбора. Вместе с тем следует строго различать причины, по которым при наличии коренного оруденения вторичный остаточный ореол рассеяния не обнаруживается на данном горизонте рыхлых образований либо вследствие выщелачивания рудного элемента ($k \ll 1{,}0$) или по причине его рассеяния при малых величинах $M_{р.т}$ и местных значениях $k \gg 1{,}0$. В первом случае уместно рассмотреть вопрос об увеличении глубины пробоотбора,

во втором случае без изменения техники работ не гарантировано обнаружение подобных объектов.

§ 197. В практике литохимических поисков целесообразно различать следующие характеристики вторичных остаточных ореолов рассеяния, зависящие от местных средних значений k (табл. 6).

Таблица 6

Характеристики вторичных остаточных ореолов рассеяния

Характеристика ореола	Интервал средних значений k	Порядок (или k среднее)
Обогащенный	2,0—5,0	1,0
Нормальный	0,5—2,0	1,0
Ослабленный	0,5—0,2	1,0
Резко ослабленный	0,2—0,05	1,0

Вторичные ореолы рассеяния со значениями $k_{ср} \gg 1{,}0$ не характерны вследствие общей тенденции к гипергенному выравниванию содержаний химических элементов в геохимическом поле.

Соответствие продуктивности вторичных остаточных ореолов рассеяния продуктивности коренного оруденения является фундаментальным положением теории и практики литохимических поисков. При этом численные значения $k \gtrsim 1{,}0$ характеризуют поведение элемента-индикатора в местных условиях, одновременно отражая его индивидуальные химические свойства, минеральные формы нахождения и ландшафтно-геохимические особенности участка работ.

Коэффициенты соответствия продуктивностей $\bar{\gamma}(k)$ обычно используется для оценки вторичных остаточных ореолов рассеяния.

§ 198. В задачу геологического осмотра гипергенных геохимических аномалий всегда входит решение главного вопроса: заслуживает ли данная аномалия дальнейшего изучения, если да, то каковы должны быть объемы, методика и очередность более детальных работ.

Повторно-контрольный и детализационный пробоотбор, который сопровождает геологический осмотр литохимических аномалий, в любом случае не может на перспективных объектах заменить более детальные работы следующей стадии (подстадии) и должен быть минимальным на аномалиях, подлежащих отбраковке. Поэтому затраты времени на осмотр одной аномалии (аномального участка) не должны превышать одного-двух, редко трех рабочих дней геохимика, при общем числе всех видов отобранных проб не более 50—100.

§ 199. Среди гипергенных геохимических аномалий, впервые выявляемых при литохимических поисках на какой-либо территории, следует выделять следующие главнейшие классы:

А — рудные аномалии — вторичные литохимические потоки и ореолы рассеяния коренного оруденения;

Б — безрудные аномалии, в том числе «породные», обязанные повышенному среднему содержанию рудного элемента или их группы в какой-либо петрографической разности изверженных пород или в определенном литолого-стратиграфическом горизонте осадочных толщ, а также гипергенные аккумуляции рудных элементов на различных геохимических барьерах, не имеющие промышленных аналогов;

В — техногенные аномалии, связанные с отложениями культурного слоя, чаще всего приуроченные к населенным пунктам, к местам современной или древней добычи, перевозки и переработки руд, в частности к местам древних плавок.

По имеющемуся многолетнему опыту ведения литохимических поисков в рудных районах СССР абсолютное большинство от общего числа выявляемых гипергенных литохимических аномалий принадлежит к классу рудных аномалий, подлежащих соответствующей оценке.

Безрудные и техногенные аномалии должны изображаться на отчетных картах, они подлежат учету и отбраковке в результате осмотра на местности с указанием их природы в отчетах и каталогах.

Выделение класса «ложных аномалий» не рекомендуется, поскольку реально существующая аномалия не может быть «ложной». Аномалии, выделенные в результате ошибочной интерпретации геохимических данных, по причине неправильных отбора, обработки или анализа проб, должны исключаться из учета и на картах не изображаются.

§ 200. Геологический осмотр потоков рассеяния рудных элементов должен начинаться с осмотра русла водотока с наиболее высокими (аномальными) содержаниями металлов и затем распространяться на прилегающие горные склоны, водоразделы и смежные русла. Для ориентировки на местности, анализа аномального поля и документации контрольно-детализационного пробоотбора при осмотре следует иметь: топографическую и геологическую карты соответствующих масштабов, контактные отпечатки аэрофотоснимков, копии карт-разносок содержаний главнейших для данной аномалии рудных элементов (§ 176) и графики продуктивностей потоков рассеяния (§ 185).

Следует помнить, что коренное оруденение можно встретить на одном или обоих горных склонах, прилегающих к интервалу возрастающей продуктивности потока рассеяния до ее перехода к постоянным значениям или резкого убывания. Если последние пробы вверх по течению характеризуются аномальными содержаниями рудных элементов, попутно с осмотром каменного материала в русле и отбором штуфных проб из рудных свалов следует продолжить опробование аллювиально-пролювиальных отложений в сторону верховьев рек и сухих русел с шагом 200—250 м. Если пробы из ранее опробованных рек I—II порядков имеют фоновые содержания металлов и аномальный интервал падает на нижнее или среднее течение рек III—IV порядков, детализационному опробованию подлежат сухие русла, ложбины стока и отложения подножий склонов по обоим бортам основного русла.

Поскольку высокая продуктивность потока рассеяния в равной степени может быть связана с богатым локальным оруденением и бедной рассеянной минерализацией, развитой на большой площади, в задачу геологического осмотра прилегающих горных склонов и водоразделов входит обнаружение рудных свалов и коренных выходов с высокими (кондиционными) содержаниями металлов, для характеристики которых должны отбираться сборные штуфные, пунктирные, лотковые (шлиховые) пробы и образцы. С этой же целью в районе таких выходов следует производить пробоотбор из элювио-делювия с шагом 25—50 м по двум-трем профилям, пересекающим зону ожидаемого (или выявленного) оруденения.

§ 201. В процессе геологического осмотра участка выявленных потоков рассеяния, при его благоприятной оценке, должны быть охарактеризованы генетиче-

ский тип и условия залегания ожидаемого оруденения, решены вопросы о номенклатуре трапеций масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000), на которых целесообразна постановка литохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния, а также об азимуте профилей поисковой сети и первоочередных участках детальных поисков. Каждый из этих вопросов, а также отрицательная оценка участка должны быть подкреплены геологическими наблюдениями с записями в полевой книжке исполнителя и соответствующим пробоотбором, с отражением всех этих данных на схемах масштаба не мельче 1 : 100 000.

Результаты анализа отобранных при осмотре контрольно-детализационных проб в совокупности с первичными данными и материалы геологических наблюдений определяют оценку выявленного объекта, обоснованную подсчетом возможных прогнозных ресурсов металла или мотивированный отказ от их подсчета.

§ 202. Геологический осмотр вторичных ореолов рассеяния, выявленных литохимическими поисками масштаба 1 ; 50 000 (1 : 25 000), должен начинаться с точек с максимальными содержаниями рудных элементов (C_{max}) и затем распространяться в направлении установленного или ожидаемого простирания рудной зоны. При осмотре необходимо иметь при себе геологическую и топографическую карты ближайших масштабов, контактные отпечатки аэрофотоснимков и копии карт-разносок для главнейших рудных элементов, образующих данный ореол рассеяния. Резко повышается эффективность осмотра ореолов рассеяния на местности, если документация первичного пробоотбора велась на контактных отпечатках аэрофотоснимков. В этом случае непосредственно у пикетов на снимках (или на их оборотной стороне у соответствующих проколов) удобно заранее выписать цифры аномальных содержаний двух-трех главных рудных элементов. При геологическом осмотре ореолов рассеяния необходимо учитывать данные геофизических и аэрограмма-спектральных съемок.

§ 203. В горных районах со щебенистым и грубообломочным покровом элювио-делювиальных образований геологический осмотр точки C_{max} и прилегающего отрезка профиля $\pm 0{,}5\Delta x$ чаще всего приводит к обнаружению рудных свалов, измененных околорудных пород, старых горных выработок и других признаков, подтверждающих рудную природу аномалии или уточняющих характеристику оруденения, если его наличие уже было установлено на предыдущей стадии работ. По характеру рудных обломков облегчаются поиски коренных выходов руд и устанавливается тип выявленного оруденения. В процессе осмотра остаточных ореолов рассеяния для диагностики рудных минералов следует применять полевые микрохимические реакции (например, с HNO_3 и KI на свинец), а также полевые рентгенорадиометрические анализаторы, гамма-спектрометры, бериллометры, повышающие эффективность геологических наблюдений и оценок. При малом количестве обломочного материала при осмотре вторичных ореолов рассеяния оловорудных, золоторудных, а во многих случаях и других типов рудопроявлений целесообразно проводить *лотковое опробование* элювио-делювия путем промывки 4—6 кг мелкозема из точки C_{max}. В результате еще до получения шлиха в промытой породе удается установить рудные и жильные обломки, примазки рудных минералов и околорудноизмененные породы, характеризующие выявленное оруденение. С этой же целью в горно-таежных районах осмотру подлежат так называемые искори (выворотни поваленных деревьев), а в степных районах — выбросы землеройных животных (сурчины).

Для уточнения контуров ореолов рассеяния, положения точек с максимальными содержаниями рудных элементов в элювио-делювии и количественных подсчетов в процессе осмотра следует производить детализационный пробоотбор путем проходки промежуточных профилей и повторения профилей основной сети литохимических поисков с более частым или тем же шагом. Для изучения геохимического спектра выявленного оруденения и уточнения его типа из рудных свалов и коренных выходов, а также из отвалов старых горных выработок производится отбор сборных штуфных, пунктирных и бороздовых проб и образцов.

§ 204. В закрытых рудных районах с чехлом дальнеприносных (аллохтонных) отложений выявленные наземными литохимическими поисками вторичные ореолы рассеяния принадлежат к типу наложенных и, чаще всего, к разряду весьма слабых аномалий. Данные литохимических поисков в этих условиях обычно представляются в форме карт различных геохимических показателей, обеспечивающих усиление контрастности слабых аномалий, например в виде карт результатов анализа на сумму металлов (ΣMe), мультипликации и сглаживания первичных данных и т. д. При полевом осмотре этих аномалий, в дополнение к обычному комплексу материалов, следует иметь при себе копии таких специальных геохимических карт в форме цифровых «разносок» и карту изопахит (равных мощностей) аллохтонных отложений. Осмотр наложенных ореолов следует начинать с точек, характеризуемых максимальными значениями аномалии. В задачу геологического осмотра гипергенных литохимических аномалий, предположительно относимых к типу наложенных ореолов рассеяния, входит подробная оценка местных ландшафтных условий, исключающих их принадлежность к классу безрудных аномалий — вторичных непромышленных аккумуляций на геохимических барьерах или техногенных образований. Независимо от решения этого вопроса реальность выявленной аномалии должна быть подтверждена повторно-контрольным пробоотбором по основной поисковой сети, а при положительной оценке аномалии — с двухкратным сгущением сети пробоотбора.

В случае положительной оценки вторичного наложенного ореола рассеяния в результате его осмотра должен быть составлен проект размещения трех — пяти профилей глубинных литохимических поисков с расстоянием между ними 500—250 м по 5—7 скважин на каждом профиле с шагом 50—100 м. При сравнительной оценке наложенных ореолов рассеяния в однотипных геологических и ландшафтных условиях, наряду с другими признаками, предпочтение следует отдавать аномалиям с максимальной величиной эмпирического показателя «приведенной продуктивности» $W = ph$, где p — площадная продуктивность наложенного ореола рассеяния в единицах геохимического показателя (например, мультипликативного), h — мощность аллохтонных отложений.

§ 205. Если осмотр гипергенной литохимической аномалии на местности не дает ясных геологических результатов и данные спектрального анализа о высоком содержании рудных элементов в пробах вызывают недоверие, по профилю (маршруту) с аномальными содержаниями металла следует провести повторный пробоотбор с шагом, равным $^1/_2$ первоначального.

§ 206. Если при посещении района выявленной гипергенной аномалии вследствие плохой сохранности пикетов не удается установить с необходимой точностью положение аномалии и точек C_{max} на местности, а геологический осмотр не приводит к обнаружению зоны оруденения, следует провести повторные

литохимические поиски по трем — пяти профилям с целью восстановления местоположения такой аномалии. Пикеты повторной сети, имея прежнюю нумерацию, должны снабжаться указанием года работ.

После исполнения анализа проб повторных поисков осмотр данной аномалии следует начинать с точек C_{max} и вести согласно указаниям § 202—204.

§ 207. В геологически слабо изученных рудных районах наибольший интерес могут представлять весьма протяженные и богатые вторичные остаточные ореолы рассеяния, полностью оконтуренные по простиранию профилями литохимических поисков. Сравнительную оценку таких остаточных ореолов рассеяния может определять величина их площадной продуктивности с обязательным учетом местного коэффициента соответствия (k), типа оруденения и уровня его эрозионного среза.

В относительно хорошо изученных рудных районах и на последующих стадиях литохимических поисков открытие новых промышленных месторождений по их весьма ярким ореолам рассеяния становится менее вероятным. В этих условиях особое внимание должны привлекать более слабые остаточные ореолы рассеяния, фиксирующие слепое и слабо эродированное оруденение, а также индикаторы погребенного оруденения — наложенные ореолы.

Соответственно этому в результате геологического осмотра гипергенных литохимических аномалий — вторичных ореолов рассеяния коренного оруденения должны быть решены следующие три основные вопроса.

I. Должен быть установлен морфогенетический тип вторичного ореола рассеяния:

а) остаточный, полностью открытый или с ограниченными перерывами, в которых ореол переходит в погребенное состояние, не создающими затруднений для надежной оценки его полной площадной продуктивности;

б) остаточный, частично открытый, на одном или обоих флангах переходящий по простиранию в погребенное состояние, для оценки которого необходимо его оконтуривание глубинными литохимическими поисками;

в) наложенный ореол рассеяния.

II. Должен быть выявлен тип обнаруженного (или ожидаемого) коренного оруденения, к которому приурочен данный ореол рассеяния; при этом необходимо отметить:

а) принадлежность оруденения к важнейшим промышленно-генетическим типам;

б) неблагоприятный тип оруденения, для которого промышленные масштабы не характерны.

При этом речь не идет о решении спорных вопросов генезиса тех или иных типов месторождений, а только об отнесении выявленного оруденения по сумме геологических и геохимических данных по аналогии к известным типам, например, вторичный ореол рассеяния меди приурочен к оруденению типа медистых песчаников (благоприятный), типа медно-порфировых руд (благоприятный), кварцево-жильного типа (неблагоприятный) и т. п.

III. Должен быть оценен ожидаемый масштаб оруденения, подчиненный, например, десятичной классификации месторождений по крупности. При этом необходимо выделить:

а) группа объектов предположительно крупного и среднего масштаба, на которых производство работ следующей стадии рекомендуется в первую очередь.

В эту группу, в частности, должны входить наложенные ореолы рассеяния, для которых заранее допускается связь с погребенными месторождениями предположительно крупного и среднего масштабов;

б) мелкие объекты, на которых работы следующей стадии рекомендуются во вторую очередь и в ограниченном объеме;

в) непромышленные рудопроявления, подлежащие отбраковке.

Каждый из этих вопросов должен найти отражение в полевых записях и зарисовках при геологическом осмотре ореолов рассеяния на местности, должен быть подкреплен ландшафтно-геохимическими наблюдениями, анализом контрольно-детализационных, сборных штуфных и прочих проб и соответствующими расчетами. В частности, уточнению и оценке подлежат: в свете ландшафтных наблюдений — местные значения коэффициента соответствия $k \gtrless 1{,}0$; с учетом данных контрольно-детализационного пробоотбора — величины полной продуктивности ореолов рассеяния (p, q) и коренного оруденения ($p_{р.т}$, $q_{р.т}$); по данным опробования руд — геохимический спектр и ожидаемый уровень эрозионного среза оруденения в метрике однотипного эталонного месторождения (см. § 210 и 213). По результатам осмотра должны быть составлены на глазомерной основе в масштабе 1 : 10 000 геологическая и при необходимости ландшафтно-геохимическая схемы участков с указанием профилей основных и контрольно-детализационных поисков, ранее пройденных горных выработок и скважин, точек штуфного пробоотбора, изолиний содержаний главнейших металлов и других необходимых сведений. На этих же схемах, на отчетных литохимических картах и в письменных рекомендациях должны быть указаны контуры участков и азимуты магистралей сети детальных литохимических поисков, выполнение которых признается необходимым.

По приведенной схеме следует описывать вторичные ореолы рассеяния в каталогах, на перфокартах и в геологических отчетах, если к моменту их составления еще не были выполнены работы следующей стадии.

§ 208. Детальное наземное литохимическое опробование на выявленных вторичных остаточных ореолах рассеяния и коренных рудопроявлениях проводится в масштабах 1 : 10 000 и крупнее, в сочетании с геологическими и геофизическими съемками тех же масштабов и горно-буровыми работами. В задачу этих работ входит дальнейшее уточнение оценки выявленных рудопроявлений, а на подстадии поисково-оценочных работ — и подготовка промышленно-перспективных объектов для передачи в предварительную разведку.

§ 209. Проходка горных выработок и скважин по данным геологической интерпретации наземных литохимических поисков масштабов 1 : 200 000—1 : 50 000 является преждевременной и, как правило, не должна практиковаться. Горные выработки и буровые скважины задаются в основном по данным детальных геохимических поисков. Размещение горных выработок целесообразно предварительно намечать на картах в камеральных условиях, однако непосредственное задание канав, шурфов и скважин в зоне вторичных литохимических ореолов рассеяния допустимо только на местности, с учетом конкретных условий нахождения точек (пикетов) литохимического опробования.

Выработки, проходимые для проверки геохимических аномалий, как правило, должны подчиняться определенной системе (например, канавы — через 100 или 200 м, параллельно друг другу, скважины — системе профилей и т. п.). Общее число выработок и скважин должно быть минимальным, но достаточным для обоснованной оценки объекта.

Рекомендуется последовательное выполнение горно-буровых работ: проходка канав и неглубоких шурфов для вскрытия рудовмещающих пород и их опробование с целью изучения коренного оруденения (возможных рудных тел и их первичных ореолов). Буровые скважины задаются после подтверждения перспектив оцениваемых гипергенных ореолов по результатам опробования коренных пород (благоприятный уровень эрозионного среза первичных ореолов и т. п.).

§ 210. При глубинных литохимических поисках в зоне наложенных ореолов (*или независимо от них*) *на выявленных погребенных остаточных ореолах* рассеяния по данным сплошного опробования керна всей (при детальных поисках) или части (при общих поисках) мощности древней коры выветривания на основе моноэлементных карт-разносок строятся вертикальные разрезы погребенных остаточных ореолов рассеяния в изолиниях содержаний рудных элементов. По тем же данным должны строиться погоризонтные планы в изоконцентрациях главных рудных элементов с подсчетом площадной продуктивности ореолов рассеяния, анализом графиков $p_z = f(z)$ для установления горизонта со значением $k \approx 1{,}0$ (§ 188 и 191) и оценкой элементов залегания коренного оруденения. По этим данным с учетом результатов геофизических работ задаются наклонные скважины колонкового бурения с целью пересечения рудной зоны на глубине 50—100 м ниже зоны выветривания.

§ 211. На всех стадиях и подстадиях геологоразведочного процесса решающим критерием оценки выявленного по данным литохимических поисков оруденения и обоснованием для производства работ следующих стадий должны служить цифры подсчетов прогнозных ресурсов металла по категориям P_3, P_2 и P_1.

Могут быть приняты следующие условные градации прогнозных ресурсов (в порядке возрастающей достоверности), подсчеты которых ведутся по данным литохимических поисков, по параметрам вторичных потоков и ореолов рассеяния: вероятные, ожидаемые и геологические.

Вероятные прогнозные ресурсы (P_3) — подсчитываются по данным литохимических поисков по потокам рассеяния вслед за геологическим осмотром участка при наличии сведений о генетическом типе оруденения по находкам коренных выходов и рудных свалов, подкрепленных спектральным анализом повторно-контрольных, детализационных и штуфных проб. Подсчеты ведутся по формуле

$$Q'_H = \frac{1}{k'k} \sum_{i=1}^{m} p'_i \frac{1}{40} H, \qquad (15)$$

где H — выбранная из геологических соображений глубина подсчета в м, а значения остальных параметров определяются в соответствии с указаниями § 184—196 и 189—197. Формула (15) предназначена для оценки прогнозных ресурсов металла в месторождениях, выходящих на современный денудационный срез на уровне промышленных горизонтов оруденения.

Ожидаемые прогнозные ресурсы (P_2) — подсчитываются по данным литохимических поисков на подстадии общих поисков по параметрам вторичных остаточных ореолов рассеяния при условии их полного оконтуривания, наличия сведений о генетическом типе, элементах залегания и уровне эрозионного среза выявленного оруденения после геологического осмотра ореолов рассеяния на местности и получения результатов анализа отобранных при этом проб.

Подсчеты ведутся по формуле

$$Q = \frac{1}{k} \frac{p}{40} H, \tag{16}$$

где H — глубина подсчета в м, выбранная из геологических соображений, а величины k и p определены в соответствии с указаниями § 187—197. Формула (16) пригодна для оценки прогнозных ресурсов относительно крутопадающих залежей (угол $\omega > 10°$), вскрытых современным или более древним денудационным срезом (не слепых). При недостатке других данных глубину подсчета прогнозных ресурсов H по формулам (15) и (16) для месторождений золота, серебра, вольфрама, висмута, кобальта, бериллия целесообразно принимать равной 100 м, для месторождений меди, свинца, цинка, никеля, олова, молибдена — не более 200 м. Поскольку подсчеты ведутся «полотном», это эквивалентно подсчетам «треугольником» соответственно на глубины 200 и 400 м.

Геологические прогнозные ресурсы (P_1) — подсчитываются по данным детальных литохимических поисков и соответствуют по достоверности требованиям методических указаний, утвержденных Министерством геологии СССР. Эти запасы подсчитываются по параметрам вторичных остаточных ореолов рассеяния при наличии данных о генетическом типе, морфологии, условиях залегания и уровне эрозионного среза изучаемого оруденения и результатов опробования руд в коренном залегании по данным проходки первых канав и (или) скважин.

При этом в формулу (16) вводятся следующие уточнения:

1) для пересчета площадной продуктивности коренного оруденения, находящегося в начальной стадии эрозионного вскрытия, на уровень промышленного среза $p_{\text{р.т}}$ применяется поправочный множитель $\eta = f(\bar{z})$ или

$$p^*_{\text{р.т}} = \frac{1}{k} p\eta. \tag{17}$$

Здесь $\eta \geqslant 1{,}0$ и $\bar{z} \pm \frac{S}{\sqrt{n}}$ — оценка уровня эрозионного среза оруденения в метрике эталонного месторождения того же генетического типа (см. § 212—213); при $\bar{z} \geqslant 0{,}2$ значения $\eta = 1{,}0$, при $\bar{z} < 0{,}02$ оценки η становятся ненадежными;

2) глубина подсчета прогнозных ресурсов H^* определяется как функция продуктивности коренного оруденения $p_{\text{р.т}}{}^*$ (после введения поправки $\eta \geqslant 1{,}0$) и глубины его эрозионного среза или

$$H^* = f\left(p^*_{\text{р.т}} \bar{z}\right). \tag{18}$$

При значениях $\bar{z} \geqslant 0{,}8$ следует считать $H^* = 0$;

3) в цифру подсчитанных ресурсов металла вводится поправка с помощью множителя $\alpha < 1{,}0$, учитывающего ожидаемую долю забалансовых руд. Величину этого множителя можно определить по данным горно-буровых работ из расчета

$$\alpha = \frac{M_{\text{конд}}}{M_{\text{общ}}},$$

где $M_{\text{конд}}$ и $M_{\text{общ}}$ — количество металла соответственно в кондиционных рудах и общее (полное), включая первичный ореол, в м %.

В итоге окончательный подсчет геологических прогнозных ресурсов ведется по уточненному варианту формулы (16), расширяющему область ее применения,

$$Q_H^* = \alpha \frac{1}{k} \frac{1}{40} p^* H^*. \qquad (19)$$

В дополнение к этим градациям прогнозных ресурсов безобъектные оценки по геохимическим данным прогнозных ресурсов металла для обширных территорий (рудных районов, административных единиц и т. п.) следует относить к условной градации «возможных». Прогнозные ресурсы металлов в геологических образованиях, по уровню содержания полезных компонентов, по условиям залегания или по технологическим особенностям не отвечающие современным требованиям промышленности, но имеющие перспективы их последующего использования, следует относить к «забалансовым» (для конкретных объектов) и «возможным забалансовым» (безобъектные подсчеты).

По имеющемуся опыту наиболее достоверные оценки прогнозных ресурсов на основе геохимических данных достигаются для месторождений меди, свинца, цинка, серебра, золота, олова, вольфрама, молибдена, никеля, кобальта, ниобия, сурьмы, ртути, бериллия, бора, а также для плавикового шпата, фосфоритов и барита.

§ 212. Оценка уровня эрозионного среза выявленного оруденения производится по величинам геохимических коэффициентов зональности, найденным в результате исследования эталонных месторождений, согласно указаниям § 90—92. Поскольку численные значения коэффициентов зональности характеризуют зональность первичного оруденения, при оценке эрозионного среза объектов по параметрам вторичных ореолов рассеяния необходимо вводить поправку, определяемую произведением величин $\frac{1}{k}$, согласно перечню рудных элементов, входящих в данный геохимический коэффициент зональности. Например, $\nu = \frac{\text{Cu}\ \ \text{Pb}}{\text{Mo}\ \ \text{Bi}}$; поправочный множитель $\frac{k_{(\text{Mo})} \cdot k_{(\text{Bi})}}{k_{(\text{Cu})}\ \ k_{(\text{Pb})}}$.

Доверительные пределы оценки $\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} z_i$, выраженные величиной $\pm \frac{S}{\sqrt{n}}$, следует находить через величину размаха R по формуле $S = \beta_n R = \beta (z_{\max} - z_{\min})$ с помощью табличного множителя β_n (см. прил. 25). Здесь n — число различных коэффициентов зональности ν_i, использованных для оценки $\bar{z}$, обычно n принимается равным 8—10. При генетической близости оцениваемого объекта (вторичного ореола рассеяния, коренного оруденения) и эталонного месторождения величина $\pm \frac{S}{\sqrt{n}}$ обычно не превышает $\pm 50 \div 60$ и в метрике эталона. При больших погрешностях оценки $\bar{z}$ следует пересмотреть вопрос о принадлежности выявленного оруденения к данному генетическому типу.

§ 213. В основе геологической интерпретации и оценки гипергенных литохимических аномалий лежат представления о геометрическом и геохимическом подобии генетически однотипных рудных тел и месторождений. Соответственно этому при увязке их с классификацией месторождений по размерам запасов следует ориентироваться на конкретные соотношения между однотипными объектами:

по промышленным запасам

$$Q^*_{\text{круп}} : Q^*_{\text{ср}} : Q^*_{\text{мелк}} = 100 : 10 : 1;$$

по прогнозным ресурсам

$$Q_{\text{круп}} : Q_{\text{ср}} : Q_{\text{мелк}} = 55 : 7{,}2 : 1; \qquad (20)$$

по площадной продуктивности вторичных ореолов и потоков рассеяния (при $k' = k = 1{,}0$)

$$p_{\text{круп}} : p_{\text{ср}} : p_{\text{мелк}} = 14 : 3{,}7 : 1; \qquad (21)$$

по линейным размерам, в частности по соотношениям между полной протяженностью оруденения на глубину $H_{\text{полн}}$ до введения поправки на уровень эрозионного среза

$$H_{\text{круп}} : H_{\text{ср}} : H_{\text{мелк}} = 4 : 2 : 1. \qquad (22)$$

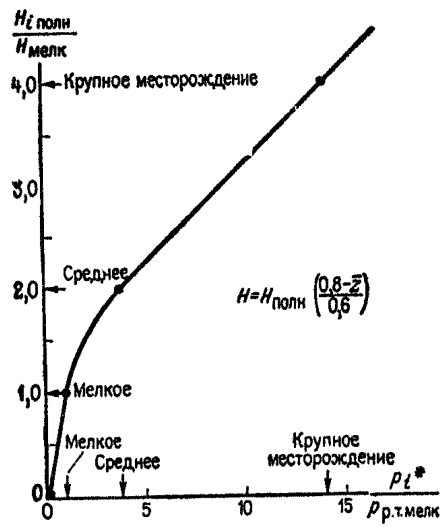

Рис. 9. График для оценки $H_{\text{полн}}$ в относительных единицах в зависимости от величины отношения $p^*_\ell : p_{\text{р.т.мелк}}$

Для оценки уровня эрозионного среза в относительных единицах весь интервал рудной зоны эталонного месторождения от верхней границы надрудного ореола до нижней границы подрудного ореола основного рудного элемента (полезного металла) принимается равным 1,0. Оценку следует вести с точностью до 0,01, пользуясь следующими обозначениями интервалов:

от 0,00 до 0,20 — надрудный,
от 0,20 до 0,40 — верхнерудный,
от 0,40 до 0,60 — среднерудный,
от 0,60 до 0,80 — нижнерудный,
от 0,80 до 1,00 — подрудный.

Соответственно этому, с учетом уровня эрозионного среза, глубину подсчета прогнозных ресурсов по формуле (19) следует получить из формулы

$$H^* = H_{\text{полн}} \frac{0{,}8 - \bar{z}}{0{,}6}, \qquad (23)$$

где $H_{\text{полн}}$ выбирается для конкретного района и генетического типа месторождений согласно геологическим данным и соотношению (22). График для оценки $H_{\text{полн}}$ в относительных единицах в зависимости от величины отношения $p^*_\ell : p_{\text{р.т. мелк}}$ приведен на рис. 9.

При недостатке данных о конкретных значениях поправочного множителя α, входящего в формулу (19), в первом приближении можно принимать:

при прогнозных ресурсах металла, отвечающих мелкому месторождению, $\alpha = 0{,}5$;

то же, среднему месторождению, $\alpha = 0{,}6$—$0{,}7$;

то же, крупному месторождению, $\alpha = 0{,}8$—$0{,}9$.

§ 214. Цифры прогнозных ресурсов металла соответствующих градаций достоверности являются важным критерием оценки геохимических аномалий,

а степень их подтверждения разведочными работами — критерием правильности интерпретации геохимических данных. Расхождения между цифрами прогнозных ресурсов смежных градаций, в том числе между геологическими прогнозными ресурсами и суммой разведанных запасов по категориям $A+B+C_1+C_2$ менее двукратных, следует считать хорошей точностью прогнозных оценок, а в пределах до трехкратных — удовлетворительной.

Включение в геологические отчеты о поисковых геохимических работах данных оценки прогнозных ресурсов в цифрах соответствующих градаций с полной расшифровкой подсчета является обязательным. При отсутствии данных для таких подсчетов это должно быть специально оговорено в отчете.

Проверка признанных перспективными (по результатам подсчета прогнозных ресурсов) вторичных ореолов тяжелыми горными и буровыми работами в обязательном порядке должна предваряться опробованием коренных пород в более крупном масштабе (при необходимости путем вскрытия их канавами и другими средствами) и повторным подсчетом прогнозных ресурсов по параметрам первичных ореолов в соответствии с указаниями § 104—108.

§ 215. Правильность произведенных подсчетов и цифр прогнозных ресурсов или предлагаемые к ним поправки должны быть в обязательном порядке подтверждены в отзывах рецензентов и в протоколах рассмотрения отчета о геохимических поисках научно-техническими советами.

8. Дополнительные указания

§ 216. Основные параметры вторичного остаточного литохимического ореола рассеяния — максимальное содержание металла в сечении ореола по профилю C_{max} (в процентах) за вычетом фона, количество металла по профилю M (в метропроцентах) для рудных тел ограниченной мощности и значительной протяженности по простиранию связаны между собой соотношением

$$C_{max} = \frac{M}{\sigma\sqrt{2\pi}}, \qquad (24)$$

где σ — местное значение коэффициента гипергенного рассеяния в м.

Величина коэффициента рассеяния σ зависит от местных геологических и ландшафтно-геохимических условий; она может быть определена по графику ореолов с одним четким максимумом «методом трех уровней» как расстояния по оси абсцисс в метрах между точками, в которых ординаты, т. е. содержания металла, составляют 0,607, 0,325 и 0,135 C_{max}. На первом уровне ширина ореола составляет 2σ, на втором 3σ, на третьем 4σ, что позволяет раздельно получить три оценки σ. При условии их удовлетворительной сходимости местное значение σ определяется как среднее из трех цифр

$$\sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}.$$

Для тел большой мощности, признаком чего служит зависимость $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$, определение σ следует вести с помощью комплекта специальных палеток.

Систематические данные о местных значениях σ для каждого из элементов-индикаторов следует группировать по типам главнейших геохимических ландшафтов с оценкой $\bar{\sigma} \pm \frac{S}{\sqrt{n}}$, согласно прил. 25. С глубиной по вертикальному разрезу рыхлых образований величина коэффициента рассеяния убывает

от своего максимального значения вблизи дневной поверхности, приближаясь к нулю на уровне коренных пород.

§ 217. При оценке ожидаемой протяженности рудных тел или зон минерализации следует использовать карты изоконцентраций, учитывая все особенности геологии и геоморфологии участка развития данного вторичного литохимического ореола рассеяния. Если нет причин предполагать затухание и исчезновение ореола в силу местных геоморфологических особенностей участка, то за протяженность рудной зоны можно в первом приближении принять длину ореола от нижних границ аномальных содержаний (C_a), уменьшив эту величину на утроенное значение местного коэффициента рассеяния (3_σ).

§ 218. При переходе от литохимического опробования к горным или буровым работам необходимо учитывать, что центральная точка остаточного ореола рассеяния (C_{max}) в рыхлых образованиях совпадает в плане с выходом рудного тела только в случае горизонтальной поверхности и вертикального падения рудного тела. Во всех остальных случаях центральная точка ореола смещена в сторону понижения рельефа и по восстанию рудного тела.

На плоском (прямолинейном) склоне центральная точка вторичного остаточного ореола рассеяния смещается к подножию склона от эпицентра рудного тела (падающего по нормали к склону) на величину

$$S_\alpha = Ah^2 \sin \alpha, \tag{25}$$

где A — местный параметр; h — мощность элювио-делювиальных образований (по нормали к склону); α — угол наклона местности к горизонту.

При горизонтальной дневной поверхности и угле падения рудного тела $\beta<90°$ точка C_{max} смещается в сторону восстания от выхода рудного тела на поверхность коренных пород на величину

$$S_\beta = Bh \operatorname{ctg} \beta, \tag{26}$$

где $B \geqslant 1{,}0$ параметр, зависящий от изменения объема пород при выветривании. В общем случае смещения S_α и S_β складываются, обусловливая общее смещение ореола

$$\vec{S}_{общ} = \vec{S}_\alpha + \vec{S}_\beta, \tag{27}$$

где стрелки являются символом векторной суммы.

§ 219. Очень ответственным делом является проходка канавы, шурфа или скважины, впервые вскрывающих коренное оруденение в зоне вторичного ореола рассеяния. Две или несколько равноценных рудных жил, залегающих параллельно на расстоянии друг от друга меньшем или равном 2σ, образуют один вторичный ореол рассеяния с плоским максимумом в центре между жилами. Аналогичный по форме вторичный ореол рассеяния будет наблюдаться при видимой мощности рудной зоны $2_p > 2{,}5\ \sigma$. Эффективная ширина вторичного ореола рассеяния в связи с этим нередко достигает нескольких сотен метров. Естественно, что вскрытие коренных пород на всю ширину ореола в этом случае затруднительно и в принципе не является необходимым.

