

ИНСТРУКЦИЯ  
ПО ГЕОХИМИЧЕСКИМ  
МЕТОДАМ ПОИСКОВ  
РУДНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ

---

НЕДРА  
1965

Саушкин В. В.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ СССР

---

Утверждено  
Председателем  
Государственного геологического  
комитета СССР

А. СИДОРЕНКО

29 октября 1964 г.

ИНСТРУКЦИЯ  
ПО ГЕОХИМИЧЕСКИМ  
МЕТОДАМ ПОИСКОВ  
РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»  
Москва—1965

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Проект данной инструкции был составлен по материалам, представленным Н. И. Сафроновым (введение), А. П. Солововым (литогеохимические методы поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния, геологическая отчетность), [А. А. Бродским], Г. А. Голевой и С. Р. Крайновым (гидрогеохимический метод поисков), В. В. Поликарпочкиным (литогеохимический метод поисков по первичным ореолам, биогеохимические методы поисков), Е. А. Сергеевым, А. Д. Миллером и И. Ю. Соколовым (анализ геохимических проб).

Этот проект был разослан геологическим производственным организациям, научно-исследовательским институтам и высшим учебным заведениям. Полученные 65 отзывов с замечаниями были рассмотрены комиссией Государственного геологического комитета СССР под председательством члена комитета В. В. Федынского, принявшей по ним конкретные решения. В соответствии с этими решениями проект инструкции был переработан Н. Н. Сочевановым, А. А. Ковалевой и Е. М. Квятковским при участии А. П. Соловова и А. А. Беуса (введение), А. В. Григорьева, И. А. Смирнова (проектирование и организация геохимических работ) и Е. М. Янишевского (литогеохимический метод поисков по первичным ореолам). Окончательная редакция «Инструкции по гео-

химическим методам поисков рудных месторождений» выполнена Е. М. Квятковским и А. А. Ковалевой.

С введением настоящей инструкции отменяются все ранее действовавшие инструкции по геохимическим методам поисков, утвержденные как бывш. МГиОН СССР, так и всеми подведомственными ему организациями.

## ВВЕДЕНИЕ

Геохимические методы поисков являются одним из наиболее эффективных средств выявления месторождений полезных ископаемых. В развитие издавна существовавших методов поисков рудных месторождений — по их коренным выходам на поверхности, обломочно-речного, валунно-ледникового, шлихового — геохимические методы поисков позволяют обнаруживать полезные ископаемые по невидимым признакам с помощью тончайших средств современного анализа химического состава природных образований. В связи с быстрым исчерпанием резерва легко открываемых месторождений, выходящих на поверхность, геохимические методы приобрели важнейшее значение при поисках в слабо обнаженных, задернованных и залесенных районах, а также для выявления глубоко залегающих скрытых (слепых) и погребенных месторождений. В настоящее время применение геохимических методов при поисках рудных месторождений является обязательным.

Геохимические методы поисков решают многие задачи, обеспечивающие успешное проведение геологопоисковых работ. Во всех случаях успех поисков определяется условием совместного проведения геологических, геохимических и геофизических исследований в сочетании с горными работами и бурением.

### 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Научной основой геохимических методов поисков месторождений рудных полезных ископаемых является учение о миграции, рассеянии и концентрации химических

элементов в земной коре, заложенное основателями советской геохимической школы В. И. Вернадским и А. Е. Ферсманом, а также учение о рудных месторождениях, охватывающее комплекс факторов, определяющих специфику формирования месторождений в конкретных геологических условиях.

При помощи геохимических методов изучают закономерности распределения химических элементов в горных породах, почвах, природных водах и растениях с целью выделения участков, перспективных на обнаружение оруденения. Средние содержания химических элементов в геосферах (литосфере, гидросфере, биосфере и атмосфере) называются кларками (см. приложения 2, 3, 4).

В связи с тем, что особенности распределения химических элементов в пределах конкретных регионов различаются довольно существенно, выделяют геохимические провинции — области, геохимически однородные и характеризующиеся определенными ассоциациями химических элементов, качественно единых, но количественно различающихся по уровню содержаний отдельных элементов и соотношениям между ними. Своеобразие сочетаний элементов в пределах определенной геохимической провинции, являющееся результатом исторического развития конкретного участка земной коры, отличает данную геохимическую провинцию от соседних районов и от распределения элементов, свойственного литосфере в целом.

В пределах каждой конкретной геохимической провинции различным ограниченным по площади геологическим образованиям — интрузивным массивам, эффузивным сериям, метаморфическим или осадочным свитам пород и т. д. — свойственны свои особенности распределения химических элементов. Специфические особенности распределения химических элементов присущи также продуктам гипергенного разрушения этих пород, природным водам, почвам и произрастающим на них растениям.

Особенности распределения химических элементов в горных породах, не затронутых какими-либо рудообразующими процессами, а также в рыхлых отложениях, водах и растениях, на химический состав которых не влияют эндогенные или экзогенные рудные концентрации, определяют местный геохимический фон (местное нормальное поле) — понятие, широко применяемое в практике геохимических поисков. Как правило, местный

геохимический фон отличается от кларков не более чем в единицы раз.

В результате различных геологических процессов эндогенного или экзогенного характера, сопровождающихся привнесением одних и выносом других химических элементов, в горных породах, рыхлых отложениях и почвах могут возникать локальные участки аномальных по сравнению с геохимическим фоном содержаний химических элементов — так называемые литогеохимические аномалии. Локальные участки аномальных содержаний химических элементов или иных компонентов в подземных и поверхностных водах называются гидрогеохимическими аномалиями.

Наличие аномально повышенных содержаний химических элементов в породах, почвах и водах определяет 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. Для характеристики геохимических аномалий пользуются показателем «контрастность», т. е. отношением максимальных аномальных значений химических элементов или других поисковых компонентов в пределах данной аномалии к фоновым.

Геохимические аномалии разделяются на рудные и безрудные. К рудным геохимическим аномалиям относятся сами месторождения, их первичные ореолы, а также вторичные ореолы и потоки рассеяния. К безрудным относятся такие аномалии, образование которых не связано с рудными месторождениями. Эти аномалии могут быть вызваны искусственным заражением, испарительной, сорбционной, биохимической или иной промышленной концентрацией химических элементов из рассеянного состояния.

Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых основаны на принципе выявления рудных геохимических аномалий путем опробования природных образований. В зависимости от характера опробуемого материала и конкретных задач поисковых работ различают литогеохимические, гидрогеохимические и биогеохимические методы поисков.

Атмогеохимические (газовые) методы поисков рудных месторождений в настоящей инструкции не рассматриваются.

## 2. ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ

Литогеохимические методы поисков основаны на выявлении первичных геохимических ореолов рассеяния месторождений, а также их вторичных ореолов и потоков рассеяния.

### Литогеохимический метод поисков по первичным ореолам

Первичным ореолом месторождения называется зона рудовмещающих пород, окружающая месторождение, обогащенная в процессе рудообразования рядом химических элементов. Формирование первичных ореолов вокруг послемагматических месторождений и рудных тел происходит при условии привноса химических элементов во вмещающие породы рудообразующими процессами и в той или иной мере сопровождается изменением вмещающих пород с перераспределением в них порообразующих химических элементов.

Анализ особенностей распределения элементов в пределах первичных ореолов эндогенных рудных месторождений позволяет выделить две главные группы химических элементов — индикаторов оруденения, которые могут быть использованы при литогеохимических поисках.

1) Рудообразующие элементы и элементы-спутники, привносящиеся во вмещающие породы гидротермальными растворами на различных этапах рудообразования. Наиболее надежными индикаторами в данном случае являются элементы, образующие концентрации в данном типе руд.

2) Преимущественно литофильные, в меньшей степени сидерофильные элементы, перераспределяющиеся при метасоматическом изменении рудовмещающих пород с образованием характерной зональности; элементы этой группы могут не концентрироваться в рудах. Как правило, особенности их распределения могут служить только косвенными признаками, характеризующими уровень эрозионного среза месторождения.

Состав химических элементов в первичных ореолах тесно связан с генезисом и составом рудных концентраций, что позволяет по особенностям парагенезиса элементов в первичном ореоле судить о типе скрытого месторождения. Содержания химических элементов в пределах ореола в общем случае уменьшаются в направлении от рудного тела, постепенно приближаясь к уровню местного геохимического фона.

Характерной особенностью первичных ореолов является зональность их строения, выражающаяся в закономерном изменении концентраций некоторых химических элементов в надрудных, околорудных и подрудных частях ореола. Геохимическая зональность первичных ореолов особенно четко проявляется в изменении отношения содержания легкоподвижных и малоподвижных элементов-индикаторов оруденения друг к другу и к основному рудному компоненту в различных частях ореола. Рассматриваемая закономерность позволяет отличать обнажающиеся на поверхности надрудные срезы месторождений от подрудных.

Важнейшим положительным фактором, определяющим значительные перспективы использования первичных ореолов для поисков скрытых (слепых) месторождений и рудных тел, являются размеры первичных ореолов, значительно превосходящие в плане и разрезе соответствующие рудные тела. В частности, у крутопадающих рудных тел гидротермального происхождения первичные ореолы прослеживаются по восстанию на расстоянии до нескольких сотен метров.

Форма первичных ореолов эндогенных месторождений определяется главным образом структурными факторами, а именно наличием и направлением зон трещиноватости и повышенной пористости рудовмещающих пород, а также условиями залегания рудных тел. У рудных тел, локализующихся в крутопадающих трещинных зонах, вытянутые по вертикали первичные ореолы располагаются симметрично относительно рудных тел и имеют форму, в общем близкую к овальной или напоминающую пламя факела. Первичные ореолы вокруг полого залегающих рудных залежей не обнаруживают резкой вытянутости по вертикали и имеют относительно изометричную форму. Распространяются они преимущественно висячем боку рудных тел.

## Литогеохимические методы поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния

Вторичным литогеохимическим ореолом рассеяния месторождения называется локальная зона аномально повышенных содержаний химических элементов, характерных для данного месторождения, в перекрывающих его рыхлых отложениях и почвах, образовавшаяся при гипергенном разрушении этого месторождения. Содержание химических элементов во вторичных литогеохимических ореолах рассеяния обычно характеризуется промежуточными значениями между высокими содержаниями, свойственными месторождению, и низкими, отвечающими местному геохимическому фону.

Литогеохимическим потоком рассеяния месторождения называется область повышенных содержаний химических элементов, характерных для данного месторождения, прилегающая к вторичному ореолу рассеяния и развивающаяся в горных породах на путях твердого и водного стока. В направлении стока содержания химических элементов затухают, постепенно приближаясь к значениям, соответствующим местному геохимическому фону.

По фазовому состоянию минеральных компонентов вторичные литогеохимические ореолы рассеяния разделяются на механические и солевые. 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 солей.

Вторичные ореолы в современном элювио-делювии или древней коре выветривания образуются на месте ранее существовавших участков рудного тела или его первичного ореола. С этой точки зрения их именуют остаточными ореолами рассеяния. В отличие от этих ореолов выделяют наложенные ореолы, в контурах которых до развития вторичных процессов рассеяния первичная минерализация отсутствовала. Различают открытые ореолы, т. е. выходящие на современную днев-

ную поверхность, и закрытые ореолы, развитые на некоторой глубине от поверхности.

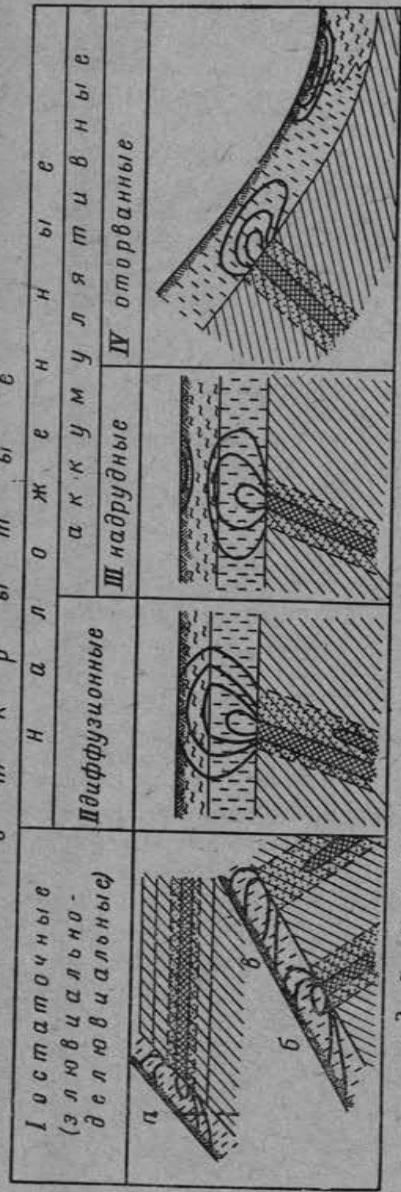
На рис. 1 схематически изображены семь наиболее важных в поисковом отношении типов вторичных литогеохимических ореолов рассеяния. Открытые ореолы характеризуются на уровне дневной поверхности, а закрытые на уровне их надежного развития, при минимальной глубине от поверхности\*.

I. Открытые остаточные ореолы представляют собой важнейший тип, существование которого позволяет широко применять при поисках поверхностное опробование. Развитие этих ореолов характерно для месторождений, залегающих в верхнем структурном этаже во всех активно денудируемых районах любых климатических зон, с покровом современных рыхлых образований элювиально-делювиального генезиса. В условиях сглаженного рельефа и, следовательно, замедленной денудации ореолы рассеяния этого типа характерны для аридной (южной и полярной) зоны с резким преобладанием физического выветривания, а в гумидной зоне — для элементов с низкими коэффициентами водной миграции.

Сложные, преимущественно механические ореолы рассеяния этого типа характерны для месторождений любых генетических типов всех твердых полезных ископаемых. Открытые остаточные ореолы при расчлененном рельефе могут образоваться в результате разрушения горизонтально залегающих месторождений (см. рис. 1, I тип, а) и в соответствующих условиях месторождений древней коры выветривания. Наиболее благоприятными для развития открытых остаточных ореолов являются горные складчатые районы с крутопадающими месторождениями (см. рис. 1, I тип, б). В этих же условиях открытые остаточные ореолы могут обнаруживаться с поверхности над слепыми рудными телами, когда выветриванием и денудацией затронут первичный ореол месторождения (см. рис. 1, I тип, в).

Форма ореолов в разрезе чаще всего веерообразная, расширяющаяся или незначительно сужающаяся к поверхности. В плане размеры вторичных ореолов, как правило, превышают размеры соответствующих рудных тел

\* В практике геохимических поисков этот уровень получил наименование представительного горизонта опробования.



З а к р ы т ы е

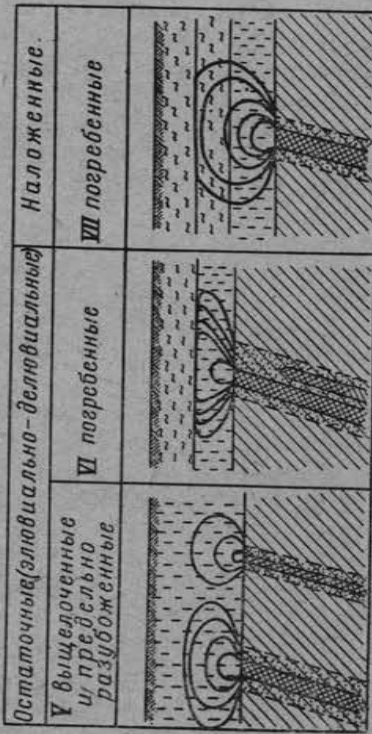


Рис. 1. Основные типы вторичных литогеохимических ореолов рассеяния рудных месторождений  
1 — современные элювиально-делювиальные образования или древняя кора выветривания рудовмещающих пород;  
2 — перекрывающие дальнеприносные отложения; 3 — рудовмещающие породы; 4 — рудные тела и их первичные ореолы; 5 — вторичные ореолы рассеяния.

и их первичных ореолов, приближенно повторяя их контуры со смещениями и искажениями, обусловленными рельефом, условиями залегания руд и процессами гипергенного рассеяния.

Если на уровень современной денудационной поверхности выведены горизонты древней коры выветривания, в образовании ореолов этого типа могут преобладать процессы палеоклиматического солевого рассеяния.

II. Открытые диффузионные ореолы характерны для условий аккумулятивно-денудационных равнин с покровом аллохтонных отложений небольшой мощности (2—10 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 элементов. В отдельных случаях наблюдаются наложенные механические ореолы рассеяния устойчивых рудных минералов. В вертикальном разрезе ореолы этого типа обычно сужаются к дневной поверхности, часто имеют неправильную асимметричную форму. Соотношение их размеров в плане с размерами рудных тел и первичных ореолов самое различное.

Благодаря волнистому характеру аллохтонного покрова открытые диффузионные ореолы даже в пределах одной рудной зоны могут по простиранию быстро переходить в наложенный погребенный тип (VII тип), сочетаться с интервалами открытого остаточного ореола (I тип) или сменяться надрудными ореолами (III тип). Критическая мощность аллохтонного покрова, при которой открытый диффузионный ореол переходит в наложенный погребенный тип, прямым образом зависит от масштаба коренного оруденения, определяется составом руд, местными ландшафтно-геохимическими условиями и палеогеографией района. Для крупных месторождений многих металлов эта критическая мощность, вероятно, не превышает 8—10 м; для незначительных по масштабу рудопоявлений редких металлов открытый диффузионный ореол переходит в погребенный ореол уже при мощности аллохтонного покрова более 1,0—2,0 м. Обнаружение ореолов типа II обычными (поверхностными)



литогеохимическими съемками затруднено, и в ряде случаев лучшие результаты дает глубинное опробование.

III. Надрудные ореолы от открытых диффузионных ореолов отличаются наличием на глубине горизонта аллохтонных отложений, в котором ореол не прослеживается по вертикали. В этом отношении надрудные ореолы трудно отличимы от геохимических аномалий, возникающих в результате местной гипергенной аккумуляции металлов и не связанных с наличием коренного оруденения на глубине («ложные ореолы»).

Образование ореолов данного типа связано с процессами 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 горизонтов остаточного ореола. В гумидной зоне в дополнение к надрудной биогенной аккумуляции элементов растениями имеет место прямое сорбционное обогащение металлами верхних горизонтов рыхлых отложений, богатых растительными остатками.

IV. Оторванные ореолы близки к надрудным ореолам, отличаясь от них более 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 элювиально-делювиальные и пролювиально-аллювиальные отложения.

Оторванные ореолы характерны для горно-таежных ландшафтов гумидной зоны с относительно сглаженными формами рельефа. Подобные ореолы следует рассматривать как поисковый признак, с учетом которого в пределах данного бассейна водосбора проводятся поиски закрытых 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 литогеохимические ореолы могут быть связаны с выходом подземных минерализо-

ванных вод, омывающих на глубине нескрытое (слепое) рудное тело. Геохимические аномалии, сходные по морфологии с оторванными ореолами, нередко могут также возникать при наличии геохимических барьеров в результате аккумуляции рудных элементов из вод, не связанных с оруденением.

V. Выщелоченные и предельно разубоженные ореолы сходны по своей характеристике, однако имеют различное происхождение. 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 иллювиального 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 приобретают значения, не отличимые 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 так называемого представительного горизонта, положение которого определяется местными условиями.

VI. Погребенные остаточные ореолы являются аналогами современных элювио-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 сохранения от последующей денудации полного профиля 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 могут отсутствовать.

VII. Погребенные наложенные ореолы являются аналогами открытых диффузионных ореолов (II тип), открытых позднейшими осадками. Все сказанное относительно открытых диффузионных ореолов можно распространить и на погребенные наложенные ореолы. К настоящему времени ореолы этого типа плохо изучены.

Литогеохимические 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 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. Месторождения, выведенные на уровень денудационного среза, в благоприятных условиях образуют литогеохимические потоки рассеяния протяженностью более 1 км.

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 уровня грунтовых вод, наличие устойчивой мерзлоты и, в частности, явлений солифлюкции, характер вмещающих пород, структурные особенности и вещественный состав полезных ископаемых. Однако решающее значение во всех случаях 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 в сторону рассеяния и постепенной ликвидации ранее образованных концентраций химических элементов, одновременно имеет своим результатом 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, которые

возникают при наличии так называемых «геохимических барьеров», определяющих резкое изменение условий миграции элементов.

Вторичные аккумуляции, связанные с механическими барьерами (изменение скорости движения вод и т. д.), свойственны, в первую очередь слабоподвижным элементам и инертным водным мигрантам (см. приложение 5), представленным устойчивыми в зоне гипергенеза тяжелыми первичными или вторичными минералами. Важнейшими физико-химическими барьерами в зоне гипергенеза являются:

а) кислородный барьер, ведущий к аккумуляции Fe, Mn, Co;

б) восстановительный сероводородный барьер, ведущий к аккумуляции V, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, U и др.;

в) щелочной барьер — Sr, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn;

г) испарительный барьер — Li, F, S, V, Zn, Sr, Mo и др.;

д) адсорбционный барьер — P, S, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Pb, Ra, U и др.

Вторичные аккумуляции элементов нередко возникают на путях современного гидротока — в речных отложениях, на выходах подземных вод, на краях болот, в солончаках, такырах и т. п. Если обогащение этих природных вод химическими элементами обязано наличию оруденения, такие вторичные литогеохимические 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 литогеохимические 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.

Рассмотрение ассоциации элементов в литогеохимических аномалиях позволяет во многих случаях отличать безрудные аномалии от вторичных ореолов и потоков рассеяния. Одновременное нахождение высоких содержаний элементов с резко различной миграционной способностью не характерно для безрудных аномалий.

### 3. ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОИСКОВ

Данный метод поисков месторождений рудных полезных ископаемых основан на выявлении их гидрогеохимических ореолов и потоков рассеяния. Гидрогеохимический ореол рассеяния представляет собой участок распространения подземных или поверхностных вод, имеющих в результате воздействия рудных тел и их ореолов измененный химический состав.

Формирование гидрогеохимических ореолов рассеяния месторождений существенно сульфидных руд происходит главным образом в результате сернокислотного выветривания. Поскольку главным агентом сернокислотного выветривания является кислород, то наибольшие изменения химического состава в районах сульфидных месторождений испытывают воды, формирующиеся выше местного базиса эрозии. В благоприятной обстановке окисление сульфидных руд распространяется на значительные глубины (первые сотни метров), поэтому их гидрогеохимические ореолы рассеяния могут формироваться и гораздо ниже местного базиса эрозии.

Изменение химического состава вод несulfидных месторождений происходит под влиянием растворения, гидролитического разложения и углекислотного выветривания. Подобные процессы, а следовательно, и формирование гидрогеохимических ореолов рассеяния могут происходить в любых типах подземных и поверхностных вод и на любой глубине. Но в связи с тем, что во многих случаях наиболее обогащены углекислотой воды, инфильтрующиеся через зону аэрации, и учитывая также большую роль растительности и почвенных микроорганизмов в изменении руд, наиболее интенсивное образование гидрогеохимических ореолов рассеяния несulfидных месторождений происходит в приповерхностных горизонтах.

В ряде случаев заметную роль могут играть также процессы электрохимического растворения сульфидных минералов, благодаря чему возможно образование гидрогеохимических ореолов рассеяния на значительных глубинах в зоне застойных вод, где практически отсутствует сернокислотное выветривание руд.

Гидрогеохимический поток рассеяния представляет собой вытянутую по направлению стока периферическую

часть гидрогеохимического ореола рассеяния. Для гидрогеохимических ореолов и потоков рассеяния характерна своеобразная горизонтальная зональность, выражающаяся в следующем:

а) наличии в пределах общего ореола или потока зон концентраций отдельных химических элементов и компонентов минерализации различной протяженности, что обусловлено разной миграционной способностью их в водах;

б) преимущественном уменьшении содержаний всех элементов и компонентов в водах по мере удаления от рудных тел, что обусловлено как разбавлением окру- более расплывчатые и вытянутые по направлению движения подземных вод гидрогеохимические зоны.

Водная миграция элементов в большей степени зависит от кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных свойств среды, показателями которой являются  $O_2$ ,  $H_2S$ ,  $CO_2$ , Eh и pH. Интенсивность поступления того или иного химического элемента в природные воды характеризуется коэффициентом водной миграции — отно- жающими водами, так и выпадением отдельных элемен- тов из вод в результате обменных химических ре- акций, процессов гидратации, сорбции, соосаждения и др.

Кроме того, иногда может наблюдаться вертикальная зональность гидрогеохимических ореолов рассеяния. При благоприятных условиях водной миграции элементов она оказывается очень близкой к вертикальной зональности первичных ореолов и рудных тел, но имеет несколько шением содержания химического элемента в сухом остатке воды к его содержанию в горных породах, дренируемых этими водами. Значения коэффициентов водной миграции для ряда элементов приведены в приложе- нии 5.

Гидрогеохимические ореолы и потоки рассеяния могут перемещаться из водоносного горизонта, который непосредственно соприкасается с рудами, в другие выше- лежащие водоносные горизонты и поверхностные водо- токи, не соприкасающиеся с рудным телом, благодаря наличию восходящих напорных вод и диффузионному перемещению. В связи с этим гидрогеохимические орео- лы и потоки рассеяния, образовавшиеся за счет влияния глубоко залегающих рудных тел, могут выходить на

поверхность или же обнаруживаться в неглубоко зале- гающих грунтовых или поверхностных водах.

Например, химический состав вод некоторых озер может измениться в результате подпитывания напорны- ми водами, взаимодействующими на глубине с рудными телами, или привноса элементов с обширной территории, для которой характерны либо повышенные содержания отдельных элементов, либо развитие рудных месторожде- ний. Такие аномальные озера могут служить показате- лем рудоносности района.

Различают открытые и закрытые гидрогеохимические ореолы и потоки рассеяния. Открытые гидрогео- химические ореолы и потоки рассеяния проявляются на поверхности в виде разнообразных оча- гов разгрузки подземных вод — родники, заболоченности, участки разгрузки подземных вод в поверхностных водо- токах и т. д. Чаще всего образование их происходит при залегании рудных тел выше местных базисов эрозии или пересечении этих тел глубокими тектоническими наруше- ниями, выводящими на поверхность трещинные воды, обогащенные рудными элементами.

Гидрогеохимические поиски такого типа ореолов и потоков рассеяния являются наиболее простыми, не требующими применения каких-либо специальных тех- нических средств.

Закрытые гидрогеохимические ореолы и потоки рассеяния характерны для рудных тел, залегающих ниже местных базисов эрозии, в слабо рас- члененных предгорных и равнинных областях. В отличие от первого типа водных ореолов они не вскрываются современными эрозионными формами рельефа. Выявле- ние закрытых гидрогеохимических ореолов и потоков рассеяния является более трудоемким и осуществляется путем отбора проб воды из различных горных выработок и водозаборных сооружений (шахт, штолен, шурфов, ко- лодцев, скважин и др.).

Компоненты и показатели минерализации, содержа- ния и значения которых претерпевают изменения под влиянием рудных тел, а также их первичных и вторичных ореолов, называются гидрогеохимическими поисковыми признаками. Гидрогеохимические поисковые признаки делятся на прямые и косвенные. К прямым поисковым признакам относятся в первую очередь главные рудные

элементы, характерные для данного типа месторождения, а также второстепенные элементы — примеси, создающие гидрогеохимические ореолы и потоки рассеяния. К косвенным поисковым признакам относятся такие компоненты и показатели, как ионы  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ , рН, а также изменение типа минерализации вод, суммарная минерализация и обусловленное ею удельное электрическое сопротивление вод.

Гидрогеохимические ореолы и потоки рассеяния выделяются на фоне вод, химический состав которых формируется под влиянием только региональных геологических и гидрогеологических условий вне зоны воздействия рудных тел и их ореолов. Эти воды, называемые фоновыми, обогащаются компонентами минерализации (в том числе и характерными для гидрогеохимических ореолов) за счет сернокислотного и углекислотного разложения горных пород и процессов континентального засоления.

Наиболее контрастные гидрогеохимические ореолы и потоки рассеяния образуются в условиях интенсивного окисления рудных тел и их литогеохимических ореолов. В том случае, если рудные залежи оказываются обогащенными дисульфидами железа и залегают в химически слабоактивных силикатных породах, образуются потоки кислых сульфатных грунтовых вод с наиболее высокими концентрациями основных рудообразующих и сопутствующих компонентов. Агрессивно воздействуя на вмещающие породы, эти воды обогащаются сернокислыми солями железа, алюминия, кальция, натрия, магния и т. д. Из разнообразного поискового комплекса металлов (медь, цинк, свинец, никель, кадмий и др.) выпадают лишь такие, которые отличаются неустойчивостью в резко кислой сульфатной среде — молибден и т. д.

Контрастность гидрогеохимических ореолов рассеяния интенсивно окисляющихся сульфидных руд колчеданного типа достигает нескольких десятков и сотен тысяч, что в значительной мере облегчает их обнаружение при соответствующем знании направления движения вод. Величина окислительно-восстановительного потенциала в кислых сульфатных водах достигает своих максимальных значений (0,5—0,6 в), а рН может снижаться до 0,7—0,5. Под влиянием интенсивного растворяющего воздействия кислых сульфатных вод нередко образуется «сульфидный карст».

Размеры гидрогеохимических ореолов рассеяния в виде кислых сульфатных вод, как правило, не превышают 300—500 м, и только на участках сильно ожелезненных выветрелых пород или крупных литогеохимических вторичных ореолов рассеяния формируются вытянутые по направлению движения грунтовых вод гидрогеохимические потоки рассеяния большой протяженности (до 2,5—3,0 км).

Значительно менее контрастные гидрогеохимические ореолы и потоки рассеяния образуются при взаимодействии подземных вод с рудными залежами, бедными дисульфидами железа, даже при залегании рудных тел на небольшой глубине выше местных базисов эрозии. Ведущими поисковыми компонентами в этом случае также являются основные рудообразующие металлы с соответствующим комплексом элементов-спутников. Ввиду слабого отличия рН аномальных вод от рН фоновых вод этот косвенный показатель в данном случае почти теряет свое поисковое значение. Что же касается сульфат-иона, то, несмотря на резкое снижение контрастности гидрогеохимических ореолов по сульфат-иону, последний либо в абсолютных значениях, либо в виде отношений может быть успешно использован и при поисках данного типа месторождений.

Слабоконтрастные гидрогеохимические ореолы образуются вокруг неокисленных рудных тел, залегающих обычно ниже местных базисов эрозии под толщей слабопроницаемых глинистых или слаботрещиноватых скальных пород. Как правило, они являются закрытыми и очень редко проявляются в неглубоких аллювиальных потоках. При современной чувствительности и точности анализов эти ореолы трудно отличимы от фоновых вод. Основными горизонтами опробования для неокисленных рудных тел являются в основном более глубокие грунтово-трещинные и межпластовые подземные воды.

Ниже зоны распространения кислородсодержащих грунтовых вод формирование гидрогеохимических ореолов рассеяния рудных тел происходит в результате воздействия на воды окисленных форм металлов, а также процессов электрохимического растворения и жизнедеятельности микроорганизмов. При электрохимическом растворении полиметаллических руд в среде с рН,

## Основные типы безрудных гидрогеохимических аномалий

1	2	3
Главнейшие факторы формирования безрудных гидрогеохимических аномалий	Особенности проявления аномалий в подземных и поверхностных водах	Типичные примеры аномалий
<p>1) Вынос водами рудных элементов из регионально обогащенных ими литологических комплексов пород</p>	<p>Водоносные комплексы с регионально повышенным содержанием элементов, входящих в состав водовмещающих пород</p>	<p>Грунтово-трещинные воды, сингенетически обогащенные рудными элементами осадочных (Cu, Pb, Zn и др.) и ультраосновных (Ni, Cr и т. д.) пород</p>
<p>2) Вынос трещинными водами рудных и нерудных элементов из обогащенных ими зон тектонических нарушений</p>	<p>Вытянутые по простиранию тектонических нарушений потоки трещинных вод с повышенным содержанием рудных элементов и измененным солевым составом, отличным от состава окружающих вод</p>	<p>Воды безрудных разломов с повышенным содержанием Cu, Zn, В, F и других рудных элементов, а также макрокомпонентов (Cl, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Na, Ca, Mg, SiO<sub>2</sub> и т. д.)</p>
<p>3) Вынос грунтово-трещинными водами элементов из безрудных гидротермально измененных пород, связанных с современной или древней поствулканической деятельностью</p>	<p>Участки распространения подземных и поверхностных вод различной формы с повышенным содержанием рудных элементов</p>	<p>Воды серпентинизированных, каолинизированных, алуинизированных и прочих пород, обогащенные Ni, Cu, В, F, SiO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub> и т. д.</p>
<p>4) Накопление элементов в грунтовых и поверхностных водах аридной зоны</p>	<p>Участки вод повышенной минерализации с высокими содержаниями легко накапливающихся элементов</p>	<p>Воды бессточных впадин аридной зоны с высокими содержаниями Mo, Zn, As, В и других накапливающихся элементов</p>
<p>5) Накопление элементов в поверхностных водоемах гумидной зоны</p>	<p>Озера, болота и другие бассейны с высоким содержанием различных элементов</p>	<p>Болота таежных ландшафтов с повышенными содержаниями Fe, Cu и других элементов вследствие обогащенности вод органикой в условиях кислой среды и восстановительной обстановки</p>
<p>6) Интенсивное выщелачивание агрессивными минеральными водами фоновых и повышенных содержаниями элементов из вмещающих пород</p>	<p>Повышенные содержания различных элементов в минеральных водах</p>	<p>Углекислые и азотные термальные воды зоны альпийской складчатости, обогащенные Zn, Cu, As, W и другими элементами</p>
<p>7) Разгрузка глубоких, обогащенных различными элементами вод в выщелачивающие водоносные горизонты</p>	<p>Локальные изменения химического состава вод на участках их смешения с более глубокими напорными водами, обогащенными рудными элементами</p>	<p>Повышенное содержание Zn, В, Mo, As, SO<sub>4</sub> и других элементов в очагах разгрузки трещинно-жилых напорных вод в грунтовые воды</p>
<p>8) Искусственное загрязнение природных вод рудными элементами, сточными водами, отвалами и т. д.</p>	<p>Резкое локальное увеличение содержания отдельных рудных элементов в подземных и поверхностных водах</p>	<p>Высокие концентрации рудных элементов в подземных и поверхностных потоках, размывающих отвалы или питаемых промышленными стоками</p>

близким к семи, наблюдается такая последовательность сульфидных минералов в порядке возрастания устойчивости: сфалерит, молибденит, галенит, пентландит, пирротин, халькопирит и пирит. Это может привести, например, к заметному обогащению ореолов рассеяния медно-никелевых сульфидных руд никелем, медно-молибденовых — молибденом, свинцово-цинковых — цинком.

В связи с тем, что активность миграции большинства основных рудных компонентов в зоне застойных вод заметно уменьшается, большое значение при поисках глубоко залегающих руд приобретают так называемые сквозные элементы-спутники. Свободно мигрируя в нейтральных и щелочных водах, в переходной окислительно-восстановительной обстановке, молибден, мышьяк, германий и другие элементы позволяют более обоснованно интерпретировать глубинные гидрогеохимические ореолы.

Контрастность гидрогеохимических аномалий изменяется во времени в зависимости от режима подземных и поверхностных вод, особенно в районах интенсивного водообмена. Наглядным примером являются аномалии в некоторых высокогорных районах, зависящие от условий питания и стока ледниковых вод.

При гидрогеохимических поисках, помимо ореолов и потоков рассеяния месторождений (рудных аномалий), выявляются многочисленные безрудные аномалии, обусловленные различными факторами, главнейшие из которых приведены в табл. I.

Гидрогеохимический метод по сравнению с другими геохимическими методами имеет следующие главные преимущества:

а) возможность оценки перспектив глубоко залегающих горизонтов земной коры в отношении залежей полезных ископаемых, т. е. большая по сравнению с другими методами потенциальная глубинность гидрогеохимического метода;

б) значительная протяженность водных ореолов и потоков, устойчивых в широком диапазоне условий.

К числу основных недостатков гидрогеохимического метода относятся следующие:

а) неравномерное распределение водопроявлений и ограниченные возможности применения в районах с малым количеством водопроявлений;

б) трудность интерпретации гидрогеохимических аномалий и невозможность количественной оценки масштаба оруденения по выявленным гидрогеохимическим ореолам и потокам рассеяния;

в) изменение во времени содержаний химических элементов в водах, что требует проведения специальных режимных наблюдений.

#### 4. БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ

Биогеохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых основаны на использовании зависимости химического состава, видовых ассоциаций и морфологии организмов от химического состава среды обитания. Данные методы делятся на группы собственно биогеохимических и биологических методов.

Собственно биогеохимические методы основаны на анализе химического состава организмов и продуктов их жизнедеятельности: растений, торфа, растительного опада и т. п. Основой биологических методов является использование приуроченности специфических организмов и их сообществ или специфических изменений форм и жизнедеятельности организмов к участкам среды с определенными особенностями химического состава. Среди данных методов выделяются геоботанический (связанный с растительными индикаторами) и микробиологический или бактериальный (использующий развитие специфических видов бактерий).

В настоящей инструкции рассматриваются собственно биогеохимические методы поисков, основанные на выявлении вторичных биогеохимических ореолов, происхождение которых связано с биогенной аккумуляцией химических элементов, обусловленной явлениями гипергенного изменения рудных месторождений или их первичных ореолов.

Зависимость химического состава растений от содержания химических элементов в почвах, почвообразующих породах и подземных водах не является простой. Она усложняется воздействием ряда факторов, важнейшими из которых являются следующие:

а) зависимость содержания элементов от видов растений;

б) неравномерность распределения элементов по органам растений;

в) вегетационные и возрастные изменения содержания элементов в растениях;

г) зависимость содержания элементов в растениях от климатических условий;

д) зависимость содержания данного элемента в растениях от общего химического состава и типа почв.

Указанные факторы приводят к резкому колебанию содержания элементов в растениях независимо от содержания их в почвах и почвообразующих породах, вследствие чего эффективное проведение биогеохимических поисков требует строгого учета этих факторов.