Для вторичных ореолов рассеяния с одним четким максимумом можно считать достаточным вскрытие интервала, равного ширине ореола на уровне $C_x = 0{,}5\ C_{max}$. Соблюдение указанного условия при проходке первых выработок должно исключать возможность ошибочного заключения о непромышленном характере коренного оруденения, если будут вскрыты только один из руд-

ных пластов или одна из жил сложной рудной зоны, образующей один общий вторичный ореол рассеяния.

§ 220. При мощности рыхлых образований менее 3 м вскрытие рудного тела в коренном залегании производят канавами вкрест ожидаемого простирания рудного тела. При горизонтальной поверхности и крутых углах падения рудных тел центр первой канавы нужно располагать в точке максимальной концентрации металла во вторичном остаточном ореоле рассеяния. При наличии уклона местности проходку первой канавы следует начать от точки, лежащей гипсометрически ниже центра ореола на 3—5 м, и продолжать в сторону повышения рельефа до пересечения рудного тела. При пологих углах падения рудного тела (меньше 45°) и горизонтальной дневной поверхности ее проходку нужно начать в точке, отстоящей на 3—5 м от центра ореола в сторону лежачего бока, и продолжать в сторону висячего бока до пересечения рудного тела. При наклоне местности и пологих углах падения рудных тел необходимо учитывать совместное влияние этих условий согласно зависимости (27).

Обоими своими концами канавы должны выходить за границы рудной зоны. Длина первой канавы во всех случаях должна быть не меньше $2{,}5\sigma$ (где σ — местное значение коэффициента рассеяния, в м), ширина по дну 0,6 м. Канава должна вскрыть коренные породы и углубиться в них не менее чем на 0,5.

§ 221. При мощности рыхлых образований более 3 м вскрытие коренного оруденения производят шурфами или скважинами. В этом случае следует особенно тщательно учитывать вероятное смещение вторичного остаточного ореола рассеяния от выхода рудного тела на поверхность коренных пород. Ожидаемую величину смещения ореола на склоне можно определить косвенным путем при сопоставлении положения магнитных аномалий, вызванных контактами пород, дайками основных пород или телами магнитных руд, с положением их литохимических ореолов рассеяния. Найденные смещения в той же геологической обстановке можно использовать для оценки смещения литохимических ореолов рассеяния других полезных ископаемых.

С целью оценки смещения вторичного остаточного ореола рассеяния в районах с мощным покровом рыхлых образований и относительно сглаженными формами рельефа целесообразно применять также способ вертикального опробования, сущность которого заключается в следующем. Если первым шурфом рудное тело не обнаружено, необходимо провести опробование по одной или двум стенкам всей мощности рыхлых отложений, вскрытых шурфом. Построение вертикального разреза по линии профиля с нанесением содержаний элемента по поверхности рыхлых образований, а также стенкам шурфов позволит установить предполагаемое положение рудного выхода и место заложения второго шурфа или проходки рассечки из первого шурфа. На практике были отмечены смещения вторичных остаточных ореолов рассеяния, достигающие 100—150 м[1].

В условиях скального рельефа указанные закономерности нарушаются. На очень крутых горных склонах смещение центральной точки ореола в элювиоделювиальных образованиях от коренного выхода рудного тела практически отсутствует вследствие высокой скорости денудации (так называемый «парадокс крутых склонов»).

---

[1] Смещения ореолов на 100—150 м наблюдались в условиях многолетней мерзлоты с развитыми явлениями солифлюкции.

Выполнение вертикального многогоризонтного опробования в зоне найденного вторичного ореола рассеяния чрезвычайно важно при глубинных литохимических поисках, так как обеспечивает правильное представление о морфологии погребенных ореолов. Установленная по фактическим данным зависимость между амплитудой смещения вторичного остаточного ореола рассеяния и известными легкоучитываемыми факторами (углом наклона местности, мощностью рыхлых образований и углом падения рудного тела) вследствие решающего влияния многих других трудноучитываемых факторов (характер вмещающих пород, генетические типы рельефа, растительность, микроклимат и т. д.) может быть распространена на новые участки с большой осторожностью. С учетом этого обстоятельства длина первых горизонтальных разведочных выработок (канав, рассечек, наклонных буровых скважин) должна заведомо перекрывать возможную ошибку в оценке смещения ореола.

§ 222. В условиях значительных смещений центральных точек ореолов рассеяния вся нижняя часть прямолинейного горного склона в полосе шириной $\leqslant S_{\alpha}$, а также нижние интервалы вогнутых склонов могут являться областью перехода остаточных ореолов рассеяния в погребенное состояние вследствие их перекрытия делювием вышележащего отрезка склона. Реальность существования таких дефлюкционных ореолов рассеяния, например, в горно-таежных районах Сибири и Северо-Востока СССР должна непременно учитываться при выявлении и прослеживании отдельных рудных тел на подстадиях детальных поисков и поисково-оценочных работ.

§ 223. Документация первых выработок и скважин, задаваемых с целью оценки вторичных ореолов рассеяния, должна удовлетворять стандартным, утвержденным Министерством геологии СССР, требованиям к их геологическому описанию, зарисовке и опробованию. Зарисовку обычно производят в масштабе 1 : 50—1 : 200. При описании выработок должны быть подробно охарактеризованы рыхлые отложения — их генезис, мощность, литологический состав и характер развития почвенного профиля. Опробование горных выработок и буровых скважин в рудном интервале следует вести бороздовым способом с учетом конкретных геологических условий и необходимости получения достоверных и представительных данных.

Опробование остальных интервалов выработок и скважин проводят путем отбора линейных проб, т. е. бороздовых проб малого сечения (2×1 см) или пунктирных проб из коренных пород по полотну канавы, одной из стенок выработки или по керну, а также штуфных проб из всякого рода рудных, кварцевых и охристых прожилков, грейзенов, ожелезненных зон и т. п. Линейные, пунктирные и штуфные пробы имеют начальную массу 200—500 г; их упаковывают в мешочки, обрабатывают в соответствии с указаниями § 167 и подвергают анализу. Назначение данного опробования — обеспечить правильную документацию выработки, гарантировать от пропуска участков оруденения и дать оценку качества руд простейшим способом. Места отбора бороздовых, линейных и точечных проб отмечают на зарисовке, а результаты анализа в том же масштабе изображают в виде графика.

Отобранные при документации выработок и скважин образцы руд и вмещающих пород должны быть подвергнуты тщательному минералого-геохимическому изучению с целью установления типа минеральных ассоциаций и вероятного масштаба оруденения путем исследования шлифов и протолочек.

§ 224. Первичную обработку бороздовых проб заканчивают приготовлением двух однотипных проб, каждую массой около 200 или 600 г (при анализе на золото). Из них одна (дубликат) после дальнейшего измельчения и сокращения поступает на спектральный анализ и должна быть сохранена в архиве партии, а вторую передают на химический анализ[1]. Всю обработку бороздовых проб документируют в специальном журнале.

Обработку линейных и точечных проб, собранных при опробовании горных выработок, а также проб керна буровых скважин, дубликатов бороздовых и других проб, предназначенных для спектрального анализа, проводят путем полного измельчения материала пробы до крупности частиц менее 1 мм; лишь после этого проба может быть сокращена до 100 г. Выбрасывание в отвал крупной фракции при просеивании пробы категорически запрещается. Дальнейшее сокращение пробы до обычной массы в 50 г допустимо лишь после дополнительного измельчения.

Результаты спектрального (и химического) анализа бороздовых и линейных проб служат для подсчета количества металла в сечении рудного тела или его продуктивности.

§ 225. При проходке первых разведочных выработок (канав, шурфов, рассечек) до пересечения рудного тела, в случае отсутствия последнего в намеченном интервале, следует провести детальное опробование рыхлых отложений. Опробование канав нужно производить погоризонтно путем отбора обычных литохимических проб мелкозема через каждые 0,5 м рыхлых образований по вертикали, начиная от поверхности, с соблюдением расстояния между пробами по горизонтали 2—10 м. При поисково-картировочном бурении в подобных случаях делают отбор керна и шлама через 1—2 м. По результатам анализа этих проб в масштабе 1 : 50—1 : 200 строятся графики и карты изоконцентраций в вертикальной плоскости для корректировки дальнейших работ.

В тех случаях, когда вскрытие коренного оруденения по найденной литохимической аномалии встречает трудности, следует учитывать, что вторичные наложенные ореолы рассеяния коренного оруденения, проявленные на поверхности дальнеприносных отложений, уже на малой глубине (0,5—1,0 м) могут исчезать, появляясь в разрезе осадочного чехла только при наличии горизонтов, благоприятных для аккумуляции рудных элементов, или в основании такого чехла при переходе к остаточному ореолу

Опробование современных рыхлых образований или древних кор выветривания, обеспечивая объемное изучение остаточного ореола рассеяния, позволяет корректировать задание горных выработок и скважин для вскрытия руд в коренном залегании или обоснованно отнести геохимическую аномалию к типу вторичных аккумуляций, не связанных с оруденением. В последнем случае для выявления природы вторичных аккумуляций полезно изучить формы нахождения рудных элементов, а при наличии признаков гидрохимического привноса данных элементов выполнить соответствующие гидрохимические исследования в зоне данной литохимической аномалии.

§ 226. Литохимические ореолы и потоки рассеяния тяжелых устойчивых минералов (золота, платины, касситерита, вольфрамита, шеелита, киновари и др.), являясь признаками коренного оруденения, в то же время в благоприятных условиях могут образовывать элювио-делювиальные и аллювиальные

[1] Передачу проб на химический анализ производят только после исполнения спектрального анализа с учетом его результатов.

россыпи, т. е. вторичные месторождения ценного минерала. Поэтому ореолы и потоки рассеяния этих минералов необходимо оценивать, также исходя из возможных запасов металла, заключенных непосредственно в толще рыхлых отложений. В этих целях литохимические аномалии следует проверить серией шурфов с лотковым опробованием выработок через 0,5 м и минералогическим анализом шлиха согласно существующим правилам разведки россыпных месторождений. Одновременно начальник партии должен проверить наличие погребенных аллювиальных россыпей ценного минерала, прилегающих к коренному месторождению, применив соответствующие методы поисков и разведки.

§ 227. Выявленные литохимические потоки рассеяния ценных элементов, минералы которых не образуют вторичных россыпных месторождений промышленных типов, как правило, горными работами или бурением не изучают. Поисковую задачу считают решенной, если в связи с выявленным потоком рассеяния последующими поисками будут обнаружены ореолы рассеяния и коренные рудопроявления данного металла, в пределах которых проводят дальнейшие работы, в том числе и с целью поисков слепых рудных тел.

Если по потокам рассеяния ореолы рассеяния и коренные рудопроявления не обнаруживают, следует установить, не относится ли данный поток рассеяния к разряду безрудных, связанных, например, с современными или древними путями транспортирования и переработкой руд. В противном случае необходимо рассмотреть вопрос о возможной связи такого потока рассеяния с привносом данных элементов подземными водами из зоны слепого рудного тела или за счет их выщелачивания из окружающих горных пород, характеризуемых повышенными содержаниями этих элементов. Геологическое изучение таких литохимических аномалий следует дополнять детальными гидрохимическими исследованиями, фазовым анализом литохимических проб и при наличии оснований к поискам слепых рудных тел переходить к производству более детальных исследований.

§ 228. Особого подхода требует оценка результатов литохимических поисков месторождений силикатных никелевых руд коры выветривания и других горизонтально залегающих месторождений, подвергающихся эрозии в условиях современного рельефа. В отдельных случаях вторичные ореолы рассеяния могут лишь окаймлять промышленные контуры подобных месторождений. Поэтому для оценки масштаба последних нужна проходка дополнительного числа вертикальных выработок за пределами рудных ореолов.

§ 229. Приведенные в § 211 методы оценки прогнозных ресурсов металлов по геохимическим данным являются не единственными и в соответствующих случаях могут быть применены и другие методы. В частности, при литохимических поисках золоторудных месторождений по потокам рассеяния в связи с трудностью определения коэффициента k' (золото) оценка прогнозных ресурсов золота может проводиться через запасы серебра или через запасы элементов-спутников золота (мышьяк, висмут, сурьма и др.) с помощью уравнений многомерной регрессии или по принципу простой пропорциональности. Такие же подсчеты прогнозных ресурсов золота могут вестись (при недостатке анализов на золото) по вторичным остаточным ореолам рассеяния серебра и элементов-спутников или ресурсов тантала — по ниобию и т. п.

Для целей, связанных с классификацией геохимических аномалий, в обязательном порядке должны быть установлены корреляционные зависимости

между содержаниями рудных элементов в гипергенных литохимических аномалиях и коренном оруденении.

§ 230. Данные литохимических поисков любых масштабов должны регулярно обобщаться в форме сводных карт более мелких масштабов. Путем пантографирования контуров вторичных ореолов рассеяния могут составляться, например, обзорные карты масштаба 1 : 25 000 по данным детальных поисков масштаба 1 : 10 000 или обзорные карты масштаба 1 : 200 000 по данным поисков масштаба 1 : 50 000.

§ 231. Литохимические поиски по вторичным ореолам и потокам рассеяния считают браком в тех случаях, когда отмечается:

а) несоответствие утвержденному проекту работ;

б) отсутствие первичной документации или небрежное ее ведение (например, при наличии подчисток, отсутствии подписей исполнителей, путаницы в записях и т. п.);

в) неудовлетворительная чувствительность и точность анализа или неполнота перечня определявшихся элементов;

г) отсутствие или недостаточное количество повторно-контрольного отбора проб по профилям;

д) отсутствие геодезической привязки точек сети литохимического опробования и долговременных знаков, закрепляющих эту сеть на местности (при площадных поисках), а также топокарт (или контактных отпечатков) с нанесенными на них точками отбора проб (при поисках по потокам рассеяния и маршрутных поисках);

е) отсутствие первичных спектрограмм и лабораторных проб, кроме случая выполнения анализов сторонней организацией, где должны храниться спектрограммы;

ж) всякого рода нарушения настоящей инструкции, ставящие под сомнение достоверность результатов работ.

При решении вопроса об исправлении брака литохимических поисков следует раздельно рассматривать качество полевого отбора и их анализа. Если неудовлетворительным является только исполнение анализа, необходимость повторения отбора проб отпадает.

Контроль качества первичной информации

§ 232. Контроль осуществляется для оперативного управления качеством первичной геохимической информации, оценки погрешностей определений и их дальнейшего учета при анализе геохимических данных.

§ 233. Качество опробования при литохимических поисках контролируют повторным отбором проб в объеме 3 %, который производит начальник отряда, геолог или другое лицо, не принимавшее участия в первоначальном отборе проб. Контрольное опробование следует проводить в первую очередь на участках, где выявленные геохимические аномалии по геологическим данным маловероятны, а также там, где отмечены положительные геолого-минералогические признаки оруденения, но по данным опробования коренных пород геохимических аномалий не установлено. Вопрос о проведении контрольного опробования в каждом отдельном случае решает начальник партии (отряда) или старший геолог после производства повторных анализов проб с этих участков.

Контрольный отбор проб выполняют: а) по выборочным профилям или

маршрутам, равномерно размещаемым на исследуемом участке (площади); б) по отдельным точкам или профилям, нарушающим закономерную геологическую картину и поэтому вызывающим сомнение.

§ 234. По данным первичного и контрольного опробования подсчитывают погрешность работы (см. § 235—237), которую следует учитывать при определении величины геохимического фона и выделении геохимических аномалий.

§ 235. В связи с логнормальным распределением погрешностей при геохимическом опробовании по результатам контрольных проб, выполненных в соответствии с § 233, вычисляют систематическую погрешность логарифмов концентраций

$$\Delta_{\text{сист}} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\lg C_{i1} - \lg C_{i2}) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\lg\frac{C_{i1}}{C_{i2}}, \qquad (28)$$

где n — *число пар контрольных проб (не менее 100)*; C_{i1}, C_{i2} — результаты анализа соответствующих проб первого и второго отборов.

Антилогарифм систематической погрешности дает систематическое относительное расхождение самих концентраций $S_{\text{сист}} = 10^{\Delta\text{сист}}$. $S_{\text{сист}}$ показывает, во сколько раз первые результаты систематически больше второй. Если $S_{\text{сист}}$ выходит за пределы 0,9—1,1, то систематическое расхождение подлежит исключению, для чего $\Delta_{\text{сист}}$ алгебраически вычитают из всех $\lg C_{i1}$. По полученным данным без существенного систематического расхождения вычисляют среднюю случайную погрешность

$$\Delta_{\text{случ}} = \frac{1}{\sqrt{2}n}\sum_{i=1}^{n}|\lg C_{i1} - \lg C_{i2}| = \frac{1}{\sqrt{2}n}\sum_{i=1}^{n}\lg\frac{C_{\text{бол}}}{C_{\text{мен}}}. \qquad (29)$$

Ее антилогарифм дает случайное среднее относительное отклонение самих концентраций $S_{\text{случ}} = 10^{\Delta\text{ср}}$.

Случайное среднее относительное отклонение концентраций показывает, во сколько раз в среднем полученные значения концентраций больше или меньше истинных, т. е. соответствующие по надежности истинные значения лежат в пределах, вычисляемых умножением значений, полученных при анализе проб, на $S_{\text{случ}}{}^{\pm 1}$. Величина $S_{\text{случ}}$ не должна превышать 1,6 при отборе проб рыхлых образований и растений и 2,0 в случае опробования коренных пород. При большей погрешности работы считают браком.

В число пар контрольных проб, по которым производят подсчет погрешности, включают лишь те, где хотя бы в одной пробе из двух обнаружена измеряемая концентрация искомого элемента. Если при этом в другой (основной или контрольной) пробе элемент не обнаружен, ей приписывают концентрацию, равную половине порога чувствительности анализа.

§ 236. Все указания, относящиеся к оценке случайных и систематических погрешностей, в равной мере обязательны для оценки качества всех видов анализа отобранных проб.

§ 237. Аналогичным образом обрабатываются результаты контрольных работ, выполненные в соответствии с п. «б» § 233, но число точек заранее не обусловливают и в оценку качества работ по участку в целом эти данные не входят. Признанные браком работы подлежат переделке, а результаты повторных наблюдений подвергаются контролю на общих основаниях.

Оценки погрешностей учитываются при анализе геохимической информации для повышения надежности и истинности выводов.

Определение геохимического фона и минимально-аномальных содержаний

§ 238. В первом приближении оценить уровень местного геохимического фона (нормального поля) для каждого из элементов можно из рассмотрения карт содержаний элементов в отложениях гидросети или графиков по профилям. Если геохимические поиски проведены на достаточно больших площадях, области местного геохимического фона на картах и графиках будут характеризоваться преобладанием относительно низких и сравнительно устойчивых содержаний элементов в пробах, охватывая участки гидросети или отрезки профилей в удалении от известных месторождений, рудопроявлений либо заведомых ореолов и потоков рассеяния. Приближенно оценив по этим участкам среднюю величину содержаний каждого из элементов, можно выделить на картах и графиках все наиболее отчетливые геохимические аномалии (ореолы, потоки).

§ 239. Выделение слабых геохимических аномалий требует более точной оценки местного геохимического фона путем вариационно-статистической обработки данных. В этом случае величину местного геохимического фона ($C_ф$) для данного элемента определяют в зависимости от математического закона, которому подчинено распределение содержаний этого элемента. Для микроэлементов наиболее обычным является логарифмически-нормальный закон распределения фоновых содержаний элементов, а для макроэлементов — нормальный закон.

Для характеристики местного геохимического фона необходимо установить закон, которым аппроксимируется распределение фоновых содержаний, и определить параметры этого распределения — среднее значение и стандартное отклонение от среднего. Наряду с аналитическим методом эту задачу можно решить путем построения графика накопленной частости различных содержаний элемента на бланке вероятностной бумаги. Распределение данных, подчиняющихся нормальному (или логнормальному) закону, на этом бланке графически изображают прямыми линиями.

§ 240. Оценку местного фона производят для каждого из участков, отличающихся по геологическому строению или ландшафтно-геохимическим условиям. С этой целью выбирают характерные отрезки профилей или маршрутов в удалении от заведомых геохимических аномалий в количестве $n=100$—250 точек наблюдения. В составе выбранной однородной совокупности данных подсчитывают число n_i каждого из дискретных содержаний C_x какого-либо элемента, выражают в процентах от общего числа данных n, найденные частости n_i для устранения влияния «любимых» цифр делят пополам и подсчитывают нарастающим итогом накопленные частости значений, которые меньше или равны C_x. Мелкие неточности, допущенные при вычислении n_i в процентах, исправляют за счет строк с максимальной частостью с тем, чтобы полная накопленная частость строго соответствовала 100,0 %. (Деление n_i пополам производят с точностью до 0,1 % с округлением в большую сторону для цифр, лежащих в направлении возрастания частости.)

На бланке вероятностной бумаги по оси абсцисс цифры содержаний элемента нанесены в логарифмическом масштабе, что избавляет от необходимости прибегать к логарифмированию этих величин. Вспомогательные пунктирные линии предназначены для использования бланка при построении графиков нормального распределения с арифметическим масштабом вдоль оси абсцисс

или графиков логнормального распределения с любым геометрическим (т. е. логарифмическим) масштабом содержаний элемента (например, 1—2—4—8—16—32 и т. д.). По оси ординат нанесены в масштабе линейного изменения аргумента теоретические значения накопленной частости нормального распределения. Для удобства здесь же показаны значения $\pm t$, $\pm 2t$, $\pm 3t$, отвечающие частостям значений C_i, отклоняющимся от центра распределения на величины, кратные стандартному отклонению S.

На бланк вероятностной бумаги с арифметическим или геометрическим масштабом содержаний элемента по оси абсцисс (в зависимости от вида распределения частостей n_i) наносят точки накопленной частости и проводят осредняющую прямую. Если некоторые точки отходят от этой прямой, отыскивают наихудшую точку, по которой соответствие данного распределения теоретическому закону проверяют с помощью критерия Колмогорова

$$\lambda = \frac{\Delta y \sqrt{n}}{100} < 1{,}35, \qquad (30)$$

где Δy — разность ординат этой точки и соответствующей точки на осредняющей прямой в процентах.

Критерий согласия $\lambda < 1{,}35$ указывает, что отход эмпирических точек от осредняющей прямой случаен и рассматриваемая совокупность данных удовлетворительно описывается нормальным (или логнормальным) законом. При большом разбросе эмпирических точек предварительно для каждой из них строят отрезки $\Delta y_{max} = 135/\sqrt{n}$, % внутри которых на минимальном удалении от эмпирических точек проводят осредняющую прямую.

§ 241. При условии соблюдения критерия согласия λ по соответствующим точкам осредняющей прямой определяют параметры распределения. По абсциссе точки с ординатой 50 % находят $\bar{C}$ (нормальное распределение содержаний элемента) или $\tilde{C}$ (логнормальное распределение). Определяют абсциссу точки с ординатой $+t$. При нормальном распределении содержаний элемента вычитанием $\bar{C}$ находят стандартное отклонение S. При логнормальном распределении абсциссу точки $+t$ делят на $\tilde{C}$ и таким образом определяют $\varepsilon = \text{antlg } S$. Найденные значения $\bar{C}$ или $\tilde{C}$, S или ε и число n следует записывать на бланк графической обработки. Указывают дату обработки, закон распределения, символ химического элемента, название участка, номера профилей и пикетов или соответственно наименование горной породы (состав, возраст и т. п.). Численные значения $\bar{C}$, $\tilde{C}$ и S в окончательном виде следует давать в весовых процентах, граммах и т. п., ε — величина безразмерная ($\varepsilon > 1$).

§ 242. Если критерий согласия для распределения имеющихся данных не соблюдается ($\lambda > 1{,}35$) и внутри отрезков Δy_{max} не удается провести осредняющую прямую, нужно дополнительно рассмотреть различия в геологическом строении или ландшафтно-геохимических особенностях части участка или ставить под сомнение доброкачественность анализа проб. При необходимости следует строить дифференциальную вариационную кривую распределения в равных интервалах подсчета частости. После разделения первоначальной совокупности данных на лежащие в ее основе простые совокупности следует возвратиться к построению графика накопленной частости для основной или каждой из выделенных групп данных. Невозможность разделения сложных распределе-

ний при геохимических поисках не исключается, однако наблюдается относительно редко, и рассмотрение таких совокупностей данных в каждом конкретном случае требует индивидуального подхода.

§ 243. Если чувствительность анализа геохимических проб недостаточна и преобладающая часть результатов отвечает содержаниям ниже порога чувствительности анализа, статистическая обработка данных становится невозможной. Если в составе имеющихся данных число проб с неопределенными результатами анализа в сумме с половиной частости первого определимого содержания менее 50 %, это не препятствует построению графика накопленной частости. Спрямленный график накопленных частостей позволяет по левому продолжению осредняющей прямой оценить численные значения неопределенных результатов анализа, лежащих ниже порога его чувствительности («не обнаружено»), путем отыскания абсцисс, отвечающих частостям этих результатов.

§ 244. Практикой геохимических поисков установлено, что за нижнее значение вероятных аномалий для одиночных (изолированных) точек с повышенным содержанием элементов целесообразно принимать величину $C_a = C_\Phi + 3S$ или соответственно при логнормальном распределении фоновых содержаний величину $C_a = C_\Phi \varepsilon^3$. В этих пределах с вероятностью 99,86 % лежат значения фоновых содержаний элементов, поэтому вероятность ошибочного отнесения к числу аномалий точек, характеризующихся только случайными колебаниями фона, очень мала.

§ 245. Особенностью рудных геохимических аномалий являются их приуроченность к благоприятным геологическим структурам участка и коррелируемость повышенных содержаний элементов по нескольким точкам на профиле или нескольким смежным поисковым профилям. Эти признаки не характерны для фиктивных аномалий, обязанных только случайным колебаниям фона. Поэтому, если повышенные содержания элемента прослеживают по m смежным точкам, целесообразно последовательно в зависимости от числа m снижать нижний уровень C_a для выделения слабых геохимических аномалий согласно выражениям:

$$C_a = C_\Phi + 3S/\sqrt{m} \quad \text{(нормальный закон)}, \tag{31}$$

$$C_a = C_\Phi \varepsilon^{3/\sqrt{m}} \quad \text{(логнормальный закон)}. \tag{32}$$

При этом несущественно увеличивается число выделенных фиктивных аномалий сверх вероятного их числа 0,14 %.

В соответствии с этим критерий $3S$ (или ε^3) принимают для выделения в качестве геохимических аномалий только одиночных, изолированных точек с повышенным содержанием элемента. Уже при двух коррелирующихся точках за аномальное значение следует приближенно принимать $C_a \geqslant C_\Phi + 2S(C_\Phi \cdot \varepsilon^2)$; при $m \geqslant 4$ достаточно превышения над фоном $+1{,}5\ S$; при $m = 9$ за нижнее аномальное значение берут $C_a \geqslant C_\Phi + S$ или соответственно $C_\Phi \varepsilon$. Практика показывает, что следует ограничивать прогрессивное снижение величины C_a уровнем $C_\Phi + S(C_\Phi \varepsilon)$ при значениях $m > 9$, так как вероятность появления повышенных фоновых содержаний элемента по мере приближения к C_Φ стремится к 50 % и признак коррелируемости содержаний, лишь немного превышающих C_Φ, теряет свою определенность.

При обработке результатов геохимических поисков целесообразно для каждого из участков, характеризующихся своими значениями параметров C_Φ и $S(\varepsilon)$, предварительно вычислять все значения $C_{a_1}, C_{a_2}, C_{a_3} \ldots, C_{a_9}$ и затем приступать

к рассмотрению имеющихся данных. Наиболее надежно слабые геохимические аномалии выделяют по картам графиков содержаний элементов в пробах, по которым корреляция точек с повышенными содержаниями облегчается.

§ 246. При недостаточной чувствительности анализа, когда местный геохимический фон характеризуется «нулевыми» содержаниями элемента, за нижний уровень геохимических аномалий условно принимают половину минимальной величины содержаний, надежно выявляемой спектральным анализом и определяющей порог его чувствительности. Когда определение нижнего уровня для выделения слабых аномалий невозможно, следует принять меры к повышению чувствительности анализа.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ

1. Условия применения

§ 247. Сущность гидрохимического метода поисков заключается в изучении распределения химических элементов в подземных и поверхностных водах путем их систематического опробования. Этот метод предпочтительнее применять в районах с большим количеством водоисточников, т. е. в районах избыточного увлажнения и в более влажной части районов неустойчивого увлажнения. В аридных районах поиски гидрохимическим методом затруднены. Наиболее эффективно применение гидрохимического метода для поисков месторождений, руды которых легко окисляются с образованием легкорастворимых соединений. К числу их относятся в первую очередь месторождения сульфидных руд. Вместе с тем доказана возможность применения этого метода для выявления несульфидных месторождений (бора, бериллия, лития и др.).

§ 248. Применение гидрохимического метода наиболее целесообразно при поисках:

1) рудных месторождений, погребенных под чехлом дальнеприносных отложений мощностью более 10 м, особенно на участках, где отсутствуют древние коры выветривания;

2) рудных тел в труднодоступных высокогорных условиях;

3) рудных тел глубоко погребенных под покровом ледниковых и других рыхлых образований в районах развития многолетней мерзлоты, в заболоченных и залесенных районах;

4) глубоко залегающих (ниже местных базисов эрозии) рудных тел в платформенных областях;

5) глубоко погребенных рудоконтролирующих тектонических нарушений, интрузий, гидротермально измененных пород и толщи пород, обогащенных рудными компонентами.

§ 249. Во всех случаях площадным гидрохимическим поискам предшествует анализ геологических и ландшафтно-геохимических особенностей территории, определяющих условия и методику их проведения, а при необходимости и опытно-методические работы.

§ 250. Применение гидрохимического метода поисков наиболее целесообразно на стадиях «Региональные геологосъемочные и геофизические работы» и «Поиски месторождений полезных ископаемых». На стадиях разведки рудных месторождений гидрохимический метод может применяться для решения отдельных частных задач при уточнении перспектив глубоких горизонтов и флангов раз-

ведуемых рудных полей, путем опробования всех возможных проявлений природных вод.

§ 251. На подстадии «Региональные геофизические работы масштаба 1 : 200 000» гидрохимическое опробование водоисточников может способствовать повышению полноты и достоверности геологической интерпретации геофизических данных. В ряде случаев эффективно их комплексирование с атмохимическим методом. Число пунктов гидрохимического опробования на этой подстадии не регламентируется.

§ 252. Главной задачей гидрохимических поисков на подстадии «Региональная геологическая съемка масштаба 1 : 200 000 с составлением региональных прогнозных карт» является выявление перспективных площадей для постановки более детальных работ. Гидрохимические поиски на этой подстадии проводятся в масштабе 1 : 200 000, как правило, в тесном комплексе со шлиховым и литохимическим опробованием по потокам рассеяния, а также геофизическими исследованиями. В первую очередь на каждом опробуемом водопункте производят определение таких гидрохимических показателей, как pH, SO_4^{2-}, сумма металлов, HCO_3^-, $Fe_{общ}$, O_2, Cl^-, H_2S и CO_2. В лабораторных условиях концентраты проб воды анализируются приближенно-количественным спектральным анализом на широкий комплекс элементов-индикаторов оруденения. Число точек опробования на 1 км² на данной подстадии регламентируется (см. § 254).

§ 253. На подстадии «Геологическая съемка масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000) с составлением крупномасштабных карт» задачей гидрохимических поисков является обнаружение водных ореолов рассеяния рудных месторождений. Работы ограничиваются площадями, выделенными на предыдущей подстадии в качестве перспективных, и проводятся в масштабе 1 : 50 000 или 1 : 25 000 в зависимости от сложности геологического строения участков работ.

§ 254. Минимальное число опробуемых водопунктов при площадных гидрохимических поисках определенного масштаба зависит от сложности геологического строения и ландшафтно-геохимических условий и определяется по табл. 7.

Таблица 7

Густота сети опробования природных вод при гидрохимических поисках различных масштабов

Масштаб	Число пунктов опробования на 1 км² в зависимости от сложности геологического строения и ландшафтно-геохимических условий		
	простые	средние	сложные
1 : 200 000	0,1	0,15	0,2—0,4
1 : 50 000	1,1	1,7	1,5—2,0
1 : 25 000	2,3	3,4	4—5
1 : 10 000	Опробуются все водопункты при расстоянии между ними не более 100 м, если это условие невозможно выполнить, поиски данного масштаба проводиться не могут		

§ 255. При отсутствии необходимого числа естественных водопроявлений на поверхности и при неглубоком расположении уровня подземных вод (до 1 м) возможно их искусственное вскрытие. Отобранные пробы воды и их концентраты с помощью различных сорбентов и соосадителей спектральным методом ана-

лизируются на основные элементы-индикаторы, входящие в поисковую гидрохимическую ассоциацию, выделенную как наиболее информативную при опытно-методических работах.

§ 256. На всех стадиях и подстадиях гидрохимические поиски целесообразно сочетать с исследованиями микрокомпонентного состава минеральных, особенно углекислых термальных вод, приуроченных к глубоким тектоническим нарушениям. Эти воды, как правило, обогащены разнообразным комплексом легколетучих микрокомпонентов (мышьяк, бор, фтор, ртуть, литий, рубидий, цезий и др.).

§ 258. На подстадии «Глубинное геологическое картирование с прогнозированием полезных ископаемых» гидрохимические работы являются обязательными в общем комплексе геохимических и геофизических исследований. Опробованию подвергаются воды всех буровых скважин на протяжении всего периода их бурения. Подлежат обязательному гидрохимическому опробованию также все источники подземных вод. Порядок и способы опробования должны соответствовать требованиям § 270.

§ 258. Детальное гидрохимическое опробование масштаба 1 : 10 000 имеет преимущественное значение в закрытых районах с мощным чехлом экранирующих горных пород, снижающих эффективность проведения других видов геохимических поисков. Комплекс аналитических определений и операций остается тем же, что и для масштаба 1 : 25 000, но преимущественное внимание уделяется компонентам, являющимся поисковыми признаками прежде всего этого конкретного типа оруденения.

§ 259. При невозможности обеспечить необходимую густоту сети опробования как в целом на площади поисков, так и на отдельных ее участках, меняется масштаб поисков, и на планах гидрохимического опробования соответственно выделяются площади проведения гидрохимического опробования различных масштабов.

В случаях, когда для достижения необходимой густоты гидрохимического опробования необходима проходка шурфов или буровых скважин, экономическая эффективность таких работ должна быть обоснована соответствующими расчетами и предваряться специальными опытно-методическими работами на ограниченной площади.

§ 260. На подстадии «Детальные поиски с определением прогнозных ресурсов на конкретных участках» площадные гидрохимические поиски проводятся в масштабе 1 : 10 000 при условиях, указанных в § 248, при наличии достаточного числа водопунктов и доказанном преимуществе гидрохимического метода для конкретных участков поисков. В большинстве случаев гидрохимические работы на данной подстадии являются только вспомогательными и дополнительными при проведении литохимических поисков масштаба 1 : 10 000 — 1 : 5 000. Результаты гидрохимического опробования данной подстадии используются главным образом при интерпретации литохимических аномалий, связанных со скрытым оруденением, или определении типа минерализации рудоносных структур, выявленных геофизическими работами.

§ 261. На подстадии «Поисково-оценочные работы с оценкой выявленных проявлений» площадные гидрохимические поиски не проводятся. Гидрохимическое опробование на данной подстадии используется иногда для дополнения материалов изучения первичных литохимических ореолов в типе и частично масштабе скрытого оруденения путем опробования трещинных вод, поступающих

с глубоких горизонтов или флангов оцениваемого рудопроявления. Для той же цели гидрохимический метод может применяться и на всех стадиях разведки месторождений полезных ископаемых.

2. Опытно-методические работы

§ 262. Опытно-методические работы должны предшествовать проведению гидрохимических работ в производственных масштабах во всех случаях, когда отсутствуют достоверные данные для обоснованного выбора методики таких работ и нет достаточных материалов об условиях и эффективности их применения. Опытно-методические работы следует продолжать и в ходе производственных гидрохимических поисков в целях совершенствования методики их проведения.

§ 263. Опытно-методические гидрохимические работы должны базироваться на материалах районирования территории по условиям проведения геохимических поисков, включающих необходимые данные о ее геологических, гидрогеологических и ландшафтно-геохимических особенностях.

§ 264. Первоочередными задачами опытно-методических гидрохимических работ являются:

1) определение состава, размеров и контрастности водных ореолов известных месторождений и рудопроявлений;

2) выяснение взаимосвязи водных и литохимических ореолов известных месторождений;

3) определение комплекса гидрохимических поисковых признаков искомого типа месторождений, а также значений фоновых и аномальных концентраций основных элементов-индикаторов в водных ореолах и потоках рассеяния;

4) выяснение зональности водных ореолов;

5) определение типа гидрохимических аномалий, не связанных с рудными телами;

6) выбор местоположения и необходимого числа водопунктов для проведения режимных наблюдений;

7) выбор оптимальной сети опробования;

8) установление наиболее информативных водоносных горизонтов опробования;

9) определение режима водных ореолов.

3. Отбор проб

§ 265. Отбор проб воды в емкости с целью отправки ее в стационарные (полустационарные) лаборатории для определения микроэлементов производится в основном при работах крупных (1 : 10 000 и крупнее) масштабов или опытно-методических работах. При работах в средних и особенно мелких масштабах основное внимание уделяется определению компонентов непосредственно у источника или в полевом лагере, а вместо проб воды чаще отбираются концентраты на основах модифицированных углей, сульфида кадмия или гидроокиси алюминия; в емкости с целью отправки в лабораторию, как правило, отбираются только пробы воды на общий анализ.

Отбор гидрохимических проб следует производить:

а) из источников подземных вод;

б) из поверхностных вод (реки, ручьи, болота, мочажины, озера, пруды);

в) из скважин, колодцев, канав, шурфов, штолен, шахт и других горных выработок.

При опробовании следует учитывать генетическую природу исследуемых вод (грунтово-трещинные, грунтово-поровые воды рыхлых отложений, пластово-трещинные, трещинно-жильное, рудничные и др.). Из поверхностных потоков наибольший интерес представляют те, в питании которых ведущая роль принадлежит подземным водам. Максимальную информативность часто имеют пробы из поверхностных потоков, образующихся на участках выклинивания грунтовых вод, где сохраняются многие их гидрохимические характеристики. При гидрохимическом опробовании болот наиболее эффективные результаты дает отбор проб из луговых (низинных) их разновидностей, а также из болот и мочажин, расположенных на склонах.

§ 266. Отбор проб производят в стеклянные или пластмассовые (полиэтиленовые, хлорвиниловые и пр.) бутылки в количестве, необходимом для выполнения нужных определений с требуемой чувствительностью. Использование посуды, содержащей оцинкованные или медные детали, запрещается. Основным условием, которое необходимо соблюдать при отборе проб воды, являются чистота посуды, пробок и герметичность укупорки.

Стеклянную посуду для отбора проб воды моют 5%-ным раствором соляной кислоты, затем ополаскивают сначала простой, а потом не менее 2 раз дистиллированной водой и закрывают хорошо подогнанной корковой или резиновой пробкой. Корковые пробки перед употреблением необходимо прокипятить. Резиновые пробки предварительно обрабатывают двукратным кипячением в 5%-ной соляной кислоте в течение 20—30 мин (каждый раз в новой порции кислоты) и последующим кипячением в 5%-ном растворе соды в течение 5—10 мин, затем промывают дистиллированной водой.

§ 267. Перед взятием пробы воды бутылки и пробки необходимо не менее 2 раз сполоснуть водой, отбираемой на анализ. При отборе пробы нужно следить за тем, чтобы в нее не попали посторонние частицы (ил, растительность и т. д.). Пробы воды, которые берут для определения меди, свинца, цинка и других металлов, непосредственно на месте отбора после определения pH подкисляют соляной кислотой. проверенной на безметальность, из расчета 3 мл соляной кислоты на 1 л воды. Пробы на Ag и Hg подкисляют таким же образом серной (1 : 1) кислотой из расчета 3 мл серной кислоты на 1 л воды. Пробы воды на сухой остаток для спектральных определений также подкисляют безметальной серной кислотой.

Заливать пробку парафином или другими веществами не рекомендуется ввиду возможных загрязнений пробы при вскрытии бутылки. Заливку пробок допускают только для проб с газирующей водой, предназначаемых для отправки в стационарную лабораторию. На каждую пробу составляют этикетку, которую привязывают к горлышку бутылки или полиэтиленовой фляжки.

Отбор проб из источников производится в местах наиболее сосредоточенного тока воды либо в бутылку непосредственно, либо с помощью фарфоровой или эмалированной кружки. Если перед отбором пробы производилась расчистка источника, пробу следует брать только после полного осветления воды, а при устойчивой мути необходимо ее фильтровать.

§ 268. В процессе водоотбора проводят следующие наблюдения и измерения:

а) устанавливается геоморфологическое положение источника;

б) описывается литологический состав и характер трещиноватости отложений, к которым приурочен выход подземных вод; обращается особое внимание на участки с рудной минерализацией;

в) определяются тип водопроявления и, по возможности, питающий его водоносный горизонт;

г) описываются условия выхода воды на поверхность;

д) измеряются дебит источника, температура воды и воздуха;

е) описываются физические свойства воды, отмечается наличие и примерный состав спонтанных газов;

ж) описываются осадки из источника и отбираются их образцы;

з) при наличии каптажа производится его описание; особое внимание обращают на материалы, применяемые для каптажа, в целях определения возможности заражения вод его материалами.

§ 269. Отбор проб из поверхностных потоков производят в местах наиболее спокойного течения, на участках возможного выклинивания подземных вод.

В небольших водоемах отбирают две-три пробы. Крупные пруды и озера характеризуются либо единичными пробами, либо серией проб, отобранных по профилям. Очаги разгрузки подземных вод выявляются по температуре и изменениям pH. Небольшие болота характеризуются единичными пробами. В болотах, имеющих широкое площадное распространение, пробы отбирают по сетке, соответствующей детальности поисков. При выборе пунктов отбора проб отдают предпочтение местам возможного притока подземных вод. Отбор проб из заболоченных участков ведут из наиболее глубоких мочажин с тем, чтобы не захватить пленок, плавающих на поверхности, и ила со дна.

При опробовании поверхностных вод производят: а) описание гидрогеологических условий района; б) измерение расходов потоков и температуры воды в них; в) описание физических свойств отобранной воды.

§ 270. При гидрохимическом опробовании буровых скважин для установления представительной глубины отбора проб воды и выявления основных водоносных горизонтов или обводненных трещиноватых зон производят поинтервальное опробование наиболее глубоких скважин. Отбор проб из самоизливающихся скважин проводят непосредственно из струи. Если такие скважины оборудованы трубопроводом с краном, то перед взятием пробы необходимо выпустить воду из трубопровода.

В случае отсутствия самоизлива необходима прокачка скважины. Откачку из скважин при гидрохимических поисках производят для того, чтобы удалить из скважины промывочную жидкость и получить незагрязненную подземную воду. От обычных гидрогеологических откачек эти откачки отличаются кратковременностью. Целесообразное время откачки зависит главным образом от водоотдачи вскрытого водоносного горизонта, а также интенсивности откачки и контролируется графиком содержания одного или нескольких анионов. Графики составляют по данным химического анализа проб воды, отбираемых во время откачки. Графики изменения химического состава вод необходимо рассматривать совместно с другими гидрогеологическими графиками (расхода, уровня и т. д.). Отбор проб из несамоизливающихся скважин следует производить антикоррозийными и герметичными пробоотборниками.

Полный комплекс наблюдений, необходимых для интерпретации данных гидрохимического опробования буровых скважин, включает:

а) характеристику вскрываемого скважиной геологического разреза (по данным геологической документации);

б) измерение глубины установившегося уровня воды;

в) измерение дебита воды (в случае самоизлива и при откачках);

г) измерение температуры вод;

д) установление конструкции скважины (наличие обсадных труб, закрепленные ими интервалы) и технологии бурения (применение глинистого раствора или чистой воды для промывки);

е) обследование насосного оборудования с целью выявления возможности заражения вод рудными элементами, определяемыми при гидрохимических поисках;

ж) описание физических свойств воды.

§ 271. По условиям отбора проб воды выделяют следующие типы колодцев: а) эксплуатирующиеся (с забором воды ведрами и пр.); б) не эксплуатирующиеся; в) оборудованные насосами.

Из эксплуатирующихся колодцев воду отбирают без предварительных откачек. Не эксплуатирующиеся колодцы опробуют только при невозможности использования для отбора проб других водопроявлений. В этих случаях их опробуют после предварительной откачки до полной смены воды колодца на свежую. При отборе воды из колодцев, оборудованных насосами, необходимо произвести смену воды в трубах. Отбор проб оцинкованными ведрами запрещается. Опробование колодцев сопровождают тем же комплексом наблюдений, что и опробование естественных источников подземных вод, дополняя описанием способа водозабора, глубины колодца, материала его крепления, метода отбора и установившегося уровня воды.

§ 272. Отбор проб воды в подземных горных выработках на рудниках и разведуемых месторождениях можно производить из капежей, водопритоков шпуров, опережающих скважин и других водопроявлений. Отбор проб из капежей производят с помощью стеклянной воронки и резинового шланга. Опробование остальных водопроявлений осуществляется аналогично опробованию водопроявлений на поверхности. Отбор проб воды из поверхностных горных выработок производят так же, как и из колодцев, с соблюдением необходимых предосторожностей против смешивания с поверхностной (дождевой) водой.

§ 273. Первичными документами пробоотбора являются:

а) записи в полевой книжке (см. прил. 17);

б) топографические карты и маркшейдерские планы с нанесенными на них пунктами отбора проб и абрисы глазомерных съемок;

в) паспорт на пробу (см. прил. 16).

§ 274. Для районов с высокой интенсивностью водообмена и быстрым подъемом уровня грунтовых и поверхностных вод (горные районы гумидной зоны, районы многолетней мерзлоты и т. п.) концентрации компонентов, характеризующие гидрохимические поисковые признаки, могут значительно колебаться во времени. С целью определения этих колебаний и установления на этой основе оптимальных сроков опробования проводят режимные гидрохимические наблюдения, обычно в составе опытно-методических работ. В сеть режимных наблюдений включают пять — семь водопунктов (источники, ручьи, иногда скважины, штольни), характеризующих наиболее типичную гидрохимическую аномалию и участки вне влияния рудных тел. Гидрохимические режимные наблюдения должны охватывать весь период проведения гидрохимических поисков.

В тех случаях, когда это возможно, следует организовать также наблюдения в течение всего календарного года. Опробование режимных точек проводят в соответствии с требованиями, предъявляемыми к опробованию водопунктов при гидрохимических поисках. По данным режимных наблюдений строят графики изменения концентраций компонентов во времени и вводят поправки в фоновые и аномальные концентрации с учетом влияния гидрометеорологического фактора.

§ 275. Пробы, предназначенные для отправки в стационарные лаборатории, хранят в прохладном помещении, защищенном от прямых солнечных лучей, герметически укупоренными. Для транспортировки проб в бутылках целесообразно использовать специальные ящики с гнездами и крышками, применяя для упаковки опилки, сено или другие материалы.

4. Анализ проб

§ 276. Предварительное определение производительности, стоимости и необходимого для анализа и концентрирования объема воды позволяет оценить экономическую эффективность выбранного метода. Характеристика аналитических методов, применяемых в настоящее время при анализе гидрохимических проб, приводится в прил. 20, 21 и 22.

§ 277. В целях исключения транспортировки больших объемов воды в полевых условиях используются различные методы группового концентрирования проб воды с помощью разнообразных сорбентов неорганического и органического происхождения. Наиболее широкое распространение получили: метод соосаждения рудных элементов с гидроокисью алюминия в присутствии сернистого натрия, метод соосаждения с сульфидом кадмия в присутствии ионов окисного железа или диэтилдитиокарбамата натрия, метод сорбции на активированном угле, ионно-обменных смолах и других смешанных органо-минеральных сорбентах-комплексообразователях (см. прил. 23).

5. Интерпретация результатов

§ 278. Интерпретацию данных гидрохимического опробования следует начинать в полевых условиях с учетом общих гидрогеологических и ландшафтно-геохимических особенностей района поисков.

Необходимо учитывать, что повышение содержаний отдельных легко мигрирующих компонентов происходит не только под влиянием разрушающихся рудных тел, но и вследствие увеличения общей минерализации подземных и поверхностных вод в направлении стока. Иногда колебания содержаний компонентов за счет изменения общей минерализации вод делают интерпретацию результатов гидрохимических поисков затруднительной. В этих случаях рекомендуется устанавливать зависимость величин отношений отдельных компонентов между собой от общей минерализации. Наиболее употребительными отношениями являются: SO_4/M; SO_4/Cl; SO_4/HCO_3; Zn/M; Cu/M; B/C ; Me/C; Cu/Zn; K/Rb, где M — общая минерализация воды в точке отбора пробы; C — общий углерод; Me — рудный элемент. Рассчитанные отношения целесообразно наносить на гидрохимическую карту и профили.

Графики зависимостей содержаний рудных компонентов от общей минерализации и других параметров строят вначале по результатам опробования

участков, заведомо лишенных рудопроявлений. В дальнейшем по положению на графике остальных точек исследуемого района выясняют степень их аномальности. Выявленные таким образом точки с аномальными содержаниями компонентов наносят на карту и они служат предварительным основанием для оконтуривания гидрохимических аномалий.

§ 279. При оконтуривании гидрохимических аномалий необходимо учитывать, что контур гидрохимической аномалии должен соответствовать направлению стока подземных или поверхностных вод, а также возможность проявления аномалий в разных генетических типах вод.

§ 280. Существование зональности в распределении химических элементов в пределах гидрохимических аномалий требует при их интерпретации выделения участков, характеризующихся различными ассоциациями элементов-индикаторов, а также участков, для которых аномальные значения одного или нескольких гидрохимических признаков особенно контрастны. Для этой цели проводят контуры, ограничивающие распространение водных ореолов рассеяния основных элементов-индикаторов, аномальных значений pH, температуры и других параметров.

После оконтуривания гидрохимических аномалий производят их предварительную полевую разбраковку по ассоциациям гидрохимических признаков и контрастности.

Наиболее ответственный этап интерпретации — отбраковка безрудных аномалий, возникновение которых может быть обусловлено специфичными для разных районов причинами.

§ 281. Выяснение природы рудных аномалий и связи гидрохимических аномалий с рудными телами производят на основании учета:

1) общей геологической и металлогенической ситуации;

2) гидрогеологической обстановки (направления движения подземных и поверхностных вод);

3) зональности гидрохимической аномалии;

4) особенности распределения элементов-индикаторов в зависимости от ландшафтно-геохимических условий исследуемой территории;

5) контрастности гидрохимических аномалий;

6) ассоциаций рудных компонентов, составляющих гидрохимическую аномалию.

Большую помощь при решении этих вопросов может оказать построение гидрохимических профилей, совмещенных с геологическими. Профили следует строить как по потоку подземных и поверхностных вод, так и вкрест его. Установление природы рудных аномалий целесообразно вести непосредственно в процессе полевых исследований по мере накопления материалов и после осмотра их на местности. Осмотр должен охватывать как участок самой гидрохимической аномалии, так и примыкающие площади, откуда возможен сток поверхностных и подземных вод, участвующих в питании аномальных вод.

§ 282. В результате гидрохимических работ должны быть составлены карты гидрохимических аномалий и перспективных участков. Гидрохимические аномалии при этом выделяются по сумме или произведению основных элементов-индикаторов, что значительно увеличивает их контрастность. При составлении сводной карты гидрохимических аномалий вначале производится выделение гидрохимических аномалий по всем элементам, являющимся гидрохимическими поисковыми признаками искомого типа месторождений. Для этого оконтуривают

участки, отличающиеся аномальными концентрациями всего комплекса элементов, а в пределах каждой аномалии выделяют зоны, характеризующиеся повышенными концентрациями отдельных элементов.

После этого производится отбраковка безрудных аномалий и выделение рудоперспективных гидрохимических аномалий по ассоциациям поисковых признаков и контрастности.

§ 283. Карта гидрохимических аномалий должна сопровождаться гидрохимическими профилями, пересекающими площади аномалий. Целесообразно в зарамочном оформлении карты приводить краткую характеристику рудоперспективных гидрохимических аномалий (гидрохимические признаки, фоновые и аномальные значения содержаний элементов-индикаторов).

§ 284. Карту гидрохимических аномалий, на которой выделяются перспективные участки, строят на геологической основе. При большом числе перспективных участков должны быть выделены первоочередные участки для проверки их другими геохимическими или иными методами.

§ 285. Во время камеральных работ производят детализацию и уточнение полученных результатов, окончательное оформление карт и составление текста отчета о проведенных работах.

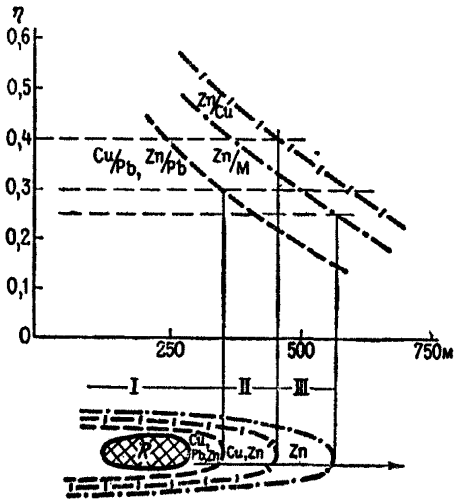

Рис. 10. Изменение величины коэффициентов корреляции (r_i) основных элементов-индикаторов рудных месторождений в ореольных водах в зависимости от расстояния до рудного тела.

R — рудное тело; М — минерализация вод; I, II, III — зоны геохимических ореолов

§ 286. При интерпретации результатов гидрохимических работ применение математических методов и ЭВМ повышает надежность интерпретации гидрохимических аномалий. Рекомендуется производить расчет коэффициентов корреляции (рис. 10), построение многомерных полей и поверхностей тренда.

§ 287. Выявление информативного комплекса гидрохимических признаков оруденения начинается с выбора поисковых признаков, несущих необходимые сведения о различиях между рудоперспективными и безрудными объектами.

§ 288. В целях ускорения и повышения объективности оконтуривания на картах водных ореолов с аномальными концентрациями рудных компонентов в водах и породах целесообразно иногда применять тренд-анализ, исключающий необходимость предварительного вычисления фоновых и аномальных значений элементов-индикаторов. Трендовые поверхности осредняют зависимость между свойствами картируемых признаков и их положением в пространстве. Наилучшее приближение достигается при соблюдении однородности гидрогеологических условий опробования. Поэтому метод выявления аномалий с помощью построения карт трендовых поверхностей дает достаточно надежные результаты при обработке данных наблюдений, характеризующих единое гидрохимическое

поле с однородными гидрогеологическими условиями, которые наблюдаются чаще всего при поисках скрытого оруденения.

§ 289. В случае построения карт трендовых поверхностей при обработке результатов гидрохимических поисков в сильнорасчлененных горных складчатых областях с разнородными гидрогеологическими условиями необходимо предварительно расчленить район поисков на отдельные однородные гидрохимические поля.

§ 290. В результате построения карт мультипликативных аномалий элементов-индикаторов контрастность аномалий увеличивается. На картах, построенных этим методом, при правильном учете направления движения вод и других гидрогеологических параметров (скорость фильтрации — диффузии и т. п.) удается более точно определять местоположение и природу источников рассеяния рудных элементов.

§ 291. Участок залегания рудного тела, как правило, располагается в пределах внутренней зоны водного ореола, которая более приближена к крутопадающим рудным телам и смещается значительно ниже по потоку от пологозалегающего рудного тела. При определении участка залегания рудного тела по зональности выявленных водных ореолов рассеяния вычисляются отношения содержаний основных элементов-индикаторов и устанавливается характер их изменения.

§ 292. О степени окисляемости погребенных рудных тел и их примерном составе можно судить по соотношению в водах основных рудообразующих металлов (Zn/Cu; Pb/Cu; Fe^{2+}/Fe^{3+} и др.), величинам pH, Eh, O_2. В ореольных водах слабоокисляющихся рудных тел эти отношения в несколько раз ниже, чем в водах интенсивно окисляющихся залежей.

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ

1. Условия применения

§ 293. Сущность биогеохимических методов поисков заключается в использовании в качестве поисковых признаков аномалий, выявляемых в результате опробования биологических объектов биосферы. Практическое значение для биогеохимических поисков в настоящее время имеет изучение геохимических аномалий элементов-индикаторов только в растениях, благодаря стабильному положению этих биообъектов на местности.

§ 294. Применение биогеохимических методов поисков целесообразно только в таких ландшафтно-геохимических условиях, где этот метод имеет преимущества в сравнении с литохимическими поисками, что должно быть доказано в каждом конкретном районе опытно-методическими работами и расчетом экономической эффективности.

§ 295. Важным условием применения биогеохимических методов поисков является опробование безбарьерных или практически безбарьерных, как правило, широко распространенных видов растений и их частей. Когда таких видов растений на площади поисков нет, допускается опробование объектов, концентрации элементов-индикаторов в которых превышают их минимально-аномальные значения в 10—30 раз.

Из числа равноценных по информативности биообъектов для опробования

выбираются такие, которые обеспечивают большую глубинность выявления оруденения. Это устанавливается с помощью специальных опытно-методических работ по определению глубинной информативности различных видов и частей растений. В первом приближении для этого используются данные о глубинах корневых систем широко распространенных растений, приведенные в прил. 12.

В лесных ландшафтах Сибири наиболее информативными на большое число элементов являются корка различных видов березы, опробковевшие шишки сосны с лесного полога и внешние слои корки стволов различных видов лиственницы и кедра сибирского (см. прил. 13). Нижние части стеблей рододендрона даурского и таволги средней обеспечивают наибольшую глубинность опоискования закрытых территорий на молибден и рекомендуются для детальных поисков районов и участков, перспективных на этот элемент. В Казахстане и Узбекистане удовлетворительные результаты дает опробование надземных частей различных видов полыни, которое обеспечивает глубинность опоискования территорий на полиметаллы, золото, медь, молибден и редкие элементы порядка 10—50 м, а в наиболее благоприятных условиях свыше 100 м. Поскольку надземные части практически всех видов травянистых растений неинформативны на фтор, использование этого элемента в качестве индикатора флюоритовых, криолитовых и других фторосодержащих месторождений в степных ландшафтах практически невозможно. Как и при литохимических поисках, предпочтение при использовании элементов-индикаторов отдается тем из них, определение которых возможно методами экспрессного спектрального анализа.

§ 296. Биогеохимические работы при поисках могут быть эффективны только при наличии неглубоких и для питания растений минералогически благоприятных руд и их первичных или вторичных ореолов. Месторождения с редкими гнездами труднорастворимых в зоне гипергенеза минералов обычно отчетливыми биогеохимическими ореолами рассеяния не сопровождаются.

§ 297. Применение биогеохимического метода при поисках может быть целесообразным в следующих районах, выделяемых путем анализа карт районирования территорий по применимости различных геохимических методов:

— площади развития зон окисления и кор выветривания с полностью выщелоченными с поверхности вторичными литохимическими ореолами рассеяния, характерными для элементов активных водных мигрантов в условиях современных или древних гумидных зон и замедленной денудации;

— площади неглубоко погребенных вторичных лито- и гидрохимических ореолов рассеяния при наличии покрова аллювиально-пролювиальных, ледниковых и других дальнеприносных отложений ограниченной мощности (2—10 м) в условиях гумидной и умеренно влажной зон, а также на протяженных склонах и в долинах с литохимическими ореолами, погребенными под склоновыми рыхлыми образованиями всех природных зон с растительным покровом;

— площади погребенных вторичных лито- и гидрохимических ореолов рассеяния при наличии покрова дальнеприносных, в том числе песчаных отложений эолового и древнеаллювиального происхождения умеренной мощности (до 30 м, иногда до 50—80 м), в условиях сосновых боров южной тайги, сухих степей, пустынь и полупустынь аридной зоны при наличии растений с глубокопроникающими корневыми системами;

— заболоченные территории при неглубоком (2—10 м) залегании рудовмещающих горных пород, руд и их вторичных литохимических ореолов рассеяния, в том числе при наличии многолетней мерзлоты;

— площади развития крупноглыбовых курумовых осыпей;

— площади развития растительного покрова, для которого доказано, что литохимические поиски требуют отбора проб на глубинах 1—5 м и более.

Кроме того, биогеохимическое опробование может быть эффективным в зимний период. Так, при промерзании болот их проходимость повышается, что облегчает проведение поисков.

§ 298. Применение биогеохимических методов обычно нецелеосообразно:

— в горных, активно денудируемых районах любых климатических зон, а также в других районах, для которых характерны выходящие на поверхность первичные и вторичные литохимические ореолы;

— в районах, где месторождения полезных ископаемых и их закрытые лито-, гидро- и атмохимические ореолы рассеяния залегают на большой глубине, заведомо превышающей возможность их обнаружения по биогеохимическим ореолам рассеяния;

— на площадях, лишенных растительного покрова или видов растений, обеспечивающих проведение информативного биогеохимического опробования;

— при поисках руд, элементы-индикаторы которых входят в состав труднорастворимых крупных кристаллов, зерен или плотных агрегатов и недоступны корням растений.

§ 299. Биогеохимический метод может применяться в комплексе с другими методами или самостоятельно на стадии региональных геологосъемочных и геофизических работ и на стадии поисков месторождений полезных ископаемых. Конкретные площади проведения биогеохимических работ определяются на основании районирования территории поисков по условиям применения геохимических методов.

§ 300. На подстадии региональных геофизических работ масштаба 1 : 200 000 могут быть осуществлены только опытно-методические биогеохимические исследования.

§ 301. На подстадии региональной геологической съемки масштаба 1 : 200 000 с составлением региональных прогнозных карт биогеохимический метод должен применяться только на тех площадях, где доказано его преимущество в сравнении с литохимическими.

§ 302. При проведении геологической съемки масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000) с составлением крупномасштабных карт биогеохимическое опробование может осуществляться в комплексе с литохимическим с соблюдением условий § 301 настоящей инструкции.

§ 303. На подстадии глубинного геологического картирования с прогнозированием полезных ископаемых биогеохимическое опробование может быть полезным главным образом при определении мест заложения буровых скважин и должно быть завершено до составления проекта буровых работ.

§ 304. На стадии поисков месторождений полезных ископаемых площадное биогеохимическое опробование, как правило, должно проводиться только на подстадии общих поисков с выделением перспективных площадей и заключаться главным образом в детализации выявленных на предыдущей стадии биогеохимических аномалий. Однако, если биогеохимические работы на предыдущей стадии не проводились и имеются площади, где их проведение целесообразно, то следует провести биогеохимическое опробование масштаба 1 : 50 000 до начала или в начале осуществления других поисковых работ данной подстадии.

§ 305. На подстадиях детальных поисков и поисково-оценочных работ пло-

щадное биогеохимическое опробование проводится для детализации аномалий, установленных в процессе работ предшествующих подстадий обычно с целью выявления скрытого на глубине оруденения.

§ 306. При отсутствии опробуемых видов растений на точке, соответствующей сети пробоотбора, биогеохимические пробы могут отбираться на небольшом удалении от точки (не более $^1/_3$ шага опробования). Пункт биогеохимического опробования представляет собой площадку постоянного размера с радиусом, не превышающим трети расстояния между точками сети опробования (в тех случаях, когда биогеохимические пробы составляются из нескольких экземпляров растений одного или нескольких видов).

2. Опытно-методические работы

§ 307. При организации биогеохимических работ в новых районах или при необходимости поисков полезных ископаемых, эффективность выявления которых биогеохимическими методами в конкретных ландшафтно-геохимических условиях не известна, проведение опытно-методических работ является обязательным.

§ 308. Опытно-методические работы имеют целью решение следующих задач:

— выбор высокоинформативных безбарьерных и практически безбарьерных по отношению к основным элементам-индикаторам видов и частей растений, пригодных для систематического опробования в конкретных ландшафтно-геохимических условиях;

— сопоставление результатов биогеохимического опробования различных биологических объектов (различных частей широкораспространенных растений, их ветоши, опада, растительной подстилки, мохово-лишайникового покрова и торфа) с лито-, гидро- и атмохимическими ореолами на дневной поверхности и на различных глубинах рыхлого покрова и коренных горных пород с целью определения видов геохимического опробования, имеющих наибольшую геологическую информативность при наименьших затратах;

— определение биогеохимических параметров, необходимых для интерпретации и введения поправок на разнородность биогеохимических проб и время опробования молодых растущих частей растений, главными из которых являются растительно-почвенный коэффициент, необходимый для увязки биогеохимических и литохимических данных;

— определение глубинности биогеохимического метода поисков в типичных ландшафтных условиях района работ.

3. Отбор проб

§ 309. Для биогеохимического опробования используется наиболее информативные безбарьерные или практически безбарьерные части широко распространенных многолетних растений, каковыми, например, являются кора, ветви, хвоя и листья сосны, лиственницы, кедра, пихты, ели, березы, ивы и осины.

§ 310. При необходимости получения дополнительной информации можно производить опробование на точке наблюдения не одного, а нескольких (двух-трех) биологических объектов растений, каждый из которых дает определенную информацию о тех или иных элементах-индикаторах. Небходимое число проб растений, отбираемых на точке наблюдения, должно обосновываться опытно-методическими работами.

§ 311. При опробовании растений в зоне действия промышленных предприятий необходимо учитывать возможное наличие помех от пыли и загрязнения растений газообразными и легколетучими производственными отходами таких предприятий.

§ 312. При опробовании культивируемых растений необходимо учитывать состав применявшихся при их выращивании удобрений.

§ 313. При опробовании внешних слоев корки стволов деревьев существенное влияние на результаты могут иметь различия толщины отбираемых слоев, особенно загрязнение пробы материалом более глубоких слоев коры, а также наличие неоднородностей в верхних частях корки, например черных «бородавок» и пятен у корки березы (бересты), глубоких трещин у корки сосны и лиственницы и т. д. Подобные помехи должны исключаться с помощью максимальной стандартизации опробуемого материала. Отбор проб корки стволов деревьев целесообразно сочетать с их измельчением, что осуществляется стесыванием корки тонкими слоями или использованием специальных пробоотборников.

§ 314. Опробование травянистых растений проводится, как правило, путем отбора всей надземной части на высоте более 5—10 см для исключения загрязнения проб минеральными частицами почв. Иногда предпочтительнее опробовать не живые зеленые многолетние травянистые растения, а их ветошь, а в некоторых случаях определенные части стеблей (нижние узлы, нижние или верхние части стеблей). Подобная методика обычно повышает достоверность опробования, обеспечивая высокую степень однородности пробы, но приводит часто к уменьшению ее объема, что усложняет аналитические работы. Целесообразно опробовать определенные, наиболее информативные надземные части травянистых растений, а в некоторых случаях и их корни, являющиеся обычно высокоинформативными на широкий комплекс элементов-индикаторов оруденения. Решение этих вопросов требует предварительного проведения опытно-методических работ.

§ 315. В тех случаях, когда на исследуемой площади наблюдается смена растительных ассоциаций (например, перемежаемость участков, занятых лесом, степной растительностью, пашнями, болотами и т. п.), которая делает невозможным изучение стандартных биологических объектов, вводятся поправки на разнородность биообъектов при обработке и интерпретации результатов биогеохимического опробования.

§ 316. Для устранения влияния фаз вегетации растений на содержание элементов-индикаторов оруденения в изучаемых пробах опробование надземных частей травянистых растений, а также листьев деревьев и кустарников на поисковом участке следует производить в течение короткого периода (не более двух-трех недель). Если проведение опробования в течение такого отрезка времени невозможно, влияние вегетационных изменений исключают следующими приемами:

а) площадь поисков делят на участки такого размера, опробование которых может быть проведено за две-три недели. Обработку аналитических результатов (определение фоновых и аномальных содержаний, построение карт изоконцентраций и графиков) производят в дальнейшем раздельно для каждого участка;

б) для участков с одинаковыми ландшафтно-геохимическими условиями в пределах фона и аномалий выбирают однородные контрольные участки, кото-

рые подвергают периодическому (с интервалом две-три недели) опробованию с целью определения поправок на время опробования;

в) при биогеохимическом опробовании старых частей растений, состоящих в основном из отмерших клеток (корка стволов деревьев, 2—8-летние отрезки ветвей деревьев и кустарников, ветошь травянистых растений, шишки сосны и лиственницы на лесной подстилке), или опробовании любых частей растений в период их относительного покоя влияние времени отбора проб практически исключается.

§ 317. На содержание некоторых элементов-индикаторов в листьях деревьев и кустарников и надземных частей травянистых растений иногда оказывает существенное влияние выщелачивание их интенсивными и продолжительными дождями. В таких случаях рекомендуется прекращение отбора проб на время дождей и два-три дня после их окончания. Существенное выщелачивание элементов-индикаторов орудепения дождями наблюдается относительно редко и на ограниченное число элементов-индикаторов (железо, цинк, бор, молибден) и имеет практическое значение только при опробовании листьев или надземных частей травянистых растений.

§ 318. В целях достижения достаточного для анализа объема проб растений, включающих строго определенные (стандартные), иногда весьма локальные части (например, внешние 1—3 мм слои корки стволов деревьев или нижние узлы стеблей злаков), допустимо отбирать одну пробу с нескольких растений, расположенных в 1—5 м от точки пробоотбора. Отбирать составные пробы, включающие в себя разные виды или разнородные части растений (например, ветки с листьями, ветви с травами и моховым покровом, травы с моховым покровом и т. д.), не рекомендуется.

§ 319. В аридных районах вследствие трудности отбора достаточных по объему проб из надземных частей травянистых и кустарниковых растений (из-за их малой массы) может оказаться целесообразным опробование корней, масса которых в десятки и сотни раз больше массы надземных частей. Опробование корневых систем растений может существенно увеличить информативность получаемых результатов, так как корни многолетних растений являются безбарьерными по отношению к большинству рудных элементов и характеризуются стабильными во времени содержаниями химических элементов. Однако в таком случае обязательно предварительное разрешение природоохранительных государственных органов, так как повреждение корней при определенных обстоятельствах может нанести непоправимый ущерб экосистемам пустыни. Для исключения загрязнения минеральными частицами пробы корней необходимо промыть водой или очистить другими способами. Следует иметь в виду, что может оказаться целесообразным отбирать не валовые пробы корней, а их определенные наиболее информативные части. Отмывать корни следует быстро и небольшим количеством воды; не допускается длительное их отмачивание.

§ 320. Масса проб определяется количеством материала, необходимого для анализов. Достаточной следует считать массу, превышающую величину навески однократного анализа в 3—4 раза, что обеспечивает проведение контрольного анализа и оставление материала для длительного хранения.

Поскольку обычным является анализ золы растений, определение необходимой массы исходных проб ведется из расчета получения необходимых для анализа навесок золы. Приближенная масса сырого вещества биогеохимических проб может быть определена исходя из данных о их влажности и зольности

сухого вещества (см. прил. 11) или сырого материала проб. При спектральном анализе методом полного испарения расходуется 30—50 мг золы, что делает необходимым получение 100—200 мг золы и отбор 20—50 г сырого вещества зеленых частей растений, 10—20 г корки стволов деревьев, имеющих влажность 50 % и зольность сухого вещества 2—3 % (сосны, кедра, пихты и лиственницы), 3—10 г корки стволов деревьев с зольностью 6—10 % (ивы и осины), 50—100 г корки стволов с зольностью 0,4—0,6 % (березы) и т. д. При спектральном анализе методом просыпки, например на бор и фтор, расходуется 200—300 мг золы, при спектрохимических определениях золота 1—10 г золы, что требует соответствующего увеличения массы исходных биогеохимических проб. Определенную расчетом массу и объем исходных проб следует уточнить опытным путем по первым сериям и строго контролировать их в дальнейшем.

§ 321. При отборе проб корки в нижней части стволов деревьев используются легкие топорики, а при отборе ветвей деревьев и кустарников и надземных частей травянистых растений — садовые ножницы или ножи. Листья и надземные части большинства травянистых растений обрывают руками. Отобранные пробы упаковывают в матерчатые мешочки или, что более удобно, в бумажные пакеты.