Вторичные ореолы рассеяния месторождений полезных ископаемых, проявленные в растительности, в наиболее общем случае в той же степени или более отчетливо проявляются и в почве. Вследствие этого они могут быть обнаружены с помощью литогеохимических методов, и тогда применение более сложного биогеохимического метода поисков нецелесообразно. Однако существуют условия, в которых биогеохимический метод поисков имеет преимущества перед литогеохимическим методом. В районах гумидной зоны вынос тех или иных элементов из верхних горизонтов почвы может преобладать над их биогенной аккумуляцией. В этом случае опробование в поисковых целях растений или растительной подстилки (опада) может быть геологически эффективным и экономически более выгодным, нежели производство глубинных литогеохимических поисков.

Благоприятная обстановка для применения биогеохимического метода может иметь место также в районах полупустынь аридной зоны, где при глубоком проникновении корневой системы (до 15—25 м) разреженный растительный покров и малый объем ежегодного растительного опада не создают условий для отчетливого развития биогенного ореола в почвенном слое.

Ореолы рассеяния, возникающие над месторождениями полезных ископаемых в торфах, обуславливаются первичными концентрациями элементов, накопившимися в растениях при их жизни, а также вторичным сорбционным по природе обогащением торфа элементами за счет диффузии и капиллярного подъема растворов или

прямого влияния гидрогеохимических ореолов рассеяния. Сходную природу имеют ореолы рассеяния в растительной подстилке, т. е. в образующемся под пологом живых растений слое растительных остатков. В результате вторичного обогащения элементов из растворов ореолы рассеяния в торфе и растительной подстилке нередко бывают более отчетливо выражены, чем в живых растениях или в почве.

Биогеохимические методы поисков могут иметь преимущества перед литогеохимическими методами также в тех случаях, когда район исследований перекрыт дальнеприносным рыхлым материалом или делювиальный покров обладает повышенной мощностью, при которой проявление литогеохимических вторичных ореолов рассеяния на поверхности полностью или частично исключается. В то же время в составе определенных видов растений (а также торфе, растительной подстилке) можно обнаруживать геохимические аномалии, связанные с наличием руд на глубине.

Растения, избирательно обогащающиеся каким-либо элементом независимо от местного содержания его в окружающей среде (так называемые растения-концентраторы), часто не могут быть использованы для проведения биогеохимических поисков, несмотря на высокое содержание в них этого элемента.

Резко проявленные изменения химического состава почв и почвообразующих пород, в частности появление высоких концентраций рудных элементов, могут вызвать местные изменения биологических особенностей растительности. Эти изменения могут выражаться в следующем:

а) смене видового состава растительных ассоциаций и появлении специфических растений, являющихся индикаторами на определенные химические элементы;

б) появлении необычных форм растений, изменении темпов их развития, угнетении растений или, наоборот, их пышном росте и т. п.

Данные положения лежат в основе геоботанических методов поисков месторождений полезных ископаемых. Поскольку ярко выраженные изменения такого рода встречаются не часто, геоботанический метод поисков имеет лишь подчиненное значение.



## 5. ОБЛАСТЬ И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ

Геохимические методы поисков рудных месторождений применяются на всех этапах и стадиях геологоразведочных работ. Типы и масштабы проведения геохимических поисков, а также особенности их сочетания с другими видами работ определяются степенью геологической изученности данной территории, ее геологическими и ландшафтно-геохимическими условиями, а также конкретными задачами планируемых поисковых работ.

По геологическому строению различают три основных структурных типа регионов, определяющих характер проведения геохимических поисков.

I. Складчатые (одноярусные) районы с покровом современных рыхлых образований преимущественно элювиально-делювиального генезиса, занимающие около 30% территории СССР. Объектами поисков являются эндогенные и осадочно-метаморфогенные месторождения, в основном выведенные действием тектонических и денудационных процессов к поверхности. Вторичные ореолы и потоки рассеяния месторождений в этих условиях одновременно могут проявляться в современных рыхлых образованиях (элювио-делювии, аллювии), поверхностных и подземных водах и составе растительности. В горных активно денудированных районах этого типа преимущественное и достаточно эффективное применение имеют литогеохимические методы поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния. В районах гумидной зоны при замедленной денудации их иногда целесообразно сочетать с гидрогеохимическими исследованиями.

II. Районы двухъярусной геологической структуры, слабо расчлененные, с преобладанием аккумулятивных форм рельефа, занимающие примерно 57% территории СССР. Объектами поисков являются полого залегающие осадочные месторождения в мощных толщах (сотни — тысячи метров) пород верхнего структурного яруса. Вторичные ореолы и потоки рассеяния рудных месторождений на поверхности в этих условиях не проявляются. Геохимические поиски можно проводить путем гидрогеохимического опробования искусственно вскрываемых глубоких подземных вод (по гидрогеохимическим орео-

лам и потокам рассеяния) и сочетать с литогеохимическим опробованием керна скважин.

III. Складчатые закрытые районы аккумулятивно-денудационных равнин с чехлом аллохтонных (дальне-приносных) отложений ограниченной мощности (десятки метров, реже 100—200 м), занимающие около 13% территории СССР. Объектами поисков являются эндогенные и осадочно-метаморфогенные месторождения в породах складчатого основания, иногда одновременно осадочные (в частности, россыпные) месторождения в породах чехла. Регионы рассматриваемого типа обычно приурочены к краевым частям платформ, хотя иногда они располагаются внутри горно-складчатых районов. Развитие вторичных ореолов и потоков рассеяния на поверхности в таких случаях не наблюдается. В зависимости от местных условий геохимические поиски можно проводить методами глубинного литогеохимического или гидрогеохимического опробования либо сочетанием этих методов. При мощности аллохтонных отложений до 10 м (реже до 20—30 м) местами эффективное применение может получить биогеохимический метод поисков.

Большое значение для обоснования методики геохимических поисков в районах первого и частично третьего типов имеют местные современные ландшафтно-геохимические условия. Выбор рациональной методики проведения геохимических поисков в значительной мере зависит также от масштаба планируемых поисковых и геологосъемочных работ.

При геологических съемках в масштабе 1 : 200 000—1 : 100 000 геохимические исследования проводятся в двух основных направлениях.

1. Попутное изучение особенностей региональной геохимической специализации магматических, метаморфических и осадочных пород с целью выявления потенциально рудоносных геологических комплексов, а также получения геохимических данных для решения ряда геологических вопросов, связанных с изучением магматизма, метаморфизма, литологии, условий осадконакопления, уровня эрозионного среза территории и т. д. (В данной инструкции методы решения указанных выше задач не рассматриваются.)

2. Одновременные с геологическими съемками рекогносцировочные литогеохимические поиски того же масштаба

таба по вторичным потокам рассеяния в современной гидросети, которые проводят в горных активно денудированных районах Сибири, Казахстана, Средней Азии, Кавказа, Закавказья, Северного Урала и Дальнего Востока. Иногда эти работы целесообразно сочетать с гидрогеохимическими поисками.

В состав геохимических исследований этого направления входит также шлиховая съемка того же масштаба. В районах гумидной зоны со сглаженными формами рельефа (Средний Урал, Салаир, Кузнецкий Ала-Тау, Карпаты и др.) литогеохимические поиски следует дополнять гидрогеохимическими поисками того же масштаба. В закрытых районах целесообразно проведение глубинных гидрогеохимических поисков с использованием имеющихся скважин (Украина, предгорные районы Среднего и Южного Урала, Тургайский прогиб, Северный Казахстан, часть Рудного Алтая, Западной Сибири и т. п.). Специализированные глубинные литогеохимические и гидрогеохимические поиски в закрытых районах целесообразны на стадии более детальных геологических съемок и поисков.

Геохимические поиски в масштабе 1:200 000—1:100 000 сочетают с воздушными и наземными геофизическими съемками соответствующих масштабов.

При поисках в масштабе 1:50 000—1:25 000 геохимические методы играют первостепенную роль в общем комплексе геологоразведочных работ. На этом этапе следует различать несколько вариантов проведения геохимических поисков.

1. В перечисленных выше горных активно денудированных районах, а также в слабо расчлененных открытых складчатых районах аридной зоны с покровом элювиально-делювиальных отложений (Центральный Казахстан, Южный Урал и Мугоджары, южные районы Сибири, Забайкалья и др.) геохимические поиски в основном проводят литогеохимическим методом, путем выявления вторичных ореолов рассеяния месторождений. Работы выполняют последовательно, начиная с масштаба 1:50 000, с дальнейшим выборочным проведением съемок более крупного масштаба. В соответствующей геологической обстановке поиски по вторичным и первичным ореолам рассеяния сочетаются.

2. В слабо расчлененных складчатых районах гумидной зоны с повышенной мощностью элювиально-делювиальных отложений литогеохимические съемки в масштабе 1:50 000 следует сочетать с гидрогеохимическими поисками (Средний Урал, Западная Сибирь и т. п.).

3. В складчатых районах севера Европейской части СССР, закрытых маломощным покровом ледниковых отложений без мерзлоты, а также в закрытых районах аридной зоны с покровом дальнепринесенных отложений, не превышающим возможную глубину проникновения корневой системы растений, целесообразно проведение биогеохимических поисков в масштабе 1:50 000 и крупнее. Выявленные биогеохимические аномалии следует детализировать с помощью глубинных литогеохимических исследований. Существенную роль могут играть гидрогеохимические поиски.

4. В закрытых районах с покровом рыхлых аллохтонных отложений мощностью до 100—150 м поиски оруденения в породах складчатого фундамента проводятся методом глубинной литогеохимической съемки путем выявления погребенных вторичных ореолов рассеяния (Северный Казахстан, Южный Урал, Украинский кристаллический массив и некоторые другие районы). До начала глубинных литогеохимических поисков в таких районах необходимо проводить специальные подготовительные геологические и геофизические работы для районирования территории по мощности рыхлого чехла, перекрывающего древнюю кору выветривания.

5. В тех же районах при поисках месторождений в фундаменте, если в основании пород чехла залегает водоносный горизонт, гидравлически связанный с трещинными водами фундамента, а также при поисках экзогенных месторождений в породах чехла целесообразно проведение глубинных гидрогеохимических поисков путем опробования глубоких подземных и межпластовых вод по сети специальных скважин (некоторые районы Рудного Алтая, Северного Казахстана, Средней Азии, Украины и др.). Проведение этих работ сочетают с литогеохимическим опробованием керна скважин.

При отсутствии древних кор выветривания и водоносного горизонта в основании чехла геохимические поиски проводят по первичным ореолам путем литогеохимического опробования керна поисковых скважин,

углубляемых в породы складчатого основания, и сочетают с гидрогеохимическим опробованием трещинных вод.

В районах, где рудовмещающие породы перекрыты плотными породами (четвертичные лавы Закавказья, сливные песчаники Казахстана, молодые эффузивы Дальнего Востока, сибирские траппы), проведение глубинных геохимических поисков резко ограничивается. Поисковое значение может иметь гидрогеохимическое опробование восходящих подземных вод в пунктах их естественной разгрузки.

Геохимические поиски в масштабе 1 : 50 000—1 : 25 000 сочетаются с геологическими, аэрогеофизическими и комплексными наземными геофизическими съемками тех же масштабов, сопровождаются и завершаются проведением поисково-разведочных горных и буровых работ.

На этапе детальных поисков, предварительной, детальной и эксплуатационной разведки месторождений полезных ископаемых геохимические исследования проводят главным образом с целью поисков отдельных рудных тел в пределах рудных полей месторождений. При наличии соответствующих геологических условий геохимические поиски на данном этапе следует начинать с проведения детальных литогеохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния в обычном или глубинном варианте. Изучение первичных ореолов скрытого оруденения производят путем вскрытия вторичных ореолов поверхностными выработками и систематического опробования керна скважин и подземных выработок. Детальные литогеохимические поиски (в масштабе 1 : 10 000—1 : 2000) должны обязательно сопровождаться структурно-геологическими и комплексными геофизическими съемками тех же масштабов. Эти работы целесообразно дополнять гидрогеохимическим опробованием всех естественных источников, скважин и мест притока вод в подземных выработках.

Литогеохимические исследования первичных ореолов оруденения и поиски скрытых рудных тел необходимо своевременно начинать на всех разведываемых месторождениях и продолжать на стадии их эксплуатации. Изучение первичных ореолов целесообразно также проводить в пределах уже выявленных непромышленных рудопроявлений и благоприятных структурных зон, если

имеются обоснованные геологические предпосылки о возможности нахождения скрытого оруденения на глубине.

Необходимо отметить, что в процессе проведения поисков в зависимости от конкретных геологических условий следует рационально сочетать литогеохимические поиски по первичным и вторичным ореолам, а также гидрогеохимические и биогеохимические методы поисков. Однако требование максимально экономичного проведения поисков ставит задачу выбора наиболее эффективного для данного масштаба и стадии поисковых работ геохимического метода, с помощью которого в каждом конкретном районе поиски рудных месторождений могут быть проведены наиболее надежно, при минимальных затратах средств и времени.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ РАБОТ

§ 1. Геохимические поиски можно проводить как в комплексе с геологосъемочными, геофизическими, геологоразведочными, гидрогеологическими и другими работами, так и самостоятельно.

§ 2. Основным документом на производство геохимических исследований является проект, который составляется в соответствии с целевым заданием и требованиями настоящей и других инструкций, наставлений и норм, действующих в системе Государственного геологического комитета СССР.

Географо-экономическую, геологическую и гидрогеологическую характеристики района работ, ландшафтно-геохимические его особенности, данные об оруденении приводят в проекте целенаправленно в объемах, необходимых для правильной организации геохимических поисков. В специальной части проекта должны быть освещены следующие вопросы:

1) цель и задачи проектируемых геохимических работ (поиски вскрытых эрозией, скрытых или погребенных месторождений, установление поисковых критериев, решение методических вопросов и т. д.);

2) выбор поисковых геохимических методов, комплексов геохимических исследований между собой и с другими видами геологоразведочных работ;

3) обоснование масштаба исследований, методики отбора и обработки геохимических проб;

4) обоснование методик аналитических и других определительских работ, перечень химических элементов

и других показателей с указанием чувствительности и точности их определения;

5) объемы полевых, аналитических и камеральных работ и их обоснование;

6) организация полевых, аналитических и камеральных работ (обоснование производственных подразделений, районы и участки их работ, размещение лабораторий, применяемый транспорт, календарный план работ, мероприятия по технике безопасности и т. д.);

7) потребность в аппаратуре и оборудовании;

8) перечень отчетных материалов.

В целом производственно-методическая часть проекта должна содержать достаточные данные для расчета смет и служить основным наставлением для исполнителей при производстве работ.

§ 3. Методику геохимических поисков разрабатывают в соответствии с поставленными задачами и условиями работ на основе опыта предыдущих исследований, а также изучения литературных и фондовых материалов по данному району или смежным с ним с аналогичным геологическим строением и ландшафтно-геохимическими условиями.

§ 4. При разработке методики геохимических работ необходимо учитывать следующее:

а) распространение и характер рыхлых отложений, их мощность, происхождение; при этом желательно составление карт ландшафтно-геохимического районирования для правильного обоснования и проектирования тех или иных геохимических методов исследования;

б) минералогический и химический состав первичных руд и их изменения в зоне окисления, особенности поведения основных элементов и их спутников в зоне гипергенеза, морфологию и условия залегания рудных тел, характер выходов их на дневную поверхность, характер окolorудных изменений вмещающих пород, состав пород района, наличие кор выветривания, характер первичных ореолов, местные фоновые и аномальные содержания элементов-индикаторов;

в) особенности вторичных потоков и ореолов рассеяния по фазам (солевой, механический, смешанный), их геометрические размеры, фоновые и аномальные содержания основных элементов-индикаторов;

г) глубину представительного горизонта опосредования.

§ 5. При проектировании гидрогеохимических исследований дополнительно учитывают:

а) общие гидрогеологические условия района;

б) типы подземных вод и условия их формирования, области питания и разгрузки, глубины залегания, режим подземных вод, связь между отдельными горизонтами;

в) общий химический состав подземных вод и их минерализацию, содержание макро- и микрокомпонентов, а также органических веществ;

г) наличие и распределение естественных водопроявлений и их характеристику, распределение колодцев, буровых скважин, горных выработок и глубину вскрываемых ими подземных вод;

д) наличие мерзлоты, ее мощность, распространение, мощность деятельного слоя, характеристику надмерзлотных, межмерзлотных и подмерзлотных вод;

е) характеристику поверхностных вод (особенности гидрографической сети, ее плотность, режим, расходы рек и ручьев, характер питания поверхностных вод и их связь с подземными водами, химический состав поверхностных вод);

ж) геохимическую обстановку среды, в которой происходит формирование ореолов и потоков рассеяния (величина рН и содержания  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  в подземных и поверхностных водах, химическая активность пород, карбонатность почв и коры выветривания, данные об окислительно-восстановительном потенциале вод);

§ 6. При проектировании биогеохимических поисков следует учитывать:

а) типы почв, характер их распределения, строение, мощность, кислотность, карбонатность и т. д.;

б) распространенность отдельных видов растений в зависимости от типа почв и почвообразующих пород, а также микроклиматических условий;

в) особенности концентрации элементов отдельными видами растений, распределение элементов в различных их органах, влияние фаз развития растений на усвоение элементов;

г) характеристику зональности растений, возможность отбора биогеохимических проб в зимнее время.

§ 7. Для определения характера и объема топогеодезических работ при геохимических поисках необходимо предварительно изучить топогеодезическое обеспечение территории исследования (топографические карты, аэрофотоснимки, спектрально-зонные снимки и т. д.). Это поможет районированию территории по условиям ведения геохимических поисков, а затем оценке получаемых результатов.

§ 8. Производственные геохимические работы в новых районах и на новых объектах необходимо начинать с проведения опытных работ, программа которых должна быть разработана при составлении проекта и включена в план работ. Опытные работы проводят одновременно в начале производственных работ или в процессе их ведения в зависимости от возникающих вопросов и сложности их решения.

В отдельных случаях, когда при проектировании на основании имеющихся данных нельзя установить возможность применения тех или иных геохимических методов для решения поставленных геологопоисковых задач, может быть организован специальный выезд группы работников в район намечаемых работ для сбора необходимых материалов и производства опытных исследований.

§ 9. В районах, где геологические съемки проводят в течение двух-трех сезонов, площадные геохимические поиски следует выполнять в первый год работ. Литогеохимические поиски по потокам рассеяния целесообразно сочетать с шлиховым опробованием, а гидрогеохимические поиски — с гидрогеологическими съемками соответствующего масштаба.

§ 10. Геохимические исследования на поисково-разведочной и разведочной стадиях сочетают с детальными геологическими съемками, горными выработками и буровыми скважинами, а также комплексуют с геофизическими методами. В зависимости от геологических задач объемы этих работ и последовательность проведения их могут быть разнообразны. Работы следует начинать со съемок для оконтуривания перспективных участков с по-

верхности. Результаты этих съемок служат основанием для более детального и глубинного изучения выявленных перспективных аномалий.

§ 11. Предварительная проверка и оценка перспективности выявленных геохимических аномалий должны быть произведены силами геохимического отряда (партии), для чего в проектах работ последних нужно предусматривать необходимые объемы поверхностных легких горных выработок, а также геофизических работ. Проходку глубоких шурфов и буровых скважин, как правило, следует выполнять поисково-разведочными партиями при условии заблаговременного включения необходимых объемов этих работ в их проекты.

§ 12. В зависимости от ожидаемого типа оруденения для проверки выявленных аномалий следует разработать определенную последовательность проверочных исследований, имея в виду, что в первую очередь применяют те методы, которые в данных геологических, ландшафтно-геохимических и физико-географических условиях могут решить задачу выявления оруденения с меньшими затратами времени и средств.

§ 13. В целях «разбраковки» аномалий и выделения среди них наиболее перспективных, заслуживающих первоочередной проверки, может быть рекомендован следующий порядок работ:

1) геологическое изучение выявленной аномалии и в случае необходимости детализации геохимическими методами;

2) оценка продуктивности выявленных ореолов рассеяния и их расшифровывание с учетом местных ландшафтно-геохимических условий, проходка легких горных выработок (канал, шурфов глубиной до 10 м), различные виды поверхностного опробования;

3) геофизические исследования с проведением дополнительного геологического и геохимического изучения объекта, оценка прогнозных (геологических) запасов руд и проектирование на основе полученных данных разведочных выработок;

4) вскрытие предполагаемого оруденения глубокими горными выработками или скважинами.

§ 14. Геохимические поиски должны быть организованы таким образом, чтобы весь цикл работ от рекогно-

сцировочных до детальных, кончая предварительной проверкой геохимических аномалий геофизическими методами, горными выработками и буровыми скважинами, был завершен в минимально короткий срок с тем, чтобы к моменту составления проектов работ на следующий год был обеспечен выбор перспективных рудопроявлений для постановки на них поисково-разведочных и разведочных работ. Для этого в проектах по геохимическим поискам следует предусматривать резервные объемы геохимических работ детальных масштабов в целях изучения наиболее перспективных аномальных участков, выявленных в результате поисковых съемок. Объем таких работ может составлять до 30—40% от объема основных видов работ.

§ 15. При комплексировании геохимических методов поисков с геофизическими методами площадные литогеохимические поиски по ореолам рассеяния и геофизические работы методами наземной магниторазведки, радиометрии, гравиразведки и электроразведки целесообразно проводить по одной и той же сети наблюдений, имея в виду последующее сопоставление получаемых результатов, а также использование однажды разбиваемой топографической сети для нескольких методов съемки. Это позволяет получать комплексные данные для геологических выводов и вести работы более экономично.

Последовательность в проведении работ геохимическими и геофизическими методами обычно определяется условиями работ и особенностями исследуемого участка. В первую очередь применяют тот метод исследования, который в данной геологической обстановке способен с меньшими затратами решить задачу выявления рудных залежей.

§ 16. Результаты геохимических исследований должны быть расшифрованы с учетом геологических и геофизических данных. В связи с тем, что имеющихся геологических сведений для интерпретации аномалий часто бывает недостаточно, в проекте следует предусмотреть полевые геологические наблюдения.

§ 17. При составлении проекта геохимических работ необходимо иметь в виду целесообразность организации самостоятельных отрядов (партий), занимающихся раз-

личными видами геохимических поисков. Организация полевой лаборатории на базе круглогодичной или сезонной партии целесообразна при годовом объеме работ свыше 25 000 проб, работе в удаленных труднодоступных районах, а также при проведении глубинных литогеохимических поисков с агрегатами типа СУГП и других (для возможности детализации до переезда станков на новые площади).

§ 18. Анализы геохимических проб и графическую обработку материалов необходимо проводить в процессе производства поисков, результаты которых должны быть расшифрованы на месте полевых работ.

## ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ ПО ВТОРИЧНЫМ ОРЕОЛАМ И ПОТОКАМ РАССЕЙНИЯ

### 1. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

§ 19. Сущность литогеохимических методов поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния заключается в изучении распределения химических элементов в рыхлых отложениях и почвах, перекрывающих рудные тела и вмещающие их породы, путем систематического опробования. Данные методы являются обязательной составной частью геологоразведочных работ, проводимых с целью поисков рудных полезных ископаемых на территории СССР в природных условиях, допускающих их эффективное применение.

§ 20. Литогеохимические исследования по вторичным ореолам и потокам рассеяния делятся на три типа: рекогносцировочные, поисковые и детальные.

§ 21. Рекогносцировочные литогеохимические исследования по потокам рассеяния проводят в комплексе со шлиховой съемкой, как правило, одновременно с геологосъемочными работами в масштабе 1:200 000—1:100 000 в горных активно денудированных районах, а также районах гумидной зоны со сглаженными формами рельефа. В последнем случае литогеохимические исследования по потокам рассеяния целесообразно дополнять гидрогеохимическими съемками того же масштаба. В слабо расчлененных открытых складчатых районах аридной зоны следует проводить рекогносцировочные литогеохимические исследования по вторичным ореолам рассеяния.

В задачу рекогносцировочных литогеохимических исследований по вторичным ореолам и потокам рассеяния входит выяснение общей геохимической характеристики исследуемого района, его металлогенических особенностей, а также попутное обнаружение потоков и ореолов рассеяния части месторождений.

§ 22. Поисковые литогеохимические исследования по вторичным ореолам и потокам рассеяния в масштабе 1:50 000—1:25 000 применяют в рудных районах и металлогенических провинциях с уже доказанной рудной минерализацией промышленного масштаба, а также в новых и слабо изученных районах вслед за исполнением рекогносцировочных геохимических исследований и иных поисковых работ, давших положительные результаты.

Во всех достаточно расчлененных районах с отчетливо развитой гидросетью следует первоначально применять литогеохимический метод поисков по потокам рассеяния одновременно со шлиховым опробованием. В равнинных районах с неотчетливо выраженными путями современного стока поиски ведут литогеохимическим методом по вторичным ореолам рассеяния. В условиях пены с балочной сетью, вскрывающей коренные породы, но с водораздельными участками, перекрытыми молодыми отложениями, поиски по потокам рассеяния возможны, однако получаемые данные будут характеризовать только площадь, непосредственно размываемую рекой. Аномальные участки, выявленные по потокам рассеяния, следует детализировать методом поисков по вторичным ореолам рассеяния.

В задачу поисковых литогеохимических исследований по вторичным ореолам и потокам рассеяния входят обнаружение ореолов новых месторождений полезных ископаемых и установление общих закономерностей их размещения.

§ 23. Детальные литогеохимические исследования по вторичным ореолам рассеяния (см. табл. 2 и 3) проводят на выборочных участках, заведомо несущих проявления рудной минерализации, выявленных в процессе геохимических и других работ. В задачу детальных литогеохимических исследований по вторичным ореолам рассеяния входят обнаружение, прослеживание по простиранию и оконтуривание ореолов рассеяния отдельных рудных тел и зон, а также их оценка.

§ 24. Литогеохимические съемки в масштабе 1:25 000 и мельче следует проводить с целью взаимовязки и избежания перекрытий, как правило, попланшетно, в рамках трапеций государственной разграфки соответствующего масштаба. По геологическим или организационным соображениям допускается производство поисков на  $\frac{1}{2}$  или  $\frac{1}{4}$  листа соответствующей разграфки. Литогеохимические съемки в масштабе 1:10 000, проводимые на участках, превышающих по площади 50 км<sup>2</sup>, должны быть обязательно выполнены в рамках трапеций государственной разграфки этого масштаба (или на  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$  листа). Производство литогеохимических съемок масштаба 1:5000—1:2000 в пределах планшетов государственной разграфки является весьма желательным. Постановка детальных работ в пределах одного рудного поля на многочисленных мелких разобщенных участках неправильной формы запрещается (если эти работы не являются опытными).

§ 25. Геометрические размеры ореола или группы ореолов рассеяния в плане вычисляют по длине и ширине зоны, ограниченной нижним аномальным значением определяемого элемента.

§ 26. Размеры потока рассеяния характеризует его длина, т. е. протяженность русла, в пределах которого содержание определяемого элемента больше или равно нижнему аномальному содержанию элемента.

§ 27. Литогеохимические поиски по вторичным ореолам и потокам рассеяния выполняют путем точечного опробования рыхлых отложений по определенной сети на глубине представительного горизонта.

§ 28. Рекогносцировочные литогеохимические поиски по вторичным ореолам проводят по системе отдельных маршрутов, расстояние между которыми определяется по табл. 2 и 3. Направление маршрутов выбирают вкрест господствующему простиранию пород и ожидаемых рудоуправляющих структур с расчетом пересечения всех развитых в районе геологических формаций, интрузивных массивов, их экзо- и эндоконтактных зон и т. п.

§ 29. Литогеохимические поиски по потокам рассеяния в масштабах 1:200 000—1:50 000 выполняют путем равномерного опробования всей площади по сети маршрутов, густота которых зависит от степени эрозионного расчленения местности и выбранного масштаба работ



Таблица 2

Масштабы литогеохимических съемок при поисках по потокам рассеяния

Масштаб	Сеть		Среднее число точек отбора проб на 1 см <sup>2</sup> карты	Число точек отбора проб на 1 км <sup>2</sup> площади
	среднее расстояние между опробуемыми ручьями, км	расстояние между точками отбора проб. по ручью, км		
<i>Рекогносцировочные съемки</i>				
1 : 200 000	2	0,50—0,25	4—8	1—2
1 : 100 000	1	0,25—0,20	4—5	4—5
<i>Поисковые съемки</i>				
1 : 50 000	0,5	0,1	5	20

Таблица 3

Масштабы литогеохимических съемок при поисках по вторичным ореолам рассеяния

Масштаб	Сеть		Плотность точек отбора проб на 1 см <sup>2</sup> карты	Число точек отбора проб на 1 км <sup>2</sup> площади
	расстояние между профилями, м	расстояние между точками отбора проб, м		
<i>Рекогносцировочные съемки*</i>				
1 : 200 000	2000	100	20	5
1 : 100 000	1000	100—50	10—20	10—20
<i>Поисковые съемки</i>				
1 : 50 000	500	50	10	40
1 : 25 000	250	50—25	5—10	80—160
<i>Детальные съемки</i>				
1 : 10 000	100	20—25	5—4	500—400
1 : 5000	50	20—10	2,5—5	1000—2000
1 : 2000	25—20	10	1,6—2	4000—5000

\* Допускаются только в условиях слабо расчлененного рельефа, неблагоприятного для поисков по потокам рассеяния.

(см. табл. 2 и 3). Маршруты располагают вдоль русел небольших рек, ручьев и сухих оврагов. Опробование в поисковых целях рек протяженностью более 15—20 км малоэффективно. В зависимости от детальности работ при поисках по потокам рассеяния расстояния между точками отбора проб принимаются от 100 до 500 м; более частый шаг опробования практически бесполезен.

§ 30. Поисковые и детальные литогеохимические съемки для выявления ореолов рассеяния должны быть выполнены по сети профилей, удовлетворяющей одному из общепринятых масштабов (см. табл. 2 и 3). Профили следует ориентировать вкrest господствующему простиранию рудоконтролирующих структур и рудных зон. При достоверной ориентировке сети опробования вкrest простирания ожидаемых ореолов рассеяния (рудных зон) для надежного выявления последних расстояние между профилями основной сети принимают равным не более 0,9 длины ореола, а расстояние между точками отбора проб — не более половины его ширины. Это обеспечит обнаружение ореола не менее чем одним профилем (в 10% случаев двумя профилями) и двумя аномальными точками на профиле (в предельном случае тремя точками). Практика показывает, что сеть, при которой ореол отмечается только одной аномальной точкой на одном профиле, является ненадежной вследствие возможных случайных ошибок.

Сгущение сети точек по профилю (до 0,5 ширины ореола) за счет допустимого разрежения сети профилей (0,9 длины ореола) приводит к сокращению суммарной протяженности маршрутов и, следовательно, уменьшению общей трудоемкости работ.

§ 31. В геологических и ландшафтно-геохимических условиях, неблагоприятных для образования открытых вторичных ореолов рассеяния, те же результаты поисков могут быть достигнуты при отборе проб по более частой сети и анализе проб с повышенной чувствительностью (ослабленные у поверхности или частично погребенные ореолы) или при глубинном отборе проб (погребенные ореолы).

§ 32. Скрытые рудные тела даже значительных размеров могут быть отмечены на поверхности коренных пород сравнительно небольшими по размерам первичными ореолами, которые в элювиально-делювиальных

отложениях будут характеризоваться также небольшими по размерам и содержаниям вторичными ореолами рассеяния. Поэтому поиски скрытых рудных тел по вторичным ореолам рассеяния в пределах рудных полей и на флангах месторождений необходимо проводить в масштабах 1:10 000—1:2000 и всем выявляемым аномалиям следует уделять внимание.

При ведении глубинных поисковых литогеохимических работ в связи с резким возрастанием стоимости пробоотбора сеть опробования рассчитывают методами теории вероятностей с учетом ее оптимальной геолого-экономической эффективности.

§ 33. Выбранная сеть опробования подлежит оперативному сгущению или разрежению в процессе исполнения работ в зависимости от геологических условий и полученных результатов. Применение равномерной сети отбора проб исключает объективный характер результатов поисков; исключение из обследуемой площади участков, допускающих применение литогеохимических методов поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния, только по соображениям их бесперспективности является совершенно недопустимым.

Сверх обязательного минимума проб по заданной сети в 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.

§ 34. Устанавливаются требования к сети отбора проб при литогеохимических поисках определенных масштабов (табл. 2 и 3).

§ 35. При выполнении литогеохимических поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния следует последовательно увеличивать их детальность на выборочных перспективных площадях. При этом нет необходимости соблюдения всей шкалы возможных масштабов работ.

§ 36. При детальном литогеохимическом поиске по вторичным ореолам рассеяния выбор масштаба съемки определяется морфологией и генетическим типом изучаемых рудопоявлений. При этом отбор проб обычно про-

водят первоначально по основной более редкой сети с последующей разбивкой дополнительных детализационных (часто более коротких) профилей с меньшим шагом отбора проб.

На месторождениях пластового, прожилково-вкрапленного, штокверкового и других типов рудопоявлений, характеризующихся значительными размерами рудных выходов, измеряемых многими сотнями метров и километрами, при относительно равномерном оруденении детальные литогеохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния с отбором проб по сети  $100 \times 20 \div 40$  м в большинстве случаев являются достаточными. На жильных, гнездовых и иных месторождениях, характеризующихся небольшими размерами рудных тел по простиранию (десятки и первые сотни метров), неправильной их формой и неравномерным оруденением, при детальном литогеохимическом поиске по вторичным ореолам целесообразно применение сети пробоотбора  $50 \times 10$  м и  $25 \times 10$  м.

§ 37. Литогеохимические поиски по вторичным ореолам и потокам рассеяния могут производиться в условиях различной обеспеченности района исследований геологической основой:

- а) наличии готовых геологических карт того же масштаба;
- б) одновременном ведении кондиционной геологической съемки того же масштаба;
- в) наличии геологических карт более мелкого масштаба.

При одновременном ведении геологической съемки и литогеохимических поисков (см. п. «б») геологическую интерпретацию результатов поисков осуществляет геологосъемочная партия в качестве одного из элементов ее работы на основе составляемой ею геологической карты того же масштаба. В случае наличия готовых геологических карт или отсутствия геологических карт необходимого масштаба (см. пп. «а» и «в») геологическую интерпретацию результатов литогеохимических поисков выполняют геологи и геохимики специализированного отряда.

§ 38. При ведении литогеохимических поисков выполняют предварительное (до поисков) и последующее (после поисков) геологическое обследование участка работ

с целью выбора направления сети профилей, определения мест сгущения сети и т. п. Все геологические наблюдения, а также данные литогеохимических работ должны быть привлечены для корректирования геологической карты, используемой в качестве основы для геохимических поисков. При детальных литогеохимических съемках составляют схематические геологические карты того же масштаба.

## 2. ОПЫТНЫЕ РАБОТЫ

§ 39. В соответствии с § 8 литогеохимические поиски в новых районах и на новых объектах необходимо начинать с проведения опытных работ.

§ 40. Программой опытных работ при проведении литогеохимических поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния следует предусматривать решение следующих основных вопросов:

1) наличие открытых вторичных ореолов и потоков рассеяния рудообразующих и сопутствующих им элементов вокруг известных рудных тел в данных геологических и ландшафтно-геохимических условиях, а также погребенных вторичных ореолов рассеяния;

2) значения местных фоновых и аномальных концентраций элементов-индикаторов во вторичных ореолах и потоках рассеяния; геометрические размеры вторичных ореолов и потоков рассеяния;

3) характер развития вторичных ореолов и потоков рассеяния по вертикальному разрезу рыхлых отложений с целью выбора представительного горизонта для отбора проб;

4) распределение элементов-индикаторов по разным фракциям ситового анализа проб.

§ 41. В процессе опытных работ каждый из этих вопросов разрешают путем отбора и анализа необходимого числа проб (до 1000—2000) на геологически изученных участках при максимально частой сети отбора проб по профилю (через 5—10 м) и вертикальному разрезу (через 0,2—0,5 м при маломощном элювио-делювии и 1—2 м в случае мощной коры выветривания) с подробной документацией условий опыта.

## 3. ОТБОР ПРОБ

§ 42. При минимальном объеме (весе) литогеохимическая проба должна наиболее достоверно отображать среднее содержание металлов в зоне ее влияния.

§ 43. Глубина, с которой производят отбор проб, во всех случаях должна быть минимальной и отвечающей наиболее эффективному и экономичному проведению работ.

§ 44. При литогеохимических поисках по потокам рассеяния в пробу берут тонкую илисто-глинистую или песчанистую фракцию пролювиально-аллювиальных отложений с поверхности, либо с глубины 15—20 см в пределах сухой пойменной части русла временного или постоянного водотока, либо с его дна в зависимости от местных условий.

Отбор проб начинают с устьев рек с последующим заходом во все боковые притоки и доводят до вершин мелких ручьев, сухих русел и оврагов (саев, распадков и т. п.). Русла длиной менее установленного расстояния между пробами опробуют в приустьевой части ручья до его выхода в долину реки, в которую он впадает. Широкие заболоченные долины с неясно выраженным руслом следует опробовать двумя параллельными маршрутами по бортам. При этом по каждому из маршрутов одновременно опробуют все соответствующие боковые притоки и конусы выноса.

§ 45. При литогеохимических поисках по открытым ореолам рассеяния в пробу должна быть отобрана мелкая песчано-глинистая фракция элювиально-делювиальных отложений из представительного горизонта (часто с глубины 15—20 см под растительным слоем). Оптимальная (наиболее выгодная) глубина пробоотбора должна быть уточнена опытными работами.

В районах преобладания ослабленных у поверхности и погребенных вторичных ореолов рассеяния пробы следует отбирать из горизонта надежного и максимально широкого развития вторичных ореолов месторождений (представительный горизонт). В складчатых районах гумидной зоны с мощным покровом элювиально-делювиальных образований при замедленной денудации представительный горизонт может, в частности, совпадать с верхним гумусированным горизонтом почвенного про-

филя (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 мигрируемых элементов выщелочена, а другая часть элементов, устойчивых к процессам выщелачивания, образует открытые ореолы, то глубина опробования должна соответствовать глубине представительного горизонта искомым элементам, являющихся главным объектом поисков.

§ 46. 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 элювиально-делювиального генезиса любой мощности (современные или древние коры выветривания), развитые на поверхности рудовмещающих пород, часто не являются помехой для проведения литогеохимических поисков: вторичные остаточные ореолы рассеяния обнаруживают в них непосредственно на поверхности или небольшой глубине (0,5—1,2 м). Напротив, аллохтонные (дальнеприносные) отложения даже небольшой мощности (более 2 м) могут полностью экранировать вторичные ореолы рассеяния.

§ 47. В условиях аккумулятивных равнин с покровом аллохтонных элювиально-пролювиальных, эоловых, озерно-лагунных, морских, ледниковых и других дальнеприносных отложений глубина до представительного горизонта может соответствовать полной мощности молодых осадков, перекрывающих рудоносные формации, и совпадать с кровлей древней коры выветривания. Глубинные литогеохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния в таких районах могут быть произведены только после предварительного районирования территории с учетом генетических типов перекрывающих отложений и глубины залегания представительного горизонта, которую устанавливают с помощью дешифрирования аэрофотоснимков, а также электроразведки, иногда сейсморазведки и картировочного бурения.

§ 48. Глубинные литогеохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния проводят путем опробования скважин (шпуров) на глубине представительного горизонта опробования. Их выполняют на особо перспективных площадях и в горнопромышленных районах. В пре-

делах территории, выделенной под глубинные поиски, целесообразно разрежение сети пробобора или временное исключение из контура работ участков с большой глубиной залегания представительного горизонта.

§ 49. Отбор проб с глубины 15—20 см производят с помощью лопаты или легкой двусторонней кайлы-мотыги саперного типа. При глубине пробобора 0,5—1,0 м используют ручные буры и специальные пробоборники, от 2 до 8—10 м — относительно легкие технические средства. При мощности покрова от 10 до 20—50 м применяют агрегаты типа СУГП или шнековое бурение, от 50 до 100—150 м — самоходные установки колонкового бурения.

§ 50. Вес отбираемой пробы должен быть около 50 г. В отдельных случаях при использовании крупной фракции пробы (>0,5 мм), что рационально в случае исследования типично механических ореолов рассеяния, начальный вес пробы следует увеличить до 200—300 г. Выбор наиболее представительной фракции для анализа и начального веса пробы устанавливают в результате опытных работ.

§ 51. Пробы отбирают в мешочки размером 10÷12×18÷20 см из светлой прочной материи с пришитыми к ним в верхней половине завязками. На нижней половине мешочка заранее должен быть написан крупно чернильным карандашом, а лучше типографской краской порядковый номер, который в сопоставлении с записью в полевой книжке определяет положение пробы на местности. В каждой партии (отряде) не должно быть одновременно двух мешочков, имеющих одинаковый порядковый номер. Запрещаются применение мешочков без номеров и использование для написания адреса пробы бумажных этикеток (ввиду их ненадежности).

§ 52. Отбор проб по профилю следует производить в порядке возрастающей нумерации мешочков, в строгой последовательности. Перед выходом на работу бригада получает мешочки, подобранные в порядке номеров пачками по 100 шт. в каждой, в количестве, заведомо превышающем возможную дневную выработку бригады. 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 (отряда), где производят их обработку.

Оставление проб на профиле до следующего дня недопустимо.

§ 53. Полевую документацию пробоотбора следует производить в стандартной полевой книжке обязательно одновременно с отбором проб. Полевая книжка является основным документом работы партии (отряда). Она должна быть изготовлена типографским способом по образцу (см. приложения 6 и 7).

§ 54. Одновременно с отбором проб техник ведет в полевой книжке абрис профиля (кроки), отмечая элементы ситуации, определяющие местоположение точек отбора проб, геологическую обстановку и геоморфологические особенности местности. При съемке по потокам рассеяния основой абриса служит схема местной гидросети, в случае съемки по прямолинейным маршрутам — линия профиля, дополняемая наблюдениями в стороны на  $\frac{1}{2}$  расстояния между профилями или в пределах видимости. В абрис заносят дороги, реки, горные выработки, особенности рельефа, контакты горных пород, петрографический состав, генезис, по возможности мощность и характер (песчаный, глинистый, илистый и т. п.) опробуемых рыхлых отложений, места находок рудных свалов и точки отбора детализационных проб, а также особо заметные точки для привязки на местности и т. п.

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 (стрелка С—Ю). Дополнительные записи, поясняющие абрис, заносят в полевую книжку в форме примечаний. При глубинных поисках каждую отбираемую пробу просматривает техник с точки зрения ее принадлежности к представительному горизонту для опоскования, что отмечается в полевой книжке. В конце рабочего дня техник обязан записать итоговое количество проб и подписать полевую книжку, свидетельствуя своей подписью правдивость сделанных в ней записей.

§ 55. Все записи в полевой книжке должны вестись простым черным карандашом. Записи химическим карандашом и чернилами запрещаются. Применение нехи-

мических цветных карандашей допустимо только для абриса.

В полевых книжках категорически воспрещаются всякого рода подчистки, исправления и стирание резинкой сделанных записей, заклеивание или вырывание страниц. Вычеркивание записи разрешается только тонкой чертой с указанием причин, скрепляемых подписью.

§ 56. Все записи, сделанные в поле, начальник партии (отряда) должен систематически проверять и подписывать.

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 представлять собой подробную выкопировку с топокарты временной и постоянной гидросети участка. В случае поисковых и детальных работ по ореолам рассеяния сводную схему расположения профилей составляют для простоты на миллиметровой бумаге.

Если в партии (отряде) работает несколько бригад по отбору проб, целесообразно схему отработки делать цветными карандашами, присвоив каждой бригаде свой условный знак. Ведение такой оперативной схемы отработки участка является обязательным, так как исключает случайные пропуски отрезков профилей и обеспечивает равномерное размещение повторно-контрольных наблюдений. Заполненные целиком полевые книжки снабжают оглавлением. На последней странице делают запись о числе листов в книжке, ее заверяют печатью партии. Заполненные полевые книжки подлежат хранению наряду с важнейшими документами партии.

§ 57. В обнаруженных в процессе литогеохимических поисков рудных свалах, коренных выходах и древних отвалах необходимо делать штучное опробование. Штучную пробу снабжают подробной этикеткой с указанием наименования партии, места и даты взятия пробы, а также ее минералогического состава. Для отбора штучных проб нужно иметь в резерве несколько мешочков, которые рекомендуют делать из материала другого цвета в отличие от мешочков для проб литогеохимических поисков. Подробную запись о взятии штучной пробы заносят в полевую книжку, а место взятия пробы отмечают в абрисе.

§ 58. 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 съемки с отметкой об этом в полевой книжке и абрисе.

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

#### 4. ОБРАБОТКА ПРОБ

§ 60. Обработку проб необходимо производить в строгом соответствии с прилагаемой технологической схемой (рис. 2). Операции по обработке проб заключаются в их регистрации, сушке, просеивании, перенесении в бумажную капсулу и растирании.

§ 61. При значительном удалении базы партии и лаборатории от места отбора проб и возникающих отсюда затруднениях с их доставкой первичная обработка проб должна быть организована в лагере полевого отряда до стадии, предшествующей их растиранию. Пересылку проб в лабораторию в этом случае следует производить с приложением полевой книжки или сопроводительного списка, содержащего наименование участка, а также лабораторные номера проб или номера пикетов и профилей. Для присвоения пробам лабораторных номеров непосредственно в полевом лагере по договоренности с заведующим лабораторией для данной партии (отряда) выделяют соответствующее количество порядковых номеров (10 000—20 000 или 100 000—200 000).

Пробы должны перевозить в лабораторию в прочной упаковке, обеспечивающей их сохранность в пути и предохраняющей от размочкания во время дождя и при переправах через реки.

§ 62. Обработку проб необходимо производить в порядке последовательности расположения точек отбора

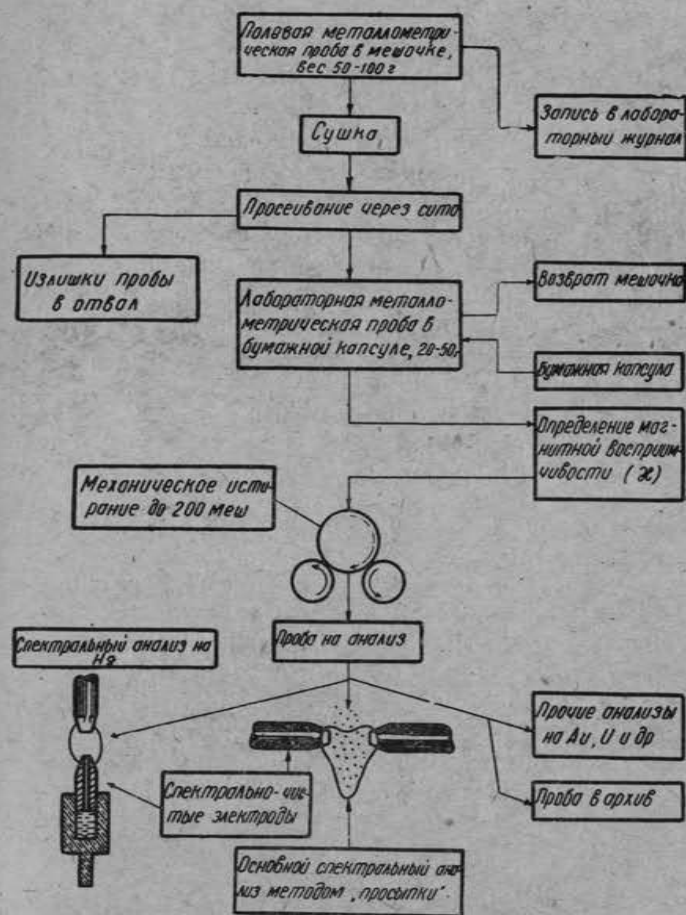


Рис. 2. Схема обработки и анализа литогеохимических (металлометрических) проб

проб на профиле с соблюдением условий, исключающих попадание материала одной пробы в другую («заражение»).

§ 63. Поступающие 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 или передают на хранение.

§ 64. 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 рекомендуют периодически разминать во избежание их ссыхания в твердые комки. Обработка влажных проб запрещается. Высушенные пробы укладывают в деревянные лотки в порядке возрастающей нумерации мешочков.

§ 65. Просеивание проб следует производить через сито из стальной проволоки с диаметром отверстий примерно 0,5—0,25 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.

§ 66. Просеивание нужно выполнять на чистый лист стекла, кровельного железа или алюминия. Подлежащую анализу фракцию пробы, выделенную при ситовании, переносят в бумажную капсулу, на которой заранее надписывают чернилами лабораторный номер пробы и соответствующий номер мешочка (или номер профиля и пикета). Оставшуюся на сите часть пробы выбрасывают. Окончательный вес пробы должен быть 25 г.

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 следующей пробе.

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

§ 68. Растирание проб следует производить с помощью механических растирочных станков или вручную в фарфоровых или агатовых ступках. При массовой обработке проб применения ручного труда запрещается.

В случае механического истирания проб в стальных станках до производства этой операции необходимо определить магнитную восприимчивость (×) проб. При истирании проб в фарфоровых ступках последовательность данных операций безразлична.

§ 69. Растирание проб необходимо производить до 150—200 меш (пудра), 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 их продувки сжатым воздухом. Растертые пробы передают на анализ в лабораторию.

§ 70. 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. Отдельные пришедшие в негодность мешочки перед заменой их новыми под теми же порядковыми номерами должны быть уничтожены.

§ 71. Методику и схему обработки бороздовых проб необходимо заимствовать у ближайшей геологоразведочной партии территориального геологического управления, работающей в данном районе по разведке аналогичного минерального сырья. Поступающие на анализ штуфные и бороздовые пробы должны проходить обработку и сокращение по технологическим схемам, утвержденным начальником партии. Обработку этих проб не следует выполнять в помещении, где производят обработку геохимических проб, во избежание «заражения» последних. Запрещается применять для обработки геохимических проб сита, ступки и мешочки, которые были использованы при обработке и хранении штуфных и бороздовых проб или при приготовлении эталонов.

§ 72. Заведующий спектральной лабораторией или начальник партии (отряда) обязан систематически производить качественную и количественную приемку образцов проб от лаборанта, а также проверять соответствие выполненных работ принятым технологическим схемам.

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

#### 5. ТРЕБОВАНИЯ К АНАЛИЗУ ПРОБ

§ 74. Пробы, отобранные при литогеохимических поисках по вторичным ореолам и потокам рассеяния, подлежат анализу на химические элементы, перечень которых зависит от геологической обстановки, масштаба и задач работ.

При работах в масштабе 1:100 000 и мельче, а также если в данном районе литогеохимические поиски производят впервые, обязательно определению в пробах спектральным методом (способом просыпки) подлежат в первую очередь следующие химические элементы (в порядке их атомных номеров): Li, Be, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Sn, Sb, Ba, La\*, W, Pb, Bi. Кроме того, каждый раз особо должна быть рассмотрена целесообразность применения специальных методов и методик анализа на В, F, P, Pb, Sr, Cs, Ce, Ta, Au, Hg, U и т. д. в районах, перспективных на обнаружение месторождений этих элементов, и на участках, характеризующихся геохимическими аномалиями их спутников.

В список не вошли следующие элементы:

1) редкие и рассеянные элементы Sc, Ga, Ge, Se, Cd, In, Te, Hf, Re, Tl и другие, не образующие самостоятельных минералов или концентраций и входящие в руды других месторождений главным образом в качестве ценных побочных компонентов; анализ проб на эти элементы является обязательным на более позднем этапе (см. § 79);

2) главнейшие элементы породообразующих минералов Al, Si, Fe и другие в связи с их высокими кларками и сложными процессами накопления и миграции;

3) платина (Pt) и элементы платиновой группы, по-

\* Группа редких земель.

иски которых пока более успешно производят методом шлиховой съемки;

4) газообразные элементы и галоиды, за исключением фтора (F), образующего промышленные месторождения флюорита;

5) радиоактивные элементы, за исключением урана.

При литогеохимических поисках по потокам рассеяния исследование проб на присутствие урана является обязательным; его производят по методике, излагаемой во «Временной инструкции по уранометрической съемке» [7].

§ 75. Перечень химических элементов, которые должны быть определены при литогеохимических поисках по вторичным ореолам и потокам рассеяния в масштабе 1:100 000 и мельче, подлежит обоснованному корректированию в зависимости от имеющихся геологических данных и новейших геохимических представлений. При применении литогеохимических методов этих масштабов обязательно определение магнитной восприимчивости проб рыхлых отложений (x) с целью поисков титаномагнетитовых, магнетитовых и железорудных месторождений, кимберлитовых трубок, оконтуривания массивов ультраосновных пород и решения других задач, связанных с геологическим картированием и поисками.

§ 76. При литогеохимических поисках по вторичным ореолам и потокам рассеяния в масштабах 1:50 000—1:25 000 перечень химических элементов, подлежащих обязательному спектральному определению в пробах, сокращают до 12—15, выбираемых исходя из металлогенетических особенностей изучаемой территории на основе имеющихся геологических данных. Остальные химические элементы, перечисленные в § 74, определяют качественно по выборочным спектрограммам. В случае обнаружения в пробах аномально высоких концентраций любого из этих элементов содержание его подлежит количественному уточнению и определению в остальных пробах участка работ. Необходимость выяснения магнитной восприимчивости проб (x) при поисках данных масштабов определяется геологическими условиями.

§ 77. При литогеохимических поисках по вторичным ореолам рассеяния в масштабах 1:10 000 и крупнее спектральный анализ проб производят на группу химических элементов, являющихся полезными компонентами



данного рудопоявления или месторождения и парагенетическими спутниками, способными характеризовать металлогению и зональность рудного поля. При этом нужно учитывать стоимость и производительность анализа на тот или иной элемент. На некоторых золоторудных месторождениях массовый спектральный анализ проб можно производить только на As, Pb или Ag, Cu, либо другие элементы-спутники, а более дорогой анализ на Au — только выборочно для проб, в которых установлено повышенное содержание этих элементов.

При поисках слепых рудных тел по вторичным ореолам рассеяния (образующимся за счет первичного ореола оруденения) в качестве элементов-индикаторов, определяемых в пробах, должны быть выбраны рудообразующие и сопутствующие им элементы-спутники, которые наилучшим образом могут характеризовать тип оруденения и уровень среза первичного ореола. Наряду с геохимическими особенностями элементов этот выбор зависит от чувствительности и точности анализа на те или иные элементы. Целесообразность изучения магнитной восприимчивости проб при детальном литогеохимическом поиске по вторичным ореолам рассеяния определяется с учетом геологической обстановки. Применение капнометрии эффективно при этих масштабах в сочетании с магниторазведкой на месторождениях цветных и редких металлов, ассоциирующихся с магнетитом, а также в случае наличия в пределах рудного поля даек диабазов и других сильно магнитных пород.

§ 78. Независимо от масштаба проводимых литогеохимических поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния в пробах, показавших аномально высокие содержания тех или иных металлов, должно быть определено содержание редких и рассеянных элементов, являющихся обычными спутниками этих металлов. В частности, в пробах из центральных точек ореолов, а также в штучных и бороздовых пробах из вновь разведываемых месторождений при высоких содержаниях Pb и Zn должно быть определено содержание Ga, Cd, In; при высоком содержании Cu и Mo следует выяснить содержание Re, а в случае высокого содержания Zr—Hf и т. д.

§ 79. Начальник партии (отряда) обязан потребовать от спектральной лаборатории выдачи результатов анализа для каждого элемента в весовых процентах

в виде конкретных значащих цифр: 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10 и т. д. в каждом десятикратном интервале содержания, начиная от порога чувствительности. Результаты спектрального анализа, представленные в интервалах содержаний (например, 0,001—0,003, 0,003—0,01 и т. д.) в условных баллах или качественно («есть», «много», «мало»), считаются браком и подлежат переделке.

## 6. КОНТРОЛЬ И ТОЧНОСТЬ РАБОТ

§ 80. Начальник партии (отряда) обязан не реже одного раза в неделю контролировать правильность отбора проб путем осмотра профилей на местности, сопоставления их с абрисом, отыскания и осмотра лунок, оставшихся в местах отбора проб, и проверки правильности их размещения. Результаты контроля он должен заносить в свою личную полевую книжку. Одновременно начальник партии обязан посетить полевую бригаду и проверить правильность ведения работ по отбору проб; свои замечания он должен записать в полевую книжку техника.

§ 81. Правильность произведенного отбора проб следует контролировать повторным опробованием в объеме 3% от общего числа проб. Контрольные пробы должен отбирать начальник отряда или сотрудник, назначенный начальником партии из числа лиц, не принимавших участия в первичном отборе проб.

§ 82. Контрольный отбор проб выполняют по:

- а) выборочным профилям или маршрутам, равномерно размещаемым на исследуемом участке (площади);
- б) отдельным точкам или профилям, нарушающим закономерную геологическую картину поля рассеяния и поэтому вызывающим сомнение.

В связи с логнормальным распределением ошибок при геохимических съемках по результатам контрольных работ, выполненных в соответствии с п. «а», вычисляют систематическую ошибку логарифмов концентраций:

$$\Delta_{\text{сист}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\lg C_{i_1} - \lg C_{i_2}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg \frac{C_{i_1}}{C_{i_2}}, \quad (1)$$

где  $n$  — число пар контрольных проб (не менее 100);  $C_{i_1}$ ,  $C_{i_2}$  — результаты анализа соответствующих проб первого и второго отборов.

Антилогарифм систематической ошибки дает систематическое относительное расхождение самих концентраций:

$$\delta_{\text{сист}} = 10^{\Delta_{\text{сист}}}.$$

$\delta_{\text{сист}}$  показывает, во сколько раз первые результаты систематически больше вторых. Если  $\delta_{\text{сист}}$  выходит за пределы 0,9—1,1, то систематическое расхождение подлежит исключению, для чего  $\Delta_{\text{сист}}$  алгебраически вычитают из всех  $\lg C_i$ . По полученным данным без существенного систематического расхождения вычисляют случайную среднюю абсолютную ошибку логарифмов концентраций:

$$\Delta_{\text{ср}} = \frac{1}{\sqrt{2}n} \sum_{i=1}^n |\lg C_i - \lg C_i| = \frac{1}{\sqrt{2}n} \sum_{i=1}^n \lg \frac{C_{\text{большее}}}{C_{\text{меньшее}}} \quad (2)$$

Ее антилогарифм дает случайное среднее относительное отклонение самих концентраций:

$$\delta_{\text{ср}} = 10^{\Delta_{\text{ср}}}.$$

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  $\delta_{\text{ср}}^{\pm 1}$ . Величина  $\delta_{\text{ср}}$  не должна превышать 1,6 при отборе проб рыхлых образований и растений и 2,0 в случае опробования коренных пород. При большей ошибке работы считают браком.

Аналогичным образом отдельно обрабатывают результаты контрольных работ, выполненных в соответствии с п. «б», но количество точек заранее не обуславливают и в оценку работ по участку в целом эти данные не входят (за исключением проб, отобранных в точках, выбранных также по п. «а» и потому включенных в общую оценку).

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.

§ 83. Все указания, относящиеся к оценке случайных и систематических ошибок, в равной мере обязательны и для оценки качества каппаметрических измерений отобранных проб.

§ 84. Без учета величины погрешности наблюдений любые геологические выводы, сделанные на основе результатов поисков, были бы ненадежны и недостоверны. Участки или отдельные профили, подвергаемые повторному опробованию вследствие заведомой недоброкачества первичных данных, при вычислении ошибок во внимание принимать не следует, так как сопоставление результатов первичных и повторных работ в этом случае не является сравнением равноточных наблюдений и не может характеризовать точность поисков в целом. Недоброкачественные участки работ подлежат переделке как брак, а результаты повторных наблюдений подвергают контролю на общих основаниях.

## 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКОГО ФОНА И МИНИМАЛЬНО АНОМАЛЬНЫХ СОДЕРЖАНИЙ

§ 85. 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).

§ 86. Выделение слабых геохимических аномалий требует более точной оценки местного геохимического фона путем вариационно-статистической обработки дан-

ных. В этом случае величину местного геохимического фона ( $C_{\phi}$ ) для данного элемента определяют в зависимости от математического закона, которому подчинено распределение содержаний этого элемента в пробах. Наиболее обычным является логарифмически-нормаль-

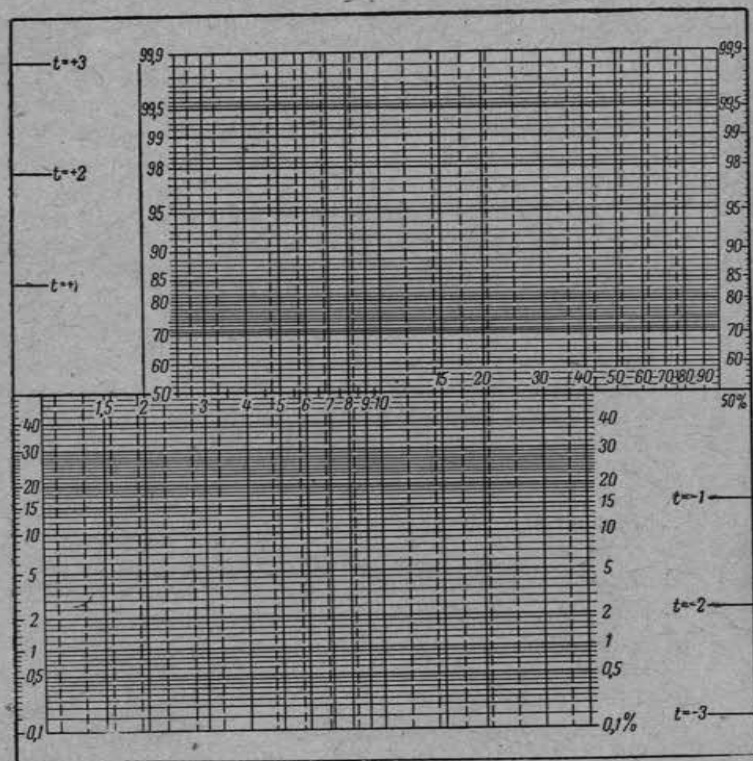


Рис. 3. Вероятностный графарет

ный закон распределения фоновых содержаний элементов, в частных случаях соблюдается нормальный закон распределения.

При логнормальном законе распределения за величину  $C_{\phi}$  принимают среднее геометрическое  $\bar{C}$  из содержаний элемента, совпадающее с медианой распределения

содержаний элементов и соответствующее антилогарифму моды логарифмов содержаний. При нормальном законе распределения за величину  $C_{\phi}$  берут среднее арифметическое  $\bar{C}$  из содержаний элемента, которое в этом случае совпадает с модой и медианой распределения содержаний. Для характеристики местного геохимического фона необходимо установить закон, с которым аппроксимируется распределение фоновых содержаний, и определить параметры этого распределения — среднее значение  $\bar{C}$  или  $\bar{C}$  и стандартное отклонение от среднего  $S$ . Наилучшим образом эту задачу можно решить путем построения графика накопленной частоты различных содержаний элемента на бланке вероятностной бумаги (рис. 3). Распределение данных, подчиняющихся нормальному (или логнормальному) закону, на этом бланке графически изображают прямыми линиями.

§ 87. 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 (ярких) геохимических аномалий в количестве  $n=100-200-300$  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 частоты  $n_i$  для устранения влияния «любимых» цифр делят пополам и подсчитывают нарастающим итогом накопленные частоты значений, которые меньше или равны  $C_x$ . Мелкие неточности, допущенные при вычислении  $n_i$  в процентах, исправляют за счет строк с максимальной частотой с тем, чтобы полная накопленная частота 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 частоты.)

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 распре-

деления 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 накоплен-

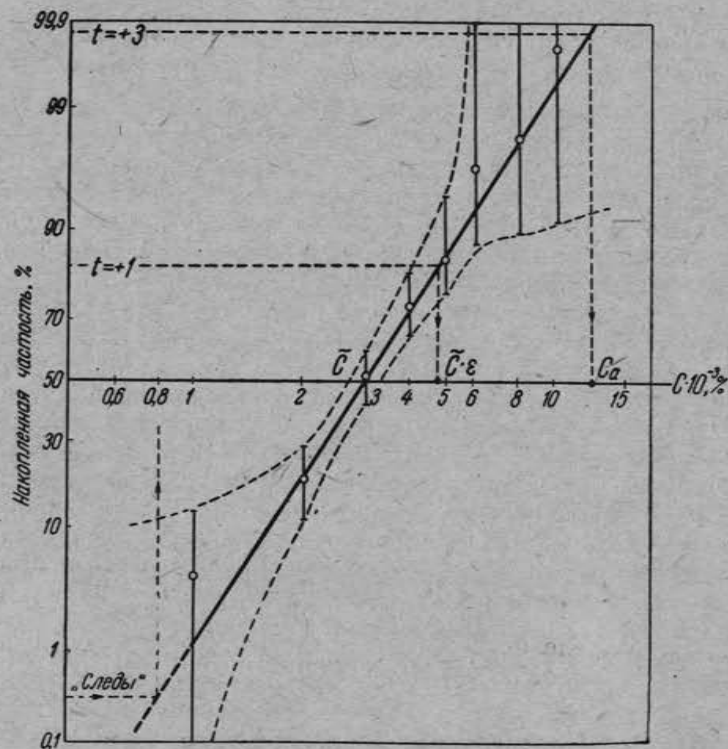


Рис. 4. Статистическая обработка геохимических данных путем построения графика накопленных частот на вероятностной бумаге.

$$C_{\phi} = 3 \cdot 10^{-3} \% ; \varepsilon = 1,6 ; C_{\alpha} = 12 \cdot 10^{-3} \% ; n = 241.$$

ной частоты нормального распределения. Для удобства здесь же показаны значения  $\pm t$ ,  $\pm 2t$ ,  $\pm 3t$ , отвечающие частотам значений  $C_x$ , 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 частот  $n_i$ ) наносят точки накопленной частоты и проводят осредняющую прямую (рис. 4). Если некоторые точки отходят от этой прямой, отыскивают наилучшую точку, по которой соответствие данного распределения теоретическому закону проверяют с помощью критерия Колмогорова

$$\lambda = \frac{\Delta y \sqrt{n}}{100} < 1,35, \quad (3)$$

где  $\Delta y$  — 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  $\Delta y_{\max} = \frac{135}{\sqrt{n}} \%$ , внутри которых на минимальном удалении от эмпирических точек проводят осредняющую прямую.

§ 88. При условии соблюдения критерия согласия  $\lambda$  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  $\varepsilon = \text{ant} \lg S$ . Найденные значения  $\bar{C}$  или  $\tilde{C}$ ,  $S$  или  $\varepsilon$  и число  $n$  следует надписывать на бланк графической обработки. Указывают дату обработки, закон распределения, наименование 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 результате следует давать в весовых процентах, гаммах, и т. п.,  $\varepsilon$  — величина безразмерная

( $\epsilon > 1$ ). Исполнителю необходимо подписывать результаты обработки.

§ 89. Если критерий согласия для распределения имеющихся данных не соблюдается ( $\lambda > 1,35$ ) и внутри отрезков  $\Delta y_{\max}$  не удается провести осредняющую прямую, выбранная совокупность данных неоднородна. Для установления причин этого нужно дополнительно рассмотреть различия в геологическом строении или ландшафтно-геохимических условиях участка, вопрос возможной рудоносности (аномальности) части участка или ставят под сомнение доброкачественность анализа проб. При необходимости следует строить дифференциальную вариационную кривую распределения в равных интервалах подсчета частоты. После разделения первоначальной совокупности данных на лежащие в ее основе простые совокупности следует возвратиться к построению спрямленного графика накопленной частоты для основной или каждой из выделенных групп данных. Невозможность разделения сложных распределений при геохимических поисках не исключается, однако наблюдается относительно редко, и рассмотрение таких совокупностей данных в каждом конкретном случае требует индивидуального подхода.

§ 90. 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 невелико (менее 20—30%), это не препятствует построению графика накопленной частоты. Спрямленный график накопленных частот позволяет по левому продолжению осредняющей прямой оценить численные значения неопределенных результатов анализа, лежащих ниже порога его чувствительности («нет», «следы»), путем отыскания абсцисс, отвечающих частотам  $n_i$  этих результатов.

§ 91. 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  $C_a = C_\phi \epsilon^3$ . В этих пределах с вероятностью 99,86% лежат значения

фоновых содержаний элемента, поэтому вероятность ошибочного отнесения к числу аномалий точек, характеризующихся только случайными колебаниями фона, очень мала. Для этого значения  $C_x$  при объеме работ 10 000 точек наблюдения можно ожидать, что в числе выделенных геохимических аномалий, обязанных только колебаниям фоновых содержаний по каждому из элементов, будет примерно 14 фиктивных. Критерий «трех стандартных отклонений» ( $+3S$ ) для выделения величин, выходящих за пределы вероятных значений однородной выборки, широко применяют во многих разделах техники.

§ 92. 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 прослеживаются по  $m$  коррелирующимся точкам, целесообразно последовательно в зависимости от числа  $m$  снижать нижний уровень  $C_a$  для выделения слабых геохимических аномалий согласно выражениям

$$C_a = C_\phi + \frac{3S}{\sqrt{m}} \quad (\text{нормальный закон}); \quad (4)$$

$$C_a = C_\phi \epsilon^{3/\sqrt{m}} \quad (\text{логнормальный закон}). \quad (5)$$

При этом практически не увеличивается количество выделяемых фиктивных аномалий сверх вероятного их числа 0,14%.

В соответствии с этим критерий  $3S$  (или  $\epsilon^3$ ) применяют для выделения в качестве геохимических аномалий только одиночных, изолированных точек с повышенным содержанием элемента. Уже при двух коррелирующихся точках за аномальное значение следует приблизительно принимать  $C_a \geq C_\phi + 2S (C_\phi \epsilon^2)$ ; при  $m \geq 4$  достаточно превышения над фоном  $+1,5 S$ ; при  $m = 9$  за нижнее аномальное значение берут  $C_a \geq C_\phi + S$  или соответственно  $C_\phi \epsilon$ . Практика подсказывает, что следует ограничивать прогрессивное снижение величины  $C_a$  уровнем  $C_\phi + S (C_\phi \epsilon)$  при значениях  $m > 9$ , так как вероятность

появления повышенных фоновых содержаний элемента по мере приближения к  $C_{\phi}$  стремится к 50% и признак коррелируемости содержаний, лишь немного превышающих  $C_{\phi}$ , теряет свою определенность.

При обработке результатов геохимических поисков целесообразно для каждого из участков, характеризующихся своими значениями параметров  $C_{\phi}$  и  $S(\epsilon)$ , предварительно вычислять все значения  $C_{a_1}, C_{a_2}, C_{a_3}, \dots, C_{a_n}$  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.

§ 93. При недостаточной чувствительности анализа, когда местный геохимический фон характеризуется «нулевыми» содержаниями элемента, за нижний уровень геохимических аномалий принимают минимальную величину содержаний, надежно выявляемую спектральным анализом и определяющую порог его чувствительности. В данном, а также промежуточных случаях обоснованное определение нижнего уровня для выделения слабых аномалий невозможно и следует принять меры к повышению чувствительности анализа.

## 8. ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА

§ 94. Результаты анализа литогеохимических проб при поисках по вторичным ореолам и потокам рассеяния должны быть изображены графически. При литогеохимических поисках по потокам рассеяния составляют кальку, на которую наносят геологическую основу со всеми маршрутами и точками отбора проб. По числу элементов, для которых составляют карты, отпечатывают синьки, являющиеся составительскими экземплярами.

На один из этих отпечатков следует также выписать значения магнитной восприимчивости проб ( $\chi$ ) в единицах  $10^{-6}$  СГСМ. Данные о содержании элементов в пробах должны быть обоснованно разбиты на четыре-пять интервалов, из которых первый должен охватывать возможные колебания местного геохимического фона, второй иметь своей нижней границей уровень достоверных аномалий ( $C_a$ ), а последующие интервалы характеризовать прогрессивное (обычно трехкратное) нарастание

концентраций элементов в потоках и ореолах рассеяния. Для каждого элемента составляют отдельную карту, а при небольшой нагрузке — для двух-трех элементов. Каждому элементу присваивают свой цвет. Можно рекомендовать следующие цвета для различных групп элементов:

красный — Pb, Hg, Bi, La, Rb,  
коричневый — Mn, Sb, Zr, Be, Y,  
желтый — Mo, Au, B, V,  
зеленый — Cu, As, F, Cr, Ta,  
голубой — Zn, Nb, Sn, Co,  
фиолетовый — Ni, Ag, W, U, Li.

§ 95. Точки отбора проб при поисках по потокам рассеяния наносят в виде кружков одинакового размера (диаметром 3—5 мм). Кружки в соответствии с выделенными интервалами закрашивают различными тонами одного цвета. Для наглядного сопоставления относительной интенсивности литогеохимических аномалий различных элементов содержания их выражают в процентах; при детальном рассмотрении содержания можно показывать в величинах геохимического фона для разных пород. Равные по интенсивности аномалии каждого элемента обозначают одинаковым тоном присвоенного ему цвета (табл. 4).

Таблица 4

Варианты градаций содержаний элементов в геохимических фонах

Содержание элементов в геохимических фонах		Тон (густота) закраски кружка
I вариант	II вариант	
<3	<2	Не закрашивается
3—10	2—5	Очень слабый
10—30	5—10	Слабый
30—100	10—20	Средний
>100	>20	Густой

Вариант II с разделением градации по двукратному интервалу содержаний применяют для элементов,

имеющих высокий геохимический фон и малую контрастность аномалий.

Кроме карт распределений отдельных элементов, составляют сводную карту, на которой поток рассеяния каждого элемента изображают в виде линий соответствующего цвета, параллельных оси опробованного ручья. Длина линии соответствует протяженности потока рассеяния. В тех случаях, когда содержания элемента в потоках рассеяния колеблются в значительных пределах, интенсивность потока рассеяния элемента может быть показана линиями различной толщины.

Сводную карту составляют на геологической основе. На этой карте в результате совокупности полевых геологических данных в последующем должны быть выделены и оконтурены перспективные площади для выявления месторождений того или иного элемента, подлежащие более детальному опосредованному поиску.

§ 96. При литогеохимических поисках по вторичным ореолам рассеяния результаты анализа и данные о магнитной восприимчивости проб ( $x$ ) по отдельным сборным профилям изображают над геологическими разрезами в виде графиков. При построении этих графиков по горизонтальной оси откладывают расстояния между точками отбора проб, а по вертикальной оси содержание металла в пробах в тысячных, сотых или десятых долях процента либо значения  $x$  в единицах  $10^{-6}$  СГСМ.

Расстояние между точками отбора проб на графике должно быть не менее 1 мм и не более 10 мм. Вертикальный масштаб графиков устанавливают на основании наблюдаемых значений поля рассеяния: если преобладающие содержания данного элемента в пробах характеризуют значения, близкие к пределу чувствительности анализа, вертикальный масштаб должен быть не менее 1 мм для значений, лежащих на пороге чувствительности, а в общем случае таким, чтобы геохимический фон не превышал на графике 2—5 мм. Выявленные ореолы рассеяния должны отчетливо выделяться на фоне более низких содержаний металла в остальных точках профиля.

Если на один график наносят кривые содержания нескольких элементов, то для отчетливого их выделения следует применить условные знаки или различные цвета. Совмещение на одном графике более трех элементов нецелесообразно.

§ 97. Результаты площадных литогеохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния изображают на карте с геологической основой и разреженной топографической ситуацией в виде изолиний, оттеняемых соответствующей раскраской или штриховкой.

При литогеохимических съемках по вторичным ореолам рассеяния в масштабе 1 : 25 000 и мельче вследствие частого шага отбора проб по профилям строгое изображение результатов поисков в изолиниях не укладывается в масштаб карты. Одновременно в связи со значительным расстоянием между профилями сети пробоотбора корреляция данных по соседним профилям в мелких деталях является геологически недостаточно надежной. Поэтому на картах масштаба 1 : 25 000 и мельче принято оконтуривать области высоких концентраций данного элемента в поле рассеяния, выделяя один-два (реже три) различных интервала содержания. При этом способе изображения результатов литогеохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния границы области не отвечают строгому понятию изолиний и внутри контура высоких содержаний могут быть включены отдельные точки с более низким содержанием определяемых элементов (или  $x$ ). В то же время карта обладает наглядностью. При детальных литогеохимических поисках по вторичным ореолам рассеяния в масштабе 1 : 10 000 и крупнее составление карт изоконцентраций обязательно.