§ 322. Биогеохимические маршруты должны сопровождаться ландшафтно-геохимическими, геоботаническими, почвенными и метеорологическими наблюдениями, включающими краткую характеристику элементарного ландшафта, описание местоположения точек наблюдения с учетом рельефа, зарисовку абриса профиля или маршрута с указанием заболоченных участков, границ смены растительных ассоциаций и горных пород, гарей, типов почв. Приводятся также данные об атмосферных осадках и другие дополнительные сведения, которые могут оказаться необходимыми при интерпретации получаемых данных.

§ 323. В большинстве случаев широко распространенные виды растений, особенно древесных, могут быть определены геологами, геохимиками и биогеохимиками при консультации ботаников. Однажды определенный в данной местности вид растения в дальнейшем обычно легко распознают техники-геологи и рабочие. При опробовании видов растений, не известных исполнителям, их следует отбирать в гербарий (коллекционировать) для дальнейших определений ботаниками.

§ 324. Кроме даты отбора проб ведется регистрация обобщенных фенологических фаз растений. Для травянистых растений достаточно выделение следующих фенофаз: а) до цветения, б) цветение, в) созревание семян, г) после отмирания. Для древесных растений: а) сокодвижение, б) набухание почек, в) облиствение, г) цветение, д) созревание семян или плодов, е) осенняя раскраска листьев, ж) листопад, з) после листопада.

§ 325. Отбор проб документируется в полевой книжке единого образца (см. прил. 18). Обязательной документации подлежат: место отбора каждой пробы, вид и часть растения, возраст (диаметр) древесных растений, фенофаза опробуемой особи при отборе зеленых растущих частей, абрис профиля или маршрута с указанием местоположения характерных точек рельефа, смены растительных ассоциаций и почв, а также все другие данные, которые могут быть признаны необходимыми для интерпретации получаемых результатов.

Список видов опробуемых растений (народное название и принятое в ботанике латинское наименование) и их буквенные сокращения или цифровые шифры приводятся на первой странице каждой полевой книжки. При регистрации

растений в ходе описания полевого маршрута используются эти сокращения (например, корка сосны — к. с.; надземные части астрагала перепончатого — н.ч.а.п. и т.д.) или шифры (например, корка сосны — 1, надземные части астрагала перепончатого — 25 и т. д.).

§ 326. Обязательным является проведение контрольного опробования растений в объеме не менее 5 % от общего числа проб, отбираемых на отдельных поисковых участках. Контрольное опробование должно проводиться как до, так и после получения результатов анализов и построения биогеохимических карт и профилей. Контрольное опробование первого этапа проводится в первую очередь на известных геофизических, литохимических, гидрохимических и других аномалиях, а также на участках, представляющихся наиболее интересными по геологическим, геоботаническим и другим данным. Контрольному опробованию второго этапа (после получения и обработки результатов анализов) подвергаются в первую очередь выявленные биогеохимические аномалии площадного характера, а также наиболее контрастные из точечных аномалий, выявленных при поисках мелкого масштаба. При опробовании зеленых растущих частей растений контрольное опробование должно производиться в одну и ту же стадию вегетации и при одинаковых метеорологических условиях. По данным первичного и контрольного опробования определяют погрешность отбора проб, наличие загрязнения при подготовке их к анализам, выявляют значительные отклонения, связанные с ошибками и нарушениями технологии отбора и правил документации проб.

§ 327. Отбор проб торфа следует производить из нижней части торфяного поля, однако не в самом его основании, где значительная примесь минеральных частиц может внести искажения в картину распределения элементов-индикаторов оруденения. Отбор проб следует производить с помощью почвенных буров. При опробовании следует определять тип торфа (видовой состав торфообразующих растений) и степень его гумификации, которые необходимы для интерпретации данных опробования.

§ 328. Пробы растительной подстилки отбираются с поверхности (после расчистки запыленной части) или с глубины 5—10 см в зависимости от мощности ее слоя. Особое внимание обращается на стандартность опробуемого материала.

4. Обработка и анализ проб

§ 329. Операции промывки, высушивания и специального измельчения исходных проб растений являются во многих случаях излишними. Только при значительном, видимом на глаз, запылении пробы растений необходимо промыть ее непосредственно после отбора чистой водой, лишенной заметных содержаний изучаемых элементов-индикаторов. Последнее должно быть проверено специальными определениями как до промывки, так и после нее. Ввиду опасности вымывания элементов промывку ведут быстро, ни в коем случае не оставляя растение в воде длительное время.

§ 330. В большинстве случаев при биогеохимических работах производят анализ золы. Озолению подвергают пробы растений, торфа и растительной подстилки. Показателем достаточно полного озоления является равномерный пепельно-серый, белый, коричневый или иной цвет золы и отсутствие черных углей. Черный или темно-серый цвет растертой золы и значительное уменьшение

ее массы прокаливании являются признаками недостаточного озоления, что является браком.

Озоление ведется в окислительном режиме при свободном доступе воздуха и свободном горении пробы в начале этой операции. Как правило, озоление производится в полевых условиях на базе отряда или партии в специально оборудованном помещении под тягой при хорошей вентиляции в дровяных, жидко-топливных, газовых или электрических печах. В труднодоступных районах с устойчивой ясной погодой озоление проб можно производить на костре. Температура озоления проб может изменяться от 400 до 800 °С, но во всех случаях серия проб, отобранная на поисковом участке, должна озоляться в стандартных условиях. Время озоления проб растений изменяется от 20 мин до 4—8 ч; наиболее быстро озоляются листья деревьев и кустарников и надземные части травянистых растений, наиболее медленно — неизмельченные пробы корки стволов и древесина деревьев. Для сокращения времени озолений биогеохимических проб целесообразно повысить температуру до 600—800 °С, производить свободное насыпание пробы в тигель и 1—3-кратное перемешивание пробы во время озоления. Перемешивание особенно эффективно после того, когда выгорит основная часть органического вещества.

При озолении проб происходит потеря некоторой части летучих элементов (Mo, V, Ag, U, Zn, B, Au, As, Sb, Bi, Se, Te, Pb, Cd, Tl, Hg), которая имеет наибольшую величину (от 50 до 90 %) в неизмельченных пробах ветвей, корней, коры и древесины для Cd, Pb, Tl, Zn, B, As и Bi, а для ртути она составляет даже 90—97 %. Это, однако, не препятствует выделению биогеохимических аномалий благодаря примерному постоянству относительной величины таких потерь во всех пробах. Тем не менее при использовании в качестве индикаторов оруденения легколетучих элементов пробы растений до озоления целесообразно измельчать до 3—10 мм, а озоление вести при пониженных (около 400—500 °С) температурах.

§ 331. Для обеспечения высокой производительности труда при озолении проб растений бригада должна быть обеспечена тиглями в количестве, равном 3—5-кратному числу одновременно сжигаемых проб. Это дает возможность совмещения операций набивки тиглей, сжигания проб, остывания тиглей, высыпания золы из тиглей и ее просеивания, вымагничивания окалины и растирания. Обязательно использование тиглей из материала, не дающего окалины — жароупорного стекла, кварца, фарфора, керамики, нержавеющей стали, титана и т. д. После предварительной проверки отсутствия элементов-индикаторов оруденения в окалине возможно применение тиглей из стали или черного кровельного железа. Во избежание загрязнения проб должен быть исключен контакт золы с тиглями и ситами из цветных металлов, а также с пылью кернохранилищ и дробильных установок.

§ 332. Для анализа неозоленных проб растений флюоресцентными, рентгеноспектральными, рентгенорадиометрическими, эмиссионными спектральными или другими методами необходимо их предварительное измельчение или брикетирование.

Измельчение корки стволов деревьев целесообразно производить во время отбора путем стесываний ее тонких слоев легким топориком или специальными пробоотборниками. Для обеспечения заданного максимального размера частиц и минимальной массы измельченная проба непосредственно на точке наблюдения просеивается через стальное или алюминиевое сито (0,3—3,0 мм).

Измельчение проб травянистых растений производится после их высушивания в матерчатых мешочках или бумажных пакетах на открытом воздухе или в помещениях у печей, над плитой или в сушильных шкафах. При этом принимаются меры против запыления проб. Крупное измельчение до 3—10 мм производят с помощью садовых ножниц, ножа, секатора и т. п. Сухие листья измельчают руками. Тонкое измельчение (истирание) производят с помощью специальных мельниц типа кофемолок. Для анализа должны использоваться мелкие фракции определенной крупности. Для получения устойчивых результатов анализов все операции измельчения и истирания проб должны производиться в стандартных условиях.

Брикетирование проб позволяет уменьшить их объем и увеличить чувствительность рентгеноспектральных и рентгенорадиометрических определений элементов-индикаторов оруденения. Оно может производиться с помощью прессов и специальных автоматизированных таблеточных или брикетировочных машин. Поскольку достаточного опыта изготовления брикетированных биогеохимических проб в производственных условиях нет, отработка оптимальных вариантов брикетирования должна являться задачей опытно-методических работ.

§ 333. В опытном порядке могут анализироваться и неозоленные биогеохимические пробы. Для обеспечения представительности проб неозоленных растений для анализа используются навески проб 0,3—3,0 г при измельчении до 1—2 мм. Для подобных анализов могут использоваться локальные части растений, безбарьерные к комплексу элементов-индикаторов, например нижние узлы стеблей злаков, черные пятна и «бородавки» корки березы (бересты), верхние или нижние части стеблей травянистых растений.

Использование при поисках неозоленных проб является весьма перспективным, так как увеличивает производительность поисковых работ. В первую очередь этот метод может применяться при определении элементов-индикаторов, имеющих значительные содержания в растениях (порядка 0,01—1 % и более в золе). Следует, однако, учитывать, что известные в настоящее время модификации спектрального метода при анализе неозоленных проб не дают пока достоверных результатов.

§ 334. Перечень элементов, определяемых в биогеохимических пробах, в основном тот же, что и для литохимических проб. Однако он должен быть уточнен с учетом накопления элементов-индикаторов растениями и особенностей подготовки проб к анализам. Например, вследствие высокой интенсивности накопления в растениях наиболее информативными при биогеохимическом опробовании являются Zn, Cd, B, P, иногда F, Li, Rb, Sr, Ba и некоторые другие элементы. Из-за наличия антиконцентрационных барьеров определение кальция, магния и большинства других макроэлементов в биогеохимических пробах обычно нецелесообразно. Определение некоторых элементов исключается из-за загрязнения ими проб при подготовке последних к анализам (при озолении проб в железных или стальных тиглях следует исключать железо, при использовании никелевых тиглей — никель и т. д.) или из-за существенного их улетучивания при озолении (ртуть).

При проведении биогеохимического опробования с целью детализации выявленных аномалий число определяемых элементов-индикаторов может быть сокращено. При отборе на точке наблюдения двух-трех проб дополнительные пробы могут анализироваться на меньшее число элементов.

5. Интерпретация результатов

§ 335. Первоначальной операцией обработки данных о содержаниях элементов-индикаторов в растениях является оценка параметров местного фона и статистически достоверных минимально-аномальных значений. Определение этих величин при биогеохимических поисках производится для стандартных или сопоставимых видов и частей растений, разных сроков опробования растущих тканей (листьев или надземных частей трав) и различных геохимических ландшафтов и в соответствии с указаниями § 238—246 настоящей инструкции.

§ 336. Данные изучения растений оформляют в виде карт, планов и графиков содержаний элементов-индикаторов оруденения и мультипликативных показателей. Выбор мультипликативных показателей производится так же, как и при литохимическом опробовании.

Карты и профили составляют на геологической основе. На картах выделяются участки с определенными видами растений, одинаковым временем опробования и разнородными геохимическими ландшафтами. Техника построения карт и графиков по результатам анализа биогеохимических проб аналогична этой операции при обработке данных литохимического опробования.

§ 337. Основной задачей интерпретации результатов биогеохимического опробования является разделение выявленных биогеохимических аномалий на рудные и безрудные и выделение среди предположительно рудных аномалий объектов различной перспективности и соответственно различной очередности проведения более детальных поисковых и поисково-оценочных работ. Основными критериями отнесения аномалий к перспективным являются геологическое положение участка аномалии и ее количественные параметры: интенсивность, протяженность, площадь, продуктивность и возможные, ожидаемые или вероятные (P_3, P_2, P_1) прогнозные ресурсы основных рудных элементов. Важными характеристиками аномалий являются также данные о комплексе элементов-индикаторов, количественных соотношениях между ними, мультипликативных и других показателях, позволяющих судить об уровне эрозионного среза рудной минерализации и ее первичных ореолов.

§ 338. Перспективные биогеохимические аномалии должны подвергаться осмотру на местности с контрольно-детализационным биогеохимическим опробованием по одному-трем профилям через центры биогеохимических ореолов. При подтверждении перспективности аномалии производится глубинное литохимическое опробование, по результатам которого принимается решение о дальнейших геологоразведочных работах на участке аномалии. Главной задачей предварительного осмотра биогеохимических аномалий на местности является определение объемов детализационных работ, необходимых для надежной оценки их перспективности.

§ 339. Поскольку большинство площадей биогеохимических поисков располагается в закрытых ландшафтах, в планы геологоразведочных работ по проверке биогеохимических аномалий должны включаться достаточные объемы геологических, геофизических и геохимических работ, в том числе бурение скважин с лито- и гидрохимическим опробованием на глубину, заведомо превышающую известную глубину корневых систем опробованных растений (см. прил. 12).

АТМОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ

1. Условия применения

§ 340. Сущность атмохимических методов поисков заключается в изучении распределения газов в атмосфере, почве и в подпочвенных рыхлых отложениях с целью выявления газовых ореолов скрытых на глубине рудных месторождений, а также прослеживания разломов, в том числе рудоконтролирующих. Атмохимические методы особенно эффективны и могут иметь преимущество по сравнению с другими геохимическими методами при поисках погребенных рудных месторождений в районах, где рудовмещающие породы перекрыты толщей более молодых отложений мощностью до нескольких сотен метров. Производственные атмохимические поиски разрешается проводить только в тех случаях и на тех площадях, где эффективность таких поисков полностью доказана опытно-методическими работами.

§ 341. Наиболее широкое применение атмохимические методы в настоящее время получили при поисках радиоактивных руд (радоновая и тороновая съемки), нефтяных и газовых месторождений. Эти поиски регламентируются специальными руководствами и в настоящей инструкции не рассматриваются. Ниже характеризуется в основном применение атмохимического метода по комплексу газов (углекислый и углеводородные газы, водород, гелий, аргон, кислород и др.) и газортутный метод. Оба эти метода находятся в стадии уточнения, совершенствования и апробации. Практическое применение пока получили лишь модификации этих методов, основанные на изучении распределения газовых компонентов в подпочвенной атмосфере рыхлых отложений, которые в основном и рассматриваются в настоящей инструкции.

§ 342. Применение атмохимических методов наиболее целесообразно на стадии поисков месторождений полезных ископаемых.

§ 343. На подстадии «Геологическая съемка масштаба 1:50 000 (1:25 000) с составлением крупномасштабных карт» атмохимические методы могут быть выполнены самостоятельно или в комплексе с другими геохимическими методами, если имеются основания предполагать наличие скрытых на глубине рудных месторождений, эффективность выявления которых атмохимическими методами доказана опытно-методическими работами. Особое внимание должно быть уделено атмохимическим работам на данной подстадии в случаях, когда предполагается в дальнейшем переход к следующей подстадии «Глубинное геологическое картирование с прогнозированием полезных ископаемых», так как данные атмохимического опробования могут иметь значение для определения мест заложения картировочных буровых скважин. На этой подстадии систематическое опробование газов картировочных скважин является обязательным в общем комплексе геохимических и геофизических работ.

2. Опытно-методические работы

§ 344. Предварительные опытно-методические работы во всех случаях проектирования атмохимических поисков в районах, где они ранее не проводились, являются обязательными.

§ 345. Опытно-методические работы должны предусматривать решение следующих основных вопросов:

1) выбор целесообразной глубины пробоотбора, позволяющей надежно фиксировать атмохимические ореолы рудных месторождений;

2) выявление ведущего комплекса газовых компонентов, характерных для атмохимических ореолов рассеяния рудных месторождений искомого типа;

3) определение значений параметров местного фона $C_ф$, $S(\varepsilon)$ и нижних аномальных содержаний газовых компонентов-индикаторов рудных месторождений, размеры ореолов.

§ 346. Опытно-методические работы целесообразно первоначально проводить на заведомо известных крупных погребенных рудных месторождениях при мощности перекрывающих дальнеприносных отложений более 10 м, но во всех случаях обязательно получение сравнительных материалов о преимуществе использования атмохимического метода при поисковых работах в конкретных геолого-ландшафтных условиях.

3. Отбор и анализ проб

§ 347. Отбор проб свободной подпочвенной атмосферы производится из призабойных частей специальных скважин или путем забивки в грунт соответствующих зондов (в случае газортутной съемки). При проведении поисков по сорбированным газам опробованию подвергаются породы перекрывающего осадочного чехла на заданной глубине.

§ 348. Газоотбор может производиться из заранее пробуренных шнековых скважин сразу же после их проходки, с помощью пакерзондов или с применением бурового снаряда, позволяющего вести газоотбор без извлечения снаряда на поверхность и гарантирующего отсутствие подсоса атмосферного воздуха по стволу скважин. Для надежной герметизации призабойной камеры при газоотборе с пакерзондом или без извлечения бурового снаряда практикуется заливка скважины глинистым раствором вплоть до ее устья.

В степных районах бурение скважин при атмохимических съемках производится обычно самоходными станками, в лесной зоне — ручными мотобурами.

§ 349. Пробы подпочвенного воздуха отбираются из мелких скважин, глубина которых определяется по данным опытно-методических работ и обычно составляет 1,5—3 м, пробуренных в рыхлых, выветрелых и мягких породах, перекрывающих рудоносный фундамент. Отбор газовых проб производится с помощью специального газоотборника и обязательно ниже зоны интенсивного газообмена с атмосферой.

§ 350. Для определения содержаний углекислого газа и суммы углеводородных газов непосредственно на точках наблюдения применяются переносные оптические газоанализаторы (интерферометры) типа ШИ-10 с чувствительностью 0,1 %. При меньших, чем 0,1 % содержаниях углеводородных газов их определение производится в стационарной лаборатории на хроматографических приборах. Для определения в подпочвенном воздухе повышенных концентраций сернистых газов (более $1 \cdot 10^{-3}$ %) используются переносные газоанализаторы типа УГ-2.

§ 351. На заболоченных и сильно увлажненных участках вместо поисков по свободным газам необходимо применять газокерновое опробование, при котором отбираются пробы из горных пород в специальные герметические сосуды. В лабораторных условиях газ из проб десорбируется и производится его анализ.

§ 352. Объем предварительной откачки перед газоотбором должен обеспечивать получение газовой пробы, отличающейся от истинного состава подземной

атмосферы на величину, не более погрешности анализа, что достигается в результате откачки газа в количестве трех-четырех объемов призабойной камеры скважины.

§ 353. Отбор газовых проб производится в стеклянные баллончики цилиндрической формы вместимостью 0,25 л с двумя отрезками стеклянных трубочек диаметром около 5 мм, впаянными в их основания. Метод заполнения — вымывание находящегося в них атмосферного воздуха потоком подпочвенного газа, откачиваемого из скважины. Закупоривание баллончиков производится с обоих концов стеклянными пробками при помощи отрезков вакуумного шланга.

§ 354. Отбор проб породы при атмохимических поисках по сорбированным газам производится в стеклянные банки вместимостью 0,5 л, заполняемые доверху во избежание значительного разбавления атмосферным воздухом, а также в другие стеклянные сосуды с широким горлышком, герметизируемые резиновыми пробками больших диаметров, в которые вставлены латунные трубки с надетыми на них кусочками резинового вакуумного шланга для отвода газа. Закупоривание газоотводящих резиновых шлангов осуществляется или винтовыми зажимами, или стеклянными пробками.

§ 355. По окончании пробоотбора баллончики, бутылки и банки маркируются лейкопластырем с указанием порядкового номера проб и помещаются в специальный контейнер, исключающий возможность боя при транспортировке.

§ 356. Для подготовки емкостей к пробоотбору баллончики (банки) промываются мыльным раствором и горячей водой, далее раствором хромпика, после чего их внутренняя поверхность стерилизуется струей пара в течение 15—20 мин.

Примечание. Состав хромпика: смесь 15 г тонко измельченного бихромата калия (натрия) с 500 мл концентрированной серной кислоты.

§ 357. Измерения содержания паров ртути производятся в шпурах, пробитых ломом на глубину 0,3—0,6 м, или в мелких скважинах глубиной 1—3 м с помощью пешеходного ртутного атомно-абсорбционного газоанализатора типа ИМГРЭ-4.

§ 358. Частицы пыли, некоторые газы в почвенном и подпочвенном воздухе и коммуникации измерительной части прибора являются существенными помехами при измерениях ультрамалых концентраций паров ртути. Поэтому измерения проводятся в два этапа. На первом этапе специальный зонд, в котором находится золотой сорбент, погружается в шпур или скважину и производится откачка почвенного или подпочвенного воздуха объемом 1 л со скоростью 1 л/мин насосом через зонд с золотым сорбентом. Пары ртути поглощаются золотым сорбентом, а воздух выбрасывается в атмосферу. Затем зонд вынимается из шпура или скважины и соединяется с ртутным газоанализатором. С помощью электрического тока подогревается золотая нить, намотанная на нихром, ртуть десорбируется и направляется потоком воздуха в прибор для измерения. На каждой точке наблюдения производится двукратное измерение паров ртути в двух бурках. Если результаты измерений отличаются не более чем в 2 раза, то наблюдения принимаются как удовлетворительные. При большем отличии измерения производятся в третьей бурке. Контрольные наблюдения проводятся в объеме 10 % (не в дни основных измерений!). Средняя относительная погрешность наблюдений не должна превышать $1{,}6 \pm 1$.

§ 359. Основными документами атмохимических поисков являются полевой журнал (см. прил. 19), план расположения профилей, точек, план наблюдений (пикетов), графики или планы изоконцентраций газов по участку работ.

В полевом журнале на каждой точке наблюдения необходимо фиксировать номер пикета, профиля, отсчет в делениях шкалы, концентрацию газов, замеры фона прибора, глубину погружения зонда, характер рыхлых отложений (песок, глина, суглинки и др.). В примечании указываются геоморфологические данные (склон, вершина, долина, плато и др.), характер грунта (плотный, рыхлый), наличие влаги в грунте.

В журнале фиксируется название участка, сеть опробования, дата, время начала работ, номера профилей, их азимут, погода (ветер, солнечно, пасмурно), температура почвы. Температура почвы замеряется 3 раза в день (утром, днем и в конце дня). Обязательно указывается цена деления прибора (с указанием метода эталонировки, даты, места и фамилии исследователя, выполняющего эталонировку).

§ 360. Повторно-контрольный пробоотбор при всех видах атмохимических работ выполняется в объеме 10 % от общего числа точек наблюдения в полном соответствии с требованиями § 232—237 настоящей инструкции. Расстояние между скважинами (шпурами) первичных и контрольных наблюдений при атмохимических поисках должно составлять около 3 м.

§ 361. При оценке параметров местного геохимического фона газовых компонентов подпочвенной атмосферы фоновые содержания углекислого газа, метана, водорода, гелия, аргона и паров ртути аппроксимируются логнормальным, а содержания кислорода — нормальным законами распределения.

Определение параметров фона нижних аномальных значений производится в соответствии с § 238—246 настоящей инструкции.

4. Интерпретация результатов

§ 362. Результаты полевых анализов при атмохимических поисках изображаются в виде графиков и карт содержаний газовых компонентов в подпочвенной атмосфере на полевой базе партии по окончании маршрутов.

§ 363. Правила построения карт и графиков содержаний газовых компонентов по данным атмохимических поисков определяются указаниями § 68—74 и 176—179 данной инструкции и аналогичны таковым для данных литохимических поисков.

§ 364. При интерпретации результатов атмохимических поисков рудных месторождений особое внимание уделяется геолого-структурному положению выделенных газовых аномалий и их связи с дизъюнктивными тектоническими нарушениями, зонами повышенной пористости и трещиноватости горных пород.

Камеральная обработка предусматривает построение карт изоконцентраций или план-графиков газов в масштабе поисков. По характерным профилям строятся геологические разрезы с графиками концентраций газов. Над геологическим разрезом строится разрез рыхлых отложений с отображением глубины опробования.

§ 365. Для усиления контрастности слабых газовых аномалий, связанных, например, с процессами окисления, протекающими на глубине, эффективно построение карт и графиков мультипликативного показателя $CO_2 \cdot \Delta O_2$, где $\Delta O_2 = C_\Phi - C_i$ — разность между фоновым и наблюденным содержанием кислорода в точке пробоотбора.

§ 366. Оценка выявленных атмохимических аномалий начинается с их геологического осмотра на местности с производством повторно-контрольных наб-

людений для их подтверждения тем же методом, которым данная аномалия была выявлена. В дальнейшем на участке аномалии с захватом области фоновых содержаний проводится детализация, при которой число газовых компонентов, определяемых в пробах, целесообразно увеличивать против первоначального.

Важнейшее значение для установления рудной природы атмохимических аномалий имеет их подтверждение результатами наземных литохимических поисков, основанных на выявлении вторичных наложенных ореолов рассеяния рудных элементов.

§ 367. Окончательное решение вопроса о перспективности атмохимических аномалий выносят после проведения глубинного литохимического опробования. Для этого по трем — пяти профилям, пересекающим аномалию вкрест простирания в ее центральной части, проходятся скважины с шагом 50—100 м, с пробоотбором из пестроцветного горизонта остаточной коры выветривания (2—3 пробы из каждой скважины) или при отсутствии коры выветривания из коренных пород фундамента, с углубкой в них на 4—5 м.

§ 368. Результаты атмохимических поисков представляются в виде самостоятельной главы в отчете по поискам, в которой освещаются условия работ, методика наблюдений и результаты.

В качестве графических материалов прилагаются карты изоконцентраций или план-графиков газов, которые совмещаются с результатами литохимических поисков и геологической основой в масштабе поисков; кроме того, прилагаются опорные геологические разрезы с графиками концентраций и графики первичных и контрольных измерений.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К АНАЛИТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

§ 369. При геохимических работах определение содержаний химических элементов, их соединений и других показателей, характеризующих геохимическое поле, можно проводить с пробоотбором или без пробоотбора, в том числе дистанционно и в движении, любыми высокопроизводительными и дешевыми методами экспресс-анализа, обеспечивающими необходимый предел обнаружения, достаточную точность (воспроизводимость и правильность) и комплексность определений. Соответственно конкретному виду геохимических поисков применяются один или несколько методов анализа, в совокупности удовлетворяющие целям работ.

§ 370. В зависимости от стадии геологоразведочного процесса при проведении литохимических поисков определению подлежат содержания следующих химических элементов:

1) на первой стадии, при региональных работах первой и второй подстадий, когда литохимические поиски проводятся в масштабе 1:200 000 (1:100 000), а также на третьей подстадии первой стадии при поисках масштаба 1:50 000 (1 : 25 000), если на данной территории литохимические поиски на современном техническом уровне, в том числе специализированные, ранее не проводились, все пробы подлежат обязательному анализу на следующие химические элементы: Be, B, P, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Sn, Sb, Ba, La, W, Au, Hg, Pb, Bi, U;

2) при литохимических поисках масштаба 1:50 000—1:25 000, если они ведутся вслед за поисками более мелких масштабов, выполненных на современном

техническом уровне, число элементов, определяемых в пробах, следует обоснованно сокращать до 15—20 за счет элементов, которые по имеющимся данным на всей площади характеризуются только фоновыми содержаниями и не входят в перечень типоморфных элементов ожидаемых рудных месторождений или определялись с необходимым пределом обнаружения при специализированных поисках;

3) при детальных литохимических поисках масштаба 1:10 000 и крупнее, в том числе при поисках слепых рудных тел по их первичным ореолам, перечень элементов, определяемых во всех пробах, допустимо сокращать до 10—15 и дополнять новыми элементами (например, Na, K, I, Cl, Cd, In, Se, Te, Tl и др.), при условии полного охвата полезных компонентов оруденения и их элементов-спутников, способных характеризовать металлогенические особенности, зональность и уровень эрозионного среза оруденения;

4) *независимо от масштаба литохимического опробования пробы с наиболее* высоким содержанием основных рудных элементов, перечисленных в п. 1, из каждой обособленной литохимической аномалии должны подвергаться анализу на редкие и рассеянные элементы — Sc, Ga, Ge, Se, Cd, In, Te, Hf, Re, Tl, повышенные содержания которых могут увеличить ценность выявленного оруденения.

§ 371. При специализированных литохимических поисках перечень определяемых химических элементов зависит от характера объекта поисков. Например, при поисках бокситов в пробах могут дополнительно определяться содержания Al, Fe, Si. Могут также проводиться каппаметрические и термокаппаметрические измерения. На всех стадиях работ целесообразно применять оперативные поисковые методы определения элементов-индикаторов или их суммы, используя серийную полевую ядерно-физическую аппаратуру. Порядок комплексирования оперативных ядерно-физических методов с эмиссионным спектральным анализом, а также специальными методами анализа на особо интересные элементы-индикаторы рудных месторождений зависит от стадии работ, металлогении района, решаемых задач и других условий.

При специализированных крупномасштабных поисках роль оперативных ядерно-физических методов значительно возрастает. Так, при пешеходных или автомобильных поисках с бериллометрами производятся определения на всей площади только содержаний Be и лишь пробы из аномалий подвергаются спектральному анализу на другие химические элементы.

§ 372. При гидрохимических и биогеохимических работах соответствующих масштабов перечень химических элементов, подлежащих определению в пробах, в основном подчиняется требованиям пп. 1 и 2 § 370 с ограничениями и дополнениями, свойственными каждому из этих методов. В частности, при гидрохимических работах определению в природных водах дополнительно подлежат: Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, H_2S, pH, ΣMe, общая минерализация. При биогеохимическом опробовании в список анализируемых элементов целесообразно включать Na, Fe, Se, Ga, Cd, Yb, Tl, Ra.

§ 373. При атмохимических поисках масштабов 1 : 200 000—1 : 25 000, проводимых с целью поисков погребенных месторождений в закрытых рудных районах, все пробы должны подвергаться полевому анализу на CO_2 и лабораторному анализу на O_2, CH_4, H_2, He, Ar и выборочно на H_2S, SO_2 и тяжелые углеводороды.

При специализированных газортутных поисках производятся полевые определения только содержаний паров ртути в подпочвенной или приземной атмосфере.

§ 374. Перечень химических элементов и их соединений, определяемых при опытно-методических геохимических работах, а также любые отступления от требований, перечисленных в § 369—373, подлежат специальному обоснованию в методической части проектов работ, утвержденных в установленном порядке.

§ 375. Общим требованиям ко всем аналитическим работам, выполняемым при любых геохимических поисках, является достаточный предел обнаружения анализа, позволяющий получать значимые цифры содержаний всех химических элементов во всех точках геохимического поля. Для этого анализ должен обеспечивать определение содержаний меньше фоновых. Современная техника экспресс-анализа не всегда имеет возможность решить эту задачу, что вынуждает в отдельных случаях использовать специальные более трудоемкие методы анализа и обогащения геохимических проб.

С учетом достигнутой чувствительности эмиссионного (рядового) спектрального анализа методом «просыпки» на дифракционных спектрографах типа ДФС-8 в лабораториях производственных геологических организаций предел обнаружения микроэлементов, перечисленных в п. 1 § 370 настоящей инструкции, при геохимических поисках (без предварительного обогащения проб) должен быть не хуже приведенного в табл. 8.

Таблица 8

Минимальные требования к пределам обнаружения элементов при экспресс-анализе геохимических проб

$1 \cdot 10^{-5}$ %	$1 \cdot 10^{-4}$ %	$1 \cdot 10^{-3}$ %	$1 \cdot 10^{-2}$%
Mo, Ag	Pb, Cu, Co, Bi, Sn, Cd, Ge, V, Ga, Be, Sc, Tl, Re	Cr, Ni, Sb, W, Li, Nb, Ti, Mn, As, B, Zr, Zn, Sr, Y	Ba, P, Ta, Te, Th, Hf, La, Ce

Эти требования являются обязательными для выполнения всеми организациями, ведущими геохимические поиски на территории СССР.

Определение содержаний ртути в литохимических пробах должно проводиться с *пределом обнаружения ниже* $1 \cdot 10^{-6}$ % (*например, атомно-абсорбционным* методом или в камерных электродах), золота $5 \cdot 10^{-7}$ % (т. е. 0,005 г/т) после предварительного обогащения химико-адсорбционным методом со спектральным окончанием или нейтронно-активационным методом.

Пределы обнаружения химических элементов при поисках, а также опытно-методических геохимических работах во всех случаях должны указываться и обосновываться в методической части проектов работ.

§ 376. Результаты экспресс-анализа при геохимических поисках должны выражаться в конкретных цифрах содержаний определяемых элементов: при литохимических, атмохимических и биогеохимических поисках — в весовых процентах или в г/т, при гидрохимических поисках — в мг/л или мкг/л. При использовании дискретного ряда цифр для содержаний химических элементов

следует пользоваться не менее чем десятью цифрами во всех интервалах содержаний согласно следующему ряду: 1; 1,2; 1,5; 2, 2,5; 3; 4; 5; 6; 8, что отвечает достигнутому уровню аналитических работ. Для обозначения результатов анализа меньше предела обнаружения следует применять символ «—»; символы «>», «<», «следы» запрещаются. Представление результатов анализа в интервалах содержаний, в условных единицах или баллах также запрещается.

§ 377. Важнейшим требованием к аналитическим работам при геохимических поисках являются удовлетворительные воспроизводимость и правильность определений.

В дополнение к повторно-контрольному геохимическому опробованию, обязательное проведение которого определяется § 232—237 настоящей инструкции, воспроизводимость и правильность анализов геохимических проб должны регулярно проверяться путем выполнения внутрилабораторного и внешнего контроля.

Внутрилабораторный контроль в объеме 3—5 % от общего числа проб, но не менее чем 50 повторных анализов должен выполняться ежемесячно, внешний контроль, путем передачи такого же числа проб на анализ в другую лабораторию — ежеквартально.

При передаче проб на внутрилабораторный или внешний контроль результаты первичного анализа должны быть зашифрованы руководителем геохимических поисков до завершения контрольного анализа. Для ориентировки аналитиков следует указывать только вид и литологический состав проб, а также предполагаемый диапазон содержаний определяемых элементов (по группам).

§ 378. По результатам внутрилабораторного и внешнего контроля должны немедленно вычисляться величины средних систематических и случайных погрешностей анализа, характеризующих его качество.

Для характеристики воспроизводимости анализов на все элементы-индикаторы вычисление погрешностей должно вестись для логарифмов содержаний по формулам, приведенным в § 235 инструкции, на макроэлементы (Si, Al, Fe, Ca, O_2 и др.) по тем же формулам для самих содержаний.

§ 379. Устанавливаются следующие критерии качества экспресс-анализов:

— при величине систематических расхождений между первичными и контрольными анализами, лежащими в пределах от 0,95 до 1,10, допустимо считать, что систематическая погрешность анализа мала и ею можно пренебречь;

— при систематических расхождениях между первичными и контрольными анализами менее 0,9 или более 1,1 систематическая погрешность существенна. Должна быть установлена природа систематической погрешности и причины ее немедленно устранены. Недопустимой величиной систематической погрешности экспресс-анализа следует считать трехкратные расхождения между имеющимися результатами и истинным содержанием элементов в пробах, устанавливаемым с помощью системы эталонов.

По величине средней случайной погрешности экспресс-анализа устанавливаются следующие допуски: при литохимических поисках в рыхлых элювио-делювиальных образованиях, аллювиальных и других дальнеприносных отложениях — не хуже $1{,}4\pm1$; при анализе коренных горных пород, а также при повторно-контрольных анализах гидрохимических, атмохимических и биогеохимических проб — не хуже ±25 % (отн.), в интервале содержаний более 10 % и до

30 %— не хуже ±10 % (отн.), при содержаниях более 30 %— не хуже ±5 % (отн.).