§ 98. Для составления карт изоконцентраций предварительно выписывают на вспомогательную кальку (или синьку с геологической основой) около точек сети пробоотбора содержания определяемого элемента в значащих цифрах. При вычерчивании линий равного содержания (изоконцентраций) руководствуются общеизвестными правилами линейной интерполяции, причем учитывают геологическое строение участка. При недостаточном количестве имеющихся данных для надежной интерполяции соответствующий отрезок изолинии проводят пунктиром.

В соответствии с правилами горной геометрии правильно обработанная карта изоконцентраций должна отражать господствующее простираание залежей и взаимоотношение углов их падения с рельефом местности, в той или иной степени искаженные делювиальными

перемещениями ореолов. Всякого рода экстраполяции при отсутствии фактических данных недопустимы.

Карту изоконцентраций на кальках или синьках составляют на один или группу элементов. С этих материалов на геологическую карту, затем копируют только изолинии в окончательно отработанном варианте. В разрыве изолиний следует указывать цифры присвоенных им значений (в  $10^{-3}$  или  $10^{-2}\%$ ), а в центральных точках ореолов — цифры максимальных содержаний данного элемента. Обычно изолиниям присваивают значащие цифры 1, 2, 5, 10 и т. д. или 1, 3, 10, 30 и т. д. При раскрашивании или штриховании карты изоконцентраций более густые тона соответствующего каждому элементу цвета применяют для более высоких концентраций элементов. Цифры максимальных содержаний данного элемента надписывают на картах присвоенным ему цветом.

#### 9. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТ И ОЦЕНКА АНОМАЛИЙ

§ 99. Геологические результаты литогеохимических поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния в зависимости от масштаба проведенных работ, а также результатов работ другими методами определяют переход к дальнейшим более детальным геологопоисковым, геофизическим, геохимическим или горнобуровым работам. Они должны удовлетворять следующим требованиям:

1) по результатам рекогносцировочных литогеохимических работ в масштабе 1 : 200 000 — 1 : 100 000 должны быть сделаны объективные выводы, характеризующие металлогению исследованного района; даны обоснованные рекомендации по проведению в районе более детальных поисков (в том числе литогеохимических) с указанием площади работ и масштабов;

2) по результатам литогеохимических поисков в масштабе 1 : 50 000 — 1 : 25 000 должна быть объективно освещена исследованная территория в отношении наличия в ее пределах заслуживающих внимания участков минерализации (месторождений, рудопроявлений); указаны конкретные площади, заслуживающие постановки детальных работ;

3) по результатам детальных литогеохимических работ в масштабе 1 : 10 000 и крупнее в комплексе с геологическими, геофизическими, горнобуровыми работами и опробованием руд в коренном залегании должна быть сделана обоснованная оценка масштаба выявленных в процессе поисковых работ рудопроявлений и месторождений; оконтурены отдельные рудные тела и даны конкретные предложения по их дальнейшей разведке; произведены подсчеты прогнозных геологических запасов; сделаны обоснованные выводы о границах и структуре рудных полей и месторождений; выделены участки возможного нахождения слепых залежей.

§ 100. Начальник геохимической партии или отряда (главный инженер, геолог партии) должен лично осмотреть на местности участки и отдельные точки повышенных (аномальных) содержаний элементов в поле рассеяния для геологической интерпретации результатов литогеохимических поисков. В задачу осмотра входит обнаружение на местности свалов и коренных выходов полезного ископаемого, примазок или вкрапленности рудных минералов, околорудных изменений пород, а также установление особенностей литолого-стратиграфического или структурно-тектонического контроля оруденения и других признаков, характеризующих геологическое положение найденного ореола (потока) рассеяния и его связь с оруденением.

При посещении на местности точек с высоким содержанием определяемых элементов в пределах аллювиальных и пролювиальных отложений временных и постоянных водотоков осмотру подлежит вся площадь водосборного бассейна данного участка гидросети, в пределах которой формируется его твердый сток.

§ 101. При осмотре на местности литогеохимических аномалий должны быть освещены следующие основные вопросы:

1) характер и мощность современных отложений и микрорельеф участка; типы почвенного покрова; наличие естественных выходов коренных пород и руд и азимут их простираания; наличие рудных и жильных свалов; возможный генетический тип, морфология и масштабы оруденения; геологическое строение участка;

2) отсутствие каких-либо причин для появления ложных аномалий: отвалы, хвосты обогатительной фабрики,



пути транспортировки руд и концентратов, старые горнообогатительные сооружения, дренаж рудничных вод, места древних плавок и т. д.;

3) целесообразность дальнейшего изучения аномального участка с помощью геохимических, геофизических и других методов исследования; доступность участка для разведки канавами, шурфами или скважинами.

При геологическом обследовании зоны найденного ореола рассеяния для анализа штучных проб и проб рыхлых отложений целесообразно использовать полевые походные химические лаборатории. Кроме того, необходимо отобрать пробы для передачи их на срочный анализ в лабораторию. Все сделанные при этом наблюдения должны быть привязаны к пикетам сети пробоотбора и местным ориентирам и занесены в личную полевую книжку геолога, проводящего обследование.

§ 102. В сильно задернованных районах при недостатке естественных обнажений коренных пород или бедности элювиально-делювиальных отложений обломочным материалом осмотр аномалий на местности может не привести к обнаружению на поверхности видимых признаков рудной минерализации. В этом случае, а иногда и независимо от этого точки с максимальным содержанием определяемого элемента в пробах целесообразно подвергнуть шлиховому опробованию. В результате промывки в лотке 10—15 кг делювиальных отложений часто удается обнаружить жильные и рудные обломки или минеральные фракции, характеризующие генетический тип выявленного рудопроявления.

§ 103. Если осмотр аномальной зоны на местности не дает ясных результатов или данные анализа о высоком содержании определяемого элемента в пробах вызывают сомнение, участок профиля с высоким содержанием металла должен быть подвергнут повторному опробованию с более частым шагом.

§ 104. На основании результатов осмотра литогеохимических аномалий на местности начальник партии устанавливает необходимый объем детализационных работ и обеспечивает их выполнение в кратчайший срок. При литогеохимических поисках по потокам рассеяния в масштабе 1:200 000 детализацию производят путем сгущения сети опробования до плотности масштаба

1:50 000 или непосредственного перехода к работам по ореолам рассеяния в масштабе 1:50 000 на всей площади выделенных водосборов с высоким (аномальным) содержанием ценных элементов в отложениях гидросети. При литогеохимических поисках по вторичным ореолам рассеяния в масштабе 1:50 000 попутную детализацию обычно проводят в минимальном объеме, поскольку непосредственно вслед за поисками на выявленных участках рудной минерализации выполняют детальные работы в масштабе 1:10 000. Независимо от масштаба поисков при детализации концы профилей должны быть продлены до выхода в нормальное поле.

§ 105. Для предварительной оценки выявленных вторичных ореолов и потоков рассеяния и выбора первоочередных объектов с целью дальнейшего изучения решающее значение имеет анализ геологических данных. Наряду с этим следует определять их количественные характеристики. Одним из количественных показателей вторичного ореола или потока рассеяния является максимальное содержание металла ( $C_{\max}$  в процентах). При прочих равных условиях «богатые», т. е. характеризующиеся высокими содержаниями металла, вторичные ореолы и потоки рассеяния могут привлекать наибольшее внимание. Более полную сравнительную оценку вторичных ореолов и потоков рассеяния, вскрытых денудационным срезом, получают подсчетом их продуктивности, выражаемой в метропроцентах металла по профилю ( $M$  в  $m\%$ ), в квадратных метропроцентах ( $P$  в  $m^2\%$ ) или в тоннах металла для слоя в 1 м ( $q$  в  $t$ )\*.

§ 106. Для сравнительной оценки выявленных потоков рассеяния целесообразно вычислять их продуктивность по формуле

$$P'_x = S_x(C'_x - C'_\phi), \quad (6)$$

где  $C'_x$  и  $C'_\phi$  — соответственно найденное в данной точке и местное фоновое содержание металла в отложениях гидросети;  $S_x$  — площадь бассейна денудации (видимого водосбора) для данной точки русла в  $m^2$ .

\* Буквенные обозначения, принятые для параметров ореола, в применении к потокам рассеяния снабжаются знаком штрих ( $C'_\phi$ ,  $C'_{\max}$ ,  $P'$ ,  $q'$  и т. д.).

В одинаковых геологических условиях в первую очередь заслуживают внимания потоки рассеяния, характеризующиеся высокой продуктивностью. В благоприятных условиях продуктивность потока рассеяния вдоль русла в зоне непосредственного поступления рудного материала со склона постепенно возрастает, а ниже по течению остается постоянной или медленно убывает. За показатель продуктивности потока рассеяния в этом случае принимают устойчивое значение  $P'$ , близкое к максимальному. Продуктивность потока рассеяния следует вычислять, естественно, только для интервала, в котором  $C_x' \geq C_a'$ , где  $C_a'$  — нижнее аномальное значение.

Чтобы устранить влияние переменных содержаний металла в пробах, целесообразно за величину  $C_x'$  в данной точке принимать среднее из трех для смежных точек:

$$C_n' = \frac{C_{n-1}' + C_n' + C_{n+1}'}{3}.$$

Величину  $S_x$  для данной точки следует определять обмером на карте или по аэрофотоснимкам. Результаты вычисления должны быть изображены в виде графика вдоль русла.

Расчеты продуктивности потока рассеяния необходимо вести с учетом среднего содержания металла на всю массу аллювия в данной точке, учитывая способность некоторых элементов концентрироваться в какой-либо одной фракции рыхлых отложений (например, в связи с органическим веществом, в тяжелой фракции, солончаках и т. п.). Подсчет продуктивности потоков рассеяния более надежен при расстоянии между точками отбора проб 0,25—0,1 км.

§ 107. Продуктивность вторичного литогеохимического ореола рассеяния одновременно учитывает геометрические размеры ореола (длину, ширину), а также среднее содержание металла в ореоле и потому обеспечивает сравнительную оценку вторичных ореолов рассеяния, находящихся в сходных геологических условиях и характеризующихся однотипным оруденением. По результатам детальных работ при правильной сети опробования подсчет продуктивности вторичного ореола рассеяния ведут по формуле

$$P = \Delta x l (\Sigma C_x - n C_\phi), \quad (7)$$

где  $\Delta x$  — расстояние между точками отбора проб по профилю в м;  $l$  — расстояние между профилями в м;  $\Sigma C_x$  — арифметическая сумма содержаний металла для всех точек в контуре  $C_x \geq C_a$  по данному ореолу в %;  $C_\phi$  — местное фоновое содержание металла в %;  $n$  — число точек, вошедших в подсчет.

Подсчет продуктивности вторичного ореола рассеяния уместен после исполнения работ в масштабе 1:10 000 или крупнее и целесообразен для оценки ореолов, связанных с рудопроявлениями, вскрытыми денудационным срезом (не слепыми). Обычно подсчет по формуле (7) производят с использованием составительских карт с цифрами содержаний металла в пробах (после проведения линий изоконцентраций) и ведут его в контуре замкнутой наружной изолинии. При неправильной сети опробования арифметический подсчет затруднителен и определение  $P$  следует выполнять путем обмера площадей между изолиниями, умножения найденных величин на среднее содержание металла в интервале между изолиниями и последующего суммирования этих произведений. При глубинных литогеохимических поисках подсчет продуктивности вторичного ореола рассеяния ведут на уровне забоя шпуров и скважин или на любом постоянном уровне ниже представительного горизонта.

§ 108. Продуктивность литогеохимического потока рассеяния  $P'$  в общем случае пропорциональна продуктивности вторичных ореолов рассеяния  $P$ , развитых в пределах данного бассейна денудации. В свою очередь продуктивность вторичного ореола рассеяния пропорциональна показателю продуктивности выхода рудного тела на уровень денудационного среза (т. е. на уровень коренных пород) под покровом рыхлых образований\*. Таким образом, между указанными показателями существуют следующие простые зависимости:

$$P' = k' P, \quad (8)$$

$$P = k P_{p.t.}, \quad (9)$$

\* Под продуктивностью выхода рудного тела  $P_{p.t.}$  понимают произведение его длины на среднюю видимую мощность и средневзвешенное содержание металла в рудах (т. е. произведение площади выхода на среднее содержание металла).

$$P' = k'kP_{p.t} = k''P_{p.t}, \quad (10)$$

где  $P_{p.t}$  — продуктивность рудного тела, выраженная в  $m^2\%$ ;  $k'$ ,  $k$ ,  $k''$  — коэффициенты пропорциональности, значения которых могут быть больше или меньше единицы.

Целесообразно продуктивность выражать в тоннах металла для слоя в 1 м ( $q$ ). Это достигается умножением величины  $P$  на 1 м, а также на объемный вес горных пород  $d$ , который принимают для простоты равным  $2,5 \text{ г/см}^3$ , и делением на 100 для перехода от весовых процентов к тоннам металла. Таким образом,

$$q = \frac{P}{40} \text{ т/м.}$$

Показатели продуктивности вторичных литогеохимических ореолов и потоков рассеяния  $q$  и  $q'$  для разных металлов и различного масштаба рудопроявлений могут характеризоваться значениями от первых килограммов до многих тысяч тонн металла.

§ 109. При оценке перспектив рудного узла может быть принята во внимание суммарная продуктивность потоков рассеяния по смежным руслам, имеющим общие водоразделы, или суммарная продуктивность группы вторичных ореолов рассеяния, объединяемых по общности геологической обстановки. Численные значения коэффициентов пропорциональности между продуктивностью вторичных потоков и ореолов рассеяния и связанных с ними рудных тел применительно к данному типу оруденения и ландшафтно-геохимической обстановке должны быть постепенно найдены из опыта работ в конкретном районе. С этой целью следует систематически производить сравнительное сопоставление продуктивности хорошо изученных с поверхности и разведанных тел и целых месторождений с продуктивностью их вторичных ореолов рассеяния, а также продуктивности потоков рассеяния с продуктивностью вторичных ореолов рассеяния, найденных в их бассейнах денудации.

При поверхностных литогеохимических поисках показатель продуктивности вторичных ореолов и потоков рассеяния имеет наиболее надежное значение для выбора первоочередных объектов главным образом в складчатых горных, активно денудированных районах с преобла-

данием крутопадающих рудных тел, вскрытых денудационной поверхностью. В условиях аккумулятивно-денудационных равнин складчатых районов продуктивность вторичных ореолов рассеяния играет роль важного оценочного показателя в основном при производстве глубинных литогеохимических поисков.

§ 110. Сведения о численном значении коэффициента пропорциональности  $k$  для линейно вытянутых рудных зон и соответствующих им вторичных ореолов рассеяния могут быть получены при детальном литогеохимическом исследовании путем подсчета количества металла  $M$  для ореолов рассеяния по профилю и последующего вскрытия этих сечений рудного тела горными выработками. Подсчет количества металла во вторичном литогеохимическом ореоле рассеяния по профилю ведут по формуле

$$M = \Delta x (\Sigma C_x - nC_\phi), \quad (11)$$

где  $\Delta x$  — расстояние между точками отбора проб по профилю;  $\Sigma C_x$  — арифметическая сумма всех содержаний металла в точках по профилю для интервала  $C_x \geq C_\phi$  для данного ореола;  $n$  — число точек, вошедших в подсчет.

Количество металла во вторичном ореоле рассеяния по профилю  $M$  в общем случае пропорционально количеству металла в том же сечении рудного тела  $M_{p.t}$ , выраженному в метрпроцентах:

$$M = kM_{p.t} = kDC_p, \quad (12)$$

где  $D$  — видимая мощность выхода рудного тела;  $C_p$  — среднее содержание металла в рудной зоне по данным документации и опробования горных выработок\*.

По большому числу сечений рудных тел путем сопоставления показателей  $M$  и  $M_{p.t}$  следует найти среднегеометрическое значение  $k$  и оценить пределы его колебаний. Необходимо учитывать, что величина  $M$  соответствует не истинной, а видимой мощности рудного тела на поверхности коренных пород. Если профили литогеохимических поисков пересекают ореол не строго вкrest его простирания, образуя с ним некоторый угол  $\omega < 90^\circ$ , най-

\* С учетом забалансовых и убогих руд, т. е. зоны первичного ореола залежи.

денные по графикам значения  $M$  следует исправить, умножая их на  $\sin \omega$ .

§ 111. Для рудных тел изометрической или любой иной формы (в том числе линейно вытянутой), сопровождающихся вторичными ореолами рассеяния сложной формы, с целью оценки значений коэффициента  $k$  можно пользоваться формулой

$$k = \frac{(\Sigma C_x - n C_{\phi} \Delta S)}{C_p S_p}, \quad (13)$$

где  $\Delta S$  — элементарная площадь, освещаемая одной пробой (при правильной прямоугольной сети отбора проб  $\Delta S = \Delta x l$ , где  $l$  — расстояние между профилями);  $S_p$  — площадь выхода рудного тела на поверхность коренных пород.

Среднегеометрическое значение  $\bar{k}$ , найденное по «линейной» формуле (12), должно совпадать со значением, полученным по «площадной» формуле (13), и оба они могут быть использованы при оценке месторождений по продуктивности их вторичных ореолов рассеяния, формирующихся в сходной ландшафтно-геохимической и геологической обстановках.

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

$$C_{max} = \frac{M}{\sigma \sqrt{2\pi}}, \quad (14)$$

где  $\sigma$  — местное значение коэффициента рассеяния в м.

Значение коэффициента рассеяния  $\sigma$  зависит от местных геологических условий; оно может быть определено по графику ореола как расстояние в метрах между точкой с максимальным содержанием металла  $C_{max}$  и точкой, в которой это содержание составляет 0,6 максимального (рис. 5). По вертикальному разрезу рыхлых отложений величина коэффициента рассеяния убывает

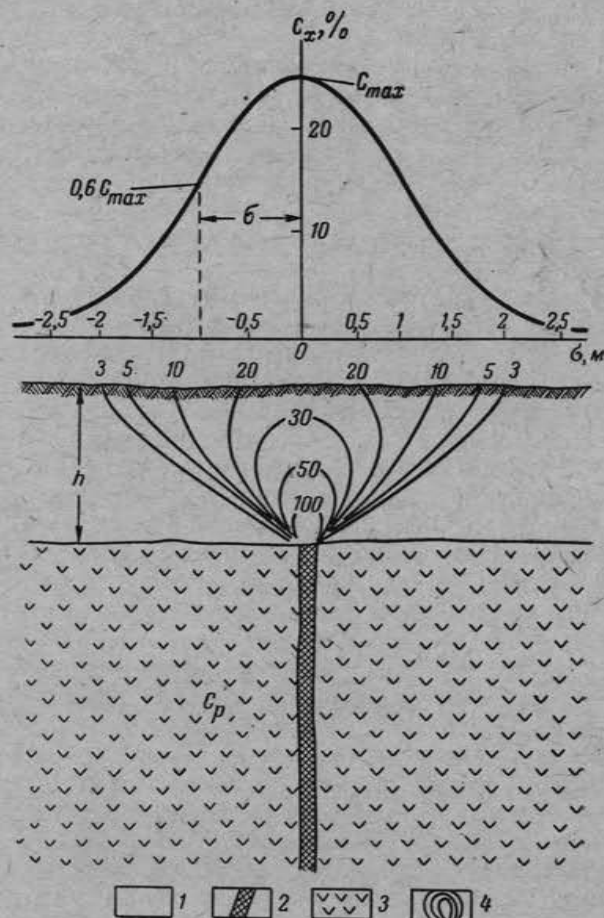


Рис. 5. Вертикальный разрез и график открытого остаточного вторичного литогеохимического ореола рассеяния

1 — элювий; 2 — рудное тело; 3 — вмещающие породы; 4 — изоконцентраты (линии, соединяющие точки с равным содержанием металла в условных единицах).

с глубиной от своего максимального значения вблизи дневной поверхности.

§ 113. При оценке ожидаемой протяженности рудных тел или зон минерализации следует использовать карты изоконцентраций, учитывая все особенности геологии и геоморфологии участка данного вторичного литогеохимического 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 ( $3\sigma$ ). При выборе первоочередных объектов (ореолов) для разведки горными работами при прочих равных условиях предпочтение следует отдавать ореолам, характеризующимся максимальными концентрациями металла, наибольшей протяженностью, а также высшими значениями продуктивности по профилям ( $M$ ) или площади ( $P, q$ ). В то же время не следует забывать одно из правил литогеохимических поисков — бедность обнаруженного ореола еще не есть доказательство бедности соответствующего ему коренного оруденения.

Показатели  $M, P$  и  $q$  не могут характеризовать оруденение при литогеохимических поисках слепых рудных тел и тел, способных к сильному закарстованию на выходах, в условиях, когда работы не по всей площади участка проведены на уровне представительного горизонта, и в других случаях, когда рудное тело не создает адекватного себе вторичного ореола рассеяния.

§ 114. Вторичные ореолы рассеяния, детально оконтурированные и изученные с поверхности необходимыми геологическими и геофизическими методами, подлежат проверке горными выработками или буровыми скважинами с целью вскрытия рудных залежей и их опробования. При переходе к горным работам необходимо учитывать, что центральная точка ореола ( $C_{max}$ ) в рыхлых образованиях совпадает в плане с выходом рудного тела на поверхность коренных пород только в случае горизонтальной дневной поверхности и вертикального падения рудного тела. Во всех остальных случаях центральная точка ореола смещена в сторону понижения рельефа и восстания рудного тела.

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, меньшем или равном  $2\sigma$ , друг от друга, 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  $D > 2,5\sigma$ . Ширина вторичного ореола рассеяния в связи с этим нередко достигает нескольких сот метров. Естественно, что вскрытие коренных пород на всю ширину ореола в этом случае затруднительно и принципиально в этом нет необходимости.

Для вторичных ореолов рассеяния с одним четким максимумом можно считать достаточным вскрытие интервала, равного ширине ореола на уровне  $C_x = 0,5 C_{max}$ , т. е. примерно  $2,5\sigma$ . Общая же ширина вторичных ореолов рассеяния обычно превышает  $5-6\sigma$  и может быть значительно больше этой величины. Соблюдение указанного условия при проходке первых выработок должно исключить ошибочное заключение о непромышленном характере коренного оруденения, если при его разведке будут вскрыты только один из рудных пластов или одна из жил сложной рудной зоны, образующей один общий вторичный ореол рассеяния.

§ 115. При мощности рыхлых отложений менее  $3 м$  вскрытие рудного тела в коренном залегании производят канавами, задаваемыми вкрест ожидаемого простирания рудного тела. При горизонтальной дневной поверхности и крутых углах падения рудных тел центр первой канавы нужно располагать в точке максимальной концентрации металла во вторичном ореоле рассеяния. В случае наличия 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  $45^\circ$ ) и горизонтальной дневной поверхности ее проходку нужно начать в точке, лежащей 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 руд-

ных тел необходимо учитывать совместное влияние этих условий.

Обоими своими концами канавы должны выходить за границы рудной зоны. Длина первой канавы во всех случаях должна быть не меньше  $2,5\sigma$  (где  $\sigma$  — местное значение коэффициента рассеяния в м), ширина по дну 0,6 м. Канавы должны вскрыть свежие коренные породы и по возможности углубиться в них на 0,5 м.

§ 116. При мощности рыхлых отложений более 3 м вскрытие коренного оруденения производят шурфами или скважинами. В этом случае следует особенно тщательно учитывать вероятное смещение вторичного ореола рассеяния от выхода рудного тела на эрозионную поверхность. 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 механических ореолов рассеяния, обнаруживаемых с помощью каппаметрии. Найденные смещения в той же геологической обстановке можно использовать для оценки смещения механических ореолов рассеяния других полезных ископаемых.

С целью оценки смещения вторичного ореола рассеяния в районах с мощным покровом рыхлых отложений 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 содержания элемента по поверхности рыхлых отложений, 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 ореолов рассеяния, достигающие от 30—40 до 100—150 м\*.

\* Смещения ореолов на 100—150 м наблюдались в условиях вечной мерзлоты с развитыми явлениями солифлюкции, отрывом верхней части делювиальных отложений и скольжением деятельного слоя по ледяным прослоям.

В условиях скального рельефа указанные закономерности нарушаются. На очень крутых горных склонах смещение центральной точки ореола в элювиально-делювиальных отложениях от коренного выхода рудного тела практически отсутствует вследствие высокой скорости денудации (так называемый парадокс крутых склонов).

Выполнение вертикального многогоризонтного опробования в зоне найденного вторичного ореола рассеяния чрезвычайно важно при глубинных литогеохимических поисках, так как обеспечивает правильное представление о морфологии погребенных ореолов. Установленная по фактическим данным зависимость между амплитудой смещения вторичного ореола рассеяния и действующими факторами (углом наклона местности, мощностью рыхлых отложений и углом падения рудного тела) вследствие решающего влияния многих других трудно учитываемых факторов — характер вмещающих пород, генетические типы рельефа, растительность, микроклимат и т. п. — может быть распространена на новые участки с большой осторожностью. С учетом этого обстоятельства длина первых горизонтальных разведочных выработок (канав, рассечек, наклонных скважин) должна заведомо перекрывать возможную ошибку в оценке смещения ореола.

§ 117. Документация первых выработок и скважин, задаваемых с целью оценки выявленных вторичных ореолов рассеяния, должна удовлетворять специальным требованиям при их геологическом описании, зарисовке и опробовании. 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, вскрывших рудные тела, а также обработку проб следует вести с учетом конкретных геологических условий и необходимости получения достоверных и представительных данных опробования.

Опробование выработок и скважин проводят путем отбора линейных проб, т. е. бороздовых проб малого сечения ( $2 \times 1$  см), или пунктирных проб из коренных пород по полотну канавы, одной из стенок выработки или по керну через каждый метр, а также точечных (штуфных)

проб из всякого рода рудных, кварцевых и охристых жилков, грейзенов, ожелезненных зон и т. п. Линейные, пунктирные и точечные пробы имеют начальный вес 200—500 г; их упаковывают в мешочки, обрабатывают в соответствии с указаниями § 71 и подвергают анализу. Назначение данного опробования — обеспечить правильную документацию выработки, гарантировать от пропуска участков оруденения и дать оценку качества руд простейшим способом. Места отбора 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 генетического типа минеральных ассоциаций и вероятного масштаба оруденения путем приготовления шлифов, производства протоколов, фазового анализа и других исследований.

§ 118. Первичную обработку бороздовых проб заканчивают приготовлением двух однотипных проб каждую весом около 200 или 500 г (при наличии в пробе золота). 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\*. 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 обычного веса в 25 г допустимо лишь после дополнительного измельчения.

Результаты спектрального (и химического) анализа бороздовых и линейных проб служат для подсчета коли-

\* Передачу проб на химический анализ производят только после исполнения спектрального анализа с учетом его результатов.

чества металла в сечении рудного тела или его продуктивности ( $M_{p.t.}$ ,  $q_{p.t.}$ , см. § 110 и 111).

§ 119. При проходке первых разведочных выработок (канав, шурфов, рассечек) до пересечения рудного тела, а также в случае отсутствия последнего в намеченном интервале нужно провести детальное опробование рыхлых отложений. Опробование канав следует производить погоризонтно путем отбора обычных литогеохимических проб с учетом характера и состава рыхлой толщи чаще всего через каждые 0,5 м рыхлых отложений по вертикали, начиная от поверхности, с соблюдением расстояния между пробами по горизонтали 2—5 м. При поисково-картировочном бурении в подобных случаях делают отбор керна и шлама через 1 м. По результатам анализа этих проб вычерчивают в масштабе 1:50—1:200 графики и карты изоконцентраций в вертикальной плоскости; по ним необходимо корректировать дальнейшую разведку.

Во всех случаях, когда вскрытие коренного оруденения по найденной литогеохимической аномалии, предположительно рассматриваемой в качестве вторичного ореола рассеяния рудного тела, встречает трудности, а также во всех случаях ведения глубинных литогеохимических поисков следует изучать литогеохимическую аномалию как геологическое тело, характеризующее определенной формой и элементами залегания — простиранием, падением и склонением.

Опробование рыхлых отложений, обеспечивая объемное изучение 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 выяснения природы вторичных аккумуляций необходимо производство фазового анализа проб путем вытяжек в растворителях разной жесткости, а при наличии признаков гидрохимического привноса ценных элементов — выполнение соответствующих гидрогеохимических исследований в зоне данной литогеохимической аномалии.

§ 120. Механические ореолы и потоки рассеяния тяжелых устойчивых минералов (касситерита, вольфрамиты, шеелита, киновари и др.), являясь основанием для

поисков и разведки коренного оруденения, в то же время в благоприятных условиях могут образовывать элювиально-делювиальные и аллювиальные 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 литогеохимические 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.

§ 121. Выявленные литогеохимические 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, т. е. в его бассейне денудации, последующими поисками будут обнаружены ореолы рассеяния и коренные рудопроявления, 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 ряду «ложных», связанных, например, с современными или древними путями транспортирования и переработкой руд. В противном случае необходимо рассмотреть вопрос о возможной связи такого потока рассеяния с привнесом ценных элементов подземными водами из зоны слепого рудного тела или за счет их выщелачивания из окружающих горных пород, характеризующихся повышенными содержаниями этих элементов. Геологическое изучение таких литогеохимических аномалий следует обязательно дополнять детальными гидрогеохимическими исследованиями, фазовым анализом литогеохимических проб и при наличии оснований к поискам слепых рудных тел переходить к производству геофизических, а затем горнобуровых работ.

§ 122. Конечным результатом работ при детальном литогеохимическом поиске является участие в оценке масштаба выявленных рудопроявлений и месторождений. Для месторождений, детально разведанных только с поверхности и опробованных на выходах, ориентировочный подсчет геологических (прогнозных) запасов возможен до той или иной целесообразной глубины, подсказанной представлениями о морфологии рудных тел и условиях их залегания. При литогеохимическом поиске объективную характеристику выхода рудопроявления (месторождения) дают продуктивность его вторичного ореола рассеяния  $q$ , выраженная в тоннах металла для слоя в 1 м, и коэффициент пропорциональности  $k$ . Для рудных тел, создающих подобный себе вторичный (открытый или погребенный) ореол рассеяния, примерный подсчет запасов металла  $Q$  (в тоннах) по данным детальным литогеохимическим поискам можно произвести по формуле

$$Q_H = kqH, \quad (15)$$

где  $H$  — глубина подсчета в м.

Целесообразную глубину подсчета  $H$  выбирают при этом в соответствии с конкретными геологическими условиями (глубина вероятного распространения руд, половина длины рудного тела, 100, 200 или 300 м и т. п.). В зависимости от типа оруденения в результаты подсчета  $Q$  могут быть введены поправки, учитывающие вероятную долю металла в забалансовых рудах, а также первичную и вторичную зональность оруденения. При относительно достоверных сведениях о величине множителя пропорциональности  $k$  результаты подсчета запасов следует округлять до первой значащей цифры; при недостаточно надежных данных указывают только порядок цифр. Несмотря на приближенный характер этих подсчетов, цифры геологических запасов металла по вновь найденным месторождениям имеют важное ориентирующее значение при выборе объектов для предварительной разведки.

Особого подхода требует оценка результатов литогеохимических 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.

В целом оценка масштаба выявленных рудопоявлений должна быть итогом всех геологических, геохимических, геофизических и разведочных данных, полученных партией. Следует помнить, что наряду с завышенными оценками масштаба выявленных рудопоявлений в равной мере вредны и могут нанести государству существенный ущерб резко заниженные оценки.

§ 123. Поисковые литогеохимические исследования считают законченными, когда выявленные на всей заснятой площади металлоносные участки полностью оконтурены и геологически изучены. Детальные литогеохимические исследования закончены, когда для всей заснятой площади составлены карты изоконцентраций металлов на геологической основе, важнейшие из выявленных ореолов рассеяния разведаны минимальным числом горных выработок, рудные тела опробованы в коренном залегании и произведен подсчет геологических запасов полезного ископаемого по главным металлам и сопутствующим компонентам. В случае незавершенности работ выявленные геохимические аномалии передают геологоразведочным организациям двусторонними актами.

§ 124. Литогеохимические поиски считают браком в следующих случаях:

- а) необоснованного отклонения от проекта работ;
- б) отсутствия первичной документации или небрежного ведения (например, при наличии подчисток, отсутствии подписей исполнителей, путаницы в записях и т. п.);
- в) неудовлетворительной чувствительности и точности анализа или неполноты перечня определявшихся элементов;
- г) отсутствия или недостаточного количества повторно-контрольного отбора проб по профилям;
- д) отсутствия геодезической привязки точек съемочной сети и долговременных знаков, закрепляющих сеть на местности (при площадных съемках), а также топокарт (или контактных отпечатков) с нанесенными на них точками отбора проб (при поисках потоков рассеяния и маршрутных съемках);

е) отсутствия первичных спектрограмм и лабораторных проб, кроме случая выполнения анализов сторонней организацией, где должны храниться спектрограммы;

ж) всякого рода нарушений настоящей инструкции, ставящих под сомнение геологические результаты работ.

При решении вопроса о браке литогеохимических поисков следует отдельно рассматривать качество полевого отбора проб и их анализа. Если неудовлетворительным является только исполнение анализа, необходимость повторения отбора проб отпадает.

## ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОИСКОВ ЭНДОГЕННЫХ\* МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО ИХ ПЕРВИЧНЫМ ОРЕОЛАМ

### 1. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

§ 125. Литогеохимический метод поисков по первичным ореолам заключается в изучении распределения химических элементов в коренных рудовмещающих породах путем их систематического опробования.

§ 126. Литогеохимические исследования по первичным ореолам делят на три типа: поисковые, детальные и разведочно-эксплуатационные, задачи и методика ведения которых различны.

1. Поисковые литогеохимические исследования по первичным ореолам производят в масштабах 1:50 000 — 1:25 000 в основном на территориях, лишенных покрова рыхлых отложений; в отдельных случаях — на закрытых площадях, когда имеют данные, что первичные ореолы вследствие разубоживания не будут достаточно отчетливо проявлены в рыхлом покрове. Задачей данного этапа является выявление выходящих на эрозионный срез первичных ореолов эндогенных месторождений. Опробование ведут с поверхности или из горных выработок и буровых скважин легкого типа.

2. Детальные литогеохимические исследования по первичным ореолам осуществляют в масштабе 1:10 000 и крупнее на участках выявленного рудопроявления

\* В инструкции рассматривается литогеохимический метод поисков по первичным ореолам только эндогенных месторождений в связи с отсутствием достаточного опыта для месторождений других типов.

с целью оконтуривания ореолов на поверхности, а также возможного изучения их на глубину. Опробование ведут с поверхности, а также в горных выработках и буровых скважинах.

3. Разведочно-эксплуатационные литогеохимические исследования по первичным ореолам проводят в процессе разведки месторождений и их эксплуатации с целью поисков скрытых рудных тел на флангах месторождений и в глубоких горизонтах. Опробованию подвергают горные выработки и буровые скважины.

§ 127. При проведении поисковых литогеохимических исследований по первичным ореолам в масштабе 1:50 000 — 1:25 000 в районах с хорошей обнаженностью геохимическому опробованию должны быть подвергнуты в первую очередь участки гидротермально-измененных пород, скарны, зоны дробления и другие геологические образования, генетически связанные с постмагматическими процессами и представляющие особый интерес для поисков эндогенных месторождений.

§ 128. При поисковых литогеохимических исследованиях по первичным ореолам в масштабе 1:50 000 — 1:25 000 на закрытых территориях с покровом аллохтонных отложений все картировочные скважины подвергают геохимическому опробованию. Пробы берут по коре выветривания и коренным породам. Породы аллохтонного покрова опробуют только в случае решения определенных геологических задач, как, например, геохимическое изучение пород для его расчленения или поиски полезных ископаемых в отдельных горизонтах покрова и пр.

Работы производят в два этапа. На первом этапе поисково-картировочные скважины располагают по относительно редкой сети на расстояниях, принятых в районе для картировочных целей. В них проводят все геологические, геохимические и геофизические работы в соответствии с проектом работ. Глубина скважин должна обеспечить пересечение всей мощности покрова и вскрытие верхней части коренных пород (ниже коры выветривания). На первом этапе в пределах установленных перспективных участков проходят дополнительные детализационные скважины для оконтуривания ореола.

## 2. ОПЫТНЫЕ РАБОТЫ

§ 129. Литогеохимические поиски по первичным ореолам в районах и на объектах, где до этого не проводили геохимические работы, необходимо начинать с постановки опытно-методических работ для решения следующих основных вопросов:

1) установление комплекса элементов, которые образуют первичные ореолы вокруг рудных тел на месторождениях данного типа и могут быть использованы в качестве их индикаторов;

2) определение величины геохимического фона каждого из элементов-индикаторов;

3) выяснение ширины и по возможности вертикальной протяженности ореолов для различных элементов-индикаторов и на основе этого зональности ореолов.

§ 130. Решение данных вопросов производят на типичных для месторождения, хорошо разведанных рудных телах, располагающихся в различных литолого-структурных условиях. Наиболее благоприятные результаты для изучения 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.

§ 131. Установление элементов-индикаторов производят путем:

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

б) построения графиков распределения концентраций элементов в коренных породах по профилям опробования.

Из элементов-индикаторов наибольшую ценность в поисковом отношении представляют те, которые образуют наиболее контрастные, протяженные (особенно по восстанию) и широкие ореолы.

§ 132. Геохимический фон для элементов-индикаторов определяют согласно приемам, изложенным в § 85—93, отдельно для каждого типа пород, имеющего значительное распространение на изучаемой площади.

## 3. ОТБОР ПРОБ

§ 133. При литогеохимических поисках по первичным ореолам в масштабе 1:50 000—1:25 000 в районах с хорошей обнаженностью опробование коренных пород ведут по сети маршрутов. Среднее расстояние между маршрутами при масштабе 1:50 000—500 м, 1:25 000—250 м. Расстояние между пробами по маршруту составляет соответственно 50 и 20 м. В районах с неравномерной обнаженностью маршруты опробования коренных пород выбирают по участкам с максимальной обнаженностью, в связи с чем допускается отступление от указанной выше сети до 30%.

§ 134. При детальных литогеохимических поисках по первичным ореолам в масштабе 1:10 000 и крупнее опробование производят по профилям, располагающимся вкрест простирающихся рудоносных зон. Расстояние между профилями, как правило, должно составлять 100—50 м. Объектами опробования являются коренные породы в обнажениях, горных выработках и буровых скважинах по мере их проходки.

§ 135. Отбор проб в горных выработках и на естественных обнажениях при изучении первичных ореолов производят методом пунктирной борозды, путем точечной отбойки пяти-десяти мелких кусочков (сколков) размером 3—4 см примерно через одинаковые расстояния (от 0,5 до 2 м) 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. Вес пробы не должен превышать 150—200 г. Если из отбираемой пробы предполагают выделение мономинеральных фракций, ее вес может быть увеличен до 500 г. Материал тектонических трещин, встречающихся по профилю опробования или вблизи него, опробуют отдельно. При опробовании естественных и искусственных обнажений пробы следует

отбирать из коренных пород, не затронутых процессами выветривания.

§ 136. Длину пунктирной борозды выбирают с таким расчетом, чтобы первичный ореол был охарактеризован минимум двумя пробами. Обычно длина борозды не превышает 3—10 м. В процессе опытно-методических работ отбор проб проводят более детально с длиной борозды 2—3 м и на основе этих данных устанавливают оптимальную длину интервала опробования. Это производят путем выведения средних содержаний по двум-трем и более соседним пробам с построением соответствующих кривых содержаний. Увеличение интервала опробования приводит к сглаживанию кривой содержаний. Такое сглаживание можно считать допустимым только до величины, при которой ореол фиксируется еще достаточно контрастной аномалией. При опробовании горных выработок и керн скважин пробы должны примыкать непосредственно одна к другой.

§ 137. Опробование буровых скважин с целью выявления первичных ореолов производят путем отбора проб из керна тем же способом, что и опробование в горных выработках. При плохом выходе керна или бескерновом бурении в процессе проходки скважины геохимическое опробование можно проводить по шламу и буровой мути. Наиболее удобным для опробования шлама является шламоуловитель в виде небольшого стакана\*, который легко может быть изготовлен в любой партии. Пробу шлама отбирают ежесменно или по рейсам. При необходимости шлам нескольких рейсов объединяют в одну пробу. Вес пробы шлама не должен превышать 150—200 г. При большем объеме шлама пробу после сушки подвергают квартованию до требуемого веса.

§ 138. 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 в данном случае можно получить ошибочные результаты и раньше, чем применять

\* М. Н. Альбов, Н. В. Стуков. Опробование буровзрывных скважин на железных рудниках Северного Урала. В сб.: «Вопросы методики опробования рудных месторождений при разведке и эксплуатации». Госгеолтехиздат, 1962.

опробование шлама, следует проанализировать глинистый материал, идущий на приготовление бурового раствора.

§ 139. В случае бурения 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.

§ 140. При отборе проб ведут соответствующую документацию мест взятия проб. Образец полевой книжки для документации приведен в приложениях 6 и 7.

§ 141. При отборе проб для анализа на ртуть из подземных выработок необходимо учитывать возможность заражения стенок выработки за счет гремучей ртути из детонаторов.

#### 4. ОБРАБОТКА ПРОБ И ТРЕБОВАНИЯ К ИХ АНАЛИЗУ

§ 142. Обработку проб, отобранных при литогеохимических поисках по первичным ореолам, производят по следующим последовательным операциям:

- а) измельчение в лабораторных щековых дробилках до 5 мм;
- б) измельчение на валках до крупности менее 1 мм;
- в) перемешивание по способу кольца и конуса и сокращение квартованием до 20—50 г\*;
- г) механическое истирание отквартованной навески на вибрационных или других истирателях.

Растертую часть пробы, предназначенную для анализа, направляют в лабораторию.

§ 143. Пробы, отобранные для исследования мономинеральных фракций, после щековой дробилки пропускают дважды через валковую дробилку.

§ 144. Дробильные агрегаты и истиратели после обработки каждой пробы тщательно очищают. Особое внимание следует уделять очистке дробильных агрегатов после обработки проб, отобранных из рудных интервалов по скважинам или выработкам. Такие пробы с надписью «рудные» следует группировать и измельчать

\* Навеску свыше 20 г на последующее истирание оставляют только в случае применения специальных видов анализа (ртуть, золото и др.).

в одно время. Между отдельными пробами 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 (продувка сжатым воздухом, чистка металлическими щетками, протирание мокрыми тряпками и т. п.). Дробление и истирание геохимических проб на рудничных дробилках, занятых дроблением рудных проб, и в помещениях, где они установлены, категорически запрещается.

§ 145. Анализ проб производят прежде всего методом приближенно-количественного спектрального анализа по способу просыпки. Некоторые химические элементы, чувствительность определения которых методом обычного спектрального анализа недостаточна (U, Au, Hg, Rb, I, F и др.), в случае необходимости анализируют другими специальными методами. При изучении некоторых особенностей распределения химических элементов в первичных ореолах иногда применяют методы количественного анализа.

§ 146. При литогеохимических поисках по первичным ореолам в масштабе 1 : 50 000 — 1 : 25 000 основную массу проб анализируют на широкий круг элементов, к числу которых в первую очередь могут быть отнесены следующие: Li, Be, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Sn, Sb, Ba, La, W, Pb, Bi. В ряде случаев необходимо анализировать также на некоторые породообразующие элементы K, Mg, Ca. Необходимость применения специальных методов и методик анализа на В, F, Rb, Sr, Cs, Se, Ta, Au, Hg, U и другие элементы следует рассматривать каждый раз особо, исходя из перспективности исследуемого района на тот или иной элемент.

§ 147. При детальных и разведочно-эксплуатационных литогеохимических поисках по первичным ореолам на широкий круг элементов следует анализировать ограниченное число проб, отобранных с опорных профилей. Основную же массу проб можно анализировать на сокращенное количество элементов (до десяти, в число которых включают прежде всего элементы-индикаторы).

§ 148. При определении перечня элементов, на которые необходимо анализировать пробы, следует учитывать производительность и чувствительность методов

спектрального анализа (см. приложения 12 и 13) и руководствоваться § 248—250. В связи с низкой чувствительностью определения ряда элементов их ореолы можно оконтуривать лишь в пределах полей высоких концентраций. В том случае, когда эти элементы являются важными индикаторами и, в частности, индикаторами зональности (см. § 160), определение их содержания в пробах следует проводить методами, обладающими повышенной чувствительностью.

§ 149. При детальных и особенно разведочно-эксплуатационных литогеохимических поисках по первичным ореолам главное внимание следует уделять определению содержания в пробах (в первую очередь из надрудных зон) элементов-индикаторов зональности. К таким элементам в первую очередь должны быть отнесены Hg, As, Sb, Tl, F, I и некоторые другие.

§ 150. Обработку и анализ проб нужно производить в процессе полевых работ. Очень важно систематическое и оперативное получение результатов анализа по мере проведения поисковых работ. Организацию обработки и анализа проб следует считать нормальной, если 80% проб будет проанализировано к концу полевого сезона.

## 5. КОНТРОЛЬ И ТОЧНОСТЬ ПРОВОДИМЫХ РАБОТ

§ 151. Качество опробования при литогеохимических поисках по первичным ореолам контролируют повторным отбором проб в объеме 3%, который производит начальник отряда, геолог или другое лицо, не принимавшее участия в первоначальном отборе проб.

§ 152. 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.

§ 153. По данным первичного и контрольного опробования подсчитывают погрешность работы (см. § 82,

84), которую следует учитывать при определении величины геохимического фона и выделении геохимических аномалий.

## 6. ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА

§ 154. Результаты литогеохимических поисков по первичным ореолам, проведенных по маршрутам, профилям или буровым скважинам и горным выработкам, изображают в виде графиков содержаний. На один график можно наносить содержания нескольких химических элементов линиями разных цветов. За единицу измерения содержания при построении графиков распределения элементов могут быть взяты значения геохимического фона или процент содержания элемента. Последний способ более удобен, так как позволяет проводить сопоставление данных, полученных по ореолам различных месторождений. Определение величины геохимического фона элементов ( $C_{\phi}$ ), а также нижних значений вероятных аномалий ( $C_a$ ) производят в соответствии с § 85—93.

§ 155. Во всех случаях площадного опробования, когда позволяют детальность работ и масштаб изображения, распределение элементов целесообразно представлять в виде изоконцентраций на планах поверхности, погоризонтных планах или разрезах. Градации для изолиний удобны трехкратные (3, 10, 30 и т. д.), при очень контрастных ореолах значение концентраций может изменяться на порядок (10, 100, 1000) из расчета выделения не более четырех-пяти полей концентраций. Если проведение изолиний невозможно (узкие диффузионные ореолы, редкая сеть опробования и т. д.), могут быть применены другие способы изображения данных на планах и разрезах — оси максимумов содержаний элементов и пр.

§ 156. Зональность строения первичных ореолов может быть установлена путем сопоставления абсолютных содержаний различных элементов на разных уровнях вертикального разреза ореола. Значительно более четко зональность проявляется при подсчете отношений метропроцентов отдельных элементов на всю ширину ореола, включая рудные интервалы, на разных уровнях вертикального разреза. Отношение метропроцентов элементов

имеет то преимущество, что, помимо содержаний, учитывается также ширина ореолов, которая резко меняется для разных элементов на различных уровнях по отношению к рудному телу. Величина метропроцента характеризует количество принесенного элемента, если при подсчетах исключить геохимический фон элемента.

Вычисление метропроцента для определенного горизонта или сечения по скважине производят по данным опробования по формуле

$$M = \sum_{i=1}^n m_i (C_i - C_{\phi}), \quad (16)$$

где  $m_i$  — длина интервалов опробования (пунктирных борозд);  $C_i$  — соответствующие им содержания элементов в пробах;  $n$  — количество проб, введенных в подсчет;  $C_{\phi}$  — фоновое содержание данного элемента.

При вычислении отношения метропроцентов различных элементов в знаменатель помещают величину метропроцента основного рудного элемента для месторождения. В первую очередь должны быть изучены отношения элементов, имеющих тенденцию к концентрации в надрудной части ореола. Для свинцово-цинковых месторождений, например, зональность может ярко проявляться при подсчете отношений метропроцента ртути к свинцу, мышьяку и сурьме к свинцу. Отношения метропроцентов сопутствующих элементов могут дать еще более контрастную характеристику зональности (отношение элемента, концентрирующегося в надрудной зоне, к элементу, приуроченному к нижним горизонтам и корням рудных тел).

§ 157. Наряду с графическими материалами, изображающими распределение абсолютных содержаний элементов, необходимо составлять соответствующие графики или таблицы, характеризующие изменения отношения между элементами по вертикали (над телом, верхние горизонты, средняя часть, корни рудных тел) и горизонтали (центр, фланги рудного тела). Эти данные по зональности чрезвычайно важны для интерпретации выявляемых геохимических аномалий и возможности оценки уровня эрозийного среза относительно рудного тела.

§ 158. При составлении окончательного отчета планы и разрезы, показывающие распределение элементов, це-

лесообразно составлять не для всех химических элементов, определявшихся в пробах, а только для тех из них, которые являются наиболее важными индикаторами рудоносности и особенности распределения которых играют главную роль в оценке геохимических аномалий. Такие планы и разрезы составляют на кальке, которую накладывают на геологическую основу, либо в виде синек или фотоотпечатков с геологической основой и данными геохимического опробования.

§ 159. Данные анализа единичных проб, которые не могут быть оформлены в виде планов и разрезов, помещают в отдельные таблицы. Так же в виде таблиц или графиков оформляют результаты анализа проб, использованных для определения геохимического фона элементов.

## 7. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ОПРОБОВАНИЯ

§ 160. При интерпретации данных опробования при литогеохимических поисках по первичным ореолам необходимо учитывать следующее.

1. Состав эндогенных геохимических ореолов в основном соответствует составу рудных тел, вокруг которых они образуются.

2. Помимо основных рудообразующих элементов, индикаторами оруденения являются элементы-спутники.

3. Размеры первичных ореолов часто значительно превышают размеры рудных тел, вокруг которых они образуются. Они распространяются вдоль по восстанию над рудными телами. Известны первичные ореолы, непрерывно развивающиеся над рудными телами на 200—300 м.

4. Одной из закономерностей первичных ореолов является прямая связь их размеров с концентрацией соответствующих элементов в рудном теле. Указанная закономерность наряду с разной степенью подвижности элементов может определять зональное строение ореола.

5. Важное значение для оценки геохимических аномалий при поисках скрытых рудных тел имеет геохимическая зональность распределения элементов в ореоле. Часть элементов концентрируется в надрудной части вертикального разреза, часть характерна для нижних горизонтов рудных тел.

6. Первичные ореолы эндогенных месторождений развиваются, как правило, в пределах зон гидротермально измененных пород и генетически с ними связаны.

7. Основные параметры ореолов зависят от геологических и геохимических факторов. Из геологических факторов наиболее значительными являются литолого-структурные: состав вмещающих пород, расположение и интенсивность проявления зон трещиноватости и повышенной эффективной пористости пород и т. п. Среди геохимических факторов различают внешние (температура, давление, химические особенности среды и т. п.) и внутренние — свойства химических элементов.

§ 161. Имеющиеся данные о комплексах элементов-индикаторов для разных типов месторождений приведены ниже (последовательность элементов в приводимом перечне характеризует наблюдаемую зональность от надрудных горизонтов вниз по падению):

а) гидротермальные полиметаллические месторождения — Hg, As, Sb, Pb, Zn, Cu;

б) гидротермальные месторождения золота: низкотемпературные — Hg, As, Ag, Sb, Au, среднетемпературные — Pb, Cu, Ag, Au;

в) гидротермальные месторождения урана — Pb, Zn, Mo, U или Ni, Pb, Mo, Co, U;

г) ниобиевые месторождения, связанные с массивами нефелиновых сиенитов, — Th, Zr, Nb;

д) месторождения редких металлов, связанные с альбитизированными гранитоидами, — Rb, Li, Be;

е) месторождения редкометалльных пегматитов натрий-литиевого типа — Zr, Rb, Li.

Следует отметить, что для многих полиметаллических месторождений установить зональность очень трудно или она отсутствует, а для месторождений других типов для этого необходима тщательная обработка данных опробования.

§ 162. При установлении зональности следует иметь в виду возможность ее искажения за счет многофазности пульсационного процесса рудообразования, которую устанавливают путем петрографо-минералогических исследований руд. Некоторыми путями исследования этого вопроса является использование корреляционных связей между элементами-индикаторами и основным рудным

элементом, а также изучение мономинеральных фракций.

§ 163. Для повышения достоверности оценки выявленных первичных ореолов необходимо сопоставить данные об особенностях распределения химических элементов в ореоле с зональностью распределения элементов в ореолах около рудных тел, ранее изученных в районе работ. Данные о зональности ореолов и другие геохимические критерии, накапливаемые в процессе разведочных работ, должны быть использованы для оценки нижних горизонтов, уточнения сети разведочных выработок, буровых скважин и т. п.

§ 164. Выявленные при поисках на поверхности первичные ореолы, положительно оцененные на основе геохимических данных, подлежат проверке горными выработками или буровыми скважинами с целью вскрытия предполагаемых рудных тел на глубине. Так как до сих пор еще не установлены геохимические критерии; позволяющие оценивать глубину залегания скрытых рудных тел и их масштабы, участки с выявленными геохимическими аномалиями должны быть подвергнуты тщательному структурно-геологическому исследованию, а также изучению с помощью геофизических методов. Комплексные данные помогут определить место заложения первичных горных выработок или буровых скважин.

§ 165. Скважины и горные выработки, заложенные для проверки аномалий, необходимо подвергнуть геохимическому опробованию с целью получения данных о распределении элементов по вертикали, имеющих важное значение при интерпретации выявленных аномалий.

§ 166. Объем горных и буровых работ для вскрытия первичного ореола зависит от сложности геологического строения и размера ореола; он должен быть минимальным и обеспечивать лишь вскрытие рудных тел с предварительной оценкой состава и качества руд.

## ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОИСКОВ

### 1. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

§ 167. Сущность гидрогеохимического 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 области избыточного увлажнения и более влажной части области неустойчивого увлажнения. В аридных областях поиски гидрогеохимическим методом затруднены. Наиболее эффективно применение гидрогеохимического метода для поисков месторождений, руды которых легко окисляются с образованием соединений, растворимых в воде. 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.).

Применение гидрогеохимического метода для поисков некоторых типов месторождений ограничено в настоящее время отсутствием достаточно чувствительных, надежных и простых методов анализа природных вод на ряд химических элементов. Пригодные методы анализа разработаны на Cu, Zn, Mn, Ni, Co, Mo, As, Ge, U, Sr, Li, Sn, Pb, Ga, Ag, Zr, Ti, Cr, Na, F, Nb, V, B, Be, Hg, Sb, W и некоторые другие элементы существующие методы еще недостаточно чувствительны, а на In, TR и пр. — еще не разработаны.

§ 168. Гидрогеохимические исследования делят на три типа: рекогносцировочные, поисковые и детальные, задачи и методика ведения которых различны.



1. Рекогносцировочные гидрогеохимические исследования производят в регионах, геологическая изученность которых соответствует масштабам 1 : 1 000 000 — 1 : 200 000. Задачей этих работ являются общая оценка перспектив региона на наличие месторождений полезных ископаемых и выделение перспективных территорий. Гидрогеохимические исследования на этом этапе проводят путем выборочного опробования существующих водопоявлений, характеризующих важнейшие комплексы пород, контакты, зоны тектонических нарушений. Пробы подвергают химическому и спектральному анализам на максимальное число микроэлементов, исходя из общих металлогенических особенностей региона.

2. Поисковые гидрогеохимические исследования в масштабе 1 : 50 000 проводят в пределах рудных районов на площадях, перспективность которых на наличие полезных ископаемых установлена ранее проведенными, в том числе и рекогносцировочными гидрогеохимическими работами. Задача этого этапа работ — обнаружение гидрогеохимических ореолов и потоков рассеяния месторождений и выделение локальных площадей для детальных работ.

Поисковые гидрогеохимические исследования следует вести в комплексе с другими видами геохимических поисков (преимущественно литогеохимическими поисками по потокам рассеяния), гидрогеологической съемкой или геологосъемочными работами. Опробованию подвергают источники подземных вод, приуроченные к понижениям эрозийного или тектонического происхождения, осуществляющим дренаж более или менее значительных площадей. В случае необходимости в наиболее перспективных участках при неглубоком залегании грунтовых вод (до 2—3 м) производят их искусственное вскрытие. При отсутствии соответствующего числа выходов подземных вод опробуют поверхностные потоки и водоемы. Пробы подвергают полному химическому и спектральному анализам. После установления ведущих гидрогеохимических поисковых признаков число определяемых компонентов может быть сокращено.

3. Детальные гидрогеохимические исследования в масштабе 1 : 10 000 и крупнее производят на участках, несущих проявления рудной минерализации, а также на площадях наиболее перспективных гидрогеохимических

аномалий. В задачу работ этого этапа входит оконтуривание рудных полей, если возможно, отдельных рудных тел (в том числе и не выходящих на поверхность), а также интерпретация природы наиболее перспективных гидрогеохимических аномалий. Опробованию подвергают все источники подземных вод, все водоносные горизонты, вскрытые горными выработками и буровыми скважинами. Пробы анализируют только на те компоненты, которые являются поисковыми признаками искомого типа месторождения.

Гидрогеохимические поиски скрытых рудных тел на стадии детальных исследований проводят в комплексе с геологоразведочными и гидрогеологическими работами масштаба 1 : 10 000 и крупнее. Первостепенное значение они приобретают в закрытых районах с мощным покровом рыхлых экранирующих отложений (более 10—20 м), затрудняющих проведение литогеохимических и биогеохимических поисков.

§ 169. Количество точек отбора проб на 1 км<sup>2</sup> в зависимости от типа гидрогеохимических съемок и сложности геологического строения определяют согласно табл. 5.

Таблица 5

Типы и масштабы гидрогеохимических съемок

Тип съемки	Масштаб	Количество проб на 1 км <sup>2</sup> при геологическом строении		
		простом	средней сложности	сложном
Рекогносцировочная	1 : 1 000 000	0,01	0,02	0,03
	1 : 500 000	0,04	0,05	0,08
	1 : 200 000	0,1	0,15	0,25
Поисковая	1 : 50 000	0,7	1,0	1,6
Детальная	1 : 10 000	Опробуют все возможные для отбора проб водопоявления, причем расстояние между пунктами отбора проб не должно превышать 1 см на карте соответствующего масштаба работ		

Расположение пунктов отбора при любом масштабе съемки должно обеспечить равномерное покрытие изучаемой территории. В случае необходимости и природной возможности производят сгущение точек на перспективных площадях за счет предусматриваемого в проекте работ резерва.

## 2. ОПЫТНЫЕ РАБОТЫ

§ 170. В случае, когда эффективность применения гидрогеохимических поисков в районе на основании имеющихся данных установить нельзя, в проекте в соответствии с § 8 необходимо предусмотреть проведение опытно-методических исследований. Программой опытно-методических работ может быть предусмотрено разрешение следующих вопросов:

а) изучение гидрогеохимических ореолов и потоков рассеяния известных месторождений и рудопроявлений (размеры ореолов и потоков, их контрастность и т. д.);

б) выяснение соотношения гидрогеохимических и литогеохимических ореолов и потоков рассеяния известных месторождений;

в) определение комплекса гидрогеохимических поисковых признаков искомого типа месторождений, а также значений фоновых и аномальных концентраций элементов-индикаторов в ореолах и потоках рассеяния;

г) выяснение роли вертикальной зональности подземных вод в формировании гидрогеохимических аномалий на месторождениях;

д) определение возможности появления гидрогеохимических аномалий, не связанных с рудными телами;

е) выбор местоположения и необходимого количества водопунктов для проведения режимных наблюдений.

В процессе опытно-методических работ каждый из указанных вопросов решают путем отбора и анализа необходимого минимума проб.

## 3. ОТБОР ПРОБ

§ 171. Отбор гидрогеохимических проб при поисках в различных масштабах следует производить из:

а) естественных источников подземных вод;

б) поверхностных вод (реки, ручьи, болота, мочажины, озера, пруды);

в) скважин и других подземных выработок;

г) колодцев, шурфов и других поверхностных горных выработок.

При опробовании следует учитывать, с каким генетическим типом вод (грунтово-трещинные, грунтовые воды рыхлых отложений, пластово-трещинные, трещинно-жильные и др.) связано опробуемое водопроявление. В противном случае интерпретация результатов исследований будет затруднительна. Из поверхностных потоков наибольший интерес представляют те, в питании которых ведущая роль принадлежит подземным водам. Максимальный эффект при гидрогеохимических поисках дают мелкие поверхностные потоки, образующиеся на участках выклинивания грунтовых вод. В результате опробования этих потоков могут быть получены данные, аналогичные опробованию грунтовых вод. Потоки ледникового питания вследствие плохой связи с подземными водами дают меньший эффект. Из болот наибольший интерес при опробовании представляют луговые (низинные) болота, а также болота и мочажины, расположенные на склонах.

§ 172. Отбор проб производят в стеклянные или пластмассовые (полиэтиленовые, хлорвиниловые и пр.) бутылки емкостью 0,5—1,0 л в количестве, необходимом для выполнения нужных определений с требуемой чувствительностью (см. приложения 14 и 15). Использование при отборе проб посуды, содержащей оцинкованные или медные детали, запрещается. Основным условием, которое необходимо соблюдать при отборе проб воды, являются чистота посуды, пробок и герметичность упаковки.

Стеклянную посуду для отбора проб воды моют 5%-ным раствором соляной кислоты, затем споласкивают сначала простой, а потом не менее двух 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.

§ 173. Перед взятием пробы воды бутылки и пробки необходимо не менее двух 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 Cu, Zn, Pb, Ni, Co, U и Ra, непосредственно на месте отбора после опробования рН подкисляют спектрально проверенной 1:1 соляной кислотой из расчета 3 мл соляной кислоты на 1 л воды, а пробы на Ag и Hg подкисляют таким же образом серной кислотой. Пробы, отбираемые для спектральных определений, подкисляют спектрально чистой 1:1 серной кислотой из расчета 2—3 мл серной кислоты на 1 л воды.

Заливать пробку (парафином и пр.) не рекомендуется ввиду возможных загрязнений пробы при вскрытии бутылки материалом, используемым для заливки. Заливку пробок допускают только для проб с газирующей водой, предназначенных для отправки в стационарную лабораторию. На каждую отобранную бутылку составляют паспорт (см. приложение 8), который привязывают к горлышку бутылки.

§ 174. Отбор проб из источников производят в месте наиболее сосредоточенного тока воды непосредственно в бутылку, либо с помощью фарфоровой или эмалированной кружки. Если перед отбором пробы производили расчистку источника, пробу следует брать только после полного осветления воды. При отборе проб воды из источников проводят следующие наблюдения и измерения:

- а) устанавливают положение источника по отношению к орографическим или гидрографическим элементам;
- б) выясняют характер отложений, к которым приурочен выход подземных вод, и кратко их описывают;
- в) определяют тип источника и по возможности водоносный горизонт, его питающий;
- г) описывают характер выхода воды;
- д) измеряют дебит источника и температуру воды;
- е) описывают физические свойства воды, отмечают наличие газовых выделений;
- ж) описывают отложения источника и отбирают их образцы;
- з) при наличии каптажа производят его описание; особое внимание обращают на материалы, применяемые

для каптажа, выясняют возможность заражения вод определяемыми элементами из материалов каптажа.

§ 175. При отборе проб из поверхностных потоков опробованию подвергают предпочтительно потоки с наибольшим расходом воды, а также мелкие водоемы. Опробование этих потоков целесообразно вести от низовьев к верховьям через определенные интервалы, причем отбор проб из основного потока сопровождают опробованием боковых притоков. Из рек с расходом более  $0,2 \text{ м}^3/\text{сек}$  отбирают единичные пробы для оценки фоновых содержаний. Отбор из поверхностных потоков производят в местах наиболее спокойного течения, на участках возможного выклинивания подземных вод.

В небольших водоемах отбирают две-три пробы. В более крупных прудах и озерах различные участки водоемов характеризуются единичными пробами. Места возможного подтока подземных вод должны быть специально опробованы. Небольшие болота характеризуются также 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) общее описание опробуемых потоков и водоемов и гидрогеологических условий района;
- б) измерение расходов потоков и температуры воды в них;
- в) описание физических свойств отобранной воды.

§ 176. Буровые скважины могут быть широко использованы при гидрогеохимических поисках. Гидрогеохимическому опробованию могут быть подвергнуты как самоизливающиеся, так и не самоизливающиеся скважины. Для установления представительной глубины отбора проб воды из скважин и выявления основных водоносных горизонтов или обводненных трещиноватых зон производят поинтервальное опробование наиболее глубоких скважин. Отбор проб из самоизливающихся скважин производят непосредственно из струи. Если такие скважины

оборудованы трубопроводом с краном, то перед взятием пробы необходимо спустить воду из трубопровода.

В случае отсутствия самоизлива необходима прокачка скважины. Откачки из скважин при гидрогеохимических поисках производят для того, чтобы удалить из скважины промывочную жидкость и получить незагрязненную подземную воду. От обычных гидрогеологических откачек эти откачки отличаются сравнительной кратковременностью. Оптимальное время откачки зависит главным образом от водоотдачи вскрытого водоносного горизонта, а также интенсивности откачки и контролируется графиком одного или нескольких анионов или катионов. 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 не самоизливающихся скважин можно производить пробоотборниками различных конструкций (пробоотборником К. В. Симонова, различными глубинными пробоотборниками ПД-3 и др.), при этом необходимо иметь в виду возможность загрязнения проб микроэлементами из металлических частей пробоотборников.

Полный комплекс наблюдений, необходимых для интерпретации данных опробования буровых скважин, включает:

- а) характеристику вскрываемого скважиной геологического разреза (по данным геологической документации);
- б) измерение глубины установившегося уровня воды;
- в) измерение дебита вскрываемых скважиной вод (в случае самоизливающихся вод и при откачках);
- г) измерение температуры вод;
- д) установление конструкции скважины (наличие обсадных труб, закрепленные ими интервалы) и технологии бурения (применение глинистого раствора или воды для промывки);
- е) обследование оборудования с целью выявления возможности заражения вод элементами, определяемыми при гидрогеохимических поисках;
- ж) описание физических свойств воды.

§ 177. По условиям отбора проб воды выделяют следующие типы колодцев:

а) эксплуатирующиеся колодцы с забором воды ведрами и пр.;

б) не эксплуатирующиеся колодцы;

в) колодцы, 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 сопровождаются тем же комплексом наблюдений, что и при опробовании естественных источников подземных вод. Кроме того, описывают способ водозабора, глубину колодца, материал крепления его, метод отбора и установившийся уровень воды.

§ 178. Отбор проб воды в подземных горных выработках на рудниках и разведываемых месторождениях можно производить из капелей, опережающих скважин и пр. Отбор проб из капелей производят с помощью стеклянной воронки и резинового шланга. Опробование остальных водопроявлений делают аналогично опробованию водопроявлений на поверхности. Отбор проб воды из поверхностных горных выработок производят так же, как опробование аналогичных водопроявлений в колодцах, с соблюдением необходимых предосторожностей против поверхностной (дождевой) воды.

§ 179. Первичными документами пробоотбора являются:

а) записи в полевой книжке, которые ведут по форме приложения 9;

б) топографические карты с нанесенными на них пунктами отбора проб и абрисы глазомерных съемок;

в) паспорт на пробу, заполняемый по форме приложения 8.

§ 180. Большое значение при отборе проб, особенно из поверхностных водотоков в районах с высокой интенсивностью водообмена (горные районы гумидной зоны, районы многолетней мерзлоты), имеет выбор благоприятного времени для опробования. Оптимальный период опробования устанавливают путем режимных наблюде-

ний за химизмом поверхностных и подземных вод либо методом аналогии с районами, близкими по природным условиям к изучаемому району. Режимные наблюдения необходимы также при интерпретации результатов гидрогеологических исследований.

§ 181. 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 отдельными гнездами для каждой бутылки. Для большей устойчивости их в гнездах пробы следует упаковать опилками, сеном или другим материалом. Сверху ящик должен быть забит крышкой.

#### 4. ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

§ 182. Основной задачей интерпретации рекогносцировочных гидрогеохимических исследований являются выяснение общих металлогенических особенностей региона, оценка его перспектив, выделение перспективных территорий. Для этого производят:

1) составление карты общего химического состава вод;

2) составление гидрогеохимической карты микрокомпонентного состава вод;

3) выяснение причин изменения по площади изученного района общего химического и микрокомпонентного состава подземных и поверхностных вод.

§ 183. На карте общего химического состава вод, составляемой на гидрогеологической основе, показывают:

а) генетические типы вод, характеризующиеся различными условиями формирования и приуроченностью к разным литолого-стратиграфическим комплексам пород (грунтово-трещинные, грунтово-поровые, пластово-трещинные и др.);

б) химический состав и минерализацию выделяемых типов вод.

На этой же карте должны быть отражены основные типы геохимического ландшафта, развитые на территории исследований.

На гидрогеохимической карте микрокомпонентного состава вод, составляемой на гидрогеологической основе, должны быть выделены территории, различающиеся по комплексу микрокомпонентов. При этом в зависимости от фоновых значений гидрогеохимических поисковых признаков в подземных водах каждого генетического типа, литолого-стратиграфического комплекса и геохимического ландшафта выделяют площади с аномальными содержаниями либо одного какого-либо гидрогеохимического поискового признака, либо комплекса признаков в соответствии с парагенетическими ассоциациями элементов в рудах данной металлогенической провинции.

Фоновые и минимально аномальные значения гидрогеохимических поисковых признаков определяют с помощью графиков в вероятностном масштабе или путем построения вариационных кривых. Методы их построения и анализа рассмотрены в § 85—93. Вследствие того, что фоновые и минимально аномальные значения гидрогеохимических поисковых признаков могут значительно колебаться в водах различных генетических типов, литолого-стратиграфических комплексов и геохимических ландшафтов, графики и вариационные кривые для них следует строить отдельно.

§ 184. Изменения общего химического и микрокомпонентного состава вод анализируют с целью отделения изменений, связанных с повышенным содержанием элементов в горных породах, наличием площадей гидротермально измененных пород, зон пиритизации и т. д., от других, обусловленных гидрогеологическими условиями (изменения интенсивности водообмена, типа подземных вод, глубины их циркуляции, расстояния от области питания, агрессивности вод и т. д.) или интенсивностью процессов выветривания.

Интерпретацию данных по макро- и микрокомпонентному составу подземных вод следует производить с учетом их горизонтальной и вертикальной зональности и ландшафтно-геохимических особенностей территории. В результате интерпретации выделяют территории, перспективные для поисков различных видов полезных ископаемых. Эти территории разделяют в зависимости от степени их перспективности. К карте прилагают каталог аномалий.

Все выводы, полученные во время полевого периода, должны быть проверены как путем визуального осмотра соответствующих участков, так и дополнительным отбором проб из повторных и новых водоисточников. Такая же проверка должна быть проведена для участков, которые по геологическим данным являются перспективными, а по материалам гидрогеохимического опробования эта перспективность не подтверждена.

§ 185. Основной задачей интерпретации гидрогеохимических исследований поискового и детального этапов являются выявление и оконтуривание участков, перспективных на обнаружение месторождений и рудопроявлений. Для этого производят:

- 1) составление гидрогеохимических карт;
- 2) выделение гидрогеохимических аномалий;
- 3) отбраковку безрудных аномалий;
- 4) выяснение природы рудных аномалий и установление пространственной связи гидрогеохимических аномалий с местоположением рудных тел;
- 5) составление карты аномалий и перспективных участков.

§ 186. При составлении гидрогеохимических карт так же, как и в случае рекогносцировочных исследований, фоновые и аномальные содержания гидрогеохимических поисковых признаков должны быть определены дифференцированно по отношению к различным типам подземных и поверхностных вод и геохимическим ландшафтам.

§ 187. Повышение содержаний отдельных легко мигрирующих компонентов ( $\text{SO}_4$ , В, Мо, Zn и др.), являющихся гидрогеохимическими поисковыми признаками, происходит не только под влиянием разрушающихся рудных тел, но и вследствие увеличения общей минерализации подземных и поверхностных вод. Особенно это характерно для зоны грунтовых вод континентального засоления. Иногда колебания содержаний компонентов за счет изменения общей минерализации вод делают интерпретацию результатов гидрогеохимических поисков затруднительной. В этих случаях рекомендуют проводить вычисление и построение карт и графиков отношений содержаний отдельных компонентов между собой и от общей минерализации. Наиболее употребительными от-

ношениями являются:  $\frac{\text{SO}_4}{\text{M}}$ ,  $\frac{\text{SO}_4}{\text{Cl}}$ ,  $\frac{\text{B}}{\text{Cl}}$ ,  $\frac{\text{SO}_4}{\text{HCO}_3}$ ,  $\frac{\text{Zn}}{\text{M}}$ ,  $\frac{\text{B}}{\text{M}}$ ,

где М — общая минерализация воды в точке отбора пробы. Подсчитанные отношения можно наносить на карту.

Графики зависимости содержания компонента от общей минерализации подземных и поверхностных вод прежде всего строят 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 основанием для оконтуривания гидрогеохимических аномалий.

§ 188. Для отдельных районов с высокой интенсивностью водообмена концентрации компонентов, характеризующие гидрогеохимические поисковые признаки, могут значительно колебаться во времени. С целью определения этих колебаний, вызывающих зачастую значительное увеличение или уменьшение фоновых концентраций по сравнению со средними их значениями, проводят режимные гидрогеохимические наблюдения. В сеть режимных наблюдений включают три-пять водопунктов (источники, ручьи, иногда скважины, штольни), характеризующих одну из наиболее типичных гидрогеохимических рудных аномалий и участок вне влияния рудных тел. Опробование рекомендуют проводить примерно через десять дней. Кроме того, после выпадения осадков с суточной нормой более 5 мм необходимо отбирать дополнительные пробы.

Гидрогеохимические режимные наблюдения должны охватывать весь период проведения гидрогеохимических поисков. В тех случаях, когда это возможно, следует проводить такие наблюдения в течение всего календарного года с тем, чтобы иметь представление как о колебаниях концентраций компонентов в различные сезоны, так и об амплитуде этих колебаний за год.

Опробование режимных точек проводят в соответствии с теми требованиями, которые предъявляют к опробованию подобных водопунктов при гидрогеохимической съемке. На основании данных режимных наблюдений строят графики изменения концентраций компонентов во времени. Они позволяют вычислить фоновые и аномаль-

ные концентрации с учетом влияния гидрометеорологического фактора.

§ 189. Выделение участков гидрогеохимических аномалий заключается в оконтуривании пунктов с аномальными значениями гидрогеохимических поисковых признаков. При оконтуривании гидрогеохимических аномалий необходимо учитывать следующее.

1. Направление движения подземных и поверхностных вод. Контур гидрогеохимической аномалии должен соответствовать направлению стока вод.

2. Возможность различия степени проявления аномалий в разных типах вод. Оконтуривание гидрогеохимических аномалий целесообразно проводить раздельно для каждого генетического типа подземных вод.

3. Возможное наличие зональности гидрогеохимической аномалии, в связи с чем в пределах общего поля гидрогеохимической аномалии выделяют участки, характеризующиеся различными ассоциациями гидрогеохимических поисковых признаков, а также участки, для которых аномальные значения одного или нескольких гидрогеохимических признаков особенно контрастны. В отдельных случаях внутри сложной гидрогеохимической аномалии проводят контуры, ограничивающие распространение аномальных значений различных гидрогеохимических поисковых признаков.