§ 380. Исполнение экспресс-анализов с хорошей воспроизводимостью и расхождениями между повторно-контрольными анализами, не выходящими за пределы допусков, указанных в § 379, не снимает вопроса о правильности результатов анализа, которая должна ежедневно контролироваться с помощью соответствующих эталонов и контрольных градуировок, вся документация по которым подлежит бессрочному хранению.

§ 381. Повторному экспресс-анализу при геохимических поисках подвергаются:

а) все одиночные пробы, содержащие элемент в количестве, превышающем местный фон или предел обнаружения анализа в 5 и более раз;

б) пробы из максимумов и центров аномалий — не менее трех проб;

в) все пробы, результаты первичного анализа которых почему-то вызывают сомнение или требуют большей надежности;

г) пробы, отобранные из рудных тел для характеристики их промышленной ценности (анализируются сразу дважды);

д) пробы арбитражного значения.

§ 382. Окончательным результатом контрольного анализа на микроэлементы является среднее геометрическое из двух значений ($C_1 \cdot C_2$), на макроэлементы — среднее арифметическое, каждое из которых не должно отличаться от среднего более чем вдвое. Если результаты двукратного анализа пробы резко расходятся между собой, следует проанализировать пробу в третий раз. За окончательный результат берут среднее геометрическое (арифметическое) из двух наиболее близких между собой значений.

§ 383. Лаборатория обязана все поступающие на анализ пробы немедленно зарегистрировать в лабораторном журнале. После этого проба приобретает единый лабораторный (порядковый) номер, под которым она проходит обработку, анализ и хранение. На полях лабораторного журнала следует указывать номер полевой книжки по отбору проб, согласно которой они зарегистрированы. Порядковую нумерацию проб ведут в строгой последовательности начиная с 1 января по 31 декабря отчетного года.

§ 384. С целью повышения эффективности обработки данных геохимического опробования на ЭВМ результаты анализа проб выдаются в удобной для ввода в ЭВМ форме матриц в двух экземплярах, один из которых передается заказчику, а другой остается в лаборатории.

ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

§ 385. Топографо-геодезические работы при производстве геохимических работ выполняют в основном согласно требованиям утвержденных Министерством геологии СССР инструкций по топографо-геодезическим работам при геофизических работах. Топографической основой для проведения геохимических работ должны служить литографские оттиски топографических карт и материалы аэрофотосъемки соответствующего или более крупного масштаба. При отсутствии карт нужного масштаба как исключение допускается (при работах не крупнее масштаба 1:10 000) изготовление их путем фотоувеличения или пантографирования с топографических карт более мелкого масштаба, но с отношением не более чем 1:4.

§ 386. При гидрохимических и литохимических поисках по потокам рассеяния (по гидросети) положение точек отбора проб на местности определяют и наносят на карту или контактный отпечаток непосредственно в поле.

§ 387. На первой стадии и первой подстадии второй стадии геологоразведочного процесса при площадном геохимическом опробовании масштабов 1 : 200 000—1 : 25 000 отбор проб производят по профилям, которые задают на местности между предварительно инструментально проложенными опорными магистралями, расстояние между которыми определяют согласно § 388. В поле расстояние между точками по профилю отмеряют мерным шнуром, а направление устанавливают по буссоли непосредственно в процессе отбора проб.

При наличии топографических карт масштаба геохимических работ в районах с хорошо выраженными формами рельефа и обилием надежных местных ориентиров допускается отбор проб по сети профилей или маршрутов без предварительной инструментальной прокладки магистралей. В этом случае точки отбора проб следует наносить на карту в соответствии с указаниями § 386. Производство работ без нанесения точек профиля на карту в поле или применение этого метода работ в равнинных и залесенных районах при недостатке местных ориентиров запрещается. Горные выработки и буровые скважины, пройденные для целей геохимических поисков, наносят на карту по данным инструментальных привязок.

§ 388. Прокладку магистралей производят инструментально в соответствии с утвержденной Министерством геологии СССР инструкцией по топографо-геодезическим работам при геофизических работах. Расстояние между опорными магистралями не должны быть более 10 см в масштабе отчетной карты. Допустимая относительная линейная невязка инструментального хода между точками геодезической сети не должна превышать 1/700, а в труднопроходимых районах 1/500. Направление магистралей выбирают параллельно господствующему простиранию рудоконтролирующих структур или под небольшим углом к нему. На опорных магистралях устанавливают пикеты в точках пересечения магистрали профилями, но не реже чем через 50 м.

§ 389. При отборе проб без предварительной разбивки профилей исходной точкой каждого отрезка профиля должна являться инструментально определенная точка на опорной магистрали. Конечная точка профиля должна быть привязана к соответствующей точке соседней магистрали, и отбор проб нужно возобновлять от точки следующего профиля на этой магистрали. Допустимые отклонения при выходе профиля на соседнюю магистраль не должны превышать в открытых районах 0,8 мм в масштабе отчетной карты, а для горно-таежных районов 1,2 мм. Поправки за наклон вводят при углах наклона местности более 5°.

§ 390. При детальном геохимическом опробовании масштаба 1 : 10 000 и крупнее прямоугольную сеть пробоотбора заранее разбивают на местности инструментально. При детальных гидрохимических поисках пункты отбора проб наносят на топографическую карту в соответствии с § 387. Пункты отбора рудничных вод, а также других геохимических проб, отбираемых в горных выработках, наносят на соответствующие погоризонтные планы. При геохимическом опробовании керна буровых скважин пункты отбора проб наносятся на соответствующие разрезы, построенные по данным бурения.

§ 391. Положение сети отбора геохимических проб на местности отмечают

деревянными пикетами (колышками) высотой 30—50 см и в поперечнике 3—5 см. Расстояние между пикетами по профилю независимо от шага отбора проб не должно быть больше 100 м и меньше 20 м. В верхней части пикета простым черным карандашом делают надпись, числитель которой обозначает номер профиля, а знаменатель — номер точки по профилю. Целесообразно нумерацию профилей и пикетов на профилях вести таким образом, чтобы в ней отражалось расстояние в сотнях или десятках метров.

Северное и восточное направления магистралей и профилей считают положительными, западное и южное — отрицательными. Каждую пятую и десятую точки по профилю и характерные точки на вершинах водоразделов отмечают на местности каменными турами или прикопками, а в лесистой местности — затесами на деревьях с соответствующей надписью. При геохимических поисках без разбивки магистралей пятую и десятую точки по маршруту также закрепляют турами, прикопками или затесами.

§ 392. Для детального геохимического опробования масштаба 1 : 10 000 и крупнее необходимая топографическая основа часто отсутствует. В связи с этим в проекте предусматривают ее изготовление в процессе работ. Для составления топографической основы могут быть использованы данные разбивки сети пробоотбора[1] или применены другие способы, обеспечивающие приближенное изображение основных элементов топографической ситуации и съемку рельефа с сечением горизонталей через 5 м, а в горных районах до 20 м (глазомерная съемка; упрощенные приемы полуинструментальной мензульной съемки; производство инструментальных топосъемок в масштабе, на одну ступень мельче масштаба отчетной карты; увеличение имеющихся топографических карт ближайшего более мелкого масштаба с последующим их корректированием; зарисовка рельефа в горизонталях с помощью стереоскопа на контактных отпечатках аэрофотосъемки и т. п.).

§ 393. При любых масштабах площадных геохимических поисков производят установку геодезических знаков, закрепляющих магистрали пробоотбора (через каждые 10 см в масштабе отчетной карты), выявленные геохимические ореолы и другие важные точки. Для таких точек выполняют геодезическую привязку к пунктам государственной геодезической основы. Закрепление точек с помощью геодезических знаков при маршрутных опытно-методических работах и литохимических поисках по потокам рассеяния (по гидросети) не производят.

§ 394. Геохимические поиски, не обеспеченные топографо-геодезическими работами в соответствии с § 385—393, запрещаются.

ОТЧЕТНОСТЬ

§ 395. Результаты геохимических работ излагают либо в самостоятельных, либо в общих геологических отчетах по работам, проведенным в данном районе, в соответствии с общими требованиями, вытекающими из действующих инструкций Министерства геологии СССР.

§ 396. В окончательных отчетах о геохимических работах должна быть приведена характеристика местного геохимического фона для различных горных пород, развитых в районе, в соответствии с принятой литолого-стратиграфической схемой, возрастным и петрографическим составом изверженных по-

[1] Для этого при разбивке магистралей и профилей следует предусматривать запись в полевой книжке углов наклона местности, измеренных с помощью эклиметра.

род, а также для почв и различных генетических групп рыхлых образований, подпочвенной атмосферы, вод и растительных видов (при биогеохимических поисках). Величины местного геохимического фона должны быть даны в табличной форме с указанием наиболее вероятных значений, стандартного отклонения и числа образцов (проб), принятых во внимание для всех главнейших рудных элементов, и выборочно иллюстрированы графически. Для всех выявленных геохимических аномалий следует показать принципы выбора нижних аномальных значений и их величины.

В отчете должны быть указаны принятые методы отбора, обработки и анализа проб при геохимических исследованиях со ссылкой на соответствующие разделы инструкции или руководства без описания стандартных методов. В форме таблиц приводятся пределы обнаружения для отдельных элементов, а также данные о воспроизводимости и правильности использованных методов анализа проб с указанием объема контрольных работ.

§ 397. Результативные карты литохимических работ должны сопровождаться геологической картой с данными районирования территории по условиям проведения геохимических поисков, на которой показывают площади как обнаженные, так и перекрытые рыхлыми отложениями, с указанием их генезиса и ориентировочной мощности (до 2, 2—5, 5—10, более 10 м). Кроме того, отдельно выделяются площади с развитием курумов, каменных потоков и пр. При составлении такой карты должны быть использованы, помимо непосредственных полевых наблюдений, данные геофизических исследований, а также контактная печать аэрофотосъемки.

§ 398. Карты результатов геохимических работ масштаба 1 : 25 000 и мельче должны быть вычерчены по трапециям государственной разграфки и снабжены схемой расположения смежных листов съемки того же масштаба. На основе результатов геохимических поисков более крупного масштаба путем пантографирования карт следует составлять обзорные результативные карты геохимических работ более мелких масштабов, используемые при составлении металлогенических схем и карт прогнозов. Все отчетные карты с результатами геохимических работ масштаба 1:10 000 и крупнее должны быть представлены в изоконцентрациях, выраженных в весовых процентах.

§ 399. Окончательный отчет о литохимических поисках по вторичным ореолам и потокам рассеяния должен содержать сжатую характеристику поля рассеяния исследованного района в свете его геологических, геоморфологических и ландшафтно-геохимических условий. Вторичные ореолы и потоки рассеяния рудных тел и месторождений нужно описать с точки зрения фазы рассеяния, минералогии и генезиса и охарактеризовать максимальными и средними цифрами концентрации металла в зависимости от условий залегания и мощности обнаруженных рудных тел, содержания металла в рудах, состава и мощности перекрывающих отложений, размера бассейна водосбора и других признаков.

Перспективные литохимические потоки рассеяния должны быть геологически описаны и охарактеризованы показателем устойчивой (истинной) продуктивности p', сопоставлены с продуктивностью ореолов рассеяния (p) и рудных тел ($p_{р.т}$) в том же бассейне водосбора. Следует описать геолого-структурные условия размещения и указать параметры наиболее перспективных вторичных ореолов рассеяния — количества металла в ореоле по профилю (M) и для слоя в 1 м (q), максимальное содержание металла (C_{max}), коэф-

фициент рассеяний (σ), а также значения коэффициентов соответствия количеств металла в потоке рассеяния, в ореоле рассеяния и в коренном оруденении (k'_i и k).

В отчете о результатах глубинных литохимических работ должна быть дана геологическая характеристика представительного горизонта отбора проб, описаны методы определения глубины его залегания, а на картах выделены площади, опоискованные недостоверно.

В отчете о результатах литохимических поисков по первичным ореолам необходимо привести вертикальные геологические разрезы и погоризонтные планы с контурами первичных ореолов (с приложением схемы точек опробования), описать зональность ореолов и дать предложения по поискам скрытых (слепых) рудных тел.

С учетом геологических и геофизических данных должна быть отчетливо *сформулирована со ссылками на прилагаемую графику промышленная оценка* района в целом, дана оценка выявленных и изученных рудопроявлений и указаны возможные P_3, P_2, P_1, вероятные или ожидаемые, прогнозные ресурсы полезных компонентов, подкрепленные расчетом (см. § 211), а также указаны предложения по направлению геологоразведочных работ. При изложении результатов работ по участкам, переданным в разведку, должны быть использованы материалы разведочных работ со ссылкой на имеющиеся в распоряжении партии геологические документы (копии разрезов, буровых колонок, результаты химического анализа, подсчеты запасов и т. п.) и указанием источника. Всякого рода оценок, не подкрепленных документальными данными, следует избегать.

§ 400. Окончательный отчет о результатах гидрохимических работ должен содержать краткое описание гидрогеологии района, подробную геологическую характеристику всех выявленных гидрохимических аномалий с данными контрольного (повторного) опробования, материалы режимных наблюдений и методику разбраковки гидрохимических аномалий на рудные и безрудные, а также предложения по проведению в районе рудных аномалий геологопоисковых работ. На геофизических и литохимических картах должны быть показаны контуры перспективных площадей, выделенных для дополнительного опоискования, с указанием очередности рекомендуемых работ.

§ 401. Окончательный отчет о результатах биогеохимических работ должен содержать основные практические и научно-методические выводы с указанием видов исследованных растений и их названий (русских и латинских) и характеристикой условий опробования. Выявленные биогеохимические ореолы рассеяния должны быть охарактеризованы количественно с учетом биологических барьеров концентрации в растениях элементов-индикаторов, а также должны быть приведены результаты глубинного литохимического изучения этих ореолов и последующей проверки горно-буровыми работами. Наиболее подробно должны быть освещены данные о соотношениях между содержаниями основных элементов-индикаторов в растениях и почвах над различными минеральными типами литохимических ореолов и в различных геохимических ландшафтах.

В связи с необходимостью сопровождения производственных биогеохимических работ опытно-методическими исследованиями должны быть подробно описаны программа, результаты, основные выводы и рекомендации опытно-методических работ.

§ 402. Окончательный отчет о результатах атмохимических работ должен содержать основные практические и научно-методические выводы с указанием методики и техники проведения работ. Выявленные газовые аномалии должны быть охарактеризованы количественно, с указанием итогов контрольно-детализационного атмохимического опробования результатов наземных и глубинных литохимических поисков и поисково-разведочных буровых работ с данными опробования.

§ 403. К отчету о результатах геохимических работ должны быть приложены:

а) ведомость координат пунктов топографической сети геохимических поисков;

б) акт о сдаче по описи на хранение в архив первичной документации партии и рабочих подлинников графических материалов;

в) справка начальника партии о месте хранения геохимических проб и спектрограмм;

г) кадастр геохимических аномалий с отметкой о предполагаемой их перспективности.

§ 404. Бессрочному хранению подлежат полевые книжки геохимических поисков и документации выработок, лабораторные журналы анализа, журналы съемки и интерпретации спектрограмм, таблицы спектральных линий и градуировочные графики, а также попланшетные карты-разноски со значащими цифрами содержаний всех элементов.

§ 405. Все спектрограммы геохимических проб (включая эталонные пробы) подлежат бессрочному хранению: в круглогодичных экспедициях — на месте работ, в сезонных партиях — в специальной спектротеке производственного объединения (управления, треста) для обеспечения возможности их повторного просмотра, если этого потребуют новые геологические данные.

§ 406. Подлинники проб в бумажных капсулах нужно упаковать в порядке номеров в пакеты или ящики по 200—300 шт. На каждом пакете (ящике) следует отчетливо написать номера содержащихся в них проб, наименование экспедиции, партии и год работ. Пробы сдают для хранения: круглогодичные экспедиции — в специальное хранилище на месте работ, сезонные партии — в хранилище производственного объединения (управления, треста). В хранилищах проб необходимо иметь журналы учета проб, в которых указывают номер пакета, год, организацию, номера проб и их наименование.

Бессрочному хранению[1] подлежат:

а) пробы, отобранные в процессе работ масштаба 1 : 50 000 и мельче;

б) пробы, отобранные по 2—3 представительным профилям из перспективных литохимических аномалий;

в) пробы руд и рудовмещающих пород по одному-двум опорным разрезам в качестве эталонных для изучения первичных ореолов месторождения;

г) пробы сопряженного опробования коренных пород и рыхлых отложений, выполненного с целью исследования связей первичных и вторичных ореолов и расчета величин коэффициента соответствия.

Пробы более детальных работ по истечении пяти лет могут быть уничтожены.

[1] Как показала практика, постоянный прогресс в совершенствовании методов анализа геохимических проб и интерпретации результатов вызывает целесообразность периодической ревизии материалов геохимических работ прошлых лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Антропова Л. В.* Форма нахождения элементов в ореолах рассеяния рудных месторождений. М., Недра, 1975.
2. *Барсуков В. Л., Григорян С. В., Овчинников Л. Н.* Геохимические методы поисков рудных месторождений. М., Наука, 1981.
3. *Беус А. А., Григорян С. В.* Геохимические методы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. М., Недра, 1975.
4. *Виноградов А. П.* Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных пород земной коры.— Геохимия, 1962, № 7, с. 555—572.
5. *Вострокнутов Г. А.* Применение методов нормирования при интерпретации данных гидрогеохимических поисков сульфидных месторождений.— В кн.: Применение гидрогеохимического метода при поисках рудных месторождений. М., 1974, с. 26—38 (ВСЕГИНГЕО).
6. *Гавришин А. И.* Оценка и контроль качества геохимической информации. М., Недра, 1980.
7. *Гидрогеохимический* метод поисков рудных месторождений в Центральном Казахстане / Г. Ф. Ларионов, Г. Б. Свешников, Л. Я. Тененбаум и др. Л., Недра, 1971.
8. *Голева Г. А.* Гидрогеохимия рудных элементов. М., Недра, 1977.
9. *Голева Г. А., Кройнов С. Р., Соколов И. Ю.* Методические указания по гидрогеохимическим поискам рудных месторождений. М., Недра, 1968.
10. *Григорян С. В.* Геохимические методы при поисках эндогенных рудных месторождений. М., 1974 (ИМГРЭ).
11. *Дубов Р. И.* К вопросу об основных характеристиках точности спектрального анализа геохимических проб.— В кн.: Спектральный анализ в геологии и геохимии. (Мат-лы 2-го Сибирского совещания по спектроскопии). М., 1967, с. 10—11.
12. *Дубов Р. И.* Количественные исследования геохимических полей для поисков рудных месторождений. Новосибирск, Наука, 1974.
13. *Еремеев А. Н.* Принципы методики глубинных поисков погребенных месторождений.— В кн.: Глубинные поиски рудных месторождений. М., 1973, с. 54—68.
14. *Использование* ореолов рассеяния урана и элементов-спутников при поисках и разведке гидротермальных урановых месторождений (методическое руководство) / А. Д. Каблуков, Н. Н. Сочеванов, Э. Н. Баранов и др. М., Недра, 1964.
15. *Квятковский Е. М.* Литохимические методы поисков эндогенных рудных месторождений. Л., Недра, 1977.
16. *Ковалевский А. Л.* Особенности формирования рудных биогеохимических ореолов. Новосибирск, Наука, 1975.
17. *Ковалевский А. Л.* Биогеохимические методы поисков месторождений цветных металлов. Обзор. М., 1976 (ОЦНТИ ВИЭМС).
18. *Красников В. И.* Основы рациональной методики поисков рудных месторождений. 2-е изд. М., Недра, 1965.
19. *Крайнов С. Р.* Геохимия редких элементов в подземных водах. М., Недра, 1973.
20. *Мезенцев О. К.* Погребенные ореолы рассеяния гидротермальных месторождений урана. М., Атомиздат, 1975.
21. *Методические* основы исследования химического состава горных пород, руд и минералов. Под ред. Г. В. Остроумова. М., Недра, 1979.
22. *Методические* указания о проведении геологоразведочных работ по стадиям (твердые полезные ископаемые). М., М-во геологии СССР, 1975.
23. *Методическое* руководство по гидрогеохимическим поискам рудных месторождений / П. А. Удодов, С. Л. Шварцев, Н. М. Рассказов и др. М., Недра, 1973.
24. *Метрологическое* обеспечение качества работ при региональных геохимических исследованиях (методические рекомендации). Под ред. В. А. Рудника. Л., 1979 (ВСЕГЕИ).
25. *Методические* рекомендации по гидрогеохимическому методу поисков в условиях горных районов Востока СССР, М., 1975 (ВСЕГИНГЕО).
26. *Несвижская Н. М., Сает Ю. Е.* Геохимические поиски перекрытых сульфидных месторождений по наложенным ореолам (методические рекомендации). М., 1975 (ИМГРЭ).
27. *Овчинников Л. Н., Баранов Э. Н.* Эндогенные геохимические ореолы колчеданных месторождений.— Геология рудных м-ний, 1970, № 2, с. 10—25.
28. *Овчинников Л. Н., Григорян С. В., Баранов Э. Н.* Зональность первичных геохимических ореолов гидротермальных месторождений и их поисковое значение.— Изв. вузов, геология и разведка, 1973, № 10, с. 76—89.
29. *Поликарпочкин В. В.* Вторичные ореолы и потоки рассеяния. Новосибирск, Наука, 1976.
30. *Потоки* рассеяния урановых месторождений / А. Г. Андреев, Н. В. Квашневская, В. С. Комаров и др. М., Атомиздат, 1979.
31. *Перельман А. И.* Геохимия ландшафта. М., Высшая школа, 1975.
32. *Перельман А. И.* Геохимия элементов в зоне гипергенеза. М., Недра, 1972.
33. *Перельман А. И.* Геохимия. М., Высшая школа, 1979.
34. *Резников А. А., Муликовская Е. П., Соколов И. Ю.* Методы анализа природных вод. М., Недра, 1970.
35. *Сафронов Н. И.* Основы геохимических методов поисков рудных месторождений. Л., Недра, 1971.
36. *Смирнов В. И.* Геология полезных ископаемых. М., Недра, 1976.
37. *Соловов А. П., Досанова В. А., Кошелева И. А.* Анализ результатов поисковых литохимических съемок при прогнозно-металлогенических исследованиях.— Вестн. МГУ, сер. геол., 1970, № 4, с. 39—46.
38. *Соловов А. П., Матвеев А. А., Ряховский В. М.* Геохимические методы поисков рудных месторождений. Сб. задач. М., Изд-во МГУ, 1978.
39. *Соловов А. П., Шворов Ю. В.* Оценка оруденения по литохимическим потокам рассеяния.— Разведка и охрана недр, 1980, № 1, с. 25—30.
40. *Фридман А. И.* Газовая съемка при поисках руд и геологическом картировании. М., 1975 (ИМГРЭ).
41. *Фурсов В. З.* Ртуть — индикатор при геохимических поисках рудных месторождений. М., Недра, 1977.
42. *Хорин Г. И.* Опережающие геохимические исследования в слабоизученных районах.— Тр. ЦНИГРИ, 1978, вып. 138, с. 64—69.

Периоды	ГРУППЫ I	II	III	IV	V
1	←				
2	3 Li Литий 6,939	4 Be Бериллий 9,0122	5 B Бор 10,811	6 C Углерод 12,01115	7 N Азот 14,0067
3	11 Na Натрий 22,9898	12 Mg Магний 24,305	13 Al Алюминий 26,9815	14 Si Кремний 28,086	15 P Фосфор 30,9738
4	19 K Калий 39,102	20 Ca Кальций 40,08	21 Sc Скандий 44,956	22 Ti Титан 47,90	23 V Ванадий 50,942
	29 Cu Медь 63,546	30 Zn Цинк 65,37	31 Ga Галлий 69,72	32 Ge Германий 72,59	33 As Мышьяк 74,9216
5	37 Rb Рубидий 85,47	38 Sr Стронций 87,62	39 Y Иттрий 88,905	40 Zr Цирконий 91,22	41 Nb Ниобий 92,906
	47 Ag Серебро 107,868	48 Cd Кадмий 112,40	49 In Индий 114,82	50 Sn Олово 118,69	51 Sb Сурьма 121,75
6	55 Cs Цезий 132,905	56 Ba Барий 137,34	57 La Лантан 138,91	*58—71	72 Hf Гафний 178,49	73 Ta Тантал 180,948
	79 Au Золото 196,967	80 Hg Ртуть 200,59	81 Tl Таллий 204,37	82 Pb Свинец 207,19	83 Bi Висмут 208,980
7	87 Fr Франций [223]	88 Ra Радий [226]	89 Ac Актиний [227]	**90—103	104 Ku Курчатовий [260]	105

* ЛАНТАНОИДЫ

58 Ce Церий 140,12	59 Pr Празеодим 140,907	60 Nd Неодим 144,24	61 Pm Прометий [47]·	62 Sm Самарий 150,35	63 Eu Европий 151,96	64 Gd Гадолиний 157,25

** АКТИНОИДЫ

90 Th Торий 232,038	91 Ra Протактиний [231]	92 U Уран 238,03	93 Np Нептуний [237]	94 Pu Плутоний [244]	95 Am Америций [243]	96 Cm Кюрий [247]

Примечание. В квадратных скобках приведены массовые числа наиболее изученных изотопов.

ЭЛЕМЕНТОВ

VI	VII	VIII
	1 H Водород 1,00797	2 He Гелий 4,0026
8 O Кислород 15,9994	9 F Фтор 18,9984	10 Ne Неон 20,179
16 S Сера 32,064	17 Cl Хлор 35,453	18 Ar Аргон 39,948
24 Cr Хром 51,996	25 Mn Марганец 54,9380	26 Fe Железо 55,847	27 Co Кобальт 58,9332	28 Ni Никель 58,71
34 Se Селен 78,96	35 Br Бром 79,904	36 Kr Криптон 83,80
42 Mo Молибден 95,94	43 Tc Технеций [99]·	44 Ru Рутений 101,07	45 Rh Родий 102,905	46 Pd Палладий 106,4
52 Te Теллур 127,60	53 I Иод 126,9044	54 Xe Ксенон 131,30
74 W Вольфрам 183,85	75 Re Рений 186,2	76 Os Осмий 190,2	77 Ir Иридий 192,2	78 Pt Платина 195,09
84 Pc Полоний [210]·	85 At Астат [210]	86 Rn Радон [222]

НОИДЫ

65 Tb Тербий 158,924	66 Dy Диспрозий 162,50	67 Ho Гольмий 164,930	68 Er Эрбий 167,26	69 Tm Тулий 169,934	70 Yb Иттербий 173,04	71 Lu Лютеций 174,97

НОИДЫ

97 Bk Берклий [247]	98 Cf Калифорний [252]	99 Es Эйнштейний [254]	100 Fm Фермий [257]	101 Md Менделевий [257]	102 (No) (Нобелий) [255]	103 (Lr) (Лоуренсий) [256]

устойчивых изотопов, в квадратных скобках с точкой — массовые числа лучше

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

СРЕДНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛИТОСФЕРЕ И СЛАГАЮЩИХ ЕЕ ГОРНЫХ ПОРОДАХ, ВЕС. %

Атомный номер	Элементы	Литосфера континентальная (без осадочного чехла)	Гранитная оболочка	Граниты	Гранодиориты	Средние породы	Основные породы	Ультрабазиты	Сланцы	Осадочные породы, песчаники	Карбонатные породы
1	Водород	0,10	0,10	0,06	0,09	0,11	0,12	—	0,40	0,25	0,09
2	Гелий	$6 \cdot 10^{-5}$ см³ на 1 г породы									
3	Литий	$2{,}0 \cdot 10^{-3}$	$3{,}0 \cdot 10^{-3}$	$3{,}8 \cdot 10^{-3}$	$3{,}0 \cdot 10^{-3}$	$2{,}5 \cdot 10^{-3}$	$1{,}5 \cdot 10^{-3}$	$0{,}2 \cdot 10^{-3}$	$6{,}6 \cdot 10^{-3}$	$1{,}5 \cdot 10^{-3}$	$0{,}5 \cdot 10^{-3}$
4	Бериллий	$1{,}5 \cdot 10^{-4}$	$2{,}5 \cdot 10^{-4}$	$3{,}5 \cdot 10^{-4}$	$2{,}5 \cdot 10^{-4}$	$1{,}8 \cdot 10^{-4}$	$0{,}4 \cdot 10^{-4}$	$0{,}2 \cdot 10^{-4}$	$3{,}0 \cdot 10^{-4}$	$0{,}n \cdot 10^{-4}$	$0{,}n \cdot 10^{-4}$
5	Бор	$0{,}7 \cdot 10^{-3}$	$1{,}0 \cdot 10^{-3}$	$1{,}5 \cdot 10^{-3}$	$1{,}2 \cdot 10^{-3}$	$0{,}9 \cdot 10^{-3}$	$0{,}5 \cdot 10^{-3}$	$0{,}3 \cdot 10^{-3}$	$10 \cdot 10^{-3}$	$3{,}5 \cdot 10^{-3}$	$2{,}0 \cdot 10^{-3}$
6	Углерод	$1{,}7 \cdot 10^{-2}$	$3{,}0 \cdot 10^{-2}$	$3{,}0 \cdot 10^{-2}$	$3{,}0 \cdot 10^{-2}$	$3{,}0 \cdot 10^{-2}$	$2{,}0 \cdot 10^{-2}$	$1{,}0 \cdot 10^{-2}$	1,2	1,3	11,0
7	Азот	$2{,}0 \cdot 10^{-3}$	$2{,}6 \cdot 10^{-3}$	$2{,}7 \cdot 10^{-3}$	$2{,}0 \cdot 10^{-3}$	$2{,}0 \cdot 10^{-3}$	$3{,}5 \cdot 10^{-3}$	$1{,}0 \cdot 10^{-3}$	$54{,}5 \cdot 10^{3}$	$13{,}5 \cdot 10^{-3}$	$0{,}7 \cdot 10^{-3}$
8	Кислород	4,6	48,1	48,1	48,0	47,0	44,5	43,7	49,0	51,5	49,2
9	Фтор	$6{,}0 \cdot 10^{-2}$	$7{,}2 \cdot 10^{-2}$	$8{,}3 \cdot 10^{-2}$	$6{,}3 \cdot 10^{-2}$	$5{,}0 \cdot 10^{-2}$	$4{,}0 \cdot 10^{-2}$	$1{,}0 \cdot 10^{-2}$	$7{,}4 \cdot 10^{-2}$	$2{,}7 \cdot 10^{-2}$	$3{,}3 \cdot 10^{-2}$
10	Неон	$7{,}7 \cdot 10^{-8}$ см³ на 1 г породы									
11	Натрий	2,3	2,2	2,66	2,78	2,60	1,90	0,18	0,98	0,92	0,25
12	Магний	2,4	1,2	0,33	1,10	2,20	4,50	20,50	1,50	0,73	4,60
13	Алюминий	8,1	8,0	7,40	8,60	8,90	8,50	2,40	8,65	2,90	0,96
14	Кремний	27,7	30,9	34,0	30,5	27,5	23,0	20,0	27,5	34,7	3,4
15	Фосфор	0,10	0,08	0,06	0,11	0,15	0,15	0,05	0,07	0,04	0,05
16	Сера	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,01	0,24	0,02	0,12
17	Хлор	$1{,}0 \cdot 10^{-2}$	$1{,}7 \cdot 10^{-2}$	$2{,}0 \cdot 10^{-2}$	$1{,}3 \cdot 10^{-2}$	$1{,}0 \cdot 10^{-2}$	$0{,}6 \cdot 10^{-2}$	$0{,}5 \cdot 10^{-2}$	$1{,}80 \cdot 10^{-2}$	$0{,}1 \cdot 10^{-2}$	$1{,}5 \cdot 10^{-2}$
18	Аргон	$2{,}2 \cdot 10^{-5}$ см³ на 1 г породы									
19	Калий	1,8	2,70	3,50	2,52	1,50	0,70	0,05	2,70	1,32	0,28
20	Кальций	4,3	2,5	1,12	2,40	4,60	7,30	3,40	2,00	2,67	32,5
21	Скандий	$2{,}4 \cdot 10^{-3}$	$1{,}1 \cdot 10^{-3}$	$0{,}7 \cdot 10^{-3}$	$1{,}4 \cdot 10^{-3}$	$2{,}0 \cdot 10^{-3}$	$3{,}0 \cdot 10^{-3}$	$1{,}5 \cdot 10^{-3}$	$1{,}3 \cdot 10^{-3}$	$0{,}1 \cdot 10^{-3}$	$0{,}1 \cdot 10^{-3}$
22	Титан	0,6	0,33	0,17	0,38	0,60	0,80	0,35	0,38	0,30	0,12
23	Ванадий	$1{,}9 \cdot 10^{-2}$	$7{,}6 \cdot 10^{-3}$	$4{,}4 \cdot 10^{-3}$	$8{,}8 \cdot 10^{-3}$	$15 \cdot 10^{-3}$	$25 \cdot 10^{-3}$	$4{,}0 \cdot 10^{-3}$	$13 \cdot 10^{-3}$	$2{,}0 \cdot 10^{-3}$	$2{,}0 \cdot 10^{-3}$
24	Хром	$1{,}2 \cdot 10^{-2}$	$0{,}34 \cdot 10^{-2}$	$0{,}1 \cdot 10^{-2}$	$0{,}22 \cdot 10^{-2}$	$0{,}55 \cdot 10^{-2}$	$1{,}7 \cdot 10^{-2}$	$16{,}0 \cdot 10^{-2}$	$0{,}9 \cdot 10^{-2}$	$0{,}35 \cdot 10^{-2}$	$0{,}11 \cdot 10^{-2}$
25	Марганец	0,09	0,07	0,04	0,07	0,12	0,12	0,10	0,08	0,04	0,04
26	Железо	5,7	3,6	1,83	3,30	5,50	8,40	8,70	4,80	2,80	0,86
27	Кобальт	$3{,}4 \cdot 10^{-3}$	$7{,}3 \cdot 10^{-4}$	$1{,}0 \cdot 10^{-4}$	$7{,}0 \cdot 10^{-4}$	$9{,}0 \cdot 10^{-4}$	$48 \cdot 10^{-4}$	$150 \cdot 10^{-4}$	$19 \cdot 10^{-4}$	$0{,}3 \cdot 10^{-4}$	$0{,}1 \cdot 10^{-4}$
28	Никель	$9{,}5 \cdot 10^{-3}$	$2{,}6 \cdot 10^{-3}$	$0{,}45 \cdot 10^{-3}$	$1{,}5 \cdot 10^{-3}$	$5{,}0 \cdot 10^{-3}$	$13 \cdot 10^{-3}$	$200 \cdot 10^{-3}$	$6{,}8 \cdot 10^{-3}$	$0{,}2 \cdot 10^{-3}$	$0{,}2 \cdot 10^{-3}$
29	Медь	$6{,}5 \cdot 10^{-3}$	$2{,}2 \cdot 10^{-3}$	$1{,}0 \cdot 10^{-3}$	$2{,}6 \cdot 10^{-3}$	$4{,}0 \cdot 10^{-3}$	$8{,}7 \cdot 10^{-3}$	$1{,}0 \cdot 10^{-3}$	$4{,}5 \cdot 10^{-3}$	$0{,}1 \cdot 10^{-3}$	$0{,}4 \cdot 10^{-3}$
30	Цинк	$8{,}7 \cdot 10^{-3}$	$5{,}1 \cdot 10^{-3}$	$3{,}9 \cdot 10^{-3}$	$5{,}6 \cdot 10^{-3}$	$7{,}5 \cdot 10^{-3}$	$10{,}5 \cdot 10^{-3}$	$5{,}0 \cdot 10^{-3}$	$9{,}5 \cdot 10^{-3}$	$1{,}6 \cdot 10^{-3}$	$2{,}0 \cdot 10^{-3}$
31	Галлий	$1{,}7 \cdot 10^{-3}$	$1{,}9 \cdot 10^{-3}$	$2{,}0 \cdot 10^{-3}$	$2{,}0 \cdot 10^{-3}$	$1{,}7 \cdot 10^{-3}$	$1{,}7 \cdot 10^{-3}$	$0{,}15 \cdot 10^{-3}$	$1{,}9 \cdot 10^{-3}$	$1{,}2 \cdot 10^{-3}$	$0{,}4 \cdot 10^{-3}$
32	Германий	$1{,}3 \cdot 10^{-4}$	$1{,}3 \cdot 10^{-4}$	$1{,}3 \cdot 10^{-4}$	$1{,}3 \cdot 10^{-4}$	$1{,}3 \cdot 10^{-4}$	$1{,}3 \cdot 10^{-4}$	$1{,}5 \cdot 10^{-4}$	$1{,}6 \cdot 10^{-4}$	$0{,}8 \cdot 10^{-4}$	$0{,}2 \cdot 10^{-4}$
33	Мышьяк	$1{,}9 \cdot 10^{-4}$	$1{,}6 \cdot 10^{-4}$	$1{,}5 \cdot 10^{-4}$	$1{,}9 \cdot 10^{-4}$	$2{,}0 \cdot 10^{-4}$	$2{,}0 \cdot 10^{-4}$	$1{,}0 \cdot 10^{-4}$	$13{,}0 \cdot 10^{-4}$	$1{,}0 \cdot 10^{-4}$	$1{,}0 \cdot 10^{-4}$
34	Селен	$1{,}0 \cdot 10^{-5}$	$1{,}4 \cdot 10^{-5}$	$1{,}4 \cdot 10^{-5}$	$1{,}4 \cdot 10^{-5}$	$1{,}4 \cdot 10^{-5}$	$1{,}3 \cdot 10^{-5}$	$0{,}5 \cdot 10^{-5}$	$5{,}0 \cdot 10^{-5}$	$0{,}5 \cdot 10^{-5}$	$0{,}8 \cdot 10^{-5}$
35	Бром	$2{,}0 \cdot 10^{-4}$	$2{,}2 \cdot 10^{-4}$	$1{,}3 \cdot 10^{-4}$	$4{,}0 \cdot 10^{-4}$	$4{,}5 \cdot 10^{-5}$	$3{,}6 \cdot 10^{-4}$	$1{,}0 \cdot 10^{-4}$	$4{,}0 \cdot 10^{-4}$	$1{,}0 \cdot 10^{-4}$	$6{,}2 \cdot 10^{-4}$
36	Криптон	$4{,}2 \cdot 10^{-9}$ см³ на 1 г породы									
37	Рубидий	$9{,}0 \cdot 10^{-3}$	$18 \cdot 10^{-3}$	$21 \cdot 10^{-3}$	$16 \cdot 10^{-3}$	$11 \cdot 10^{-3}$	$5{,}0 \cdot 10^{-3}$	$0{,}5 \cdot 10^{-3}$	$14 \cdot 10^{-3}$	$6{,}0 \cdot 10^{-3}$	$0{,}3 \cdot 10^{-3}$
38	Стронций	$3{,}8 \cdot 10^{-}$	$2{,}3 \cdot 10^{-2}$	$1{,}1 \cdot 10^{-2}$	$4{,}4 \cdot 10^{-2}$	$4{,}5 \cdot 10^{-2}$	$4{,}7 \cdot 10^{-2}$	$0{,}1 \cdot 10^{-3}$	$3{,}0 \cdot 10^{-3}$	$0{,}2 \cdot 10^{-2}$	$6{,}1 \cdot 10^{-2}$
39	Иттрий	$2{,}6 \cdot 10^{-3}$	$3{,}6 \cdot 10^{-3}$	$4{,}0 \cdot 10^{-3}$	$3{,}4 \cdot 10^{-3}$	$2{,}9 \cdot 10^{-3}$	$2{,}1 \cdot 10^{-3}$	$n \cdot 10^{-5}$	$2{,}6 \cdot 10^{-3}$	$4{,}0 \cdot 10^{-3}$	$3{,}0 \cdot 10^{-3}$
40	Цирконий	$1{,}3 \cdot 10^{-2}$	$1{,}7 \cdot 10^{-2}$	$1{,}8 \cdot 10^{-2}$	$1{,}6 \cdot 10^{-2}$	$1{,}4 \cdot 10^{-2}$	$1{,}1 \cdot 10^{-2}$	$0{,}45 \cdot 10^{-2}$	$1{,}6 \cdot 10^{-2}$	$2{,}2 \cdot 10^{-2}$	$0{,}2 \cdot 10^{-3}$
41	Ниобий	$1{,}9 \cdot 10^{-3}$	$2{,}0 \cdot 10^{-3}$	$2{,}1 \cdot 10^{-3}$	$2{,}0 \cdot 10^{-3}$	$2{,}0 \cdot 10^{-3}$	$1{,}9 \cdot 10^{-3}$	$1{,}6 \cdot 10^{-3}$	$1{,}1 \cdot 10^{-3}$	$n \cdot 10^{-5}$	$0{,}3 \cdot 10^{-4}$
42	Молибден	$1{,}3 \cdot 10^{-4}$	$1{,}3 \cdot 10^{-4}$	$1{,}3 \cdot 10^{-4}$	$1{,}2 \cdot 10^{-4}$	$1{,}1 \cdot 10^{-4}$	$1{,}5 \cdot 10^{-4}$	$0{,}3 \cdot 10^{-3}$	$2{,}6 \cdot 10^{-4}$	$0{,}2 \cdot 10^{-4}$	$0{,}4 \cdot 10^{-4}$
43	Технеций	—	—	—	—	—					
44	Рутений	Нет данных									
45	Родий	Нет данных									
46	Палладий	$n \cdot 10^{-7}$	$n \cdot 10^{-8}$	$n \cdot 10^{-8}$	$n \cdot 10^{-8}$	$n \cdot 10^{-7}$	$2{,}0 \cdot 10^{-7}$	$5{,}0 \cdot 10^{-7}$	Нет данных		