После оконтуривания гидрогеохимических аномалий производят их разделение по ассоциациям гидрогеохимических признаков и контрастности.

§ 190. Отбраковка безрудных аномалий — наиболее ответственный этап интерпретации. Как следует из табл. 1, возникновение безрудных аномалий может быть обусловлено самыми разнообразными причинами. Особенности отбраковывания безрудных аномалий в каждом районе специфичны. Но в любом случае оно может быть произведено только на основании тщательного учета металлогенических, ландшафтно-геохимических и гидрогеологических условий.

Гидрогеохимические аномалии, не интерпретируемые как безрудные, относятся к рудным, т. е. к аномалиям, являющимся гидрогеохимическими ореолами и потоками рассеяния рудной минерализации. Выяснение природы рудных аномалий и установление пространственной

связи гидрогеохимических аномалий с местоположением рудных тел производят на основании учета:

а) общей геологической и металлогенической ситуации;

б) гидрогеологической обстановки (направление движения подземных и поверхностных вод);

в) зональности гидрогеохимических аномалий;

г) особенностей миграции компонентов, являющихся гидрогеохимическими поисковыми признаками, в зависимости от ландшафтно-геохимических условий исследуемой территории;

д) контрастности гидрогеохимических аномалий;

е) ассоциаций компонентов, составляющих гидрогеохимическую аномалию.

Большую помощь при решении этих вопросов может принести построение гидрогеохимических профилей, совмещенных с геологическими профилями. 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 гидрогеохимической аномалии, так и примыкающие площади, откуда возможен сток поверхностных и подземных вод, участвующих в питании вод, в которых обнаружена гидрогеохимическая аномалия.

§ 191. В результате гидрогеохимических исследований поискового и детального этапов должны быть составлены карты гидрогеохимических аномалий и перспективных участков. Для составления сводной карты гидрогеохимических аномалий целесообразно построить отдельные гидрогеохимические карты для каждого из элементов-индикаторов. Последовательность операций при составлении сводной карты гидрогеохимических аномалий следующая.

1. Производят выделение гидрогеохимических аномалий по всем элементам, являющимся гидрогеохимическими поисковыми признаками искомого типа месторождений. Для этого оконтуривают участки, отмечающиеся аномальными концентрациями всего комплекса элементов, а в пределах каждой аномалии выделяют зоны, ха-

рактизирующиеся повышенными концентрациями отдельных элементов.

2. Проводят отбраковку безрудных аномалий и выделяют рудные гидрогеохимические аномалии.

3. Делят аномалии по ассоциациям гидрогеохимических поисковых признаков и контрастности.

Карта гидрогеохимических аномалий должна сопровождаться зарамочными гидрогеохимическими профилями, пересекающими площадь гидрогеохимической аномалии. Целесообразно в зарамочном оформлении карты гидрогеохимических аномалий привести краткую характеристику рудных гидрогеохимических аномалий (ведущие гидрогеохимические признаки, их фоновые и аномальные значения). Система и характер обозначений карты гидрогеохимических аномалий могут быть различными в зависимости от конкретных природных условий, масштаба работ и минералогического типа искоемых месторождений.

§ 192. Итоговой картой, составляемой по результатам гидрогеохимических исследований, является карта перспективных участков. Основой для нее служат:

- а) геологическая карта территории исследований;
- б) карта гидрогеохимических аномалий.

Выделение участков, перспективных на обнаружение рудопоявлений, производят на геологической основе с учетом положений, указанных в § 191. При большом количестве перспективных участков должны быть выделены первоочередные участки. Система обозначений при выделении перспективных участков может быть различной в зависимости от природных условий исследуемого района.

§ 193. Интерпретацию данных гидрогеохимических поисков проводят в полевой период. Во время камеральных работ производят детализацию и уточнение интерпретации полученных результатов, окончательное оформление карт и составление текста отчета о проведенных работах. Использование результатов гидрогеохимических поисков не следует ограничивать задачей выявления промышленных месторождений полезных ископаемых, хотя это и является основной целью. Данные этих поисков должны быть широчайшим образом привлечены к решению вопросов литологии, стратиграфии, магматизма, и металлогении изучаемой территории.

## БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОИСКОВ

### 1. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

§ 194. Сущность биогеохимического метода поисков заключается в изучении распределения химических элементов в растительности путем их систематического опробования. Данный метод следует применять в тех случаях, когда он обладает преимуществом перед литогеохимическими методами поисков. Это должно быть подтверждено имеющимися данными или доказано необходимым объемом опытных работ.

§ 195. Применение биогеохимического метода поисков может быть целесообразным в следующих районах:

а) развития современных элювиально-делювиальных отложений и древних кор выветривания с выщелоченными с поверхности литогеохимическими вторичными ореолами рассеяния, характерными для элементов активных водных мигрантов, в условиях гумидной зоны и замедленной денудации;

б) неглубоко погребенных литогеохимических вторичных ореолов рассеяния при наличии покрова аллювиально-пролювиальных, ледниковых, озерных и других дальнеприносных отложений ограниченной мощности (2—10 м), в условиях гумидной и умеренно влажной зоны;

в) погребенных литогеохимических вторичных ореолов рассеяния при наличии покрова дальнеприносных, в том числе песчаных, отложений эолового и древнеаллювиального происхождения умеренной мощности (до 20 м), в условиях пустынь и полупустынь аридной зоны, при наличии растений с глубокой корневой системой;



г) заболоченных равнин и торфяников при неглубоком (2—10 м) залегании пород рудомещающей толщи и отсутствии многолетней мерзлоты;

д) благоприятных для развития биогеохимических ореолов рассеяния.

§ 196. Применение биогеохимического метода поисков нецелесообразно в следующих случаях.

1. Во всех горных, активно денудруемых районах любых климатических зон, в условиях денудационных равнин аридной зоны и в других районах, для которых характерны выходящие на поверхность (открытые) вторичные литогеохимические ореолы и потоки рассеяния месторождений. Возможность обнаружения в этих условиях биогеохимических ореолов рассеяния не подлежит сомнению, однако работы этим методом более трудоемки, а устанавливаемые им ореолы менее определены, поскольку по сравнению с вторичными литогеохимическими они — ореолы второго удаления, и сильно усложнены явлениями биогенной миграции химических элементов.

2. В районах, где месторождения полезных ископаемых и их закрытые ореолы рассеяния в горных породах и водах залегают на глубине, заведомо превышающей возможность их обнаружения с поверхности по биогеохимическим ореолам рассеяния. Глубинность биогеохимического метода поисков зависит от глубины проникновения корневой системы опробуемых растений, которая для большинства видов не превышает 2—3 м и только у некоторых достигает 15—25 м.

§ 197. Биогеохимический метод может быть применен при проведении рекогносцировочных, поисковых и детальных исследований в масштабах от 1:200 000 до 1:10 000 включительно. При необходимости более детального изучения выявленных биогеохимических аномалий следует переходить к глубинным литогеохимическим поискам в сочетании с геофизическими и горными работами. Масштабы и типы биогеохимических съемок определяют степень геологической изученности территорий. Они должны соответствовать масштабу одновременно проводимых геологосъемочных и поисковых работ.

§ 198. Сети пробоотбора при проведении биогеохимических поисков, их ориентировка, последовательность укрупнения масштабов работ, перечень химических эле-

ментов, подлежащих определению в пробах, и геологическое обеспечение работ должны соответствовать требованиям, предъявляемым к производству литогеохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния в соответствии с § 24—36 настоящей инструкции.

## 2. ОПЫТНЫЕ РАБОТЫ

§ 199. Биогеохимические поиски в новых районах или на новых объектах следует начинать с опытных работ. Программой опытных работ необходимо предусмотреть решение следующих основных вопросов:

1) выбор объекта опробования — живой растительности, опада, растительной подстилки, торфа; доказательство отсутствия четких открытых вторичных литогеохимических ореолов рассеяния при наличии биогеохимических ореолов над известными рудными объектами;

2) определение наиболее распространенных видов растений, которые могут быть использованы для отбора проб, с учетом глубинности съемки и контрастности биогеохимических аномалий;

3) геометрические размеры (длина, ширина) биогеохимических ореолов рассеяния в зависимости от размеров рудных тел и других условий;

4) наилучшие условия отбора, обработки и анализа проб.

## 3. ОТБОР ПРОБ

§ 200. В связи с тем, что содержание элементов в растениях подвержено значительным колебаниям в зависимости от вида и органа растения, а также возраста, вегетационного срока и т. п., при биогеохимических поисках для опробования выбирают определенный вид растения или несколько определенных видов; в пробу отбирают определенный орган растений, находящийся в одинаковом положении на растении; опробуют экземпляры растения одинакового возраста.

§ 201. Распространенность выбранного вида растения должна быть достаточно широкой, чтобы обеспечить проведение опробования по принятой сетке. При этом не имеет значения дикорастущее ли растение или культивируемое, однако в последнем случае необходимо учиты-

вать возможное наличие помех от внесенных минеральных удобрений.

§ 202. В тех случаях, когда на исследуемой площади имеет место смена растительных ассоциаций (например, перемежаемость участков, занятых лесом, степной растительностью, пашнями и т. п.), ведут опробование нескольких видов растений по числу растительных ассоциаций. Это накладывает определенные особенности на обработку и интерпретацию данных опробования.

§ 203. В зависимости от внешних условий корни растений могут быть распространены в глубину или преимущественно в приповерхностной части. Развитие корней в глубину ограничивается многолетней мерзлотой, неглубоким залеганием грунтовых вод (в связи с чем на болотах корневые системы растений всегда поверхностные), близким залеганием к дневной поверхности коренных пород, наличием в составе рыхлых отложений прослоев плотных пород и т. п.

§ 204. Для опробований более целесообразно использовать растения, не являющиеся концентраторами искомого элемента. Использование растений-концентраторов допустимо лишь в тех случаях, когда содержание определяемого элемента в обычных растениях настолько незначительно, что оно не может быть обнаружено существующими методами анализа. Учитывая, что содержание элемента в растении-концентрате часто оказывается одинаково высоким независимо от того, растет ли оно на участках с повышенными или фоновыми содержаниями этого элемента, выбор растений-концентраторов в каждом конкретном случае следует обосновывать специально проводимыми опытными работами или имеющимся опытом биогеохимических поисков в данном районе.

§ 205. При выборе для опробования видов растений следует учитывать также продолжительность жизни растений. Многолетние растения имеют, как правило, более высокие содержания многих микроэлементов, чем однолетние, вследствие чего использование их при биогеохимических поисках имеет преимущества. В известной мере необходимо принимать во внимание также степень трудности опознания растительных видов.

§ 206. Наиболее удобен как с точки зрения технических условий и наибольшей производительности пробоот-

бора, так и ввиду наименьшего травмирования растений отбор проб ветвей и листьев. При опробовании высоких деревьев пробы по соображениям удобства отбирают с нижних ярусов ветвей. Отбор в пробу совместно листьев и ветвей производить не следует, так как меняющиеся от пробы к пробе соотношения веса ветвей и листьев вызывают соответствующие изменения содержания элементов.

§ 207. Опробование травянистых растений можно проводить как по определенным органам, так и с отбором в пробу всей надземной части растения. Если не имеется специальных соображений о преимуществе опробования по какому-либо органу (например, вследствие ярко выраженной концентрации в нем элемента-индикатора и т. п.), то в пробы следует отбирать всю надземную часть растения, так как при этом исключают колебания, связанные с внутренним перераспределением элементов в растениях.

§ 208. Опробование проводят по растениям примерно одинакового возраста. Отбор проб из растений разного возраста производить не следует. При биогеохимических поисках нет необходимости в точном определении возраста, достаточно опробовать деревья с примерно одинаковым диаметром ствола, но не производить опробования то взрослых деревьев, то молодняка.

§ 209. Для устранения роли вегетационных колебаний содержания элементов в растениях опробование растений необходимо производить в течение короткого срока (не свыше двух-трех недель). Если проведение опробования в течение короткого срока практически невозможно, влияние вегетационных колебаний исключают следующими приемами.

1. Подлежащую опробованию площадь делят на участки такого размера, опробование на которых может быть проведено за две-три недели. Обработку данных опробования (определение фоновых и аномальных содержаний, построение карт изоконцентраций и графиков) производят в дальнейшем отдельно для каждого участка.

2. Для участков с одинаковыми ландшафтными условиями выбирают контрольные растения с фоновыми содержаниями элементов, которые систематически опробуют с целью составления графика вегетационных колеба-

ний содержания элементов в этих растениях. Полученную поправку за счет вегетационных колебаний можно внести в анализы всех растений, собранных в данных ландшафтных условиях.

При биогеохимических поисках в зимнее время мешающее влияние колебаний содержания элементов во времени исключается или сильно ослабляется и его можно не принимать во внимание. Опробование следует проводить после наступления устойчивых морозов и до появления первых признаков весны.

§ 210. Наиболее благоприятны для отбора проб длительные периоды без дождей. Кратковременные дожди не представляют серьезной помехи; не следует проводить опробование во время продолжительных дождей и в течение пяти-семи дней вслед за ними, а также в периоды часто повторяющихся дождей. Если по климатическим условиям избежать этого нельзя, то соответствующим образом учитывают это при обработке и интерпретации данных опробования. Надо иметь в виду, что элементы легче всего вымываются из листьев. Поэтому в дождливых районах проводить опробование по листьям не следует.

§ 211. При биогеохимических поисках можно отбирать простые и составные пробы растений. Простыми пробы называют в тех случаях, когда отбирают какой-либо один орган (например, одну ветку или ее часть, листья с одной ветки и т. п.) или одно растение целиком (при опробовании травянистых растений). Составными называют пробы, получаемые путем объединения нескольких веток (или листьев с нескольких веток) с одного или нескольких деревьев, нескольких растений (при опробовании трав) и т. п. Составные пробы имеют то преимущество, что в них уменьшаются случайные колебания и усредняются содержания элементов, однако отбор их более трудоемок.

§ 212. Вес проб определяется количеством материала, необходимого для анализа, и, следовательно, зависит от применяемого метода анализа. При выяснении необходимого веса проб количество материала, требующееся для анализа, утраивают с таким расчетом, чтобы его хватило для контрольного анализа и, кроме того, часть пробы могла бы быть оставлена для хранения.

Если производят анализ золы, при расчетах учитывают зольность растений. Следует иметь в виду, что в среднем зольность растений составляет 4—5% (к сухому весу), но она испытывает сильные колебания в зависимости от видов растений, их органов и ряда других факторов. Если количество золы, необходимое для анализа, принять равным 30 мг, то с учетом обеспечения контрольного анализа и оставления части пробы для хранения обычно достаточно отбирать в пробу примерно 20 г растения в живом состоянии, а в ряде случаев (в зависимости от количества содержащейся в растении воды и зольности) не более 10 г. Определенный расчетом вес проб следует уточнить опытным путем по первым пробам и контролировать в дальнейшем.

§ 213. При отборе проб растений используют садовые ножницы, нож или сучкорез. Листья обрывают руками. Отобранные пробы упаковывают в матерчатые мешочки. Размер мешочка для пробы ветвей весом 15—20 г  $15 \times 20$  см, для пробы листьев  $20 \times 25$  см.

§ 214. При биогеохимических поисках проводят минимум простейших геоботанических, почвенных и метеорологических наблюдений. Геоботанические наблюдения включают определение видов опробуемых растений, характеристику опробуемых растений и растительных ассоциаций, определение типа почв, регистрацию дождей и средней дневной температуры воздуха.

§ 215. Во многих случаях определение вида растения может быть произведено только специалистом-ботаником. Однажды определенный в данной местности вид растения в дальнейшем легко распознают лица, не имеющие специальной подготовки в области ботаники. Поэтому при биогеохимических поисках следует коллекционировать растения (собирать гербарий). Приемы и правила ботанического коллекционирования приведены в специальных руководствах [41]. В гербарии обязательно должны быть представлены типичные экземпляры всех видов опробуемых растений.

§ 216. Характеристику растительных ассоциаций при биогеохимических поисках достаточно производить по весьма упрощенной схеме. Для каждого пункта опробования следует дать общее представление об условиях обитания опробуемого растения, определяемых сообществом растений, в котором оно находится, поскольку эти

условия влияют на содержание элементов в растении. Как правило, можно ограничиться определением типа растительной ассоциации. Растительные ассоциации отмечают каждый раз по мере смены их по ходу профиля. Кроме общего типа растительной ассоциации, фиксируют некоторые особые условия, в которых находится опробуемое растение (например, произрастание в затенении другими растениями или, наоборот, разреженность полога затеняющих растений, одиночность дерева и т. п.).

§ 217. Для характеристики состояния опробуемых растений достаточно ограничиться выделением обобщенных фенологических фаз. Для травянистых растений можно выделить следующие фазы: а) до цветения, б) цветение, в) созревание семян, г) после цветения и созревания семян. Для древесных растений: а) сокодвижение, б) распускание почек и облиствение, в) цветение, г) созревание семян или плодов, д) осенняя раскраска листьев, е) листопад, ж) после листопада.

§ 218. Особое внимание обращают на геоботанические признаки, свидетельствующие о возможном наличии месторождений полезных ископаемых. Такими признаками могут быть:

а) необъяснимая с точки зрения изменения внешних условий местообитания смена растительных ассоциаций с отклонениями видового состава от типических;

б) появление специфических растений-индикаторов;

в) изменение внешнего облика растений (появление обычно несвойственных растению форм листьев, цветов и т. п., необычная раскраска, особенно пышное развитие и т. д.);

г) отклонения в ритме развития растений (раннее или, наоборот, позднее цветение, ранний или поздний опад листьев и т. п.);

д) признаки угнетения или не объяснимое другими причинами отсутствие растительности.

В тех случаях, когда для исследуемого района устанавливают, что месторождения достаточно уверенно обнаруживают по геоботаническим признакам, может быть поставлен вопрос о целесообразности проведения специальной систематической поисковой геоботанической съемки взамен биогеохимической съемки или одновременно с ней. Поисковую геоботаническую съемку производят с детальностью, соответствующей масштабу по-

исковых работ. В результате ее составляют карту, на которой отмечают геоботанические признаки месторождений полезных ископаемых.

§ 219. В отношении почвенных наблюдений необходимо различать два случая:

а) для исследуемой площади имеется почвенная карта того же масштаба, что и масштаб поисковых работ, близкого к нему или более крупного;

б) почвенной карты нет.

В первом случае можно не производить изучения почв, во втором — при биогеохимических поисках — оно обязательно. Изучение почв производят в минимальном объеме в целях учета влияния этого фактора на содержание элементов в растениях. Изучение всех имеющихся на исследуемой площади типов почв проводят по двум-трем разрезам для каждого типа почв. Закономерности смены разных типов почв и участки развития определенных почв можно распознавать, зная основные факторы почвообразования (климат, рельеф, растительность, материнская и подстилающая породы, почвенные и грунтовые воды, деятельность человека).

§ 220. Для регистрации дождей и средней температуры воздуха ведут специальный журнал по форме, приведенной в приложении 10. Указывают продолжительность дождя и отмечают его интенсивность по трехбальной системе (сильный, умеренный, слабый).

§ 221. Отбор проб документируют в полевой книжке специального образца (см. приложение 11). В полевую книжку заносят данные по пробоотбору, а также необходимый минимум геоботанических наблюдений. Обязательной документации подлежат: место отбора пробы, опробуемый вид и орган растения, возраст, фенофаза, в которой находится опробуемый экземпляр растения, растительные ассоциации, а также все другие данные, которые могут быть признаны необходимыми для производства поисковых работ. В случае отбора проб различных растений или разных органов вносят соответствующую запись в графу «Примечания» полевой книжки.

Вид растения дают в его народном названии и принятой в ботанике латинской транскрипции. Для органа, кроме названия, необходимо указать положение его на растении (ярус или высота ветвей, ярус листьев, поло-

жение на северной, южной или другой стороне и т. п.). Возраст дают примерный с указанием соответствующего ему среднего диаметра ствола. Отбор проб сопровождаются составлением абриса, на котором отображают ситуацию местности и смену по ходу маршрута.

§ 222. Обязательным является проведение контрольного опробования растений в объеме не менее 3% от общего количества отбираемых на исследуемой площади проб. Задача контрольного опробования состоит в проверке достоверности выявленных при биогеохимических поисках аномалий. В первую очередь контрольное опробование следует проводить на участках, где:

а) выявленные биогеохимические аномалии по геологическим данным маловероятны;

б) по геофизическим или иным данным отмечены признаки месторождений, не подтвержденные биогеохимическими аномалиями.

Вопрос о проведении контрольного опробования решают в каждом конкретном случае только после производства повторных анализов проб с этих участков. Учитывая, что содержания элементов в растениях подвержены значительным изменениям во времени, контрольное опробование целесообразно проводить не реже чем через пять-десять дней. Не допускается проведение контрольного опробования при изменившихся метеорологических условиях (например, если после проведения основного опробования прошел дождь). По данным первичного и контрольного опробований определяют погрешность работы в соответствии с § 82 и 84.

§ 223. Отбор проб торфа следует производить из нижней части торфяного слоя, однако не в самом его основании, где значительная примесь минеральных частиц может усложнить картину распределения элементов-индикаторов в торфе, создавая высокий фон или, наоборот, вызывая разубоживание. Отбор проб торфа с глубины можно производить с помощью почвенных буров. При опробовании следует определять тип торфа (видовой состав торфообразующих растений) и степень его гумификации, так как от этих качеств зависит уровень фоновых и аномальных содержаний, а знание их необходимо для интерпретации данных опробования.

§ 224. Пробы растительной подстилки берут с поверхности (после расчистки от самой поверхностной, запыленной части) или с глубины 5—10 см в зависимости от мощности ее слоя.

#### 4. ОБРАБОТКА ПРОБ И ТРЕБОВАНИЯ К ИХ АНАЛИЗУ

§ 225. Подготовка биогеохимических проб к анализу состоит в их высушивании, измельчении и озолении. Сильно запыленные пробы растительности необходимо непосредственно после отбора промыть дождевой или чистой речной водой. При возможности следует проверять воду на содержание элементов-индикаторов 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.

§ 226. Высушивание является обязательной операцией во всех случаях, когда анализ проб производят с предварительным озолением растительного материала. Пробы доводят до воздушно-сухого состояния на открытом воздухе, в чердачных помещениях и т. п., а в дождливую погоду — в закрытых помещениях у печки, над плитой или в сушильных шкафах. Принимают меры против запыления проб. При опасности запыления пробы сушат в бумажных пакетах.

§ 227. Для озоления и других аналитических процедур пробы растений необходимо измельчать. Степень измельчения перед озолением определяется соображением наиболее удобного помещения пробы в посуду при условии обеспечения достаточного доступа воздуха. Как правило, пробы перед озолением измельчают до 2—3 мм. Переизмельчения следует избегать, так как в этом случае уменьшается доступ кислорода, а вследствие этого удлиняется время и ухудшаются общие условия озоления. Если анализ производят без предварительного озоления, пробы измельчают как можно тоньше, чтобы можно было отобрать достаточно представительные навески, которые затем поступают для определения ряда элементов (Hg, Sb, As и др.).

Крупное измельчение растений производят с помощью ножиц, ножа, секатора и т. п. Сухие листья измельчают руками. Тонкое измельчение (стирание) производят

с помощью механизмов (фрикционные истиратели, вибрационные истиратели, механические ступки и т. п.) или вручную в фарфоровых ступках.

§ 228. В большинстве случаев при биогеохимических поисках производят анализ золы. Озолению подвергают пробы как растений, так и торфа и растительной подстилки. Озоление ведут, как правило, до полного выгорания органических веществ. Равномерный пепельно-серый или белый цвет золы считают показателем достаточно полного озоления.

Озоление необходимо вести в окислительном режиме, при свободном доступе воздуха. Применяют смачивание озоляемых проб небольшими количествами азотной кислоты, предварительно проверенной на отсутствие определяемых в пробах элементов. Если биогеохимические поиски ведут по легколетучим элементам (Hg, As, Sb и др.), применение озоления недопустимо.

§ 229. При озолении в муфеле измельченные пробы помещают в фарфоровые тигли или чашки из листового железа. Тигли следует брать невысокие и широкие (диаметром 6—7 см), чтобы обеспечить озоление проб с наибольшей быстротой и в условиях оптимального окислительного режима. Температуру в муфеле повышают постепенно, максимальную температуру (500—600°С) дают только тогда, когда выгорит значительная часть органических веществ и установятся более окислительные условия. Озоление длится, как правило, не менее 4—6 ч, и за рабочий день в муфеле обычных размеров (типа МП-5 или МП-6) удается озолить до 10—15 проб весом 10—20 г. При большем количестве проб необходимо несколько муфелей соответственно требуемой производительности.

Часто применяют озоление в два приема — в полевых условиях в специальных печах на кострах до черно-белой золы, а затем в муфелях до белой золы; производительность при этом достигает 60—80 проб в день. Озоление в закрытых помещениях необходимо проводить под тягой, при хорошей вентиляции.

§ 230. В зависимости от масштабов (детальности) и задач поисковых работ при биогеохимических поисках анализ проб можно производить с определением широкого круга химических элементов, являющихся индикаторами месторождений различных полезных ископаемых,

или только на ограниченный комплекс элементов, отвечающий типу искомым месторождений, в соответствии с указаниями § 74—79 настоящей инструкции.

## 5. ИЗБРАЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

§ 231. Важнейшей операцией обработки данных биогеохимического опробования является оценка местного фона ( $C_{\phi}$ ) и нижних аномальных значений содержаний элементов ( $C_a$ ). Определение их при биогеохимических поисках не отличается от аналогичной операции при литогеохимических поисках, и его производят в соответствии с указаниями (§ 85—93) настоящей инструкции. Общим правилом является установление фоновых содержаний по рядам однородных проб, принадлежащих к одному виду растения или однородному материалу (торф, растительная подстилка т. п.).

Фоновые и нижние аномальные содержания необходимо определять отдельно для разных органов растений, разных сроков опробования и различных элементарных геохимических ландшафтов. В конкретной производственной обстановке определение фоновых содержаний сильно упрощается, поскольку переменными обычно являются лишь некоторые из перечисленных факторов.

§ 232. Данные опробования оформляют в виде карт (планов) и графиков содержаний элементов по профилям. На картах и графиках должны быть нанесены абсолютные содержания элементов в растениях (или их золе) и при необходимости соотношения содержаний определенных пар элементов. Последний прием имеет особое значение при биогеохимических поисках. В качестве пар следует брать химические элементы, характеризующиеся примерно одинаковым поведением в растениях, но отличающиеся тем, что один из них концентрируется в искомым месторождениях, а другой не образует в данных месторождениях повышенных концентраций. В этом случае соотношение пары элементов с большей определенностью отмечает биогеохимические аномалии, поскольку колебания, зависящие от условий поступления элементов в растения, нивелируются.

Карты и профили составляют либо на геологической основе, либо в виде калек, накладываемых на геологическую основу. В тех случаях, когда опробование в разных частях площади производили не по одному виду растения или в разное время, на карте должны быть околонтурены участки опробования одних и тех же видов, одного и того же времени пробоотбора, т. е. участки однородных проб. Если предварительная обработка материалов (определение фоновых и нижних аномальных содержаний) обнаружит различное содержание элементов в растениях в зависимости от геохимических ландшафтов, то последние также должны быть выделены на картах. Изолинии содержаний элементов проводят раздельно для каждой из околонтуренных таким образом площадей.

Более простым приемом является изображение содержаний элементов в изолиниях, кратных фону характерного для каждого из видов опробуемых растений  $\left(\frac{C^x}{C_{\phi}}\right)$ . В этом случае даже при опробовании разных видов растений по одной и той же площади возможно построение единых изолиний содержаний элемента. Техника построения карт и графиков содержаний элементов по данным биогеохимической съемки аналогична этой операции при литогеохимических съемках (см. § 94—98).

§ 233. В результате проведения биогеохимических съемок выявляют геохимические аномалии, служащие основой для проектирования дальнейших, более детальных поисковых работ и последующей проходки горных выработок с целью вскрытия полезных ископаемых в коренном залегании.

§ 234. Выявленные при проведении биогеохимических поисков аномалии должны быть осмотрены на местности. Целью такого осмотра являются:

а) отбраковка нерудных биогеохимических аномалий, не связанных с наличием на данной площади месторождения полезного ископаемого, обусловленных особенностями геохимического ландшафта, типа почв, развитых в пределах аномалии, местных низких или высоких значений рН почвы, особых условий увлажнения, специфической почвообразующей или подстилающей породы и т. п.;

б) выяснение общих особенностей геологического строения участка и, если это возможно, установление непосредственных признаков месторождений полезного ископаемого.

§ 235. Для контроля результатов биогеохимического опробования во всех случаях обязательно проведение на площади аномалии проверочной поверхностной и глубинной литогеохимической съемки рыхлых отложений по одному-двум профилям, задаваемым на характерном участке биогеохимической аномалии вкрест ее простиранья.

§ 236. Если в результате осмотра установлено, что биогеохимическая аномалия не связана с ландшафтно-геохимическими и биологическими факторами, решают вопрос о дальнейших работах на аномалии. Эти работы следует проводить с применением комплекса различных геохимических и геофизических методов, выбор которых определяется конкретной геологической обстановкой. Поисковые работы завершают вскрытием рудных тел в коренном залегании горными выработками и буровыми скважинами и их опробованием.

## ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКАХ

§ 237. Топографо-геодезические работы при производстве геохимических поисков выполняют согласно требованиям соответствующих разделов «Технической инструкции по топографо-геодезическим работам при геофизических разведках». Топографической основой для проведения рекогносцировочных и поисковых геохимических работ должны служить литографские оттиски топографических карт и материалы аэрофотосъемки того же или более крупного масштаба. При отсутствии карт нужного масштаба допускается изготовление их путем фотоувеличения или пантографирования с топографических карт более мелкого масштаба, но с отношением не более чем 1:4.

§ 238. При рекогносцировочных геохимических работах, а также поисковых съемках по гидросети положение точек отбора проб на местности определяют и наносят на карту или контактный отпечаток непосредственно в поле.

§ 239. При площадных поверхностных литогеохимических и биогеохимических поисках по ореолам рассеяния в масштабе 1:25 000 — 1:50 000 отбор проб производят по профилям, которые задают на местности между предварительно инструментально проложенными опорными магистралями, расстояние между которыми определяют согласно § 240. В поле расстояние между точками по профилю отмеряют мерным шнуром, а направление устанавливают по компасу непосредственно в процессе отбора проб.

При наличии инструментальных топографических карт того же масштаба, что и масштаб геохимической съемки, 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 § 238. 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. При проведении геохимических поисков с использованием горнобуровых выработок последние наносят на карту по данным инструментальных привязок, выполненных организациями, проводившими горнобуровые работы.

§ 240. Прокладку магистралей производят инструментально в соответствии с «Технической инструкцией по топографо-геодезическим работам при геофизических разведках». Расстояния 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.

§ 241. 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°.



§ 242. При детальном литогеохимическом и биогеохимическом съемках\* по ореолам рассеяния прямоугольную сеть проб отбора заранее разбивают на местности инструментально в соответствии с «Технической инструкцией по топографо-геодезическим работам при геофизических разведках». При детальном гидрогеохимическом съемках пункты отбора проб наносят на топографическую карту в соответствии с § 239. Пункты отбора рудничных вод наносят на погоризонтные планы горных выработок.

§ 243. Положение сети проб отбора при поисковых геохимических работах на местности отмечают деревянными пикетами (колышками) высотой 30—50 см и в поперечнике 3—5 см, надежно забиваемыми в грунт. 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 прищипками, а в лесистой местности — затесами на деревьях с соответствующей надписью. При геохимических работах без разбивки магистралей и профилей (§ 238, 239) пятую и десятую точки по маршруту также закрепляют турами, прищипками или затесами.

§ 244. Для детальных геохимических работ необходимая топографическая основа обычно отсутствует. В связи с этим в проекте работ предусматривают ее изготовление в процессе работ. Для составления топографической основы могут быть использованы данные раз-

бивки сети проб отбора\* 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 инструментальной 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.

§ 245. При любых масштабах площадных геохимических поисков по ореолам рассеяния производят установку геодезических знаков, закрепляющих магистраль проб отбора (через каждые 10 см в масштабе отчетной карты), выявленные ореолы рассеяния и другие важные точки. Для указанных точек выполняют геодезическую привязку к пунктам государственной геодезической основы. Закрепление точек с помощью геодезических знаков при маршрутных съемках (§ 238, 239) и отборе проб по гидросети не производят.

§ 246. Геохимические исследования, не обеспеченные топографо-геодезическими работами в соответствии с § 237—245, считают браком и оплате не подлежат.

\* В отдельных случаях допускается производство геохимических съемок в масштабе 1:10 000 в соответствии с требованиями § 239—241, что оговаривается в проекте работ.

\* Для этого при разбивке магистралей и профилей следует предусматривать запись в полевой книжке углов наклона местности по эклиметру горного компаса.

## АНАЛИЗ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОБ

### 1. МЕТОДЫ АНАЛИЗА И УСЛОВИЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

§ 247. После обработки геохимические пробы поступают на анализ обычно в виде порошка, золы растений, воды, сухого остатка воды, концентратов и т. п.

§ 248. Определение содержаний химических элементов или других показателей в пробах можно производить любыми высокопроизводительными и дешевыми методами экспресс-анализа, обеспечивающими необходимую чувствительность, достаточную точность и комплексность определений. Соответственно конкретной задаче геохимических исследований для анализа проб применяют один или несколько методов, в совокупности удовлетворяющих задачам работ.

§ 249. В зависимости от типа съемки и задач геохимических поисков осуществляют следующие анализы геохимических проб.

1. При рекогносцировочных геохимических съемках в масштабе 1:100 000 и мельче, а также поисковых съемках в масштабе 1:25 000 и мельче в районах, где геохимические поиски проводят впервые, все лито-, гидро- и биогеохимические пробы необходимо анализировать на следующие химические элементы: Li, Be, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Sn, Sb, Ba, La\*, W, Pb, Bi.

Для определения перечисленных элементов в литогеохимических пробах следует применять спектральный анализ способом просыпки пробы через дугу, а для гидро-

\* Группа редких земель.

геохимических и биогеохимических проб (в силу ограниченности их веса) — спектральный анализ способом скоростного испарения пробы из канала угольного электрода. При гидрогеохимических съемках в этих масштабах дополнительно делают химический анализ проб с определением следующих компонентов:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ , pH, выборочно Eh, а также суммы металлов по дитизону.

Кроме того, каждый раз особо следует рассматривать целесообразность применения специальных методов и методик анализа на B, F, P, Rb, Sr, Cs, Ce, Ta, Au, Hg, U и другие элементы в районах, перспективных для обнаружения их.

2. При литогеохимических и биогеохимических съемках в масштабе 1:50 000 — 1:25 000 пробы анализируют на 10—15 химических элементов из перечисленных в п. 1.

3. При гидрогеохимических съемках в масштабе 1:50 000 пробы спектральным методом анализируют на элементы, перечисленные в п. 1, и дополнительно химическим путем определяют Zn, Mo, As, а также другие элементы в зависимости от металлогенических особенностей района.

4. При геохимических съемках в масштабе 1:10 000 и крупнее делают анализы на химические элементы или геохимические показатели, являющиеся полезными компонентами данного месторождения или парагенетическими спутниками, способными характеризовать металлогению, зональность рудного поля и т. д.

5. Независимо от масштаба геохимических съемок наиболее богатые по содержанию пробы из геохимических аномалий анализируют на редкие и рассеянные элементы (Sc, Ga, Ge, Se, Cd, In, Te, Hf, Re, Tl), которые могут сопутствовать выявленной минерализации. При литогеохимических съемках по первичным ореолам можно определять также Na, Mg, K, Ca и другие элементы, активно участвующие в различного рода метасоматических процессах.

§ 250. С учетом задач геохимических поисков к настоящему времени разработан ряд приемов спектрально-го, химического и физико-химического анализов.

1. Спектральный анализ проб с широким охватом элементов в едином аналитическом испытании:

- а) способом просыпки пробы через дугу [62, 75];
- б) способом испарения пробы из канала угольного электрода [61, 74, 78].

2. Спектральный анализ проб на характерные химико-аналитические группы элементов и отдельные элементы:

а) определение редких щелочей (Li, Rb и Cs) путем испарения пробы с добавкой хлорида калия из канала угольного электрода [81, 82];

б) определение In, Tl, Ga, Ge, Au и ряда других элементов двудуговым методом путем испарения навески пробы, смешанной со специальными флюсами, из тигельного электрода, подогреваемого электрической дугой [53];

в) определение группы халькофильных элементов (Ag, Zn, Cd, Hg, Ga, In, Tl, Ge, Sn, Pb, As, Sb, Bi, Te) путем испарения большой навески пробы, смешанной с равным количеством угольного порошка и добавкой к смеси около 2% сернистого кадмия из камеры электрода [79];

г) определение ртути с высокой чувствительностью путем испарения пробы из стального электрода [77];

д) определение золота с высокой чувствительностью путем химической обработки с целью концентрирования и последующего испарения из канала угольного электрода [76];

е) определение редкоземельных элементов La, Ce, Y, Sm, Yb, Lu, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, скандия и тория путем химической обработки и последующего сжигания в канале угольного электрода [65];

ж) определение фтора по молекулярному спектру радикала  $\text{CaF}'$  [80].

Характеристика методов (производительность и чувствительность) спектрального анализа геохимических проб приведена в приложениях 12 и 13.

3. Химический и физико-химический анализы подвижной составляющей проб рыхлых и твердых пород:

а) определение содержаний широкого круга элементов (Cu, Zn, Pb, Hg, V, W, Mo, Mn, Ag, Co, Be, As, Ga, Sn, Bi, In, Tl, Nb) в рыхлых отложениях применением слабой солянокислотной вытяжки с последующим концентрированием сульфидом кадмия и спектральным анализом концентрата [66];

б) определение основных рудообразующих элементов полиметаллического комплекса (Cu, Zn, Pb) в рыхлых отложениях и твердых породах применением солянокислотной вытяжки или вытяжки кислотнo-окислительными смесями с последующим определением суммы указанных металлов при помощи дитизона или колориметрически отдельно на медь, цинк и свинец [63, 70];

в) определение рудообразующих элементов медно-никелевого комплекса (Cu, Ni, Co) в рыхлых отложениях и твердых породах; применяется солянокислотная вытяжка или вытяжка кислотнo-окислительными смесями с последующим определением суммы содержания меди, никеля и кобальта при помощи диэтил-дитиокарбоната натрия и экстракции образующихся комплексов четыреххлористым углеродом; возможно раздельное определение элементов колориметрически [71];

г) определение воднорастворимой фазы лития и рубидия (в благоприятных условиях также цезия) из рыхлых отложений при помощи концентрирования катионо-обменной смолой КУ-2, последующей десорбции лития и рубидия соляной кислотой, упаривания раствора до малого объема и спектрального анализа капли раствора из лунки электрода [66];

д) определение ниобия и молибдена из рыхлых отложений при помощи вытяжки винной кислотой и последующим сосаждением с карбонатом кальция, растворением полученного осадка в соляной кислоте (с добавкой винной кислоты) и определением ниобия или молибдена в виде роданидного комплекса в экстракте [66];

е) определение бериллия в рыхлых отложениях применением солянокислотной вытяжки, последующего сосаждения с карбонатом кальция и спектральным анализом осадка [69];

ж) определение мышьяка (валовое) в рыхлых отложениях и твердых породах применением кислотнo-окислительной смеси для перевода мышьяка в раствор, последующего его сосаждения с гидроокисью железа и растворения в серной кислоте; мышьяк определяют в специальном приборе на бумажных кружках по окрашенному соединению бромной ртути и арсина [67];

з) определение селена и теллура в рыхлых отложениях и твердых породах применением для вытяжки

Таблица 6

## Способы концентрирования микрокомпонентов из природных вод

Способ концентрирования	Концентрируемые микрокомпоненты	Методы определения микрокомпонентов в концентратах	Ссылка на литературу
1	2	3	4
Выпаривание до сухого остатка	Все элементы, за исключением В*, галоидов и, возможно, Hg и As	Спектральный	[66]
2. Соосаждение с коллекторами:			
а) Al(OH) <sub>3</sub> способ ТПИ	Zn, Cu, Pb, Ni, Co, Sn, Ag, V, Cr, Cd, W, Sb, As, Hg, Ti, Ta, Nb, Zr	"	[66]
б) CdS способ ВИТР-ЛТИ	Zn, Cu, Pb, Co, Sn, Ag, V, Cr, Sb, Iб, Bi, Ge, W, As, Nb, Hg, Mo, Ga, Be, Te, Tl, Th	"	[66]
б) CaCO <sub>3</sub>	Zn, Pb	Полярографический	[66]
	Nb	Колориметрический	[66]
	Be	Флуориметрический	[68]
	Ni, Co	Колориметрический	[66]
г) MnO <sub>2</sub>	As	"	[66]
	Mo	"	[66]
3) Экстрагирование	Zn, Cu, Pb, Ni, Co	Спектральный	[66]
	Cu	Колориметрический	[66]
	Zn	Тоже	[66]
	Hg	"	[66]
	Ag	"	[66]
	Pb	"	[66]
	Zn + Cu + Pb,	"	[66]
	Cu + Ni + Co	Спектральный	[66]
	и отдельно	Колориметрический	[84]

Продолжение

Способ концентрирования	Концентрируемые микрокомпоненты	Методы определения микрокомпонентов в концентратах	Ссылка на литературу
1	2	3	4
4. Адсорбция активированным углем.	U	Флуориметрический	[66]
		Колориметрический	[66]
	Mo	Колориметрический	[66]
		Спектральный	[66]
5. Ионообменное концентрирование	Li, Rb, Cs	Методы пламенной фотометрии	[73]

\* В случае использования безборных спектральных углей определение бора вполне возможно.

обратной царской водки и последующим добавлением диаминобензида и экстрагирования ксилолом; концентрацию селена определяют сравнением со стандартными сериями или колориметрически [83];

и) определение редкоземельных элементов (валовое); пробу разлагают сплавлением со щелочью; редкоземельные элементы соосаждают с оксалатом кальция, затем производят отделение редких земель от кальция и их хроматографическое определение [52].

4. Химические и физико-химические методы определения микрокомпонентов минерализации природных вод. Чувствительность определений микрокомпонентов минерализации природных вод, а также необходимое количество воды для анализа приведены в приложениях 14 и 15.

5. Ядерные методы применяют для определения элементного состава горных пород как в пробах, так и в естественном залегании. При использовании указанных методов следует руководствоваться соответствующими инструкциями.

§ 251. Ничтожные концентрации микрокомпонентов в водах требуют для их определения предварительного

Таблица 7

## Условия и целесообразность применения способов концентрирования

Способы концентрирования	Условия применения	Целесообразность применения
1. Выпаривание до сухого остатка	а) Величина минерализации по сухому остатку не более 0,7—1 г/л; б) отсутствие необходимости спектрального определения As и Hg	При необходимости получения данных по наибольшему количеству элементов, в первую очередь Mo, Be, Cd, Ga, Ge
2. Соосаждение:		
а) по способу ТПИ	Отсутствие необходимости определения Mo, Be, Ga, Ge	При необходимости определения As, Ni, V
б) по способу ВИТР-ЛТИ	Отсутствие необходимости определения Cd, Ni	При трудности доставки проб воды в стационарные лаборатории и повышенной минерализации воды
3. Экстрагирование	Соблюдение санитарных мер против токсичности растворителей	Для группового и избирательного колориметрического и спектрального определения Zn, Cu, Pb, Hg, Ag, Mo и т. д. Для мутных вод и вод с повышенной минерализацией
4. Адсорбция активированным углем	Условия применения способа и его возможности недостаточно изучены (за исключением U и Mo)	Для определения U и Mo
5. Ионообменная адсорбция	Величина минерализации не более 0,4—0,5 г/л	Для определения Li, Rb, Cs

обогащения пробы. Как для группового, так и для селективного обогащения могут быть использованы способы, приведенные в табл. 6; условия целесообразности применения этих способов указаны в табл. 7.

§ 252. Многие компоненты минерализации природных вод могут изменяться в процессе хранения пробы. Поэтому их определение нужно проводить по возможности скорее после отбора пробы. Кроме того, результаты анализа должны быть использованы геологом (гидрогеологом) в процессе полевых работ. Этим целям служат различные полевые гидрохимические лаборатории (см. приложение 16).

§ 253. Для уверенного выделения аномальных содержаний микрокомпонентов при геохимических поисках необходимо, чтобы чувствительность определений была не менее чем на половину порядка выше фоновых содержаний.

§ 254. Для анализа основного объема литогеохимических проб следует применять спектральный анализ на основе просыпки порошковой пробы через угольную дугу, отличающийся наибольшей экономичностью, производительностью и широким охватом элементов.

§ 255. Спектральный анализ при полном скоростном испарении пробы из канала угольного электрода, близкий по техническим и экономическим показателям к методу просыпки, должен применяться при анализе малых навесок: концентраты вод и водных вытяжек, зола растительности, мономинеральные фракции и т. п., а также для обеспечения высокой чувствительности группы труднотлетучих элементов и при сложном элементном составе проб, когда необходимо использовать фракционную возгонку и раздельное фотографирование спектров.

§ 256. Для геохимических проб, отобранных с целью поисков разубоженных аномальных концентраций (первичные ореолы рудных залежей, резко ослабленные вторичные ореолы рассеяния в коре выветривания), применяются преимущественно высокочувствительные методы спектрального и химико-спектрального анализа, дающие содержание элементов на уровне фоновых концентраций по ограниченному перечню определенных аналитико-геохимических групп или одиночных элементов. Для работ этого типа следует использовать также химические методы с определением содержания элементов во вторично наложенной (эпигенетической) составляющей рассеяния (генетически связанной с оруденением) от сингенетической. Каждая методика из названной группы высокочувствительных анализов должна применяться при соответ-

ствующих геологических условиях и типах месторождений.

§ 257. Высококочувствительные методы анализа на ограниченный перечень элементов можно применять для анализа проб любых геохимических съемок, когда для территории поисков характер металлогении уже установлен.

§ 258. Методы химического анализа привлекают во всех случаях производства геохимических исследований, когда возникает необходимость определения элементов, не поддающихся анализу спектральными методами (Te, J и другие), а также при необходимости получения относительно более высокой точности при повышенных содержаниях искомых компонентов. Эти приемы анализа также целесообразно использовать наряду с обычными спектральными или независимо от них при съемках всех масштабов с целью оперативного получения результатов анализа по отдельным элементам или узкой группе элементов. Для проведения таких работ используют различные полевые химические лаборатории.

§ 259. Точные и высококочувствительные методы анализа, имеющие малую производительность, используют ограниченно для решения более сложных поисковых задач.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

§ 260. Эмиссионный спектральный анализ как основной метод массового анализа геохимических проб проводят при обязательном соблюдении следующих условий:

1) применяют простую и высокопроизводительную технологию анализа с приближенно количественным способом расшифровки спектров; по этому способу оценку интенсивности аналитических линий производят путем визуального наблюдения почернения линии на фотоспектрограмме, без точных фотометрических измерений;

2) оценку содержания элементов в пробе делают со всей возможной для приближенно количественного способа расшифровки точностью;

3) анализ ведут с предельно возможной для применяемого приема чувствительностью определения.

§ 261. Применяя ту или иную методику спектрального анализа, руководитель лаборатории обязан предвари-

тельно опытным путем выбрать режим работы, обеспечивающий максимальную чувствительность и точность анализа.

§ 262. Спектроаналитические работы производят только при условии юстировки спектрографа. Последнюю производят по заводской инструкции. Достигнутая при юстировке рисовка спектра должна быть не хуже прилагаемой к прибору спектрограммы.

§ 263. В целях устранения систематической ошибки спектрального анализа эталоны и анализируемые пробы по валовому и минеральному составам должны быть сходными. Поскольку подбор природного материала с заданными для эталонов градациями содержания анализируемых элементов весьма затруднителен, а валовый и минеральный составы проб даже в пределах одного района могут широко меняться, используют искусственные эталоны. Для этого смешивают «пустую основу», т. е. типичную для анализируемых проб породу, не содержащую определяемых элементов, с материалом, содержащим эти элементы в точно известном количестве.

§ 264. Для анализа проб рыхлых поверхностных отложений в качестве основы эталонов берут материал из отложений делювия и аллювия в районе работ с минимальным содержанием определяемых элементов. Для анализа проб, представленных штуфами горных пород и керновым материалом, эталоны составляют на основе «пустых» пород, слагающих изучаемый геологический объект, или берут породу, широко распространенную в изучаемом районе. При этом должна быть учтена генетическая связь определяемой группы элементов с породами района.

В случае, когда подбор «пустой» породы с удовлетворительной степенью чистоты затруднен (что бывает, когда пользуются методами анализа высокой чувствительности), основу для эталонов готовят смешением химически чистых окислов элементов, имитирующих горную породу. Для анализа сухих остатков вод эталоны следует готовить на смешанном составе сульфатов Ca и Mg и NaCl. Для анализа проб, представленных продуктами переработки первичного материала пробы (концентраты, фазовые составляющие), эталонные пробы составляют соответственно составу основы выделенного продукта.

§ 265. Материал, несущий эталонируемые элементы, берут из богатых образцов руд с достоверно известным содержанием металлов (элементов). Для этой цели можно применить чистые (без сростков) рудные минералы, например касситерит, вольфрамит, киноварь и т. п., или химически чистые окислы, сульфиды, карбонаты металлов. Содержание элемента в богатой пробе принимают по надежным данным аналитического определения; в чистых минералах и химических соединениях его рассчитывают, исходя из химической формулы соединения.

§ 266. Содержание элементов в эталонах должно перекрывать весь возможный диапазон концентраций, характерный для поля рассеяния данного элемента, через интервал, близкий к трехкратному: 10%, 3%, 1%, 0,3%, 0,1%, 0,03%, 0,01%, 0,003%, 0,001% и т. д. или двукратному: 10%, 5%, 2%, 1%, 0,5%, 0,2%, 0,1%, 0,05% и т. д. Целесообразно готовить эталоны, содержащие одновременно до пяти-шести элементов, встречающихся в природных условиях совместно, например Pb, Cu, Zn, Ag, Ba или Ni, Co, Cu, Ti, Cr и т. п. Каждый из эталонов готовят в количестве не менее 10 г.

§ 267. Расчет количества смешиваемых компонентов при приготовлении головного эталона можно делать по следующей формуле:

$$X = Y \left| \frac{C_1 - C_3}{C_2 - C_3} - 1 \right|, \quad (17)$$

где  $X$  — количество пустой породы в г;  $Y$  — количество исходной богатой пробы в г;  $C_1$  — содержание элемента в богатой пробе в %;  $C_2$  — требуемое содержание элемента в эталоне в %;  $C_3$  — концентрация элемента в «основе» в %, определенная количественным методом.

Если содержанием эталонируемых элементов в «основе» можно пренебречь, то формула примет вид:

$$X = Y \left| \frac{C_1}{C_2} - 1 \right|. \quad (18)$$

§ 268. Эталоны с меньшим содержанием определяемых элементов изготавливают путем последовательного разбавления головного эталона, т. е. каждую последую-

щую эталонную пробу следует готовить из предыдущей, более богатой, путем смешения части предыдущей с «пустой основой». Степень разведения во избежание получения неоднородных по составу смесей не должна быть более трех. В целях равномерности распределения минералов в эталонной пробе необходимы хорошие измельчение и перемешивание исходных материалов. Для этого смешиваемые минеральные порошки тщательно растирают в агатовой ступке с добавлением спирта. Необходимо иметь в виду, что при спектральном исследовании состава проб методом просыпки порошков в дуговой разряд интенсивность спектральных линий зависит от размеров частиц, поэтому измельчение эталонных порошков и анализируемых проб должно быть произведено в стандартных условиях. Переизмельчение проб может вызвать систематическое изменение интенсивности спектральных линий.

§ 269. Все расчеты по изготовлению эталонов вместе с подробным минералогическим описанием исходных материалов, датой и присвоенным этой серии эталонов номером хранят в делах лаборатории. Необходимо соблюдать безупречный порядок в хранении и упаковке самих эталонов.

§ 270. Для составления интерпретационных графиков и таблиц (см. § 288—290) спектры эталонных проб снимают трижды, каждый раз на отдельной пластинке. Рекомендуется следующий порядок съемки и расположения спектров на пластинке: а) электродов, б) «пустой» породы, в) эталонов в порядке возрастающей концентрации элементов, г) железа. Последний снимают в стык с предшествующим эталонным спектром с помощью диафрагмы без передвижения кассеты. При составлении интерпретационных графиков и таблиц данные трех съемок эталонов взаимно корректируются. Полученные графики и таблицы документируют с указанием всех условий съемки.

§ 271. Всю обработку фотоспектрограмм эталонов вплоть до составления интерпретационных графиков и таблиц производит непосредственно лицо, выполняющее интерпретацию анализов. Использование для интерпретации графиков и таблиц, составленных другими исполнителями или на других приборах, запрещается.

§ 272. Интерпретационные документы могут находиться в работе только на период сохранения постоянства всех условий аналитической работы по данной методике. При изменении какого-либо из них (юстировка прибора, исполнитель работ, новый материал электродов или фотопластинок, рецептура и материал фотопроявления, изменение режима съемки, смена типа анализируемых проб) необходимо заново составить интерпретационные документы.

§ 273. При неизменных условиях работы действующие графики и таблицы периодически проверяют (путем однократной съемки одного комплекта комплексных эталонов на ведущую группу элементов) не реже одного раза в месяц. В случае обнаружения существенного расхождения данных проверки с действующими таблицами или графиками следует установить причину и устранить ее или заново составить интерпретационные документы.

§ 274. В целях постоянного контроля стабильности условий съемки спектров геохимических проб по указанию заведующего лабораторией в состав рабочих спектрограмм включают постоянные спектры сравнения, т. е. спектры одной-двух естественных проб с аномальным содержанием наиболее важных элементов. Сопоставлением спектров сравнения с интерпретационными графиками и таблицами оценивают качество полученной рабочей спектрограммы.

§ 275. Результаты спектрального анализа обязательно должны быть выражены конкретными цифрами содержания каждого определяемого элемента (в весовых процентах). В каждом десятикратном интервале содержания необходимо придерживаться следующих значащих цифр: 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10.

§ 276. Повторному спектральному анализу подвергают:

а) все одиночные пробы, содержащие элемент в количестве, превышающем местный фон или пороговую чувствительность анализа в 5 раз и более;

б) пробы из максимумов аномалии — не менее трех проб или более по согласованию с геологом;

в) все пробы, результаты первичного анализа которых почему-либо вызывают сомнение или требуют большей надежности;

г) пробы, отобранные из рудных тел для характеристики их промышленной ценности (анализируются дважды сразу);

д) пробы контрольного назначения.

§ 277. Окончательным результатом анализа является среднее геометрическое из двух значений ( $\sqrt{C_1 C_2}$ ), 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 из двух наиболее близких между собой значений.

§ 278. Для анализов просыпкой и испарением вещества из канала электрода применяют спектрально-чистые угольные электроды диаметром 6 мм. Для высокочувствительных методов спектрального анализа при испарении пробы из камерных электродов наиболее часто используют трубчатые угольные электроды с наружным диаметром трубок 11 мм, внутренним — 5 или 7 мм. Удельное сопротивление материала трубок должно лежать в пределах от 15 до 30 ом·м. Для двухдугового метода камерные электроды (тигли) вытачивают из графита марки АРВ с внутренним диаметром 9 мм, глубиной 16 мм. Значительно реже в качестве камерных электродов используют угольные изделия более сложной формы, вытачиваемые из кусков угля больших размеров.

§ 279. В спектрах спектрально-чистых электродов допустимо присутствие только слабых линий бора, кальция, магния, кремния и железа. Угольные электроды не пригодны для анализа, если они содержат постоянные или переменные количества одного из определяемых элементов в количествах, близких или превышающих его фоновые содержания для исследуемого района. При поступлении в лабораторию очередной партии угольных электродов следует делать их выборочную проверку. Для этого из каждого ящика отбирают по 15—20 углей и фотографируют их спектры в обычных условиях опыта и документации результата.

§ 280. Подготовку к анализу разнообразных электродов выполняют на станках для заточки, сверлильных станках или более специализированных установках. При производстве этих работ следует во избежание загрязне-



ния электродных изделий определяемыми элементами соблюдать чистоту помещения, инструментов, столов, очистных щеток и тряпок.

§ 281. В целях обеспечения необходимой чистоты угольных изделий запрещают вторичное использование электродов, употребившихся для съемки спектров богатых проб (пробы из горных выработок, скважин, повторные аномальные пробы, эталоны). Исползованные электроды в этих случаях откладывают в отдельный ящик. Не реже одного раза в месяц необходимо производить выборочную проверку на возможное загрязнение бывших в употреблении электродных изделий спектральным анализом.

§ 282. Для спектрального анализа геохимических проб в зависимости от поставленных задач используют фотопластинки: спектральные типов I, II, III. В ряде случаев успешно можно употреблять также фотопластинки диапозитивные и репродукционные изохром, панхром, изопанхром и инфра. Для фотографирования спектра в коротком ультрафиолете от 2300 Å и менее следует применять спектральные пластинки тип III. Для массового анализа на широкий круг элементов чаще используют спектральные пластинки тип I или диапозитивные пластинки чувствительностью по ГОСТ 0,8—4 единицы, пригодные для области спектра 2300—3500 Å. Для той же области спектра можно применить более чувствительные, но менее контрастные пластинки — репродукционные или спектральные тип II.

Для видимого излучения пользуются пластинками изохром, изопанхром и панхром. Область спектра от 6000 до 9000 Å регистрируется на пластинке марки инфра. При необходимости съемки спектра одновременно в широком диапазоне частот прибегают к комбинированию различных пластинок, располагая их в разных местах кассеты спектрографа. Пластинки следует приобретать большими партиями, желательно для каждого типа с одним номером эмульсии.

§ 283. Заснятые спектрограммы обрабатывают при соответствующем для каждого сорта применяемых пластинок освещении. Проявление всех спектрограмм следует доводить до постоянной степени почернения, когда коротковолновая часть спектра станет хорошо заметной на белом фоне неразложившихся участков эмульсии.

Температура в фотокомнате должна поддерживаться постоянной — около 15—20° С. При невозможности обеспечения постоянства температуры и качества проявителя проявление фотоспектрограмм «по времени» без наблюдения почернения запрещается. Проявление спектрограмм должно производить одно лицо.

§ 284. Для проявления фотопластинок целесообразно пользоваться проявителем, обычно указанным на упаковке, рекомендуемым заводом-изготовителем пластинок. Примерный расход материалов для получения 1000 фотографий спектров приведен в приложении 17.

§ 285. Во избежание ошибок очередной номер спектрограммы должен быть помечен карандашом при зарядке кассеты. Готовую спектрограмму надписывают чернилами со стороны эмульсии (номер, дату съемки и название лаборатории).

§ 286. Для приближенно-количественной расшифровки спектрограмм, как правило, должен применяться метод ступенчатого ослабления спектров на три порядка, позволяющий наиболее просто обеспечить выдачу результата анализа с необходимой воспроизводимостью по большому числу элементов в широком диапазоне концентраций. Лишь в случае отсутствия в лаборатории девятиступенчатых ослабителей разрешается при расшифровке спектрограмм использовать метод появления и усиления линий.

§ 287. Приближенно-количественную расшифровку спектров на основе ступенчатого ослабления выполняют следующим порядком. Спектры фотографируют через специальный десятиступенчатый платиновый ослабитель или вращающийся сектор. Таким путем достигают последовательного по высоте щели спектрографа ослабления света на три порядка. Тогда величина логарифма интенсивности каждой спектральной линии может быть оценена числом видимых на спектрограмме ступеней данной линии. По спектрам эталонных проб строят градуировочные графики в координатах  $\lg C - \lg I$ . Определить интенсивность той или иной аналитической линии в спектре исследуемой пробы «в ступенях», по графику находят содержание элемента в пробе. Определение концентрации можно делать по таблице, снятой с графика, выражающей ту же, что и график, зависимость.

§ 288. Для построения градуировочного графика необходимо принять следующие схему и масштабы построения сетки. По оси абсцисс, где откладывают логарифм концентрации ( $\lg C$ ), для отсчета наносят значения концентрации в процентах. Удобным для работы масштабом шкалы концентрации является модуль логарифма  $M=40$  мм.

По ординате откладывают обозначаемые номерами ступеней плотности почернения последовательных ступеней ослабителя или ступеней сектора. Нулевая плотность почернения, отвечающая нулевому номеру ступени, лежит на нулевой ординате. За единицу плотности почернения принимают модуль логарифма концентрации  $M$ . При работе со ступенчатым сектором по ординате откладывают обозначаемые последовательными номерами ступени равные отрезки  $\Delta S$ , каждый величиной  $M/3=0,33$ . В случае применения платинового ослабителя значения плотности почернения каждой ступени берут из заводского аттестата\*. Пояснения к построению сетки с сектором и ступенчатым ослабителем, а также пример градуировочного графика приводятся соответственно на рис. 6, 7 и 8.

§ 289. При оценке интенсивности спектральной линии на фотоспектрограмме по числу видимых ступеней отсчет необходимо делать с повышенной точностью. Для этого пользуются условной системой дробного счета ступеней, а именно: считают две полных ступени, если видят отчетливо две ступени и намек на третью; считают  $2\frac{1}{4}$ , если видны две сильные и очень слабая третья ступень; если наблюдают две сильные и слабую третью, то интенсивность считают равной  $2\frac{1}{2}$  ступеням; считают  $2\frac{3}{4}$  ступени, если видны три ступени, но отсутствует намек на четвертую; считают три полных ступени, если видят отчетливо три ступени и намек на четвертую. Аналогично указанному производится оценка интенсивности любой аналитической линии по соотношению видимости двух ее крайних ступеней. Иногда применяют другие приемы дробного счета — счета ступенек. Здесь важно соблюдение постоянства принятой системы.

\* Изготавливаемые заводом ослабители по техническим причинам отклоняются от заданной характеристики до 0,2 величины. В заводском аттестате приводятся по номерам ступеней значения плотности почернения.

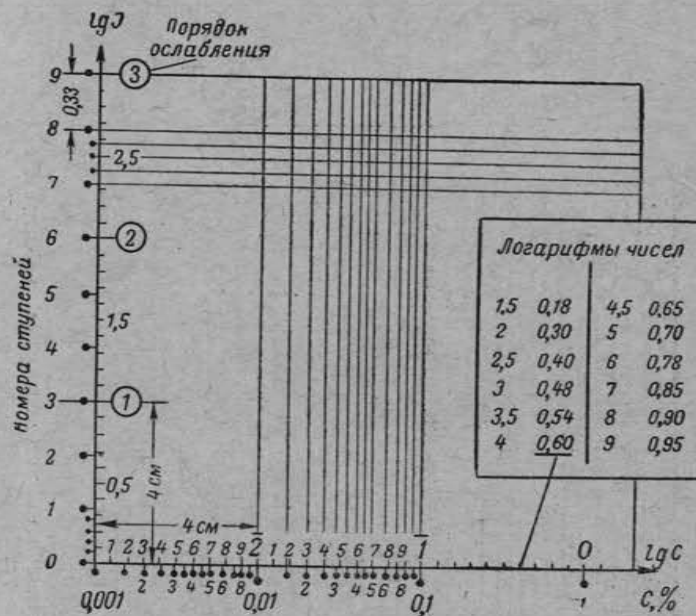


Рис. 6. Схема построения логарифмической сетки для работы со ступенчатым сектором

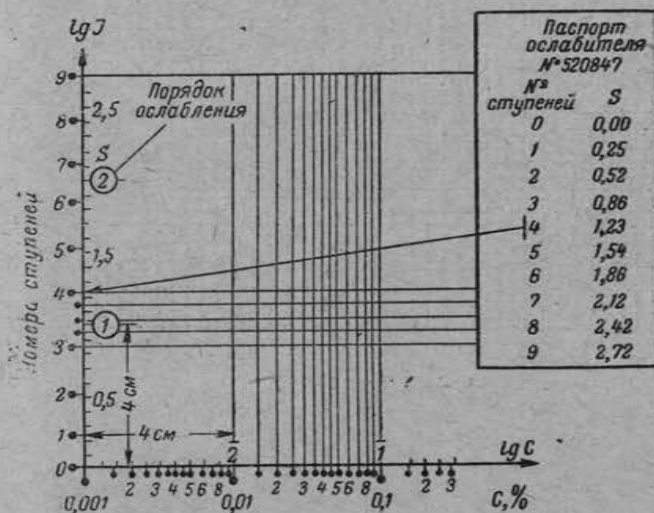


Рис. 7. Схема построения логарифмической сетки для работы с платиновым ослабителем

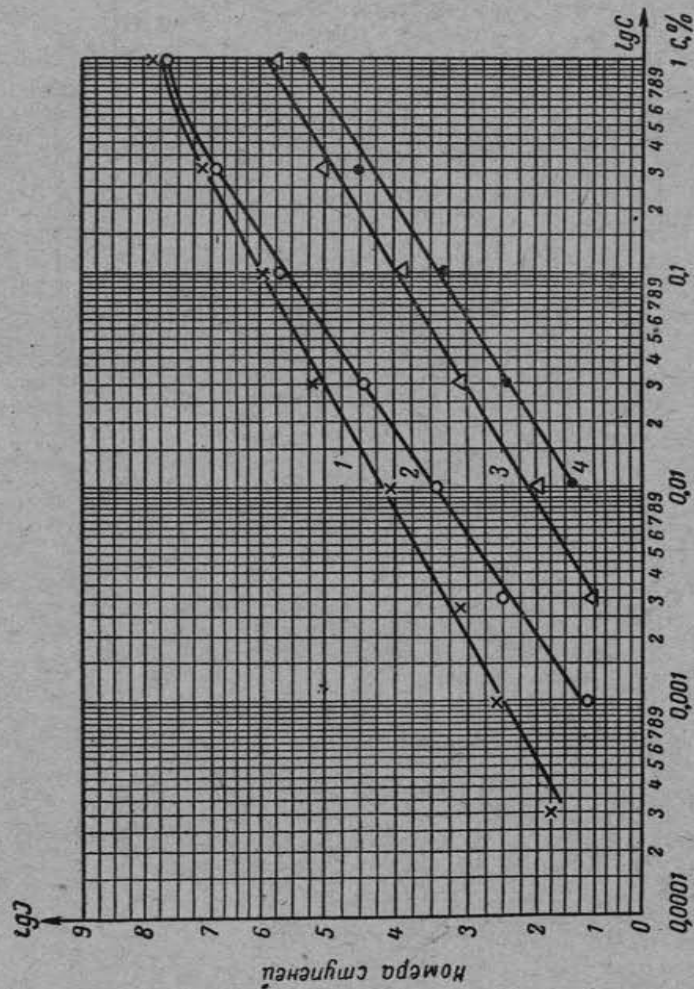


Рис. 8. Градуировочные графики молибдена, олова, натрия и сурьмы на сетке для платинового ослабителя

1—Mo 3170, 3; 2—Sn 3175,0; 3—Na 2950,9; 4—Sb 2598,1

§ 290. Графическое изображение результатов съемки эталонных проб является обязательным методическим приемом, повышающим точность количественной интерпретации спектрограмм, так как при построении графика удается надежнее выразить зависимость интенсивности линии от концентрации, поскольку при этом устраняются ошибки, связанные с разбросом точек при съемке эталонов.

§ 291. Расшифровку спектрограмм по методу появления и усиления линий производят по таблицам, составленным по спектрам эталонных проб. При оценке содержания элемента в пробе наряду с признаком появления линий принимают во внимание сравнительную интенсивность одной-двух самых чувствительных в данном диапазоне концентраций линий с рядом расположенными линиями железа. Для каждого элемента составляют отдельную таблицу появления и усиления линий.

§ 292. Рассмотрение спектрограмм производят только под спектропроектором. Рекомендуется пользоваться атласами спектральных линий, а при интерпретации ступенчато-ослабленных спектров специальными трафаретами. Для этого на листке плотной бумаги вычерчивают девять горизонтальных линий так, чтобы они совпадали с границами видимых под спектропроектором ступенек спектрограмм. На верхней черте вертикальными штрихами наносят точное расположение аналитических линий и характерных линий породообразующих элементов, что облегчает ориентировку в спектре. Рядом с каждой аналитической линией между разделительными горизонтальными границами ступенек пишут отвечающее «полной» ступени содержание элемента. Такие трафареты строят в масштабе видимой под спектропроектором линейной дисперсии отдельно на различные участки спектра. При достаточном опыте спектроскописта на одном трафарете независимо от расположения по длинам волн совмещают многие аналитические линии.

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

§ 293. Для успешного определения микрокомпонентов в воде и вытяжках из твердых и рыхлых пород необходимо пользоваться реактивами, дистиллированной водой и посудой из стекла, предварительно очищенными. Спо-

собы очистки посуды, дистиллированной воды и реактивов описаны в «Методическом руководстве по определению микрокомпонентов в природных водах при поисках рудных месторождений» [66].

§ 294. Наиболее часто для определения микрокомпонентов в концентратах применяют колориметрирование. В качестве стандартных шкал используют серии пробирок с жидкими растворами, содержащими различные количества определяемых элементов, либо пленочные или стеклянные шкалы-светофильтры. Пробирки должны быть из бесцветного стекла с плоским полированным дном; внутренний диаметр пробирок 12,8—12,9 мм.

§ 295. Пробу воды для спектрального анализа доставляют только в виде концентрата. В сопроводительном документе к концентрату (см. приложение 18) обязательно должны быть указаны объем пробы, из которой был получен концентрат, и вес всего полученного концентрата с точностью до 0,01 г.

§ 296. Результаты определения микрокомпонентов минерализации природных вод выражают в микрограммах на литр и должны содержать одну или две значащих цифры (в зависимости от точности примененной методики). При очень больших содержаниях микрокомпонентов допускается выражение в миллиграммах на литр.

§ 297. Необходимо работу по колориметрированию проводить под тягой или на открытом воздухе, а отходы  $CCl_4$  сливать под слой воды, а не в пустой стакан, так как большинство органических растворителей обладает довольно высокой токсичностью.

§ 298. Определение окислительно-восстановительного потенциала следует производить непосредственно у водисточника, так как окислительно-восстановительный потенциал может резко меняться при контакте подземных вод с кислородом воздуха. Его проводят электрометрическим путем [66].

#### 4. ДОКУМЕНТАЦИЯ АНАЛИЗА

§ 299. Анализ большого числа геохимических проб для обеспечения надежности и экономичности работы требует соответствующей организации. Весь ход аналитической работы тщательно документируют. Для хими-

ческого анализа каждой пробы воды ведут две карточки; одну (см. приложение 18) оставляют в лаборатории, другую передают заказчику. Для спектрального анализа ведут четыре журнала:

- 1) лабораторный журнал спектрального анализа геохимических проб;
- 2) съемки спектрограмм;
- 3) интерпретации спектрограмм;
- 4) повторных анализов.

Все журналы изготовляют типографским способом по формам, приведенным в приложениях 19, 20, 21 и 22. Регистрацию работ ведут по производственным операциям в соответствии с формами журналов. Журналы всех форм должны иметь соответствующие оглавления.

§ 300. Лаборант обязан все поступающие на анализ пробы (геохимические, штучные, бороздовые и т. п.) 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 были зарегистрированы. Порядковую нумерацию проб ведут в строгой последовательности, начиная с 1 января и по 31 декабря отчетного года. Для удобства работы лабораторные номера можно присваивать пробам непосредственно при их отборе и в процессе предварительной обработки. С этой целью каждой партии (отряду) заведующий спектральной лабораторией выделяет некоторое количество порядковых номеров с соответствующими индексами для проб различного типа (литогеохимические, гидрогеохимические и т. д.).

Лабораторный журнал должен быть изготовлен типографским способом, иметь плотный переплет и титульный лист. На обложке журнала должно быть напечатано: «Лабораторный журнал для спектрального анализа проб геохимической съемки». На титульном листе журнала в центре нужно повторить эту же надпись, а ниже оставить место для вписывания фамилий начальника партии и заведующего лабораторией и отметок «пробы от № \_\_\_\_\_ до № \_\_\_\_\_». В остальном титульный лист лабораторного журнала соответствует титульному листу полевой книжки (см. приложение 6). Все записи в лабо-

раторном журнале следует вести чернилами по форме приложения 22. Остальные журналы регистрируют внутренние этапы производства анализов.

§ 301. Журнал съемки спектров ведут в двух экземплярах с тем, чтобы обеспечить непрерывность производства съемки; в одном журнале делают подготовительную запись для съемки на следующий день, а по другому ведут съемку. Затем их меняют.

§ 302. Самым ответственным техническим документом лаборатории является журнал интерпретации. Руководитель лаборатории ежедневно проверяет и визирует по журналу состояние работы и отмечает пробы (номера спектров), требующие проверки и проведения повторных анализов.

§ 303. Журнал повторных анализов ведут для вывода среднего из двух или более кратных результатов анализа одной и той же пробы. Из этого журнала по мере получения надежно сходящихся цифр содержания элементов окончательный результат анализа переносят в лабораторный журнал со ссылкой на все номера спектрограмм, на которых снимали данную пробу.

#### 5. ОРГАНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

§ 304. Для устранения ошибок и путаницы в выдаче результатов анализа большую роль играет правильная организация обработки и движение поступивших в лабораторию проб по этапам работы. Порядок обработки и движения проб вытекает из обязательного условия, чтобы съемка спектров проб производилась в последовательности расположения этих проб на профилях наблюдения, относящихся к планшету, разведочной выработке или скважине. Такая последовательность задается порядком полевой документации проб, поступающих в лабораторию, и закрепляется лабораторными номерами проб.

§ 305. Все поступающие в лабораторию пробы хранят в порядке их лабораторных номеров в стандартных деревянных лотках, размещаемых на специальных стеллажах. На передней стенке лотков наклеивают ярлыки с указанием интервала номеров, размещенных в лотке проб. Вместимость стеллажа должна быть рассчитана на 10—12 тыс. проб, т. е. соответственно числу проб, про-

ходящих одновременно различные стадии обработки: подготовительную обработку, первичный или повторный анализы, или подготовку к сдаче в хранилище. По мере завершения всех стадий обработки стеллаж должен разгружаться.

Первичную съемку производят сериями в 40—60 проб на одной фотопластинке. Соответственно этому, руководствуясь записью в лабораторном журнале, намечают очередную серию проб для съемки. Подобрать пробы со стеллажа, делают соответствующую запись в журнале съемки спектрограмм и направляют их в работу. Необходимо, чтобы пробы из одной партии или одного участка съемки анализировались постоянным аналитиком и на одном и том же приборе.

§ 306. Необходимым условием высокого качества работы и повышения производительности труда при выполнении спектрального анализа служит проведение всех работ на основе разделения труда между исполнителями. Ход работ по всему аналитическому циклу может быть разделен на такие этапы: а) прием и регистрация проб; б) дробление, просеивание, сокращение и растирание; в) заготовка электродов; г) зарядка электродов пробой и раскладка по съемочным стойкам или подготовка пакетов к съемке спектров просыпкой; д) съемка спектров; е) обработка фотопластинок; ж) интерпретация спектров и запись результатов\*.

Организация спектроаналитических работ по принципу разделения труда по отдельным операциям является обязательной для лаборатории при объеме годовых анализов от 50 000 и более.

§ 307. Спектральный анализ проб геохимической съемки выполняется на отечественных призменных спектрографах. Используются приборы средней дисперсии типа ИСП-28, ИСП-22, приборы большей дисперсии типа КСА-1, ИСП-51 с длиннофокусными камерами. В отдельных лабораториях применяются дифракционные спектрографы ДФС-8, ДФС-13 и некоторые другие. Спектральные лаборатории для анализа проб геохими-

\* Целесообразно, чтобы инженер-интерпретатор расшифровывал спектры, а лаборант записывал результаты интерпретации. При такой организации труда значительно уменьшается погрешность при оценке почернения линий спектра.

ческой съемки оснащаются также различными необходимыми установками (см. приложение 23).