Продолжение прилож. 2

Атомный номер	Элементы	Литосфера континентальная (без осадочного чехла)	Гранитная оболочка	Граниты	Гранодиориты	Средние породы	Основные породы	Ультрабазиты	Сланцы	Осадочные породы, песчаники	Карбонатные породы
47	Серебро	$9{,}0\cdot10^{-6}$	$4{,}8\cdot10^{-6}$	$3{,}7\cdot10^{-6}$	$5{,}1\cdot10^{-6}$	$7\cdot10^{-6}$	$11\cdot10^{-6}$	$6{,}0\cdot10^{-6}$	$7{,}0\cdot10^{-6}$	$n\cdot10^{-6}$	$n\cdot10^{-6}$
48	Кадмий	$1{,}9\cdot10^{-5}$	$1{,}5\cdot10^{-5}$	$1{,}3\cdot10^{-5}$	$1{,}6\cdot10^{-5}$	$1{,}8\cdot10^{-5}$	$2{,}2\cdot10^{-5}$	$0{,}1\cdot10^{-5}$	$3{,}0\cdot10^{-5}$	$0{,}n\cdot10^{-5}$	$0{,}4\cdot10^{-5}$
49	Индий	$2{,}3\cdot10^{-5}$	$2{,}5\cdot10^{-5}$	$2{,}6\cdot10^{-5}$	$2{,}4\cdot10^{-5}$	$2{,}2\cdot10^{-5}$	$2{,}2\cdot10^{-5}$	$0{,}1\cdot10^{-5}$	$1{,}0\cdot10^{-6}$	$0{,}n\cdot10^{-5}$	$0{,}n\cdot10^{-5}$
50	Олово	$1{,}9\cdot10^{-4}$	$2{,}7\cdot10^{-4}$	$3{,}0\cdot10^{-4}$	$2{,}5\cdot10^{-4}$	$1{,}6\cdot10^{-4}$	$1{,}5\cdot10^{-4}$	$0{,}5\cdot10^{-4}$	$6{,}0\cdot10^{-4}$	$0{,}n\cdot10^{-4}$	$0{,}n\cdot10^{-4}$
51	Сурьма	$2{,}0\cdot10^{-5}$	$2{,}0\cdot10^{-5}$	$2{,}0\cdot10^{-5}$	$2{,}0\cdot10^{-5}$	$2{,}0\cdot10^{-5}$	$2{,}0\cdot10^{-5}$	$1{,}0\cdot10^{-5}$	$15\cdot10^{-5}$	$0{,}n\cdot10^{-5}$	$2{,}0\cdot10^{-5}$
52	Теллур	$1{,}0\cdot10^{-7}$	$1{,}0\cdot10^{-7}$	$1{,}0\cdot10^{-7}$	$1{,}0\cdot10^{-7}$	$1{,}0\cdot10^{-7}$	$1{,}0\cdot10^{-7}$	$0{,}n\cdot10^{-7}$	$10\cdot10^{-7}$	Нет данных	
53	Иод	$5{,}0\cdot10^{-5}$	$5\cdot10^{-5}$	$5\cdot10^{-7}$	$5\cdot10^{-7}$	$5\cdot10^{-7}$	$5\cdot10^{-5}$	$5\cdot10^{-5}$	$2{,}2\cdot10^{-4}$	$1{,}7\cdot10^{-4}$	$1{,}2\cdot10^{-4}$
54	Ксенон	$3{,}4\cdot10^{-10}$ см³ на 1 г породы									
55	Цезий	$2{,}0\cdot10^{-4}$	$3{,}8\cdot10^{-4}$	$5{,}0\cdot10^{-4}$	$2{,}0\cdot10^{-4}$	$1{,}5\cdot10^{-4}$	$1{,}1\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-5}$	$5{,}0\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-5}$	$n\cdot10^{-5}$
56	Барий	$4{,}5\cdot10^{-2}$	$6{,}8\cdot10^{-2}$	$8{,}4\cdot10^{-2}$	$4{,}5\cdot10^{-2}$	$3{,}8\cdot10^{-2}$	$3{,}3\cdot10^{-2}$	$0{,}4\cdot10^{-4}$	$5{,}8\cdot10^{-2}$	$n\cdot10^{-3}$	$1{,}0\cdot10^{-3}$
57	Лантан	$2{,}5\cdot10^{-3}$	$4{,}6\cdot10^{-3}$	$5{,}5\cdot10^{-3}$	$4{,}0\cdot10^{-3}$	$3{,}0\cdot10^{-3}$	$1{,}5\cdot10^{-3}$	$n\cdot10^{-5}$	$9{,}2\cdot10^{-3}$	$3{,}0\cdot10^{-3}$	$n\cdot10^{-4}$
58	Церий	$6{,}0\cdot10^{-3}$	$8{,}3\cdot10^{-3}$	$9{,}2\cdot10^{-3}$	$8{,}0\cdot10^{-3}$	$6{,}5\cdot10^{-3}$	$4{,}8\cdot10^{-3}$	$n\cdot10^{-5}$	$5{,}9\cdot10^{-3}$	$9{,}2\cdot10^{-3}$	$1{,}2\cdot10^{-3}$
59	Празеодим	$5{,}7\cdot10^{-4}$	$7{,}9\cdot10^{-4}$	$8{,}8\cdot10^{-4}$	$7{,}5\cdot10^{-4}$	$6{,}2\cdot10^{-4}$	$4{,}6\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-5}$	$5{,}6\cdot10^{-4}$	$8{,}8\cdot10^{-4}$	$1{,}1\cdot10^{-4}$
60	Неодим	$2{,}4\cdot10^{-3}$	$3{,}3\cdot10^{-5}$	$3{,}8\cdot10^{-3}$	$3{,}2\cdot10^{-3}$	$2{,}7\cdot10^{-3}$	$2{,}0\cdot10^{-3}$	$n\cdot10^{-5}$	$2{,}4\cdot10^{-3}$	$3{,}7\cdot10^{-3}$	$4{,}7\cdot10^{-3}$
61	Прометий	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
62	Самарий	$6{,}5\cdot10^{-4}$	$9{,}0\cdot10^{-4}$	$10{,}0\cdot10^{-4}$	$8{,}5\cdot10^{-4}$	$7{,}5\cdot10^{-4}$	$5{,}3\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-5}$	$6{,}4\cdot10^{-4}$	$1{,}0\cdot10^{-3}$	$1{,}3\cdot10^{-4}$
63	Европий	$1{,}0\cdot10^{-4}$	$1{,}4\cdot10^{-4}$	$1{,}6\cdot10^{-4}$	$1{,}4\cdot10^{-4}$	$1{,}2\cdot10^{-4}$	$0{,}8\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-5}$	$1{,}0\cdot10^{-4}$	$1{,}6\cdot10^{-4}$	$0{,}2\cdot10^{-4}$
64	Гадолиний	$6{,}5\cdot10^{-4}$	$9{,}0\cdot10^{-3}$	$10{,}0\cdot10^{-4}$	$8{,}5\cdot10^{-4}$	$7{,}5\cdot10^{-4}$	$5{,}3\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-5}$	$6{,}4\cdot10^{-4}$	$1{,}0\cdot10^{-3}$	$1{,}3\cdot10^{-4}$
65	Тербий	$1{,}0\cdot10^{-4}$	$1{,}4\cdot10^{-4}$	$1{,}6\cdot10^{-4}$	$1{,}4\cdot10^{-4}$	$1{,}2\cdot10^{-4}$	$0{,}8\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-5}$	$1{,}0\cdot10^{-4}$	$1{,}6\cdot10^{-4}$	$0{,}2\cdot10^{-4}$
66	Диспрозий	$4{,}6\cdot10^{-4}$	$6{,}5\cdot10^{-4}$	$7{,}2\cdot10^{-4}$	$6{,}1\cdot10^{-4}$	$5{,}2\cdot10^{-4}$	$3{,}8\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-5}$	$4{,}6\cdot10^{-4}$	$7{,}2\cdot10^{-4}$	$0{,}9\cdot10^{-4}$
67	Гольмий	$1{,}3\cdot10^{-4}$	$1{,}8\cdot10^{-4}$	$2{,}0\cdot10^{-4}$	$1{,}8\cdot10^{-4}$	$1{,}5\cdot10^{-4}$	$1{,}1\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-5}$	$1{,}2\cdot10^{-4}$	$2{,}0\cdot10^{-4}$	$0{,}3\cdot10^{-4}$
68	Эрбий	$2{,}6\cdot10^{-4}$	$3{,}6\cdot10^{-4}$	$4{,}0\cdot10^{-4}$	$3{,}2\cdot10^{-4}$	$2{,}8\cdot10^{-4}$	$2{,}1\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-5}$	$2{,}5\cdot10^{-4}$	$4{,}0\cdot10^{-4}$	$0{,}5\cdot10^{-4}$
69	Тулий	$0{,}2\cdot10^{-4}$	$0{,}3\cdot10^{-4}$	$0{,}3\cdot10^{-4}$	$0{,}3\cdot10^{-4}$	$0{,}2\cdot10^{-4}$	$0{,}2\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-6}$	$0{,}2\cdot10^{-4}$	$0{,}3\cdot10^{-4}$	$0{,}4\cdot10^{-4}$
70	Иттербий	$2{,}6\cdot10^{-4}$	$3{,}6\cdot10^{-4}$	$4{,}0\cdot10^{-4}$	$3{,}2\cdot10^{-4}$	$2{,}8\cdot10^{-4}$	$2{,}1\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-5}$	$2{,}6\cdot10^{-4}$	$4{,}0\cdot10^{-4}$	$0{,}5\cdot10^{-4}$
71	Лютеций	$0{,}8\cdot10^{-4}$	$1{,}1\cdot10^{-4}$	$1{,}2\cdot10^{-4}$	$1{,}0\cdot10^{-4}$	$0{,}8\cdot10^{-4}$	$0{,}6\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-5}$	$0{,}7\cdot10^{-4}$	$1{,}2\cdot10^{-4}$	$0{,}2\cdot10^{-4}$
72	Гафний	$2{,}6\cdot10^{-4}$	$3{,}5\cdot10^{-4}$	$3{,}9\cdot10^{-4}$	$3{,}2\cdot10^{-4}$	$2{,}8\cdot10^{-4}$	$2{,}2\cdot10^{-4}$	$0{,}5\cdot10^{-4}$	$2{,}8\cdot10^{-4}$	$3{,}9\cdot10^{-4}$	$0{,}3\cdot10^{-4}$
73	Тантал	$1{,}0\cdot10^{-4}$	$2{,}1\cdot10^{-4}$	$2{,}5\cdot10^{-4}$	$1{,}8\cdot10^{-4}$	$1{,}2\cdot10^{-4}$	$0{,}5\cdot10^{-4}$	$0{,}2\cdot10^{-5}$	$0{,}8\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-6}$	$n\cdot10^{-6}$
74	Вольфрам	$1{,}1\cdot10^{-4}$	$1{,}9\cdot10^{-4}$	$2{,}2\cdot10^{-4}$	$1{,}7\cdot10^{-2}$	$1{,}2\cdot10^{-4}$	$0{,}7\cdot10^{-4}$	$0{,}1\cdot10^{-4}$	$1{,}8\cdot10^{-4}$	$1{,}6\cdot10^{-4}$	$0{,}6\cdot10^{-4}$
75	Рений	$7{,}0\cdot10^{-8}$	$7{,}0\cdot10^{-8}$	$6{,}7\cdot10^{-8}$	—	—	$7{,}1\cdot10^{-8}$	—	Нет данных	—	—
76	Осмий	—	Нет данных	—	—	—	—	—	—	—	—
77	Иридий	$2{,}0\cdot10^{-8}$	$1{,}5\cdot10^{-8}$	$1{,}0\cdot10^{-8}$	—	—	$2{,}2\cdot10^{-8}$	—	Нет данных	—	—
78	Платина	—	Нет данных		—	—	$1{,}0\cdot10^{-5}$	$2{,}0\cdot10^{-5}$	Нет данных	—	—
79	Золото	$1{,}7\cdot10^{-7}$	$1{,}2\cdot10^{-7}$	$0{,}8\cdot10^{-7}$	$1{,}2\cdot10^{-7}$	$2{,}8\cdot10^{-7}$	$3{,}6\cdot10^{-7}$	$6{,}0\cdot10^{-7}$	$n\cdot10^{-7}$	$n\cdot10^{-7}$	$n\cdot10^{-7}$
80	Ртуть	$4{,}6\cdot10^{-6}$	$6{,}6\cdot10^{-6}$	$6{,}7\cdot10^{-6}$	$6{,}7\cdot10^{-6}$	$7{,}5\cdot10^{-6}$	$6{,}5\cdot10^{-6}$	$6{,}4\cdot10^{-6}$	$6{,}6\cdot10^{-5}$	$7{,}4\cdot10^{-6}$	$4{,}5\cdot10^{-5}$
81	Таллий	$0{,}7\cdot10^{-4}$	$1{,}8\cdot10^{-4}$	$2{,}3\cdot10^{-4}$	$1{,}5\cdot10^{-4}$	$1{,}0\cdot10^{-4}$	$0{,}2\cdot10^{-4}$	$0{,}6\cdot10^{-5}$	$1{,}4\cdot10^{-4}$	$0{,}8\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-6}$
82	Свинец	$0{,}9\cdot10^{-3}$	$1{,}6\cdot10^{-3}$	$1{,}9\cdot10^{-3}$	$1{,}5\cdot10^{-3}$	$1{,}2\cdot10^{-3}$	$0{,}6\cdot10^{-3}$	$0{,}1\cdot10^{-3}$	$2{,}0\cdot10^{-3}$	$0{,}7\cdot10^{-3}$	$0{,}9\cdot10^{-3}$
83	Висмут	$0{,}8\cdot10^{-6}$	$1{,}0\cdot10^{-6}$	$1{,}0\cdot10^{-6}$	$1{,}0\cdot10^{-6}$	$0{,}8\cdot10^{-6}$	$0{,}7\cdot10^{-6}$	$0{,}1\cdot10^{-6}$	Нет данных	—	—
84	Полоний	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
85	Астат	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
86	Радон	Нет данных									
87	Франций	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
88	Радий	Нет данных									
89	Актиний	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
90	Торий	$7{,}8\cdot10^{-4}$	$1{,}4\cdot10^{-3}$	$1{,}7\cdot10^{-3}$	$1{,}2\cdot10^{-3}$	$8{,}5\cdot10^{-4}$	$4{,}0\cdot10^{-4}$	$4{,}0\cdot10^{-7}$	$1{,}2\cdot10^{-3}$	$1{,}7\cdot10^{-4}$	$1{,}7\cdot10^{-4}$
91	Протактиний	—	—	—	—	—	$1{,}0\cdot10^{-4}$	$1{,}0\cdot10^{-7}$	$3{,}7\cdot10^{-4}$	$4{,}5\cdot10^{-5}$	$2{,}2\cdot10^{-4}$
92	Уран	$1{,}5\cdot10^{-4}$	$2{,}6\cdot10^{-4}$	$3{,}0\cdot10^{-4}$	$2{,}5\cdot10^{-4}$	$2{,}0\cdot10^{-4}$	—	—	—	—	—

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

СРЕДНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ

Номера п/п	Элементы	Весовые проценты		Коэффициент талассофильности элементов	Весовые проценты	
		в океанической и морской воде	в литосфере в среднем		в речной воде	в подземных минерализованных водах
1	O	85,89	47,2	1,82	—	—
2	H	10,60	0,15	72,0	—	—
3	Cl	1,90	$4{,}5\cdot10^{-2}$	42,2	$1{,}2\cdot10^{-6}$ — $5{,}0\cdot10^{-2}$	До 16,0
4	Na	1,06	2,64	0,40	$7{,}0\cdot10^{-5}$ — $2{,}3\cdot10^{-4}$	» 10,0
5	Mg	0,13	2,10	$6{,}0\cdot10^{-2}$	$6{,}0\cdot10^{-6}$ — $6{,}6\cdot10^{-3}$	» 0,5
6	S	$8{,}8\cdot10^{-2}$	$5{,}0\cdot10^{-2}$	1,76	$3{,}7\cdot10^{-6}$ — $1{,}7\cdot10^{-2}$	» 1,5
7	Ca	$4{,}0\cdot10^{-2}$	3,6	$1{,}1\cdot10^{-2}$	$2{,}2\cdot10^{-5}$ — $1{,}7\cdot10^{-2}$	» 0,2
8	K	$3{,}8\cdot10^{-2}$	2,60	$1{,}5\cdot10^{-2}$	$3{,}8\cdot10^{-6}$ — $3{,}4\cdot10^{-3}$	» 0,1
9	Br	$6{,}5\cdot10^{-3}$	$1{,}6\cdot10^{-4}$	40,5	—	» $1{,}0\cdot10^{-2}$
10	C	$3{,}0\cdot10^{-3}$	0,1	$3{,}0\cdot10^{-2}$	$1{,}2\cdot10^{-3}$ — $1{,}0\cdot10^{-2}$	» $1{,}6\cdot10^{-1}$
11	Sr	$1{,}3\cdot10^{-3}$	$4{,}0\cdot10^{-2}$	$3{,}0\cdot10^{-2}$	$2{,}3\cdot10^{-6}$	» $5{,}0\cdot10^{-3}$
12	B	$4{,}6\cdot10^{-4}$	$3{,}0\cdot10^{-4}$	1,53	—	» $1{,}2\cdot10^{-4}$
13	Si	$3{,}6\cdot10^{-4}$	27,6	$1{,}3\cdot10^{-5}$	$4{,}8\cdot10^{-6}$ — $1{,}2\cdot10^{-2}$	» $5{,}0\cdot10^{-3}$
14	F	$1{,}4\cdot10^{-4}$	$2{,}7\cdot10^{-2}$	$5{,}2\cdot10^{-3}$	$2{,}0\cdot10^{-6}$ — $6{,}0\cdot10^{-5}$	» $1{,}0\cdot10^{-3}$
15	Al	$1{,}0\cdot10^{-4}$	6,60	$1{,}1\cdot10^{-5}$	$4{,}2\cdot10^{-6}$ — $1{,}7\cdot10^{-3}$	» $1{,}0\cdot10^{-4}$
16	N	$5{,}2\cdot10^{-5}$	$1{,}0\cdot10^{-2}$	$5{,}2\cdot10^{-3}$	$1{,}8\cdot10^{-6}$ — $2{,}5\cdot10^{-3}$	» $3{,}0\cdot10^{-3}$
17	Rb	$2{,}0\cdot10^{-5}$	$3{,}0\cdot10^{-2}$	$6{,}5\cdot10^{-4}$	—	—
18	Li	$1{,}0\cdot10^{-5}$	$6{,}5\cdot10^{-3}$	$1{,}5\cdot10^{-3}$	$3{,}2\cdot10^{-6}$ — $1{,}0\cdot10^{-5}$	» $1{,}0\cdot10^{-3}$
19	P	$6{,}0\cdot10^{-6}$	$8\cdot10^{-2}$	$7{,}5\cdot10^{-5}$	$8{,}8\cdot10^{-7}$ — $6{,}5\cdot10^{-5}$	» $3{,}0\cdot10^{-3}$
20	Ba	$5{,}0\cdot10^{-6}$	$5{,}0\cdot10^{-2}$	$1{,}0\cdot10^{-4}$	—	» $4{,}0\cdot10^{-3}$
21	Y	$5{,}0\ 10^{-6}$	$3{,}0\cdot10^{-5}$	$1{,}7\cdot10^{-1}$	$3{,}8\cdot10^{-8}$ — $1{,}3\cdot10^{-7}$	» $4{,}0\cdot10^{-3}$
22	Cu	$4{,}5\ 10^{-6}$	$1{,}0\cdot10^{-2}$	$4{,}5\cdot10^{-4}$	? — $2{,}1\cdot10^{-6}$	» $1{,}0\cdot10^{-3}$
23	As	$1{,}4\cdot10^{-6}$	$5{,}0\cdot10^{-4}$	$2{,}8\cdot10^{-3}$	$2{,}0\cdot10^{-7}$ — $9{,}3\cdot10^{-5}$	—
24	Fe	$1{,}1\cdot10^{-6}$	$5\cdot10$	$2{,}2\cdot10^{-7}$	$1{,}0\cdot10^{-6}$ — $4{,}6\cdot10^{-3}$	» $5{,}0\cdot10^{-3}$
25	Zn	$1{,}10\cdot10^{-6}$	$5{,}0\cdot10^{-3}$	$2{,}0\cdot10^{-4}$	? — $1{,}2\cdot10^{-3}$	—
26	Mn	$5{,}5\cdot10^{-7}$	$9{,}0\cdot10^{-2}$	$6{,}1\cdot10^{-6}$	$2{,}8\cdot10^{-6}$ — $7{,}7\cdot10^{-4}$	» $5{,}0\cdot10^{-4}$

Номера п/п	Элементы	Весовые проценты		Коэффициент талассофильности элементов	Весовы проценты	
		в океанической и морской воде	в литосфере в среднем		в речной воде	в подземных минерализованных водах
27	Pb	$4{,}5\cdot10^{-7}$	$1{,}6\cdot10^{-3}$	$3{,}0\cdot10^{-4}$	—	—
28	Sc	$4{,}0\cdot10^{-7}$	$6{,}0\cdot10^{-5}$	$6{,}7\cdot10^{-2}$	—	—
29	Sn	$3{,}0\cdot10^{-7}$	$4{,}0\cdot10^{-3}$	$8{,}0\cdot10^{-5}$	—	—
30	Cs	$2{,}0\cdot10^{-7}$	$7{,}0\cdot10^{-4}$	$3{,}0\ 10^{-4}$	—	—
31	Mo	$1{,}2\cdot10^{-7}$	$3{,}0\cdot10^{-4}$	$8{,}0\cdot10^{-5}$	—	—
32	U	$5{,}0\cdot10^{-8}$	$3{,}0\cdot10^{-4}$	$3{,}0\cdot10^{-4}$	—	—
33	Ga	$6{,}0\cdot10^{-8}$	$1{,}5\cdot10^{-3}$	$3{,}8\cdot10^{-5}$	—	—
34	Th	$5{,}0\cdot10^{-5}$	$8{,}0\cdot10^{-4}$	$6{,}2\cdot10^{-5}$	—	—
35	Ce	$4{,}0\cdot10^{-8}$	$4{,}5\cdot10^{-3}$	$8{,}7\cdot10^{-6}$	—	—
36	Ni	$3{,}0\cdot10^{-8}$	$8{,}0\cdot10^{-3}$	$4{,}0\cdot10^{-6}$	—	—
37	V	$3{,}0\cdot10^{-8}$	$1{,}5\cdot10^{-2}$	$2{,}0\cdot10^{-6}$	—	—
38	La	$3{,}0\cdot10^{-8}$	$1{,}8\cdot10^{-3}$	$1{,}7\ 10^{-5}$	—	—
39	I	$3\cdot10^{-8}$	$2{,}8\cdot10^{-3}$	$1{,}1\cdot10^{-5}$	—	—
40	Hg	$3{,}0\cdot10^{-8}$	$7{,}0\cdot10^{-6}$	$4{,}3\cdot10^{-3}$	—	—
41	Ag	$2{,}5\cdot10^{-8}$	$1{,}0\cdot10^{-6}$	$2{,}5\ 10^{-3}$	$6{,}0\ 10^{-12}$ — $6{,}5\ 10^{-8}$	—
42	Bi	$2{,}0\cdot10^{-8}$	$2{,}0\cdot10^{-5}$	$1{,}0\cdot10^{-3}$	—	—
43	Co	$1{,}0\cdot10^{-8}$	$3{,}0\cdot10^{-3}$	$3{,}8\cdot10^{-6}$	—	—
44	Sc	$4{,}0\cdot10^{-9}$	$6{,}0\cdot10^{-4}$	$6{,}7\cdot10^{-6}$	—	—
45	Au	$6{,}0\cdot10^{-10}$	$5{,}0\cdot10^{-7}$	$1{,}2\cdot10^{-3}$	$3{,}0\ 10^{-13}$ — $1{,}0\ 10^{-9}$	—
46	Ra	$1{,}6\cdot10^{-15}$	—	—	—	—
47	Ti	Присутств.	0,6	?	—	До $4{,}0\ 10^{-1}$
48	Cd	»	$5{,}0\ 10^{-5}$	?	$5{,}4\ 10^{-5}$	

Примечания. 1. Средние содержания отдельных химических элементов в морской и океанической водах приводятся по Масону. 2. То же, для речных вод по В. И. Вернадскому. 3. То же, для подземных минерализованных вод по А. М. Овчинникову. 4. Средние содержания элементов в литосфере по А. П. Виноградову.

СРЕДНИЙ СОСТАВ ЗОЛЫ НАЗЕМНЫХ РАСТЕНИЙ И КОЭФФИЦИЕНТЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ (по А. И. Перельману)

Номера п/п	Элемент	Кларк литосферы	Средний состав золы наземных растений	Коэффициент биологического поглощения
1	Кремний	27,6	n	$0,n$
2	Алюминий	8,80	$0,n$	$0,0n$
3	Железо	5,1	$0,n$—n ($n<2$)	$0,n$
4	Кальций	3,60	$n\cdot10$ ($n<2$)	n
5	Натрий	2,64	n	n
6	Калий	2,60	$n\cdot10$ ($n<3$)	n
7	Магний	2,10	n ($n<5$)	n
8	Титан	$9\cdot10^{-2}$	$0,0n$	$0,0n$
9	Марганец	$8\cdot10^{-2}$	$n\ 10^{-2}$	$0,n$—n
10	Фосфор	$5\cdot10^{-2}$	n ($n<5$)	$n\cdot10$
11	Сера	$5\cdot10^{-2}$	n ($n<5$)	$n\cdot10$
12	Барий	$5\cdot10^{-2}$	$0,0n$	$0,n$
13	Хлор	$4,5\cdot10^{-2}$	n ($n<5$)	$n\cdot10$
14	Стронций	$4\cdot10^{-2}$	$0,0n$	n
15	Рубидий	$2\cdot10^{-2}$	$n\cdot10^{-3}$	$0,n$
16	Фтор	$2,7\cdot10^{-2}$	$0,0n$	$0,n$
17	Хром	$2\cdot10^{-2}$	$n\cdot10^{-4}$	$0,0n$
18	Цирконий	$2\cdot10^{-2}$	$n\cdot10^{-4}$	$0,00n$
19	Ванадий	$1,5\cdot10^{-2}$	$n\cdot10^{-3}$	$0,n$
20	Медь	$7\cdot10^{-3}$	$n\cdot10^{-3}$	$0,n$—n
21	Никель	$8\cdot10^{-3}$	$n\cdot10^{-3}$ ($n<5$)	$0,n$—n
22	Литий	$6,5\ 10^{-3}$	$n\cdot10^{-4}$	$0,0n$
23	Цинк	$5\cdot10^{-3}$	$n\cdot10^{-3}$ ($n<5$)	n
24	Олово	$4\cdot10^{-3}$	$n\cdot10^{-4}$	$0,0n$
25	Кобальт	$3\cdot10^{-3}$	$n\cdot10^{-4}$	$0,n$—n
26	Иод	$2,8\cdot10^{-3}$	$n\cdot10^{-4}$	$0,n$—n
27	Лантан	$1,8\cdot10^{-3}$	$n\cdot10^{-2}$	$0,0n$
28	Свинец	$1,6\cdot10^{-3}$	$n\cdot10^{-4}$ ($n<5$)	$0,0n$
29	Ниобий	$1\cdot10^{-3}$	$n\cdot10^{-5}$	$0,00n$
30	Германий	$7\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-3}$	$0,0n$
31	Цезий	$7\cdot10^{-4}$	$n\ 10^{-4}$	$0,n$
32	Скандий	$6\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-6}$	$0,00n$
33	Мышьяк	$5\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-4}$	n—$0,n$
34	Гафний	$3,2\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-7}$	$0,00n$
35	Бор	$3\cdot10^{-4}$	$0,0n$—$0,00n$	n
36	Молибден	$3\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-4}$ ($n=5$)	n—$0,n$
37	Уран	$3\cdot10^{-4}$	$n\ 10^{-5}$	$0,0n$
38	Тантал	$2\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-7}$	$0,00n$
39	Вольфрам	$1\cdot10^{-4}$	$n\cdot10^{-7}$	$0,00n$
40	Селен	$6\cdot10^{-5}$	$n\cdot10^{-5}$	$<n$
41	Ртуть	$7\cdot10^{-6}$	$n\cdot10^{-6}$	$0,n$
42	Осмий	$5\cdot10^{-6}$	$n\cdot10^{-8}$	$0,00n$
43	Палладий	$1\cdot10^{-6}$	$n\cdot10^{-8}$	$0,00n$
44	Платина	$5\cdot10^{-7}$	$n\cdot10^{-10}$	$0,00n$
45	Рутений	$5\cdot10^{-7}$	$n\cdot10^{-9}$	$0,00n$
46	Родий	$1\cdot10^{-7}$	$n\cdot10^{-9}$	$0,00n$
47	Рений	$1\cdot10^{-7}$	$n\cdot10^{-10}$	$0,00n$
48	Радий	$1\cdot10^{-10}$	$n\cdot10^{-11}$	$0,n$
49	Иридий	$1\cdot10^{-7}$	$n\cdot10^{-10}$	$0,00n$

КОНТРАСТНОСТЬ МИГРАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ В ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ И РЕЗКО ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ОБСТАНОВКАХ ЗОНЫ ГИПЕРГЕНЕЗА (по А. И. Перельману)

Интенсивность водной миграции	Окислительная обстановка							Контрастность миграционной способности		Резко восстановительная обстановка						
	Коэффициент водной миграции									Коэффициент водной миграции						
	1000	100	10	1	0,1	0,01	0,001	слабая	сильная	1000	100	10	1	0,1	0,01	0,001
Очень сильная		Cl, I, Br, S						Cl, Br, I ← →			Cl, I, Br					
Сильная			Ca, Mg, Na, F, Sr, Zn, U					Ca, Mg, Na, F, Sr ← →				Ca, Mg, Na, F, Sr				
								Zn, U ←								
Средняя				Co, Si, P, Cu, Ni, Mn, K				Si, P, K ← →					Si, P, K			
								Cu, Ni, Co ←								
Слабая и очень слабая						Fe, Al, Ti, O, Th, Zr, Hf, Nb, Ta, Ru, Rh, Pd, Os, Pt, Sn			→						Al, Ti, Sc, O, Cu, Ni, Co, Mo, TR, Zr, Hf, Nb, Ta, Ru, Rh, Pd, Os, Zn, U, Pt	
								Al, Ti, Zr, Hf, Nb, Fa, Pt ← → TR, Sn								

КОНЦЕНТРАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ НА ГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРАХ

Физико-химические условия Окислительно-восстановительные	Состав вод, поступающих к геохимическому барьеру											
	Кислородные воды				Глеевые воды				Сероводородные воды			
Щелочно-кислотные	I. Сильнокислые	II. Кислые и слабокислые	III. Нейтральные и слабощелочные	IV. Сильнощелочные (содовые)	V. Сильнокислые	VI. Кислые и слабокислые	VII. Нейтральные и слабощелочные	VIII. Сильнощелочные (содовые)	IX. Сильнокислые	X. Кислые и слабокислые	XI. Нейтральные и слабощелочные	XII. Сильнощелочные (содовые)
Границы pH в зоне гипергенеза	<3	3—6,5	6,5—8,5	>8,5	<3	3—6,5	6,5—8,5	>8,5	<3	3—6,5	6,5—8,5	>8,5
Элементы подвижные в водах любого состава	Na, K, Rb, Cs, N, Cl, Br, I											

Класс геохимического барьера													
Кислородный A	A1 Fe	A2 Fe, Mn, Co	A3 Mn	A4 —	A5 Fe	A6 Fe, Mn, Co	A7 (Fe), Mn, Co	A8 (Mn)	A9 S, Se (Fe)	A10 S, Se	A11 S, Se	A12 S, Se
Сульфидный (сероводородный и др.) B	B1 Tl, Cu, Hg, Pb, Cd, Bi, Sn, As, Sb, Mo, W, U	B2 Tl, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, Sn, Sr, Mo, U	B3 Tl, Cr, Mo, U, Se, Re, V	B4 Cu, Ag, Zn, Cr, Mo, U, V, As	B5 Tl, Pb, Cd, Bi, Sn	B6 Tl, Fe, Co, Ni, Pb, Cu, Zn, Cd, Hg, U	B7 Tl, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg, (Mo), (U)	B8 Tl, Cu, Zn, Cd, Hg, Mn, (Fe, Co, Ni, U)	B9	B10	B11	B12
Глеевый C	C1 Cu, U, Mo	C2 Cu, U, Mo	C3 Cu, Cr U, Mo, Re, Se, V	C4 Cu, Ag, Cr, Mo, U, Re, Se, V, As	C5 Cu, U, Mo	C6 Cu, U, Mo	C7 Mo, U	C8 Mo, U	C9 —	C10 —	C11 —	C12 —
Щелочной D	D1 Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, Be, Al, Ga, Y, TR, Cr, P, As, U	D2 Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, Be, (U)	D3 —	D4 —	D5 Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, Be, Al, Ga, Y, TR, Cr, P, As, (U)	D6 Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, Be, Al, Ga, Y, TR, Cr, P, As, (U)	D7 Mg, Ca, Sr, Ba, Zn, Cd, Mn, Co, Ni	D8 —	D9 Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Pb, Cd, Be, Al, Ga, Y, TR, Cr, P, As	D10 Mg, Ca, Sr, Ba	D11 —	D12 —
Кислый E	E1 —	E2 —	E3 Si, Mo	E4 (Cu), (Zn), Ag, Be, Al, Ga, Sc, Y, TR, Si, (Ge), Zr, (Ti), Mo, Cr, V	E5 —	E6 —	E7 Si, Mo	E8 (Cu), (Zn), Be, Al, Ga, Sc, Y TR, Si, Zr, (Ti), Mo	E9 —	E10 —	E11 Si, Ge	E12 Be, Al, Ga, Se, Y, TR, Si, Ge, Zr, (Ti)

Физико-химические условия Окислительно-восстановительные		Состав вод, поступающих к геохимическому барьеру											
		Кислородные воды				Глеевые воды				Сероводородные воды			
Класс геохимического барьера	Испарительный F	F1 Na, K, Rb, Tl, Cl, Mg, Ca, Sr, S, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Al, Mo, U	F2 —	F3 Li, Na, K, Rb, Tl, N, B, F, Cl, Br, I, Mg, Ca, Sr, S, Zn, Mo, U, V, Se	F4 Li, Na, K, Rb, Tl, N, B, F, Cl, Br, I, Cu, Zn, Mo, U, Sc, V	F5 Na, K, Rb, Tl, Cl, Mg, Ca, Sr, S, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Al, Mo, U	F6 —	F7 Li, Na, K, Rb, Tl, N, B, Cl, Br, I, Mg, Ca, Sr, S, Zn	F8 Li, Na, K, Pb, Tl, N, B, F, Cl, Br, I, Zn	F9 Li, Na, K, Rb, F, Cl, Br, I, Mg, Ca, Sr, S	F10 —	F11 Li, Na, K, Rb, F, Cl, Br, I, Mg, Ca, Sr, S	F12 Li, Na, K, Rb, N, B, F, Cl, Br, I
	Сорбционный G	G1 Al, Sc, Ga, Si, Ge, P, V, As	G2 Si, Ba, Zn, Cd, Ni, Co, Pb, Cu, U, Cl, Br, I, F, S, P, V, Mo, As	G3 Li, Na, K, Rb, Cs, Tl, Zn, (Cl, Br, I, F, B, S, P, V, Mo, As)	G4 Li, Na, K, Rb, Cs, Tl, (Cl, Br, I, B, F, S, P, V, Mo, As)	G5 Al, Sc, Ga, Si, Ge, P, V, As	G6 Si, Ba, Zn, Cd, Ni, Co, Pb, Cu, U, Cl, Br, I, F, S, P, Fe Mn	G7 Li, Na, K, Rb, Cs, Tl, Zn, (Cl, Br, I, F, B, S, P)	G8 Li, Na, K, Rb, Cs, Tl, (Cl, Br, I, B, F, S, P)	G9 Al, Sc, Ga, Si, Ge, P, V, As	G10 Sr, Ba, (Cl, Br, I, F, B, S, P)	G11 Li, Na, K, Rb, Cs, (Cl, Br, I, F, B, S, P)	G12 Li, Na, K, Rb, Cs (Cl, Br, I, F, B, P)
	Термодинамический H	H1 —	H2 Mg, Ca, Sr, Ba, Mn, Zn, Pb, Co, Ni	H3 (Li), Mg, Co, Sr, Ba, Zn, Pb	H4 Zn, (Cu), (U)	H5 —	H6 Mg, Ca, Sr, Ba, Mn, Zn, Pb, Co, Ni, Fe	H7 (Li), Mg Ca, Sr, Ba, Zn, Pb, Mn	H8 Zn, (Cu), (U)	H9 —	H10 Mg, Ca, Sr, Ba	H11 Mg, Ca, Sr, Ba	H12 —

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

РЯДЫ ЗОНАЛЬНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ-ИНДИКАТОРОВ РАЗЛИЧНЫХ ПО СОСТАВУ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Тип месторождений	Ряды зональности основных элементов-индикаторов
Медно-никелевые	
кольского района	Co—Ni—Cu—Zn—Pb—(Ag, Ba)
норильского района	Co—Ni—Cu—(Ag, Mo)—Ba—Pb—(Ti, Sn, Zr)
Редкометальные пегматиты	W—Nb—Na—Sn—Cs—Rb—Li—As
Вольфрамовые	
скарново-шеелитовые	W—Ba—Sn—(Bi, Mo)—Zn—(Pb, Ag)
грейзеновые	Be—Sn—Bi—W—(Zn, Pb, Cu)
кварц-гюбнеритовые	Bi—(Sn, Be)—Co—W—Zn
кварц-шеелитовые	(W, Mo, Bi)—Be—Sn—Ag
Оловорудные	
кварц-касситеритовые	(As, Be, W)—B—Sn—Cu—(Zn, Ag, Pb)
сульфидно-касситеритовые	(W, Mo, As, Co)—(Zn, Cu)—(Zn, Ag, Pb)
Медноколчеданные	Mo—Co—As^2—Cu—Zn—Pb—Ag—As^1—Ba
Полиметаллические	
скарновые	Sr—(W, Mo)—Co—Bi— Cu—Zn—Pb—Ag—(Sb, As)—Ba—I
жильные	W—As^2—Sn—Co—Bi—Cu—Zn—Pb—Ag—As^1—Ba—I
Золоторудные	
высокотемпературные	(Be, W, Au, As^2, Ni, Co)—Cu—Zn—(Pb, Ag, As^1, —Sb)
среднетемпературные	(Co, W, Be)—Bi—(Sn, Mo)—Cu—Au—Zn—Pb—(Ag, As, Sb)
низкотемпературные	(W, Bi, Sn)—Mo—(Cu, Zn)—Pb—Au—Ag—(As, Sb)—Ba—Hg
Медно-порфировые	(B, W, Co, Sn)—(Mo, Cu)—Bi—Au—(Zn, Pb, Ag)—Sb—As—Ba—I
Медные (жильные)	Ni—Co—Bi—Cu—(Sn, Ag)—Zn—Pb—Ag—Ba—I
Урановые (настуран-сульфидной формации)	Mo*—Cu—Zn—Pb—Ag
Стратиформные свинцово-цинковые	Be—Ni—Co—Zn—Pb—Ag—Cu—As—Ba
Ртутные	(Bi, Mo)—Cu—Zn—Pb—Ag—(Hg, As, Sb)
Сурьмяно-ртутные	(Ni, Co, W)—Mo—Cu—Zn—Pb—Sn—Ag—(Sb, As)—Hg
Обобщенный ряд:	W^1—Be—As^1—Sn—U—Mo—Co—Ni—Bi—W^2—Cu^1—Au—Zn—Pb—Ag—Cd—Cu^2—Hg—As^2—Sb—Ba—I

Примечания: 1. Взаимоотношения элементов, заключенных в скобки, в ряду не установлены. 2. На месторождениях, отмеченных звездочкой, изучены ореолы ограниченного круга элементов-индикаторов.

ПОПЕРЕЧНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ПЕРВИЧНЫХ ОРЕОЛОВ *ПРИЛОЖЕНИЕ 8*

Тип месторождений	Ряды поперечной зональности
Свинцово-цинковые в скарнах	Zn—Pb—As—Ag—Cu—Sb
Свинцово-цинковые жильные	Pb—Ba—Zn—Ag—Cu—As—Co
Шеелитовые в скарнах	W—Mo—Cu—Ba—Zn—Pb
Кварц-золоторудные	Au—As—Bi—Ag—Pb—Sb—Cu—Be—Mo—Co—Zn
Медно-порфировые	Au—Cu—Mo—Ag—As—Sb
Медно-молибденовые	Cu—Mo—Zn—Pb—Co—Ni—Sn—Be—W—Bi—As—Ba—Ag
Медно-висмутовые	Cu—Bi—Pb—Ag—As—Ba—Zn—Co
Сульфидно-касситеритовые	Sn—Cu—Ag—Zn—Pb—As—W
Кварц-касситеритовые	As—W—Ag—Sn—Cu—Zn—Pb
Урановые	U—Mo—Pb—Cu—Zn—Ag
Ртутные	Hg—As—Ba—Cu—Pb—Zn—Ni—Ag—Co
Стратиформные свинцово-цинковые	Ag—Pb—Cu—As—Ba—Co—Zn—Ni

РАЗДЕЛЕНИЕ ТИПОВ РУД ПО ПРИМЕНИМОСТИ

Весьма благоприятные			Благо
Типы минерализации	Число изученных рудных тел	Элементы-индикаторы	Типы минерализации
Молибденитовая (с зонами окисления)	>50	Молибден	Молибденитовая (на ранних стадиях окисления)
Сульфидная (на ранних стадиях окисления)	6	Свинец, цинк, медь, серебро	Кварц-молденитовая
Колчеданно-полиметаллическая (с железными шляпами)	7	Свинец, серебро	Вольфрамитовая, гюбнеритовая, шеелитовая
Полиметаллическая в известняках	>10	Свинец, цинк	Колчеданно-полиметаллическая (с железными шляпами)
Золото-сульфидная (с дисперсным золотом)	10	Золото	Полиметаллическая в известняках
Золотая в глинах (куранахский тип)	3	Золото	Полиметаллическая в силикатных породах
Гельвиновая, гентгельвиновая	10	Бериллий	Золото-турмалиновая (с дисперсным золотом)
Боратовая, датолитовая	20	Бор	Кварц-золоторудная (с дисперсным золотом)
Урановая (с урановыми слюдками и чернями и сорбированными формами урана в глинах)	>50	Радий	Фенакитовая, бертрандитовая, берилловая Уранитовая, смолковая
Различные минеральные типы, сопровождающиеся контрастными гидрохимическими ореолами *		Молибден, свинец, цинк, медь, серебро и др.	Различные минеральные типы, сопровождающиеся малоконтрастными гидрохимическими ореолами *

* По данным о значительной интенсивности поглощения растениями рудных элементов
** По данным о растворимости и устойчивости минералов в зоне гипергенеза.

БИОГЕОХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА ПОИСКОВ

приятные		Непригодные (биогеохимические аномалии отсутствуют)		
Число изученных рудных тел	Элементы-индикаторы	Типы минерализации	Число изученных рудных тел	Элементы-индикаторы
4	Молибден	Золотая (с крупным золотом в россыпях)	4	Золото
8	Молибден	Берилловая (с крупнокристаллическим берилом)	3	Бериллий
>20	Вольфрам	Турмалиновая	>20	Бор
4	Свинец, серебро	Вольфрамитовая	4	Вольфрам
3	Свинец, цинк	Киноварная, касситоритовая, ильменит-цирконовая, монацитовая, вольфрамитовая, платиновая и др. в россыпях, не сопровождающиеся гидрохимическими ореолами **		Ртуть, олово, титан, цирконий, торий, вольфрам, платина и др.
8	Свинец, цинк			
3	Золото			
6	Золото			
>20	Бериллий			
6	Радий			
	Молибден, свинец, цинк, серебро, ртуть и др.			

из водных растворов и малочисленным фактическим данным.

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

ЗНАЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНО-ПОЧВЕННЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ (РПК) ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ НЕКОТОРЫХ РУДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ БЕЗБАРЬЕРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИ БЕЗБАРЬЕРНЫХ РАСТЕНИЙ)

Элементы	Приближенные значения РПК					
	100	10	1,0	0,1	0,01	0,001
Цинк	Сфалерит, сульфаты	Сфалерит, неминеральные формы (НМ-формы)	Сорбированные гидроокислами железа формы (Fe-формы)			
Литий	Водорастворимые соединения	Лепидолит, Li-мусковит	Лепидолит, амблигонит, монтебразит, НМ-формы			
Медь	Сульфаты	Халькопирит, тетраэдрит, ковеллин, НМ-формы при pH почв $\leqslant$ 5,5	НМ- и Fe-формы при pH почв $>$ 6,5	Fe-формы, крупные выделения малахита		
Бор	Водорастворимые бораты	Углексит-датолит, НМ-формы	Ашарит, данбурит	Аксинит	Турмалин, дюморьтерит	
Молибден	Водорастворимые соединения	Повеллит, вульфенит, зейрегит, Fe-формы	Молибдит	Мелкочешуйчатый молибденит	Крупные выделения молибденита	
Радий		Урановые черни, сорбированные формы в глинах, НМ-формы	Дисперсные урановые смолки и слюдки, НМ-формы	Fe-формы, урановые смолки	Уранинит, монацит, титанаты урана	
Свинец		Церуссит, англезит	НМ-формы, Fe-формы	Мелкокристаллический галенит	Крупные выделения галенита	
Вольфрам		Зейрегит (молибдошеелит)	Зейрегит, вторичные минералы, НМ-формы	Вольфрамит, гюбнерит	Шеелит	Крупные выделения вольфрамита
Олово		Дисперсный касситерит в сульфидах, НМ-формы	Кварц-сульфидная минерализация, НМ-формы	Кварц-касситеритовая минерализация	Крупные выделения касситерита в кварце	
Золото		Дисперсные формы в глинах и сульфидах, Fe-формы, НМ-формы		Мелкое самородное золото	Среднее золото	Крупное золото
Бериллий			Гельвин, гентельвин, фенакит, бертрандит, НМ-формы	Фенакит, бертрандит, НМ-формы	Берилл, крупные выделения фенакита	Крупные выделения берилла

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

ЗОЛЬНОСТЬ СУХОГО ВЕЩЕСТВА НАЗЕМНЫХ РАСТЕНИЙ

Биообъект	Содержание золы в сухом веществе, %	
	Пределы изменений	Среднее
Древесина деревьев с низкой зольностью (лиственница, сосна, кедр)	0,12—0,35	0,2
Древесина деревьев с высокой зольностью (осина, ива); корка березы	0,7—1,4	1,0
2—8-летние стебли и ветви кустарниковых растений: корка сосны и кедра	1,0—2,6	1,6
2—8-летние части ветвей древесных растений; корка лиственницы	0,8—3,6	2,0
Семена зерновых и масличных культур (пшеница, рожь, ячмень, овес, кукуруза, гречиха, подсолнечник, хлопчатник)	1,5—4,0	2,3
1—2-летние побеги древесных и кустарниковых растений	1,7—3,8	2,5
Крупные корни древесных, кустарниковых и травянистых растений	1,2—5,0	2,5
Многолетняя хвоя древесных и кустарниковых растений	2,0—4,3	3,0
Семена бобовых	2,5—4,6	3,4
Корка осины	3,4—5,7	4,0
Листья кустарниковых растений, хвоя лиственницы	3,7—6,5	5,0
Зеленые побеги древесных растений	4,8—11	6,0
Мелкие корни древесных, кустарниковых и травянистых растений	3,6—10	6,0
Листья древесных растений	4—12	7,0
Наземные части травянистых растений с нормальной зольностью	6—12	8,0
Наземные части травянистых растений с повышенной зольностью	10—17	13
Растения с высокой зольностью (сухие и полусухие солянки, листья сахарной свеклы, листья хлопчатника, крапива, эбелек, хвощи и др.)	15—25	20
Травянистые растения с весьма высокой зольностью (ростки сахарной свеклы, сарсазан, мясистые солянки, биюргун, листовые суккуленты и др.)	25—50	35

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ РАСТЕНИЙ НА ГРУППЫ ПО ГЛУБИНЕ ПРОНИКНОВЕНИЯ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ

С неглубокопроникающими корнями (0,2—1.0 м)	Со средними глубинами корневых систем (1—5 м)	С глубокопроникающими корнями (5—20 м)	С весьма глубокопроникающими корнями (20—70 м)
Однолетние злаки, синюха, ластовень, эдельвейс, нителистник, весенне-летние эфемеры Средней Азии	Рожь, пшеница, ячмень, овес, кукуруза, вика, люпин, клевер, люцерна, свекла, овощи, тыква, арбуз, молочай, донник, стеллера, василистник, леспецеда, соссюрея, лапчатка, кохия, астрагалы, солянки, полыни, ковыль, овсянница, чий, кияк и другие травянистые растения	Полыни, астрагалы, лебеда, люцерна, бодяк, кукуруза, хлопчатник, фреатофиты Средней Азии	Криптомерия японская (70 м)—Япония; акация (68 м) — пустыня Юго-Западной Африки; можжевельник односемянный (61 м) —плато-Колорадо (США); тамариск (30 м); саксаул черный (37 м); верблюжья колючка (40 м); полынь песчаная (25 м) — Средняя Азия; горчак розовый (36 м) — Украина; сосна (25 м), можжевельник (25 м) — пустыни США; лебеда (20 м) — плато Колорадо (США)
Плодовые и ягодные кустарники и деревья северной зоны (ель, кедр, пихта, лиственница, брусника, черника, голубика, багульник болотный), мхи мерзлотно-таежной зоны	Кедр, пихта, ель, можжевельник, лиственница, береза, ива, ерник, рододендрон, смородина, малина, жимолость, таволга, осока, иван-чай мерзлотно-таежной зоны Береза, осина, ольха, акация, тополь, клен, ясень, дуб, боярышник, кизильник, бук, вяз, ива, яблоня, груша, сосна, псевдотсуга, ель, лиственница, жимолость, лещина, вереск, шиповник, карагана, курильский чай, плодовые и ягодные деревья и кустарники средней зоны	Сосна, можжевельник, дуб, бук, ясень, вяз, лох, тополь, берест, тамарикс, акация, аморфа, эфедра, саксаул, верблюжья колючка, шефердия, яблони, плодовые и ягодные деревья и кустарники южной зоны	

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

ПОИСКОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БИООБЪЕКТОВ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКАХ В СИБИРИ

Биообъект	Химические элементы различной поисковой информативности			
	Количественные индикаторы (КК = 30—3000)	Качественные индикаторы (КК = 3—30)	Не надежные индикаторы	Не информативны элементы
Корка березы бородавчатой и плосколистной	Na, Rb, Cu, Ag, Au, Be, Sr, Ba, Ra, Zn, Cd, Hg, B, Tl, Pb, As, Sb, Bi, W, F, Fe	Na, Li, Rb, Cs, Ag, Ba, Sc, Y, Yb, La, Ga, Ti, Zr, Ge, Sn, V, Nb, Cr, Mo, Mn, Fe, Co, Ni		
Нижние части стеблей рододендрона даурского	Au, Sr, Ra, B, Bi, Mo, W	Li, Rb, Cs, Cu, Ag, Au, Be, Ba, Zn, Cd, Hg, Sc, Y, Yb, La, Ti, Zr, Ge, Sn, Pb, V, Nb, Cr, F, Fe, Co, Ni	Au, Zr, Sn, F	
Сухие опробковевшие шишки сосны обыкновенной	Na, Li, Rb, Cs, Ag, Au, Be, Ra, Zn, Cd, Hg, Pb, As, Sb, Bi, Cr, Mo, W, Fe, Ni	Na, Li, Rb, Cs, Cu, Ag, Ba, Zn, Cd, Sc, Y, Yb, La, B, Ga, Tl, Ti, Zr, Ge, Sn, V, Nb, Mn, F, Co	Ba	
Внешние слои корки стволов сосны обыкновенной	Na, Li, Au, Be, Sr, Ba, Ra, Zn, Cd, Hg, Sn, Pb, As, Sd, Bi, W, Mn	Na, Li, Rb, Cs, Cu, Ag, Au, Ba Sc, Y, Yb, La, B, Ga, Tl, Ti, Zr, Ge, Sn, V, Nb, Cr, Mo, Co, Ni	Rb, Cu, Ag, Mo, Ni, F	
Внешние слои корки стволов лиственницы даурской и сибирской	Na, Cu, Au, Be, Sr, Ba, Ra, Zn, Cd, Hg, Tl, Pb, As, Bi, W, Mn, Fe	Li, Rb, Cs, Cu, Ag, Au, Sc, Y, Yb, La, B, Ti, Zr, Ge, Sn, V, Nb, Cr, Mo, Mn, Co, Ni	Rb, B, Mo, Co	F
Корка стволов кедра сибирского	Na, Rb, Ag, Au, Sr, Ra,	Na, Li, Rb, Cs, Cu, Ag, Au, Sr, Ba, Zn, Cd, Hg, Sc, Y, Yb, La, B, Ga, Ti, Zr, Ge, Sn, V, Nb, Cr, Mo, Mn, Fe, Co, Ni	Au, Ba, Co	F

Продолжение прилож. 13

Биообъект	Химические элементы различной поисковой информативности			
	Количественные индикаторы (КК = 30—3000)	Качественные индикаторы (КК = 3—30)	Не надежные индикаторы	Не информативные элементы
Корка стволов ели сибирской	Rb, Au, Sr, Ba, Ra, Hg	Na, Li, Rb, Cs, Cu, Ag, Zn, Cd, Sr, Ba, Be, Sc, Y, Yb, B, Ga, Tl, Ti, Zr, Sn, V, Cr, Mo, Mn, Fe, Co, Ni	Cu, Ag, Ba, B, Mo	F
Корка стволов пихты сибирской	Rb, Au, Sr, Ba, Ra, Zn	Na, Li, Cs, Cu, Ag, Be, Zn, Cd, Hg, Sc, Y, Yb, Ga, Tl, Ti, Zr, Sn, V, Cr, Mo, Mn, Fe, Co, Ni	Na, Cu, Ag, B, Mo	F
Корка стволов осины дрожащей	Rb, Cs, Au, Sr, Ba, Ra, Zn, Pb	Li, Ag, Be, Cd, Hg, Sc, Y, Yb, B, Ga, Tl, Ti, Zr, Ge, Sn, V, Cr, Mn, F, Fe, Co, Ni	Cu, B, Mn, F	
Корка стволов ивы козьей и других видов ивы	Rb, Au, Sr, Ra, Zn, Pb	Li, Cs, Cu, Ag, Be, Ba, Sc, Y, Yb, B, Ga, Tl, Ti, Zr, Sn, V, Cr, Mo, Mn, Fe, Co, Ni	Cu, Ag, Ba, B, Mo, Mn	F
Корка стволов кедра стланникового	Au, Ra, As	Li, Rb, Cs, Be, Cu, Ag, Au, Sr, R, Zn, Cd, Hg, Sc, Y, Yb, La, B, Ga, Ti, Zr, Ge, Sn, Pb, V, Nb, As, Sb, Bi, Cr, Mo, W, Mn, F, Fe, Co, Ni	Li, Rb, Cu, Ag, Au, Sr, Zn, B, F	Ba
Сухие ветви кедра стланникового	Ra, As	Li, Rb, Be, Cu, Ag, Au, Zn, B, Pb, Fe, Co, Ni	Rb, Au, B	Cs, Ba, F
Корка с лубом (кора) ольхи кустарной	Ra, As, Mo	Li, Rb, Cs, Cu, Ag, Au, Sr, Ba, Zn, Sc, Y, Yb, La, B, Ga, Ti, Zr, Pb, V, Nb, Cr, Mn, F, Co, Ni	Li, Cs, Cu, Ag, Au, B, F	Hg
Ветви ольхи кустарной	Rb, Au, Ra, As	Li, Rb, Cs, Cu, Ag, Sr, Ba, Pb, Co, Ni	Li, Cs	Hg, B, F, Fe
Ветви березы кустарниковой	Au, Sr, Ba, Ra, Zn, Co	Rb, Cs, Ag, Au, B, Mo, Fe, Co, Ni	Rb, Cs, Mo, Fe, Ni	Li, Cu, Be, Hg, Pb, F
Надземные части разных видов ольхи	Rb, Ag, Au, Ra, Cd, Sn, Bi, Mo	Na, Li, Cs, Cu, Ag, Au, Be, Sr, Ba, Zn, Cd, Pb, W, Mn, Fe, Ni	Na, Li, Cs, Be, Cu, Ag, Pb, W, Mn, Fe, Ni	Au, Sc, Y, Yb, La, B, Ga, Ti, Zr, V, F, Co
Надземные части разных видов полыни	Rb, Be, Ra, Zn, As, Mo	Li, Cs, Cu, Ag, Au, Be, Sr, Ba, Zn, Cd, B, Pb, Cr, W, Fe, Ni	Li, Cs, Cu, Ag, Ba, B, Fe	Na, Au, Nb, Mn, F, Co
Надземные части разных видов василистника	Li, Rb, Sr, Ra, Zn, Mo	Na, Cs, Cu, Ag, Sr, Ba, Zn, Cd	Na, Cu, Ag, Ba, Hg	Au, Sc, Y, Yb, La, B, Ga, Ti, Zr, Sn, Pb, V, Nb, Cr, W, Mn, F, Fe, Co
Надземные части разных видов бобовых	Rb, Au, Sr, Ra, Cd	Na, Li, Cs, Cu, Ag, Au, Be, Sr, Ba, Zn, Cd, Hg, Nb, Cr, Fe, Co, Ni	Na, Cs, Be, Cu, Ag, Zn, Hg, Nb, Cr, Fe, Co, Ni	Na, Au, B, Ti, Zr, Sn, Pb, V, W, Mn, F
Разные виды мхов и лишайников	Li, Cs, Cu, Ag, Au, Ra, Zn, Cd, Hg, Sc, Y, Yb, La, Ga, Tl, Ti, Zr, Ge, Sn, Pb, V, Nb, Ta, As, Sb, Bi, Mo, W	Li, Cs, Au, Be, Sr, Ba, B, Mn, F, Cr, Fe, Co, Ni	Rb, B, F	

Примечание. КК — коэффициент концентрации.

ОБРАЗЕЦ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ПОЛЕВЫХ КНИЖЕК ДЛЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ

Формат 140×200 мм

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

_____ Управление (трест)

_____ Экспедиция

_____ Партия

ПОЛЕВАЯ КНИЖКА №_____

_____

(вид работ)

Нач. партии _____

(фамилия, имя, отчество)

Исполнитель работ _____

(фамилия, имя, отчество)

Начата «_____» _____ 19___ г.

Окончена «_____» _____ 19___ г.

Оборотная сторона титульного листа полевой книжки

ОГЛАВЛЕНИЕ

Название участка, № профилей, горных выработок, скважин	№ пикетов	Стр.	Название участка, № профилей, горных выработок, скважин	№ пикетов	Стр.
	от _____ до _____			от _____ до _____	

Нашедшего полевую книжку просим вернуть по адресу: _____

ПРИЛОЖЕНИЕ 15

ОБРАЗЕЦ ПОЛЕВОЙ КНИЖКИ ДЛЯ ДОКУМЕНТАЦИИ ОТБОРА ЛИТОХИМИЧЕСКИХ ПРОБ

Формат 140×200 мм, 500 с.

«_____» _____ 19____ г.

№ п/п	№ мешочка	№ пробы	№ пикета (интервал опробования)	Глубина отбора	Характер отобранного в пробу материала	Абрис и примечания	Координаты X Y

Примечания:

1. Запись участка, профиля, горной выработки, скважины, шага пробоотбора и азимута профиля производится в строчку в начале каждого рабочего дня.
2. После последней записи в конце рабочего дня обязательны подписи техника (ст. техника), начальника партии (отряда) и лица, принявшего пробы.
3. При опробовании коренных пород в графе «Абрис и примечания» дается геологическое описание.
4. Нумерация страниц печатается типографским способом.

ПРИЛОЖЕНИЕ 16

ПАСПОРТ НА ПРОБУ ВОДЫ

_____

_____

(организация)

1. Проба № _____
2. Название водопункта и его номер _____
3. На какое определение посылается проба _____
4. Подкислена проба или нет _____
5. Вид концентрата _____
6. Объем воды, взятый для концентрата, мл _____
7. Масса концентрата, мг _____
8. Дата отбора пробы _____
9. Фамилия отобравшего пробу _____
10. Лабораторный номер пробы _____

ОБРАЗЕЦ ПОЛЕВОЙ КНИЖКИ ДЛЯ ДОКУМЕНТАЦИИ ОТБОРА ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПРОБ

Формат 140×200 мм, 50 с.

Проба №_____ (бутылка №_____)

1. Название водопункта _____

2. Местоположение водопункта _____

_____

3. Дебит_____ л/ с

4. Глубина взятия пробы_____ м

5. Технические условия крепления стенок водопункта _____

_____

6. Характеристика водовмещающих пород _____

_____

7. Условия и методика отбора _____

_____

8. Физические свойства воды

Прозрачность _____

Вкус _____

Цвет _____

Запах _____

Осадок _____

Температура_____

Газирование _____

Пробу отобрал _____

_____

«_____» ч «_____» мин

«_____» _____ 19___г.

9. Результаты анализа

pH = _____

HCO_3^- = _____ мг/л

Cl^- = _____ мг/л

SO_4 = _____ мг/л

Σ (K + Na)_____ мг/л

Ca _____ мг/л

Mg _____ мг/л

Анализ произвел _____

_____

«_____» ч «_____» мин

«_____»_____ 19___г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 18

ОБРАЗЕЦ ПОЛЕВОЙ КНИЖКИ ДЛЯ ДОКУМЕНТАЦИИ ОТБОРА БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОБ

Формат 140 × 200 мм, 50 с.

«_____» _____ 19____ г.

№ п/п	№ мешочка или пакета	№ пробы	№ пикета	Характеристика проб: опробованные растения, органы, возраст, фенофаза и стадия	Растительная ассоциация	Абрис и примечания

Примечания:

1. Запись участка, профиля, шага пробоотбора, азимута профиля производится в строчку в начале каждого рабочего дня.
2. После последней записи в конце рабочего дня обязательны подписи техника (ст. техника) и начальника партии (отряда).
3. Нумерация страниц печатается типографским способом.
4. В примечаниях отмечается время дождей и резких изменений температуры воздуха.

ПРИЛОЖЕНИЕ 19

ОБРАЗЕЦ ПОЛЕВОГО ЖУРНАЛА ДЛЯ ДОКУМЕНТАЦИИ АТМОХИМИЧЕСКИХ ПРОБ

Формат 140×200 мм, 50 с.

«_____» _____ 19____ г.

№ п/п	ПР/ПК профиль-пикет	№ газовой пробы	№ литохимической пробы	Глубина опробования	Уровень грунтовых вод	Результаты полевых анализов					Ландшафт, описание пород	Абрис и примечания
						CO_2	H_2					

Анализируемый элемент	Метод определения	Чувствительность, мкг/л	Количество воды, л
Колориметрический			
Кобальт	С нитрозо-А-солью	0,5	0,5
Вольфрам	С дитиолом	0,5	0,5
Германий	С фенилфлуороном	0,25	1,0
Марганец	Перманганатный	10,0	0,5
Молибден	С роданидом аммония	1	1
Никель	С диметилглиоксимом	1	0,5
Мышьяк	С сулемой или бромной ртутью	1	0,25
Ртуть	С дитизоном	0,5	0,2
Серебро	С дитизоном	1	0,2
Медь	С ДДК свинца	2	0,1
Фтор	С цирконализарином	200	0,025
Кадмий и цинк	С дитизоном	2—5	0,1
Бор	С кармином	10	0,1
Амальгамно-полярографический			
Свинец		0,01	0,01
Медь		0,01	0,01
Цинк		0,1	0,01
Кадмий		0,1	0,01
Висмут		0,01	0,1
Сурьма		0,01	0,01
Пламенно-фотометрический			
Стронций		500	0,05
Барий		500	0,05
Литий		10	0,05
Рубидий		8	0,05
Цезий		10	0,05
Бумажно-хроматографический			
Никель		0,01	0,2
Кобальт		0,01	0,15
Медь		0,01	0,2
Ниобий		0,01	0,2
Тантал		0,01	0,2
Олово		0,01	0,2
Висмут		0,01	0,2
Сурьма		0,01	0,15
Радиохимический нейтронно-активационный			
Золото		0,0001	0,05
Серебро		0,0001	0,2
Химико-спектральный			
Золото	Концентрирование на активированном угле	0,002	1
Барий	Концентрирование на окисленном угле	50	1
Спектральный количественный			
Висмут	Из сухого остатка воды с минерализацией до 0,1 г/л	0,01	По сухому остатку воды
Галлий	То же	1	То же
Медь	»	0,1	»
Олово	»	1,5	»
Свинец	»	4	»
Серебро	»	0,1	»
Сурьма	»	10	»
Атомно-абсорбционный			
Медь	В рассолах с минерализацией более 100 г/л	20	0,005
Цинк	То же	500	0,005
Свинец	»	500	0,005
Марганец	»	100	0,005

ПРИЛОЖЕНИЕ 21

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ МЕТОДОВ СПЕКТРАЛЬНЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ МИКРОКОМПОНЕНТОВ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ПРИРОДНЫХ ВОД

Микрокомпоненты	Чувствительность, мкг/л
а) из сухого остатка (при простом испарении сухого остатка из канала электрода)	
Mo, Cu, Ag, Be, Bi	0,3
Mn, Ni, Ti, V, Zr, Nb, In, Pb, Sn, Ge, Al, Ga, Yb	1
Co, Cr, Sr, Ba, Au, Pt	3
W, Sb, Cd, La, Hf, Ta, Y	10
Sc, Th	50
As, Zn, P, Ce, U, Cd	100
б) Из сухого остатка (при введении в него буферной смеси $(NH_4)_2HPO_4 + CaSO_4 + MgSO_4 + Na_2SO_4$ и внутреннего стандарта GeO_2)	
Ag, Cu, Bi	0,01
Ga, Au, Sn, Mo	0,1—0,2
Pb	0,4
Cd, Sb, V	1
Ti, As, Zn	3—4
Tl, Hg	10
в) Из концентратов, полученных по способу ТПИ (соосаждение с $Al(OH)_3$)	
Cu, Ag	0,06
Bi, Sn	0,6
Pb, V, Cr, Sb, Cd	1—2
Co, Ni	3—5
Zr, Zn, As	7—13
W, Ti, P	20—30
Hg, Ta	50; 90
г) Из концентратов, полученных по способу ВИТР-ЛТИ (соосаждение с CdS)	
Ag	0,1—0,3
In, Ga	0,3
Bi, Be	0,6
Mo, Cu, Sn, Hg*	1—2
Zn, Pb, Sb, As, Te, Tl	3—5
Co, W, Mn, Ta**	7—13
V, Nb***	20—30

* Чувствительность для ртути достигается при сжигании осадка CdS в полом стальном электроде.

** Чувствительность для тантала достигается при сжигании концентрата методом просыпки.

*** Чувствительность для ниобия достигается при жестком режиме сжигания (время 2 мин, сила тока 20 А).

Примечания: 1. Чувствительность определения в сухом остатке (п. «б») приведена при минерализации воды, равной 100 мг/л. При минерализации менее 100 мг/л чувствительность повышается, более 100 мг/л — уменьшается. 2. Количество воды для получения концентратов по способам ТПИ и ВИТР-ЛТИ 1 л. 3. Количество воды для получения сухого остатка зависит от ее минерализации. На один спектральный анализ требуется 30—60 мг сухого остатка.

ПРИЛОЖЕНИЕ 22

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОКОМПОНЕНТОВ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ПРИРОДНЫХ ВОД

Определяемый микроэлемент	Метод определения	Чувствительность определения в расчете на чистый элемент, мкг/л	Количество воды на анализ, мл
Бор	Колориметрический с кармином	10	100
Бром	Объемное определение с гипохлоритом	250	50
Ванадий	Колориметрический с фосфорно-вольфрамовым реактивом	2,5	1000
Германий	Колориметрический с фенил-флуороном	0,25	1000
Золото	Капельно-колориметрический с диметиламинобензилиденроданином	0,02—0,03	3000
Иод	А. Колориметрический по иод-крахмальной реакции	100	20
	Б. Объемное определение с гипохлоритом	250	50
Кобальт	Колориметрический с нитрозо-солью	0,5	1000
Марганец	Колориметрический в виде MnO_4	10	500
Медь	Колориметрический с ДДК и дитизоном	2—2,5	200—100
Молибден	Колориметрический с роданидом аммония	0,5	500
Мышьяк	Колориметрический с сулемой или бромной ртутью	1	250
Никель	Колориметрический с диметилглиоксимом	1	1000
Ниобий	Колориметрический с роданидом аммония	1	1000
Ртуть	А. Колориметрический с реактивом Полежаева	0,2	100
	Б. Колориметрический с дитизоном	0,5	200
Свинец	А. Колориметрический с плюмбоном	2,5	200
	Б. Полярографическое определение	0,5	200
Титан	Колориметрический с динатриевой солью хромотроповой кислоты	1	1000
Уран	А. Люминесцентный	0,5	200
	Б. Колориметрический с ураном	1	500
Фтор	Колориметрический с цирконализарином	200	25
Цинк	А. Колориметрический с дитизоном	5	100
	Б. Полярографическое определение	15	1000

ПРИЛОЖЕНИЕ 23

СПОСОБЫ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ МИКРОКОМПОНЕНТОВ ИЗ ПРИРОДНЫХ ВОД

Способ концентрации	Концентрируемые микрокомпоненты	Методы определения микрокомпонентов в концентратах	Условия применения
Выпаривание до сухого остатка	Все элементы, кроме B, F, As, Hg	Спектральный	Величина минерализации воды до 1 г/л
Соосаждение:			
а) с Al(OH) (способ ТПИ)	Zn, Cu, Pb, Ni, Co, Sn, Ag, V, Cr, Cd, W, Sb, As, Hg, Ti, Nb, Zr	»	Отсутствие необходимости определения Mo, Be
б) с CdS (способ ВИТР-ЛТИ)	Zn, Cu, Pb, Co, Sn, Ag, V, Cr, Sb, Yb, Bi, Ge, W, As, Nb, Hg, Mo, Ga, Be, Te, Tl	»	Отсутствие необходимости анализа Cd при трудности транспортировки проб воды и минерализации выше 1 г/л
в) с $CaCO_3$	Zn, Pb, Nb, Be, Ni, Co	Полярографический, колориметрический, флюорометрический	
г) с MnO_2	As, Mo	Колориметрический	Соблюдение мер против токсичности растворителей. Для группового и избирательного колориметрирования и спектрального анализа; для мутных вод
Экстрагирование	Zn, Cu, Pb, Ni, Co, Cu, Zn_1, Hg, Pb	Спектральный колориметрический	
	Zn_1 + Cu + Co + Ca + Ni + + Co и раздельно	Спектральный	
		Колориметрический	
Адсорбция активированным углем	U, Mo	Спектральный	Для группового определения
Ионнообменная адсорбция	Li, Rb, Cs	Пламенно-фотометрический	Для определения Li, Rb, Cs в слабоминерализованных водах с М 0,4—0,5 г/л

ПРИЛОЖЕНИЕ 24

ДОПУСТИМЫЕ РАСХОЖДЕНИЯ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВОД

Компонент	Допустимые расхождения
Аммоний-ион	0,05—0,1 мг/л, если его содержание не превышает 0,5 мг/л; при более высоких концентрациях 20% (отн.)
Бор	а) колориметрическое определение 0,1 мг/л, если его содержание не превышает 0,5 мг/л; при более высоких концентрациях 20% (отн.); б) объемное определение: 1 мг/л, если его содержание не превышает 20 мг/л; при более высоких концентрациях 5 % (отн.)
Бром-ион	2 мг/л, если его содержание не превышает 50 мг/л; при более высоких концентрациях 4 % (отн.)
Гидрокарбонат-ион	10 мг/л
Железо — общее, окисное или закисное	0,1 мг/л, если его содержание не превышает 0,5 мг/л; при более высоких концентрациях 20 % (отн.)
Жесткость общая	0,0001 моль/л, если общая жесткость не превышает 2,5 моль/л; при более высокой жесткости 2 % (отн.)
Жесткость устранимая	0,00015 моль/л
Иод-ион	Объемное определение: 1 мг/л, если содержание иода более 2 мг/л
Калий-ион	5 мг/л, если содержание не превышает 70 мг/л; при более высоких концентрациях 9 % (отн.)
Кальций-ион	3 мг/л, если его содержание не превышает 100 мг/л; при более высоких концентрациях 9 % (отн.)
Карбонат-ион	4 мг/л
Кислород свободный	0,10 мг/л
Концентрация водородных ионов (pH)	0,1 pH
Кремниевая кислота	2 мг/л, если ее содержание не превышает 15 мг/л; при более высоких концентрациях 15 % (отн.)
Магний-ион	1,5 мг/л, если его содержание не превышает 50 мг/л; при более высоких концентрациях 3 % (отн.)
Марганец	0,1 мг/л, если его содержание не превышает 0,7 мг/л; при более высоких концентрациях 15 % (отн.)
Медь	2 мкг/л, если ее содержание не превышает 10 мкг/л; при более высоких концентрациях 20—25 % (отн.)
Молибден	0,5 мкг/л, если его содержание не превышает 2 мкг/л; при более высоких концентрациях 25 % (отн.)
Мышьяк	1—2 мкг/л, если его содержание не превышает 10 мкг/л, и 20—10 мкг/л, если его содержание от 10 до 100 мкг/л
Натрий-ион	3 мг/л, если его содержание не превышает 50 мг/л; при более высоких концентрациях 6 % (отн.)

Компонент	Допустимые расхождения
Нитрат-ион	1 мг/л, если его содержание не превышает 5 мг/л; при более высоких концентрациях 20 % (отн.)
Нитрит-ион	0,01 мг/л, если его содержание не превышает 0,07 мг/л; при более высоких концентрациях 15 % (отн.)
Окисляемость	0,4 мг/л O_2, если окисляемость не превышает 4 мг/л; при более высокой окисляемости 10 % (отн.)
Свинец	2,5 мкг/л, если его содержание не превышает 10 мкг/л и 5 мкг/л, если его содержание от 10 до 20 мкг/л; при более высокой концентрации 25 % (отн.)
Сероводород	0,1 мг/л, если его содержание не превышает 1 мг/л, и 0,3 мг/л, если его содержание от 1 до 4 мг/л; при более высоких концентрациях 8 % (отн.)
Сульфат-ион	3—5 мг/л, если его содержание не превышает 25 мг/л, и 5—10 мг/л, если его содержание от 25 до 300 мг/л, при более высоких концентрациях 3 % (отн.)
Сухой остаток	10 мг/л, если сухой остаток не превышает 500 мг/л; при более высокой минерализации 2 % (отн.)
Двуокись углерода	3 мг/л, если ее содержание не превышает 50 мг/л, и 5 мг/л, если ее содержание от 50 до 100 мг/л; при более высоких концентрациях 5 % (отн.)
Двуокись углерода агрессивная (экспериментальная)	2 мг/л
Уран	50 % (отн.), если содержание урана $n \cdot 10^{-6}$ г/л и 25 % (отн.), если содержание $n \cdot 10^{-5}$ г/л и более
Фосфорная кислота	0,01 мг/л если ее содержание не превышает 0,7 мг/л; при более высоких концентрациях 15 % (отн.)
Фтор-ион	0,1 мг/л, если его содержание не превышает 0,7 мг/л; при более высоких концентрациях 15 % (отн.)
Хлор-ион	4 мг/л, если его содержание не превышает 200 мг/л; при более высоких концентрациях 2 % (отн.)
Цинк	5 мкг/л, если его содержание не превышает 20 мкг/л; при более высоких концентрациях 25 % (отн.)

ПРИЛОЖЕНИЕ 25

МНОЖИТЕЛЬ β_n ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ СТАНДАРТА (S) ПО РАЗМАХУ ($R = X_{max} - X_{min}$)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	—	0,886	0,591	0,486	0,480	0,395	0,370	0,351	0,337
10	0,325	0,315	0,307	0,300	0,293	0,288	0,283	0,279	0,275	0,271
20	0,268	0,265	0,262	0,259	0,257	0,254	0,252	0,250	0,248	0,246
30	0,245	0,243	0,242	0,240	0,239	0,237	0,236	0,235	0,234	0,233
40	0,231	0,230	0,229	0,278	0,227	0,226	0,226	0,225	0,224	0,223
50	0,222	0,221	0,221	0,220	0,219	0,219	0,218	0,217	0,217	0,216
60	0,216	0,215	0,214	0,214	0,213	0,213	0,212	0,212	0,211	0,211
70	0,210	0,210	0,210	0,209	0,209	0,208	0,208	0,207	0,207	0,206
80	0,206	0,206	0,205	0,205	0,205	0,204	0,204	0,203	0,203	0,203
90	0,202	0,202	0,202	0,201	0,201	0,201	0,201	0,200	0,200	0,200
1	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	0,199	0,197	0,194	0,192	0,190	0,189	0,187	0,186	0,184	0,183
200	0,182	0,181	0,180	0,179	0,178	0,177	0,176	0,176	0,175	0,174
300	0,174	0,173	0,173	0,172	0,171	0,171	0,170	0,170	0,169	0,169
400	0,168	0,168	0,167	0,167	0,167	0,166	0,166	0,166	0,166	0,165
500	0,165	0,164	0,164	0,164	0,163	0,163	0,163	0,163	0,162	0,162
600	0,162	0,161	0,161	0,161	0,161	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160
700	0,159	0,159	0,159	0,159	0,159	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158
800	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,156	0,156	0,156	0,156
900	0,156	0,156	0,155	0,155	0,155	0,155	0,155	0,155	0,155	0,154
1000	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154		

$S = \beta_n R$. Для микроэлементов: $R = \lg C_{max} - \lg C_{min} = \left(\frac{C_{max}}{C_{min}}\right)$

ПРИЛОЖЕНИЕ 26

МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ РЯДОВ ЭЛЕМЕНТОВ-ИНДИКАТОРОВ ЗОНАЛЬНОСТИ

Ряды элементов-индикаторов зональности составляются путем расчета показателя зональности элементов-индикаторов. Показатель зональности элемента-индикатора представляет собой отношение продуктивности ореола данного элемента к сумме продуктивностей ореолов всех элементов-индикаторов данного типа оруденения. Поскольку зональность первичных ореолов обычно изучается по вертикальным поперечным разрезам, при расчете показателя зональности используются линейные продуктивности первичных ореолов, при определении которых среднеаномальные содержания элементов (нормированные через их среднефоновые содержания) умножаются на ширину ореола в данном сечении. Размерность линейной продуктивности тогда будет МГФ (метрогеофон).

По результатам расчета величин показателей зональности составляется ряд зональности, который отражает величины относительного накопления элементов по горизонтам изучаемого месторождения в направлении осевой зональности. Элементы, максимальные значения показателя зональности которых установлены на нижних горизонтах, окажутся в правой части ряда (индикаторы нижних частей ореолов), и наоборот.

Для уточнения местоположения в ряду зональности элементов, для которых максимальные значения показателя зональности установлены на одних и тех же горизонтах, следует рассчитать градиент показателя зональности в исследуемом направлении по формуле

$$G = \sum_{i}^{n} \frac{D_{max}}{D_i},$$

где G — градиент показателя зональности; D_{max} — максимальное значение показателя зональности данного элемента; D_i — значение показателя зональности на i-м горизонте; n — число горизонтов (не считая горизонта максимального накопления).

В случае, когда сравниваются элементы, максимальное накопление которых установлено на крайнем нижнем уровне ореолов, вычисленные по указанной формуле градиенты показателя зональности элементов А и В позволяют расположить элемент А в ряду зональности перед элементом В, если $G_A > G_B$. Когда максимальные значения показателя зональности элементов установлены на крайнем верхнем горизонте, наоборот, элемент А располагается после элемента В.

В тех случаях, когда максимальное относительное накопление нескольких элементов наблюдается на уровне средних горизонтов, можно пользоваться разностью градиентов G_1—G_2, где G_1 и G_2 соответственно градиент по направлению вверх и вниз от уровня горизонта максимального накопления элементов. Последовательность этих элементов в ряду зональности будет определяться указанной разностью градиентов: чем больше величина этой разности, тем левее место элемента в ряду зональности (от подрудных к надрудным), и наоборот.

Правильность вычислений при расчете показателя зональности может быть проверена суммой значений по каждому сечению, которая должна быть равна единице. Исследования первичной зональности эталонных месторождений целесообразно проводить на ЭВМ по соответствующим программам.

Для иллюстрации методики составления рядов зональности элементов-индикаторов по величинам показателя зональности ниже приводится пример определения зональности первичных ореолов, выявленных по одному из разрезов через скарново-полиметаллическое месторождение Акташ (Рудный Карамазар, Средняя Азия). Из данных, приведенных в таблице, следует, что максимальное относительное накопление мышьяка и сурьмы наблюдается на верхнем горизонте, свинца — на втором, меди и висмута — на третьем, а молибдена — на самом нижнем уровне ореолов. Таким образом, по результатам расчета показателя зональности для рассмотренного примера можно составить следующий ряд элементов (снизу вверх): молибден — (висмут, медь) — свинец — (мышьяк, сурьма).

В скобки заключены элементы, взаимоотношения которых между собой не ясны, поскольку максимальные значения их показателя зональности установлены на одних и тех же горизонтах ореолов. Для дальнейшего уточнения местоположения подобных элементов в ряду зональности можно пользоваться изменчивостью величины показателя зональности по вертикали. В случае, когда сравниваются элементы, максимальное накопление которых установлено на

Величины показателя зональности элементов на различных уровнях ореолов I—IV (сверху вниз)

Элемент	Показатель зональности			
	I	II	III	IV
Свинец	0,131	0,764	0,171	0,030
Мышьяк	0,148	0,006	0,036	0,040
Сурьма	0,574	0,056	0,184	0,155
Медь	0,084	0,071	0,158	0,138
Висмут	0,061	0,028	0,211	0,177
Молибден	0,006	0,072	0,237	0,465
Сумма	1,004	0,997	0,997	1,005

Примечание. Жирным шрифтом показаны максимальные значения.

крайних уровнях ореолов (верхний или нижний), для оценки этой изменчивости можно пользоваться формулой

$$G = \sum_{1}^{n} \frac{D_{max}}{D_i},$$

где G — показатель изменчивости; D_{max} — максимальное значение показателя зональности данного элемента; D_i — значение показателя зональности элемента на i-м горизонте; n — число горизонтов (не считая горизонта максимального накопления).

Для мышьяка и сурьмы по данным приведенной таблицы получим:

$$G_{As} = \frac{0,148}{0,006} + \frac{0,148}{0,036} + \frac{0,148}{0,04} = 24,7 + 4,14 + 3,7 = 32,54;$$

$$G_{Sb} = \frac{0,574}{0,056} + \frac{0,574}{0,184} + \frac{0,574}{0,139} = 10,2 + 3,1 + 4,1 = 17,4.$$

$G_{As} > G_{Sb}$, что позволяет в ряду зональности мышьяк расположить после сурьмы. В случае, когда максимальные значения показателя зональности элементов установлены на крайнем нижнем горизонте, в ряду зональности элементы будут расположены по убыванию градиента.

Последовательность нескольких элементов, наблюдающихся на уровне средних горизонтов, в ряду зональности будет определяться указанной выше разностью градиентов: $G_1 — G_2$.

Для иллюстрации этого рассмотрим взаимоотношение меди и висмута, максимальное накопление которых установлено на уровне II горизонта.

Для меди

$$G_1 = \frac{\frac{0,158}{0,071} + \frac{0,158}{0,084}}{2} = \frac{2,23 + 1,88}{2} = 2,06;$$

$$G_2 = \frac{0,158}{0,156} = 1,01; \quad G_1 - G_2 = 2,06 - 1,01 = 1,05.$$

Для висмута

$$G_1 = \frac{\frac{0,211}{0,027} + \frac{0,211}{0,061}}{2} = \frac{7,54 + 3,46}{2} = 5,05;$$

$$G_2 = \frac{0{,}211}{0{,}177} = 1{,}19; \quad G_1 - G_2 = 5{,}05 - 1{,}19 = 3{,}86.$$

Разность градиентов показателя зональности висмута больше, что позволяет в ряду зональности висмут расположить левее меди.

Таким образом, для рассмотренного выше примера мы получили следующий ряд элементов-индикаторов зональности ореолов: молибден — висмут — медь — свинец — сурьма — мышьяк. Правильность вычислений при расчете показателя зональности может быть проверена суммой значений по каждому сечению, которая должна быть равна единице. Как следует из приведенной выше таблицы, эта сумма отличается от единицы только в третьем знаке.

ПРИЛОЖЕНИЕ 27

СОСТАВ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТ ПРИ ПОИСКАХ ПЕРЕКРЫТОГО ОРУДЕНЕНИЯ ПО НАЛОЖЕННЫМ ОРЕОЛАМ

(по материалам Л. В. Антроповой, Н. И. Несвижской и Ю. Е. Саета)

1. Выявление наложенных ореолов рассеяния в почвах позволяет на подстадиях общих и детальных поисков в закрытых районах локализовать участки, перспективные для обнаружения рудных тел и первичных ореолов, перекрытых чехлом молодых осадочных отложений. Геологосъемочные работы предшествующих подстадий могут сопровождаться только опытно-методическими исследованиями наложенных ореолов.

2. Наложенные ореолы рассеяния перекрытых и скрыто-перекрытых месторождений фиксируются при разнообразных литолого-фациальных особенностях перекрывающего покрова разного возраста (от палеогена до современных отложений): песчаный аллювий, супесчано-суглинистая морена, существенно глинистые осадочные образования (озерные, лагунные и морские), сложнопостроенные разрезы с переслаиванием осадочных пород различного литологического типа, пострудные четвертичные базальты.

Выявлены эти ореолы в разнообразных ландшафтно-геохимических условиях и соответственно в различных типах почв: от тундровых и таежных (мерзлотных и немерзлотных) до степных, сухостепных и пустынных при мощности перекрывающего покрова свыше 100 м.

3. В наложенных ореолах в почвах установлен очень широкий набор химических элементов, включающий для сульфидных месторождений такие элементы-индикаторы, как медь, свинец, цинк, никель, кобальт, молибден, мышьяк, ртуть, а также сульфат-ион.

4. Контрастность наложенного ореола в почве над перекрытыми месторождениями определяется прежде всего формой нахождения элементов в ореоле и зависит также от мощности перекрывающей толщи. Наиболее контрастны эти ореолы в верхних горизонтах почвы.

5. Когда рудные зоны перекрыты существенно глинистыми отложениями с пассивным гидродинамическим режимом, наблюдаются преимущественно столбообразные наложенные ореолы, а в условиях перекрытия грубодисперсными отложениями с активным гидродинамическим режимом отмечаются, кроме того,

наложенные ореолы, морфология которых контролируется направлением движения грунтовых вод.

6. По результатам валовых определений элементов-индикаторов наложенные ореолы выявляются редко, но, как правило, четко фиксируются в экстрактах, обогащенных элементами-индикаторами в солевой форме нахождения или в металлоорганических комплексах, извлекаемых из проб почв и горных пород фазовыми химическими методами.

7. Геохимические поиски по наложенным ореолам рассеяния осуществляются в следующей последовательности:

а) производятся ландшафтно-геохимические наблюдения с целью разделения геохимически автономных ландшафтов водоразделов и склонов (где распространены несмещенные наложенные ореолы) от геохимически подчиненных ландшафтов долин и западин (где встречаются нерудные и смещенные рудные аномалии);

б) по правильной сетке, соответствующей по размеру масштабу поисков (см. § 125 настоящей инструкции), отбираются штуфные пробы массой 100 г из гумусового горизонта почвы;

в) после соответствующей обработки (см. пп. 8 и 12 настоящего приложения) из проб извлекаются компоненты аномальной составляющей рассеяния путем экспрессной экстракции группового продукта в солевой форме нахождения по прописи Н. И. Несвижской и Ю. Е. Саета (см. п. 8 настоящего приложения) или металлоорганических комплексов по прописи Л. В. Антроповой (см. п. 12 настоящего приложения) с последующим определением в экстрактах содержания отдельных химических элементов-индикаторов или их суммарных количеств по определенным группам и вычислениям необходимых геохимических параметров;

г) в строгом соответствии с § 176—179 настоящей инструкции уже в полевых условиях составляются карты наложенных ореолов рассеяния, которые интерпретируются в порядке, определяемом § 180—215 настоящей инструкции, но с учетом фонового распределения элементов-индикаторов в тех же формах нахождения и в идентичных ландшафтно-геохимических условиях. При интерпретации результатов уделяется особое внимание сопоставлению морфологии выделенных наложенных ореолов и конфигурации площадей распространения определенных геохимических ландшафтов, а также взаимной ориентировке таких ореолов и рудоконтролирующих структур. Аномалии, следующие рудоконтролирующим структурам и пересекающие элементы ландшафта, обычно имеют связь со скрытыми рудными месторождениями, а аномалии, приуроченные к какому-либо геохимическому классу или виду ландшафта, чаще не связаны с оруденением (аккумуляции на геохимических барьерах) или смещены от рудного источника по потоку подземных вод с последующей инфильтрацией элементов-индикаторов в верхние горизонты почвы.

8. Аналитические определения по групповой солевой форме нахождения химических элементов-индикаторов (суммирующей водорастворимые соединения, сорбированные элементы, карбонаты и сульфаты) производятся в пробах после их просушивания и выделения фракции менее 1 мм по следующей прописи: навеска воздушно-сухой пробы массой 5 г заливается буферной уксуснокислой смесью в соотношении 1 : 10 твердой и жидкой фаз. Буферная смесь составляется из 2 объемов 1 N уксусной кислоты и 1 объема 1 N раствора уксуснокислого аммония. Обработка пробы этой смесью производится при наличии

в пробе карбонатов в течение 20 мин на кипящей водяной бане при условии погружения колбы с пробой в кипящую воду, а при отсутствии в пробе карбонатов обработка той же смесью проводится в течение 1 ч при комнатной температуре.

Для проверки полноты извлечения карбонатов вытяжкой часть (0,5 г) уже обработанной пробы переносится в 200-миллилитровую колбу, приливается 30—40 мл дистиллированной воды и перемешивается в течение 30 с. Затем в колбу добавляется несколько капель фенолфталеина и около 1—2 г кристаллического фтористого натрия. Суспензия взбалтывается и нагревается до кипения. После 5-минутного кипения суспензия охлаждается до 20 °С и добавляется еще несколько капель фенолфталеина. Если окраска суспензии розовая, это означает, что в пробе есть карбонаты и вытяжку следует повторить; если фенолфталеин не дает окрашивания, то, следовательно, карбонаты из пробы извлечены и обработка буфером на этом заканчивается. Эта качественная проверка на выход карбонатов основана на фиксации иона CO_3^{2-} в результате реакции неразложившихся карбонатов с фтористым натрием.

Исследования на число необходимых повторностей карбонатной вытяжки проводятся перед началом работ из отдельной навески для 2—3 проб со сходными литолого-геохимическими особенностями. Во многих случаях оказывается достаточно одной повторности. После обработки пробы на водяной бане проводится фильтрование в сухие колбы либо в полиэтиленовые бутылочки емкостью не менее 100 мл. Затем непосредственно в полевых условиях производятся определения в экстрактах суммы тяжелых металлов дитизоновым (медь, цинк, свинец) и диэтилдитиокарбаминатным (медь, никель, кобальт) методами, согласно пп. 9—11 настоящего приложения.

9. Для определения суммы меди, цинка и свинца аликвота вытяжки 10 мл вносится в делительную воронку вместимостью 100 мл, добавляется 0,5 мл 30%-ного раствора сегнетовой соли (для связывания железа) и около 15 мл 0,2 М раствора перекристаллизованной буры до изменения цвета желтого раствора на красный (по индикатору феноловый красный). Затем добавляется 2 мл 0,004%-ного раствора дитизона в четыреххлористом углероде и жидкость в воронке взбалтывается в течение 30 с.

Окраска раствора дитизона в зависимости от содержания тяжелых металлов изменяется от зеленоватой до малиново-красной. Экстракт вливают в колориметрическую пробирку и сравнивают со стандартной шкалой, приготовленной в тех же условиях. Шкала состоит из серии эталонов с содержанием сумм металлов в эталонах 0—1—2—4—6 мкг. В качестве стандартного используют раствор, содержащий 1 мкг цинка, меди, свинца в соотношении 3 : 1 : 1. Шкала устойчива в течение нескольких часов. Если окраска экстракта будет соответствовать самому яркому эталону шкалы, повторяют экстракцию с меньшей аликвотой с разведением ее буфером до 10 мл. Содержание суммы металлов в пробе рассчитывается по формуле

$$\Sigma_{\text{мет}} = \frac{xa100\%}{bP},$$

где x — значение стандартной шкалы; b — аликвота вытяжки, мл; a — общий объем вытяжки, мл; P — навеска пробы, мкг.

10. Для определения суммы меди и цинка аликвота вытяжки 10 мл вносится в делительную воронку емкостью 100 мл, добавляется 2 мл 0,002 %-ного раство-

ра дитизона в четыреххлористом углероде и смесь энергично встряхивается в течение 2 мин. Экстракт сливается в колориметрическую пробирку и сравнивается со шкалой стандартов. Шкала состоит из серии эталонов с содержанием цинка 0—0,5—1—2—4—5—6 мкг. В качестве стандартного используется раствор, содержащий 1 мкг цинка. Шкала устойчива в течение 3 суток при хранении в темном месте. Содержание суммы цинка и меди рассчитывается по формуле, приведенной в п. 9 настоящего приложения.

11. Для определения суммы меди, никеля, кобальта аликвота вытяжки 10 мл помещается в делительную воронку вместимостью 100 мл, добавляется 5 мл 4 %-ного раствора пирофосфата натрия и 10 мл 50 %-ной кислоты. Жидкость в воронке подщелачивают концентрированным раствором аммиака до фиолетовой окраски по индикатору феноловому красному (pH 8,5—9,0). Далее добавляют 1 мл 1 %-ного ДДК и 5 мл четыреххлористого углерода и энергично встряхивают в течение 5 мин. Если экстракт имеет малиновую окраску (вместо желтоватой и бесцветной), то это указывает на наличие избыточных ионов марганца: в этом случае анализ производят повторно с добавлением еще 5 мл 5 %-ного раствора пирофосфата натрия. Если экстракт имеет дополнительную буроватую окраску, то в этом случае необходимо повторить определение с избытком лимонной кислоты (до 15 мл) для связывания ионов железа. Экстракт сливают в колориметрическую пробирку и окраску сравнивают с серией стандартов на медь. Шкала состоит из серии эталонов с содержанием меди 0—1—2—5—10—30—40 мкг. Шкала устойчива в течение 10—15 суток. Содержание суммы металлов в условных единицах меди рассчитывается по формуле п. 9 настоящего приложения.

12. Аналитические определения для выявления наложенных ореолов по металлоорганическим комплексам производятся в пробах после их просушивания и отделения обломков пород, гальки и корневищ растений по следующей прописи.

Навеска воздушно-сухой пробы массой 5 или 10 г заливается 0,1 М раствором пирофосфата натрия в соотношении Т : Ж = 1 : 20. Обработка пирофосфатом натрия проводится в течение 3 ч при комнатной температуре. В фильтрат при данной обработке выделяются одновременно гуматы и фульваты металлов, которые разрушаются мокрым способом. Затем производится определение в пирофосфатной вытяжке углерода, являющегося одной из основных строительных единиц гуминовых и фульвокислых соединений.

Анализ завершается нормированием каждого определяемого элемента-индикатора оруденения к углероду с представлением окончательных результатов в виде ряда отношений Me/C в процентах, где Me — различные элементы-индикаторы, определяемые химическими и полярографическими методами. При необходимости аномальный сигнал усиливается путем использования мультипликативных параметров типа, например, Au/C·Ag/C·As/C.

13. При организации аналитических работ в полевых условиях необходимо лабораторное оборудование и химические реактивы в следующем количестве (на 1000 определений):

А. Лабораторное оборудование

а) конические колбы вместимостью 200 мл	100 шт.
б) стеклянные воронки	100 шт.
в) фильтры (белая лента)	4 пачки

г) полиэтиленовые бутылки вместимостью 0,250—0,500 л	300 шт.
д) водяные бани на 24 гнезда	2 шт.
е) колориметрические пробирки	40 шт.
ж) штатив для колориметрических пробирок	2 шт.
з) делительные воронки вместимостью 100 мл	10 шт.
и) " " " 1 л	2 шт.
к) колбы-мерки вместимостью 100 мл	5 шт.
л) " " " 500 мл	2 шт.
м) " " " 50 мл	2 шт.
н) бутыль полиэтиленовая вместимостью 5 л для разведения буферного раствора	2 шт.
о) ступки фарфоровые	3 шт.

Б. Химические реактивы

а) дитизон	1 г
б) четыреххлористый углерод	50 л
в) уксусная кислота	3 л
г) ацетат аммония	4 кг
д) ДДК натрия	10 кг
е) сегнетовая соль	0,3 кг
ж) аммиак 25 %-ный	0,5 л
з) лимонная кислота	5 кг
и) пирофосфат натрия	0,4 кг
к) бура	5 кг

Реактивы для приготовления стандартных растворов

л) сульфат меди	2 навески по 0,252 г
м) ацетат свинца	2 навески по 0,157 г
н) цинк металлический химически чистый	0,100 г

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
Введение 4

Общая часть 5

Основные положения 5
Литохимические методы поисков 7
Гидрохимические методы поисков 27
Биогеохимические методы поисков 34
Атмохимические методы поисков 37
Условия применения геохимических методов поисков 41

Специальная часть 43

Проектирование и организация геохимических работ (§ 1—18) 43
Требования к содержанию геохимических работ по стадиям геологоразведочного процесса (§ 19—38) 46
Литохимические методы поисков 57
Литохимические методы поисков по первичным ореолам (§ 39—109) . . . 57
Литохимические методы поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния (§ 110—231) 69
Контроль качества первичной информации (§ 232—237) 109
Определение геохимического фона и минимально-аномальных содержаний (§ 238—246) 111
Гидрохимические методы поисков (§ 247—292) 114
Биохимические методы поисков (§ 293—339) 124
Атмохимические методы поисков (§ 340—368) 135
Основные требования к аналитическим работам (§ 369—384) 139
Топографо-геодезические работы (§ 385—394) 143
Отчетность (§ 395—406) 145
Список литературы 149

Приложения.

1. Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева . . . 150
2. Средние содержания химических элементов в литосфере и слагающих ее горных породах, вес, % 152
3. Средние содержания химических элементов в поверхностных и подземных водах 156
4. Средний состав золы наземных растений и коэффициенты биологического поглощения (по А. И. Перельману) 158
5. Контрастность миграционной способности элементов в окислительной и резко восстановительной обстановках зоны гипергенеза (по А. И. Перельману) 159
6. Концентрация элементов на геохимических барьерах 160
7. Ряды зональности элементов-индикаторов различных по составу рудных месторождений 163
8. Поперечная зональность первичных ореолов 163
9. Разделение типов руд по применимости биогеохимического метода поисков 164

10. Значения растительно-почвенных коэффициентов (РПК) для различных минеральных форм некоторых рудных элементов (по данным изучения безбарьерных и практически безбарьерных растений) 166
11. Зольность сухого вещества наземных растений 167
12. Подразделение растений на группы по глубине проникновения корневых систем 168
13 Поисковые характеристики биообъектов, рекомендуемых для использования при биогеохимических поисках в Сибири 169
14. Образец титульного листа полевых книжек для геохимических поисков 172
15. Образец полевой книжки для документации отбора литохимических проб 173
16. Паспорт на пробу воды 173
17. Образец полевой книжки для документации отбора гидрохимических проб 174
18. Образец полевой книжки для документации отбора биогеохимических проб 175
19. Образец полевого журнала для документации атмохимических проб 175
20. Характеристика методов анализа гидрохимических проб 176
21. Чувствительность методов спектральных определений микрокомпонентов минерализации природных вод 177
22. Чувствительность химических и физико-химических методов определения микрокомпонентов минерализации природных вод 178
23. Способы концентрирования микрокомпонентов из природных вод . . 179
24. Допустимые расхождения для химического анализа вод 180
25. Множитель β_n для вычисления стандарта (S) по размаху ($R = X_{max} - X_{min}$) 182
26. Методика составления рядов элементов-индикаторов зональности . . 182
27. Состав и последовательность работ при поисках перекрытого оруденения по наложенным ореолам (по материалам Л. В. Антроповой, Н. И. Несвижской и Ю. Е. Саета) 185

ИНСТРУКЦИЯ
по геохимическим методам поисков рудных месторождений

Редактор издательства *Л. М. Старикова*
Переплет художника *М. И. Гозенпут*
Художественный редактор *Е. Л. Юрковская*
Технический редактор *А. В. Трофимов*
Корректор *И. П. Розанова*

ИБ № 5284

Сдано в набор 01.11.82. Подписано в печать 22.02.83. Формат 60×90/16. Бумага типографская № 2. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Усл. п. л. 12,0 Усл. кр.-отт. 12,25. Уч.-изд. л. 16,10. Тираж 11 300 экз. Заказ 2-367/9316—14. Цена 95 коп.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.

Харьковская книжная фабрика «Коммунист», 310012, Харьков-12, Энгельса, 11.

gost.e-ecolog.ru