§ 308. Спектральная лаборатория помещается в светлом и сухом отапливаемом помещении площадью не менее 20 м<sup>2</sup>. В комнате, где производят съемку спектров, запрещается производить какие-либо химические работы, обработку проб, а также чистку и сверловку электродов. Помещение фотолaborатории площадью не менее 1,5—2 м<sup>2</sup> должно быть светонепроницаемым.

§ 309. Перед выездом в поле должны быть произведены приемка спектрографа и проверена комплектность прибора. Все недостающие детали следует восполнить, а отмеченные при приемке прибора дефекты устранить. Для перевозки спектрограф упаковывают с принятием всех мер против повреждения. Следует сделать предупреждающие надписи на ящиках во избежание толчков и ударов во время перевозки.

§ 310. В полевой лаборатории спектрограф устанавливают на прочном устойчивом столе в соответствии с заводской инструкцией и описанием прибора. Монтаж электрической схемы и взаимное расположение частей установки должны обеспечить лаборанту, ведущему съемку, возможность с наименьшими затратами времени включать и выключать дугу, регулировать силу тока, переводить кассету, одновременно наблюдать за освещенностью щели и за контрольными электрическими приборами.

§ 311. Подводку тока к дуге делают с соблюдением всех правил технической и пожарной безопасности: на вводе линий электрической энергии ставят предохранители и выключатель, обеспечивающий полное отключение всей схемы установки. Под электрической дугой кладут лист железа или асбестового картона. В лаборатории обязательно должен быть огнетушитель.

§ 312. Для предохранения кожи и глаз работающих от вредного влияния ультрафиолетовых излучений установка электрической дуги должна быть защищена ширмой или шкафом с темным стеклом и подъемной дверцей в передней стенке. Защитное серое стекло устанавливают также перед контрольным изображением дуги, чтобы ослабить яркость светового пятна. Над дуговой

установкой следует поставить вытяжной колпак с принудительной тягой, исключающий возможность проникновения испарения дуги к лаборанту-съемщику.

#### 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПРОБ ПРИ ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ ПО ВТОРИЧНЫМ ОРЕОЛАМ И ПОТОКАМ РАССЕЯНИЯ

§ 313. Литогеохимические пробы в бумажных капсулах после регистрации в лабораторном журнале и присвоения им лабораторных номеров, но до передачи на механическое истирание исследуют с помощью каппаметров (индукционного или ИМВ-2, ИМВ-3).

§ 314. При работе на индукционном каппаметре значения магнитной восприимчивости проб определяют путем двукратного и трехкратного внесения пакетика с пробой в межполюсное пространство магнита и отчета показаний по шкале гальванометра. Величину наибольшего отклонения гальванометра  $n$  в делениях шкалы заносят в одну из граф лабораторного журнала. Значение магнитной восприимчивости  $x$  определяют по градуировочному графику либо вычисляют по формуле

$$x = knP, \quad (19)$$

где  $k$  — цена деления шкалы каппаметра;  $P$  — вес пробы в г.

При определении  $x$  по градуировочному графику вводится поправка за непостоянство веса пробы по формуле

$$x = \chi P, \quad (20)$$

где  $\chi$  — значение удельной магнитной восприимчивости, снятое с градуировочного графика.

Найденное значение в единицах 10<sup>-6</sup> СГСМ заносят в соседнюю графу лабораторного журнала или специальный журнал; оно служит для последующего построения каппаметрических карт и графиков.

§ 315. Градуировочный график либо цену деления каппаметра  $k$  определяют не реже одного раза в месяц с помощью пяти-шести специальных эталонов с заведомо известной магнитной восприимчивостью. При построении градуировочного графика по горизонтальной оси откладывают значения удельной магнитной восприимчивости, а по вертикальной оси — отсчет по шкале

каппметра  $n_i$ . Цену деления каппметра либо определяют по градуировочному графику, либо вычисляют для каждого диапазона измерений по формуле

$$k_i = \frac{x_i}{P_i n_i}, \quad (21)$$

где  $x_i$ ,  $P_i$  — магнитная восприимчивость и вес соответствующего эталона.

Записи градуировок и вычисления цены деления каппметра следует вести в особой тетради, снабжая их датой и подписью исполнителя.

§ 316. Среднее стандартное значение веса литогеохимических проб должно быть равным 12—15 г, что контролируют выборочным взвешиванием ежедневно небольшой партии проб. При отклонении веса какой-либо партии проб от стандарта среднее значение их веса определяют путем взвешивания на тарелочных весах 100 проб. Значение объемного веса проб допустимо во всех случаях брать близким к  $2 \text{ г/см}^3$ .

§ 317. Определение магнитной восприимчивости проб на каппметрах с пермалловым датчиком (ИМВ-2, ИМВ-3) сводится к прикладыванию пакета с пробой к чувствительному датчику и отсчета значения по показанию стрелочного индикатора. При измерении образцов и проб на каппметрах этого типа следует иметь в виду, что неровная поверхность штуфа, не позволяющая вплотную приблизить его к датчику, а также малая толщина образца ( $< 5 \text{ мм}$ ) приводят к снижению показаний.

Каппметры эталонируют ежемесячно и дополнительно после замены батарей или ламп по нескольким эталонам на всем диапазоне измеряемых величин  $x$ . Ежедневно утром и вечером производят измерение одного-двух эталонов, наиболее близких по значениям магнитной восприимчивости к измеряемым пробам и образцам. В результате измерений в случае необходимости вводят поправку за несовпадение плотности порошковых проб и эталонов. В первом приближении для этого достаточно увеличить полученные значения в полтора раза.

§ 318. Наряду с каппметрией измеряется  $\beta$ -активность литогеохимических проб. Эти измерения выполняют в соответствии с «Инструкцией по радиометрическим лабораторным работам» [18].

## 7. КОНТРОЛЬ И ТОЧНОСТЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

§ 319. О точности анализов, выражаемых непрерывной шкалой значений, судят по следующим показателям.

1. Правильность анализа, характеризуемая систематической ошибкой. Последняя обычно понимается как отклонение среднего значения величин, получаемых многократным аналитическим испытанием пробы, от истинного значения определяемой величины.

2. Воспроизводимость анализа, характеризуемая случайными отклонениями отдельных определений от среднего значения серии повторных испытаний.

Если систематическая ошибка отсутствует или ею можно пренебречь, точность будет характеризоваться только случайными ошибками или воспроизводимостью анализа.

§ 320. Для выявления и оценки систематических и случайных ошибок производят контроль выполняемых анализов с тем, чтобы на этой основе, устраняя первые и уменьшая вторые, обеспечить достаточное для данного вида определений качество аналитической работы. Важным показателем является также устойчивость фиксируемого контролем качества анализа в течение длительного времени работы лаборатории.

§ 321. Причинами возникновения систематических ошибок в спектральном анализе могут быть:

а) несоответствие анализируемого материала и эталонов по валовому и минералогическому составам;

б) неучтенное, но устойчивое нарушение режима съемки спектров (испарение пробы, возбуждение спектра и т. п.) и других предписанных методикой условий производства работы.

§ 322. Средством выявления систематической ошибки приближенно-количественного спектрального анализа может служить количественный спектральный анализ, выполняемый в условиях, наиболее способствующих устранению данной ошибки (например, по методу добавок). Во многих случаях для этой цели можно использовать химический анализ. Однако при сложных определениях, особенно при низких содержаниях элементов, данные химического анализа не могут считаться достаточно надежными.

§ 323. Количественный спектральный анализ, выполняемый для выявления систематической ошибки, можно осуществлять как внутри самой лаборатории, так и в других лабораториях. Химические анализы для тех же целей составляют обычно содержание работ внешнего контроля.

§ 324. Оценка воспроизводимости анализов, обусловленной случайными ошибками, является постоянным содержанием внутрилабораторного контроля. Такой контроль осуществляют посредством повторных определений некоторого объема целесообразно отобранных проб с разными содержаниями элементов и выполнения подсчетов, характеризующих по выборке воспроизводимость анализов. Предусмотренные вычисления производят с точностью двух значащих цифр. Контрольные анализы для оценки случайных ошибок, как правило, выполняются тем же исполнителем на том же приборе\*.

§ 325. Все материалы, фиксирующие производство и результаты внешнего и внутрилабораторного контроля, являются важной технической документацией и подлежат хранению в архиве лаборатории.

§ 326. Контроль качества химического анализа воды производится в соответствии с «Инструкцией по внутрилабораторному контролю качества химических анализов воды» [17].

§ 327. Выполнение контрольных определений химического анализа можно проводить двумя путями:

- а) анализом контрольных проб;
- б) выполнением отдельных контрольных определений в процессе анализа проб.

Объем внутрилабораторного контроля путем выполнения контрольных проб и отдельных определений устанавливает руководитель лаборатории в зависимости от степени ответственности анализа и квалификации исполнителя. Контроль должен составлять в сумме от 5 до 20% (в среднем 10%) для рядовых анализов и от 10 до 40% (в среднем 20%) для анализов внешнего контроля и арбитражным анализам. В отдельных случаях, при освоении лабораторией новых методов, допускается

\* Это делают для устранения дополнительного влияния смены оператора и приборов на воспроизводимость анализов.

повышение внутрилабораторного контроля до 50%, а при выполнении арбитражных анализов до 100%.

§ 328. Абсолютная погрешность определения химического анализа вычисляется как разность между большим и меньшим результатами.

§ 329. Относительная погрешность определения химического анализа оценивается величиной расхождения  $\delta$  между основным и повторным определениями, выраженной в относительных процентах. Величина  $\delta$  (погрешность) вычисляется как процентное отношение разности между данными основного и повторного определений к среднему значению этих определений по формуле

$$\delta = \frac{2(C_1 - C_2)}{C_1 + C_2} 100\%, \quad (22)$$

где  $C_1$  — больший результат;  $C_2$  — меньший результат из обоих сопоставленных определений.

Данная формула предполагает, что для вычисления погрешности результатов берутся значения, распределенные по нормальному закону. Если расхождения основного и контрольного определений выходят из допустимых пределов, проводят третье определение под новым шифрованным номером, желательнее третьим исполнителем. Из полученных результатов определений правильными считаются те два, расхождение между которыми минимально и погрешность  $\delta$  укладывается в нормы допустимых отклонений. Из этих двух значений заказчику выдается любое (обычно среднее значение), что решается аналитиком или руководителем лаборатории.

Партия результатов одноименных определений, выполненных аналитиком, считается кондиционной, если не менее  $2/3$  определений, проконтролированных в этой партии, оказались удовлетворительными. В противном случае все проконтролированные определения бракуются и переделываются аналитиком. При вторичном неудовлетворительном результате контроля вся партия засчитывается аналитику в брак и должна быть заново переделана.

§ 330. Для оценки кондиционности выполненных определений следует пользоваться данными приложения 24, где указаны величины допустимых расхождений для номенклатуры определений химического состава воды.



§ 331. Внутривлабораторному контролю при спектральном анализе геохимических проб подвергается 3% общего объема поступивших в лабораторию проб (пробы шифруют). В это число входят:

1) специально подобранные группы проб численностью от 100 и более, относящиеся к аномальным участкам профиля или площади съемки, и примерно такое же количество проб с фоновыми содержаниями элементов; общее количество контрольных проб данной категории должно быть на уровне до 3% от поступления данной партии;

2) геохимические пробы, вызывающие особый интерес по геологическим соображениям или содержанию определяемых в них элементов.

§ 332. Внешнелабораторному контролю подвергаются отдельные партии проб, указанных в п. 1 предыдущего параграфа, но не свыше 0,5% от общего объема. Внешнелабораторный контроль следует проводить как спектральным, так и химическим методом.

§ 333. Оценку точности спектрального анализа производят по тем же формулам и правилам, что и оценку точности результатов по данным повторного отбора проб (см. § 82);  $C_{i_1}$  и  $C_{i_2}$  в данном случае — результаты первого и второго анализов одной и той же пробы. Число контрольных анализов с результатами, поддающимися подсчету погрешности (т. е. за исключением случаев, когда при обоих анализах искомый элемент не обнаружен), должно быть не менее 100. Систематическое расхождение подлежит устранению при  $\delta_{\text{сист}}$ , выходящем за пределы 0,95—1,05. Случайная ошибка должна характеризоваться величиной относительного отклонения  $\delta_{\text{ср}}$  не более чем 1,5.

§ 334. Определение точности спектрального анализа проводят, как правило, по трем-пяти элементам. В целях более широкой проверки перечень контролируемых элементов следует менять от одной контрольной группы к другой. По особой договоренности контроль может выполняться одновременно на широкую группу элементов.

## ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОТЧЕТНОСТЬ

§ 335. Результаты геохимических поисков излагают в геологических отчетах по работам, проведенным в данном районе, в соответствии с общими требованиями, вытекающими из действующих инструкций Государственного геологического комитета СССР.

§ 336. В окончательных отчетах о геохимических поисках должна быть приведена характеристика местного геохимического фона для различных горных пород, разлитых в районе, в соответствии с принятой литолого-стратиграфической схемой, возрастным и петрографическим составом изверженных пород, а также для почв и различных генетических групп рыхлых образований, вод и растительных видов (при биогеохимических исследованиях). 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 главных 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 должна быть дана достигнутая чувствительность анализа для отдельных элементов, а также значения систематической и средней абсолютной ошибок логарифмов концентраций основных элементов-индикаторов с указанием объема контрольных работ.

§ 337. Результативные карты литогеохимических поисков масштаба 1:50 000 и крупнее должны сопровождаться геологической картой, на которой показываются фактически обнаженные площади, площади, перекрытые рыхлыми отложениями с указанием их генезиса (автохтон, аллохтон) 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 геологической карты должны быть использованы, помимо непосредственных полевых наблюдений, данные геофизических исследований, а также контактная печать аэрофотосъемки.

§ 338. Карты результатов геохимической съемки масштаба 1:10 000 и мельче должны быть вычерчены по трапециям государственной разграфки и снабжены схемой расположения смежных листов съемки того же масштаба. На основе результатов геохимических съемок 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 абсолютных весовых процентах.

§ 339. Окончательный отчет по литогеохимическим поискам по вторичным ореолам и потокам рассеяния должен содержать сжатую характеристику поля рассеяния исследованного района в свете его геологических, геоморфологических и ландшафтно-геохимических условий. Установленные съемкой вторичные ореолы и потоки рассеяния рудных тел и месторождений нужно описать с точки зрения фазы рассеяния, минералогии и генезиса и охарактеризовать количественно 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.

Наиболее интересные литогеохимические потоки рассеяния должны быть геологически описаны и охарактеризованы показателем продуктивности  $P'$ , сопоставлены с продуктивностью ореолов рассеяния и рудных тел

в том же бассейне водосбора. Следует описать геологоструктурные условия размещения и указать параметры наиболее интересных вторичных ореолов рассеяния — количества металла в ореоле по профилю ( $M$ ) и для слоя в 1 м ( $q$ ), максимальное содержание металла ( $C_{max}$ ), коэффициент рассеяния ( $\sigma$ ) — и указать значения коэффициентов пропорциональности между количеством металла в ореоле и в рудном теле ( $k$ ).

В отчете о результатах глубинных литогеохимических съемок должна быть дана геологическая характеристика представительного горизонта отбора проб, описаны методы определения глубины его залегания, а на картах выделены площади, опосредованные недостоверно. В отчете по литогеохимическим поискам 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 должны быть отчетливо сформулированы со ссылками на прилагаемую графику промышленная оценка района в целом, дана оценка выявленных и изученных рудопроявлений и при наличии данных указаны ожидаемые геологические (прогнозные) запасы металла в месторождениях, подкрепленные расчетом, а также указаны предложения по содержанию дальнейших геологоразведочных работ. При изложении результатов работ по участкам, переданным в разведку, должны быть использованы материалы последующих разведочных работ со ссылкой на имеющиеся в распоряжении партий геологические документы (копии разрезов, буровых колонок, результаты химического анализа и т. п.) и указанием источника. Всякого рода оценок, не подкрепленных документальными данными, следует избегать.

§ 340. Окончательный отчет по гидрогеохимическим поискам должен содержать краткое описание гидрогеологии района, подробную геологическую характеристику всех выявленных гидрогеохимических аномалий с данными контрольного (повторного) опробования, материалы режимных наблюдений и методику разбраковки гидрогеохимических аномалий на рудные и безрудные, а также предложения по проведению в районе рудных ано-

малый геологопоисковых, геофизических и литогеохимических работ и анализ их результатов. На отчетных гидрогеохимических картах должны быть условными знаками показаны контуры перспективных площадей, выделенных для дополнительного опоскования, с указанием их очередности. Рекомендации по непосредственному переходу к поисково-разведочному бурению в зонах гидрогеохимических аномалий за редкими исключениями являются недопустимыми.

§ 341. Окончательный отчет по биогеохимическим поискам должен содержать основные практические и научно-методические выводы по проведенным работам с указанием видов исследованной растительности в русской и латинской транскрипции и подробным описанием условий опробования. Выявленные биогеохимические ореолы рассеяния должны быть охарактеризованы количественно, даны результаты их глубинного литогеохимического изучения и последующей проверки горнобуровыми работами.

§ 342. К отчету о геохимических исследованиях должны быть приложены:

- а) ведомость координат пунктов топографической сети геохимической съемки;
- 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 перспективных геохимических аномалий.

§ 343. Бессрочному хранению подлежат полевые книжки геохимической съемки и документации выработок, лабораторные журналы анализа, журналы съемки и интерпретации спектрограмм, таблицы спектральных линий и градуировочные графики, а также попланшетные кальки со значащими цифрами содержаний всех элементов (в государственной разграфке).

§ 344. Все спектрограммы геохимических проб (включая эталонные пробы) подлежат бессрочному хранению: в круглогодичных экспедициях — на месте работ, в сезонных партиях — в специальной спектротеке управления (треста) для обеспечения возможности их повторного просмотра, если этого потребуют новые геологические данные.

§ 345. Подлинники проб в бумажных капсулах нужно упаковать в порядке номеров в пакеты или ящики по 200—300 шт. На каждом пакете 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 управления (треста). В хранилищах проб необходимо иметь журналы учета проб, в которых указывают номер ящика (пакета), год, организацию, номера проб и их наименование. Пробы геохимической съемки в масштабе 1:25 000 и мельче подлежат бессрочному хранению, пробы детальных съемок по истечении пяти лет могут быть уничтожены.

## ЛИТЕРАТУРА

### Общие вопросы геохимии и геохимические методы поисков

1. Алевкин О. А. Основы гидрохимии. Гидрометеоздат, 1953.
2. Бродский А. А. Интерпретация данных гидрохимических поисков рудных месторождений. В сб. «Вопросы геохимии подземных вод». Госгеолтехиздат, 1962.
3. Бродский А. А. Основы гидрогеохимического метода поисков сульфидных месторождений. Изд. «Недра», 1964.
4. Вернадский В. И. Избранные труды, т. I—VI. Изд. АН СССР, 1954—1960.
5. Виноградов А. П. Закономерности распределения химических элементов в земной коре. Геохимия, № 1, 1956.
6. Виноградов А. П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. Геохимия, № 7, 1962.
7. Временная инструкция по уранометрической съемке. Госгеолтехиздат, 1960.
8. Геологические результаты прикладной геохимии и геофизики. Раздел 1. Геохимия. Докл. советских геологов на XXI сессии Междунар. геол. конгресса. Госгеолтехиздат, 1960.
9. Геохимические методы поисков рудных месторождений. Сб. переводных статей. Изд. ИЛ, 1954.
10. Геохимические поиски рудных месторождений. Тр. I Всеобщ. совещ. по геохимическим методам поисков рудных месторождений. Госгеолтехиздат, 1957.
11. Геохимия ландшафтов и поиски полезных ископаемых. Госгеолтехиздат, 1961.
12. Гинзбург И. И. Опыт разработки теоретических основ геохимических методов поисков. Госгеолтехиздат, 1957.
13. Глазовская М. А. Геохимия ландшафтов и поиски полезных ископаемых на Южном Урале. Изд. МГУ, 1961.
14. Глубинные поиски рудных месторождений. Госгеолтехиздат, 1963.
15. Голева Г. А. Особенности формирования водных ореолов рассеяния скрытых медно-колчеданных месторождений Южного Урала. В сб. «Вопросы геохимии подземных вод». Нов. сер., № 9. Изд. «Недра», 1964.

16. Единые нормы выработки на геофизические работы. Госгеолтехиздат, 1960.
17. Инструкция по внутрилабораторному контролю качества химических анализов воды, выполняемых лабораториями Министерства геологии и охраны недр СССР. ВСЕГИНГЕО, 1962.
18. Инструкция по радиометрическим лабораторным работам. Госгеолтехиздат, 1958.
19. Крайнов С. Р. Гидрогеохимический метод поисков месторождений бора. Изд. «Недра», 1964.
20. Красников В. И. Рациональные поиски рудных месторождений. Госгеолтехиздат, 1959.
21. Миллер С. Д., Соловов А. П. Исследование магнитной восприимчивости рыхлых отложений с целью картирования и поисков. Разв. и охр. недр, № 5, 1955.
22. Овчинников А. М. Минеральные воды. Госгеолтехиздат, 1947, 1964.
23. Опыт разработки гидрохимических методов поисков рудных месторождений. Госгеолтехиздат, 1959.
24. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. Географиз, 1961.
25. Перельман А. И. Геохимия эпигенетических процессов. Изд. «Высшая школа», 1961.
26. Поликарпочкин В. В. Методические рекомендации по проведению гидрохимических поисков рудных месторождений. ОНТИ ВИТР, вып. 15, 1959.
27. Поликарпочкин В. В., Поликарпочкина Р. Т. Биогеохимические поиски месторождений полезных ископаемых. Изд. «Наука», 1964.
28. Разумовский Н. К. Логарифмически-нормальный закон распределения вещества и его свойства. Зап. ЛГИ, т. XX, 1948.
29. Разумовский Н. К. К вопросу о выделении аномалий на фоне обычных содержания элементов в породе при поисковых работах. В сб. «Вопросы разведочной геофизики», вып. 1. Госгеолтехиздат, 1962.
30. Сауков А. А. Геохимия. Госгеолтехиздат, 1951.
31. Сауков А. А. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. Изд. МГУ, 1963.
32. Сафронов Н. И. К теории первичных ореолов рассеяния. Тр. ВИТР: «Новое в методике и технике геологоразведочных работ», сб. 5. Госгеолтехиздат, 1962.
33. Сафронов Н. И. Основы геохимических поисков рудных месторождений. БНТИ ВИТР, вып. 3, 1962—1963.
34. Свешников Г. Б. Гальваническое растворение сульфидов и ореолы рассеяния тяжелых металлов. Геохимия, № 4, 1956.
35. Смирнов В. И. Геологические основы поисков и разведок рудных месторождений. Изд. МГУ, 1957.
36. Смирнов В. И. Шесть типов первичной зональности гидротермальных рудных тел. Изв. АН СССР, сер. геол., № 3, 1957.
37. Смирнов С. С. Зона окисления сульфидных месторождений. Изд. АН СССР, 1955.
38. Соловов А. П. Основы теории и практики металлометрических съемок. Изд. АН КазССР, 1959.

39. Соловов А. П., Куниин Н. Я. Металлометрическая съемка по потокам рассеяния в горных районах. Советская геология, № 5, 1960.

40. Сочеванов Н. Н. Методика опробования при поисках рудных месторождений по первичным ореолам рассеяния. В сб. «Вопросы методики опробования рудных месторождений при разведке и эксплуатации». Госгеолтехиздат, 1962.

41. Справочник путешественника и краеведа, т. II. Географгиз, 1950.

42. Страхов Н. М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. Госгеолтехиздат, 1963.

43. Гаусон Л. В. Геохимия редких элементов в гранитоидах. Изд. АН СССР, 1961.

44. Удодов П. А., Онуфриенко И. П., Париков Ю. С. Опыт гидрогеохимических исследований в Сибири. Методика и результаты работ. Изд. «Высшая школа», 1962.

45. Ферсман А. Е. Геохимические и минералогические методы поисков, т. 2. Изд. АН СССР, 1955.

46. Щербина В. В. Геохимия. Изд. АН СССР, 1939.

47. Янишевский Е. М. и др. Эндогенные ореолы рассеяния некоторых гидротермальных месторождений. Госгеолтехиздат, 1963.

48. Green I. Geochemical table of the elements for 1959. Bull. Geol. Soc. America, 1959, v. 70, № 9.

49. Hawkes H. E. and Webb I. S. Geochemistry in Mineral Exploration. New York, 1962.

50. Mason Brian. Principles of geochemistry. New York, London, 1956.

51. Rankama K., Sahama T. Geochemistry. Chicago, 1955.

#### Методы анализа геохимических проб

52. Бродская Н. И., Ключкин В. Я. Полуколичественное хроматографическое определение редкоземельных элементов с целью геохимических поисков. Изд. ВИТР, сер. «Обмен опытом», вып. 19, 1959.

53. Григорьева О. А., Квятковский Е. М. Высокочувствительный двухдуговой метод спектрального анализа на золото и некоторые рассеянные элементы. Уч. зап. ЛГИ, т. XLV, вып. 2, 1963.

54. Добхаева Э. Д. Спектральный анализ на золото с предварительным электрохимическим обогащением проб. Тр. совещ. ВИМС, 1961.

55. Зайдель А. Н. и др. Эмиссионный спектральный анализ атомных материалов. Физматгиз, 1960, 1962.

56. Зайдель А. Н., Прокофьев В. К., Райский С. М. Таблицы спектральных линий. Гостехиздат, 1952.

57. Калинин С. К. Атлас дугового и искрового спектров железа от 2084 до 6546 Å. Металлургиздат, 1953.

58. Калинин С. К. и др. Атлас спектральных линий для стеклянного спектрографа. Госгеолтехиздат, 1956.

59. Калинин С. К. и др. Атлас спектральных линий для кварцевого спектрографа. Госгеолтехиздат, 1959.

60. Катченков С. М. Спектральный анализ горных пород. Госгеолтехиздат, 1957.

61. Клер М. М. Приближенный количественный спектральный анализ минерального сырья. Госгеолтехиздат, 1959.

62. Лонцих С. В., Недлер В. В., Райхбаум Я. Д. Спектральный анализ металлометрических проб. Госгеолтехиздат, 1959.

63. Майоров Н. Ф. Методика полуколичественного капельного анализа на никель, медь и цинк из одной навески. Зап. ЛГИ, т. 39, вып. 2, 1961.

64. Майоров Н. Ф. Газообъемный метод анализа карбонатных пород. Зап. ЛГИ, т. XLIII, вып. 2, 1962.

65. Марголин Л. С., Жукова Н. А., Сергеев Е. А. Высокочувствительный химико-спектральный анализ металлометрических проб на редкие земли. Изд. ВИТР, сер. «Обмен опытом», вып. 38, 1960.

66. Методическое руководство по определению микрокомпонентов в природных водах при поисках рудных месторождений. Госгеолтехиздат, 1961.

67. Миллер А. Д., Вычужанина И. П. Метод выделения и определения микроколичеств мышьяка в поверхностных отложениях и вмещающих породах. Изв. ВИТР, сер. «Обмен опытом», вып. 29, 1960.

68. Миллер А. Д., Комарова З. В. Гидрохимические материалы, т. 36. Изд. АН СССР, 1963.

69. Миллер А. Д., Либина Р. И. Концентрирование соосаждением с карбонатом кальция и определение ряда микроэлементов природных вод, водных вытяжек и сточных вод. Ж. прикл. хим., т. XXXII, 1959.

70. Миллер А. Д., Сахаров А. А., Тюрина Н. П. Определение микроколичеств меди, цинка и свинца в вытяжках из рыхлых отложений горных пород и в природных водах. Изд. ВИТР, сер. «Обмен опытом», вып. 18, 1959.

71. Миллер А. Д. и др. Количественное определение микроколичеств меди, никеля и кобальта во вторичных ореолах рассеяния. Изд. ВИТР, сер. «Обмен опытом», вып. 12, 1959.

72. Нагибина И. М., Прокофьев В. К. Спектральные приборы и техника спектроскопии. Машгиз, 1963.

73. Полуэктов Н. С. Методы анализа по фотометрии пламени. Госхимиздат, 1959.

74. Русанов А. К. Спектральный анализ руд и минералов. Госгеолтехиздат, 1948. С приложением атласа дуговых спектров элементов.

75. Русанов А. К. и др. Количественное спектральное определение редких и рассеянных элементов. Госгеолтехиздат, 1960.

76. Сафронов Н. И., Поликарпочкин В. В., Утгоф А. А. Разбраковка поисково-разведочных золоторудных проб при помощи комплексного, химико-адсорбционного спектрального анализа. Изд. ВИТР, сер. «Обмен опытом», вып. 38, 1960.

77. Сергеев Е. А. Методика ртутметрических исследований. Тр. совещ. по геохимическим методам поисков. Госгеолтехиздат, 1957.

78. Сергеев Е. А., Степанов П. А. Скоростной спектральный анализ металлометрических проб при полном испарении навески. БНТИ ВИТР, сер. «Обмен опытом», вып. 6, 1958.

79. Сергеев Е. А. и др. Высокочувствительный спектральный

анализ металлометрических проб на халькофильные элементы. Изд. ВИТР, сер. «Обмен опытом», вып. 13, 1959.

80. Смоляк И. И. Экспрессный спектральный анализ на фтор. Изв. АН СССР, сер. физ., т. XIX, № 2, 1955.

81. Степанов П. А., Сергеев Е. А., Белобрагина М. В. Методика полуколичественного спектрального анализа металлометрических проб на редкие щелочные элементы. БНТИ ВИТР, сер. «Обмен опытом», вып. 10, 1958.

82. Степанов П. А., Сергеев Е. А. Скоростной спектральный анализ металлометрических проб на редкие щелочи, бор, фтор и другие элементы. Изв. АН СССР, сер. физ., т. XXIII, № 9, 1959.

83. Шергина Ю. П., Каминская А. Б., Миллер А. Д. Фотоколориметрический метод количественного определения селена и теллура в горных породах и почвах. Изд. ВИТР, сер. «Обмен опытом», вып. 30, 1960.

84. Шергина Ю. П., Шкорбатов С. С., Каминская А. Б. Фотоколориметрическое определение микроколичеств меди, никеля и кобальта при гидрохимических поисках медно-никелевых сульфидных руд. Изд. ВИТР, сер. «Обмен опытом», вып. 44, 1961.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

ТАБЛИЦА

средних содержаний химических элементов в литосфере, главных типах пород и почвах (в % вес.)

№ п/п	Элемент	Изверженные породы											
		Литосфера в среднем (две части кислых и одна часть основных пород)		ультраосновные породы (луниты и др.)		основные породы (базальты, габбро и др.)		средние породы (диорит, андезиты)		кислые породы (граниты, габброиды и др.)		Осадочные породы	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	O	47,0	42,5	43,5	46,0	48,7	52,8	51,72	49,51	49,0			
2	Si	29,5	19,0	24,0	26,0	32,3	23,8	36,75	2,42	33,0			
3	Al	8,05	0,45	8,76	8,85	7,7	10,45	2,53	0,43	7,18			
4	Fe	4,65	9,85	8,56	5,85	2,7	3,33	0,99	0,40	3,8			
5	Ca	2,96	0,7	6,72	4,65	1,58	2,53	3,95	30,45	1,37			
6	Na	2,50	$5,7 \cdot 10^{-1}$	1,94	3,0	2,77	0,66	0,33	0,04	0,63			
7	K	2,50	$3 \cdot 10^{-2}$	$8,3 \cdot 10^{-1}$	2,3	3,34	2,28	1,1	0,27	1,36			
8	Mg	1,87	25,9	4,5	2,18	0,56	1,34	0,71	4,77	0,63			
ε		99,03	99,0	98,81	98,83	99,65	97,19	98,08	86,29	96,97			
9	Tl	0,45	$3 \cdot 10^{-2}$	0,9	0,8	0,23	0,45	0,1	0,04	$4,6 \cdot 10^{-1}$			
10	C	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	1,0	1,38	11,35	2,0			
ε		0,45	0,04	0,91	0,82	0,26	1,45	1,48	11,39	2,46			

№ п/л	Элемент	Изверженные породы					Осадочные породы			
		Литосфера в среднем (две части кислых и одна часть основных пород)	ультраосновные породы (дуиниты и др.)	основные породы (базальты, габбро и др.)	средние породы (диорит, андезиты)	кислые породы (граниты, градиориты и др.)	глины и сланцы	песчаники	карбонатные породы	почвы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11	Mn	$1 \cdot 10^{-1}$	$1,5 \cdot 10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-1}$	$1,2 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$	$6,7 \cdot 10^{-2}$	—	$4 \cdot 10^{-2}$	$8,5 \cdot 10^{-2}$
12	P	$9,3 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-1}$	$1,6 \cdot 10^{-1}$	$7 \cdot 10^{-2}$	$7,7 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$
13	S	$4,7 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-1}$	$2,8 \cdot 10^{-1}$	$1,1 \cdot 10^{-1}$	$8,5 \cdot 10^{-2}$
14	Ba	$6,5 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$6,5 \cdot 10^{-2}$	$8,3 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$
15	Cl	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$5,3 \cdot 10^{-3}$	$5,3 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$2,4 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	—	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
16	Sr	$3,4 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$2,6 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
17	Rb	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	—	$1 \cdot 10^{-2}$
18	F	$6,6 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$3,7 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	—	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
19	Cr	$8,3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-2}$
20	Zr	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$2,6 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	—	—	$3 \cdot 10^{-2}$
21	V	$9 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$
22	N	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-2}$	—	—	$1 \cdot 10^{-1}$
23	Cu	$4,7 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$5,7 \cdot 10^{-3}$	—	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$
24	Ni	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-1}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$9,5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	—	$4 \cdot 10^{-3}$
25	Li	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$2,6 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$

26	Zn	$8,3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$7,2 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$
27	Cl	$7 \cdot 10^{-3}$	—	$4,5 \cdot 10^{-4}$	—	$1 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3}$	—	$2 \cdot 10^{-2}$	$(5 \cdot 10^{-3})$
28	Sn	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	—	$3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	—	—	$(1 \cdot 10^{-3})$
29	Co	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$	—	—	$8 \cdot 10^{-4}$
30	Y	$2,9 \cdot 10^{-3}$	—	$2 \cdot 10^{-3}$	—	$3,4 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	—	—	$5 \cdot 10^{-3}$
31	La	$2,9 \cdot 10^{-3}$	—	$2,7 \cdot 10^{-3}$	—	$6 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	—	$(4 \cdot 10^{-3})$
32	Nd	$3,7 \cdot 10^{-3}$	—	$2 \cdot 10^{-3}$	—	$4,6 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	—	—	—
33	Ce	$7 \cdot 10^{-3}$	—	$4,5 \cdot 10^{-4}$	—	$1 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3}$	—	—	$5 \cdot 10^{-3}$
34	Pb	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	—	—	$1 \cdot 10^{-3}$
35	Ga	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$7,5 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-3}$
36	Nb	$2 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	—	—	—
37	Gd	$8 \cdot 10^{-4}$	—	$5 \cdot 10^{-4}$	—	$9 \cdot 10^{-4}$	$6,5 \cdot 10^{-4}$	—	—	—
38	Th	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-1}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	—	—	$6 \cdot 10^{-4}$
39	Ge	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	—	$(10^{-4})$
40	Cs	$3,7 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	—	$5 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	—	—	$(5 \cdot 10^{-4})$
41	Pr	$9 \cdot 10^{-4}$	—	$4 \cdot 10^{-4}$	—	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	—	—	—
42	Sm	$8 \cdot 10^{-4}$	—	$5 \cdot 10^{-4}$	—	$9 \cdot 10^{-4}$	$6,5 \cdot 10^{-4}$	—	—	—
43	Be	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$5,5 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	—	—	$6 \cdot 10^{-4}$
44	Sc	$1 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	—	—	$7 \cdot 10^{-4}$
45	As	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2,4 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$6,6 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-5}$	—	$5 \cdot 10^{-4}$
46	Dy	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-4}$	—	$6,7 \cdot 10^{-4}$	$4,5 \cdot 10^{-4}$	—	—	—
47	Er	$3,3 \cdot 10^{-4}$	—	$2 \cdot 10^{-4}$	—	$4 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	—	—	—



№ п/п	Элемент	Литосфера											
		в среднем (две части кислых и одна часть основных пород)	Изверженные породы			Осадочные породы				почвы			
		3	4	5	6	7	8	9	10	11			
48	Hf	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	—	—	$(6 \cdot 10^{-4})$			
49	B	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$			
50	Mo	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	—	—	$2 \cdot 10^{-4}$			
51	Ib	$3,3 \cdot 10^{-5}$	—	$2 \cdot 10^{-4}$	—	$4 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	—	—	—			
52	Tl	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	—	—			
53	U	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	—	—	—			
54	Ta	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$4,8 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	—	—	—			
55	Br	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4,5 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	—	—	—			
56	Tb	$4,3 \cdot 10^{-4}$	—	$8 \cdot 10^{-5}$	—	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-5}$	—	—	—			
57	Ho	$1,7 \cdot 10^{-4}$	—	$1 \cdot 10^{-4}$	—	$2 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	—	—	—			
58	Eu	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-4}$	—	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	—	—	—			
59	Lu	$8 \cdot 10^{-5}$	—	$6 \cdot 10^{-5}$	—	$1 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-5}$	—	—	—			
60	W	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	—	—	—			
61	Tu	$2,7 \cdot 10^{-5}$	—	$2 \cdot 10^{-5}$	—	$3 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	—	—	—			
62	Se	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-5}$	—	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$			

63	Cd	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$	—	$1 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	—	—	$1 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	—	—	$(5 \cdot 10^{-5})$
64	Sb	$5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2,6 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$	—	—	$2,6 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$	—	—	—
65	J	$4 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	—	—	$4 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	—	—	$5 \cdot 10^{-4}$
66	Bi	$9 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	—	—	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	—	—	—
67	Ag	$7 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$	—	—	$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$	—	—	$(10^{-5})$
68	In	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	—	$2,6 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$	—	—	$2,6 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$	—	—	—
69	Hg	$8,3 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$9 \cdot 10^{-6}$	—	$8 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-5}$	—	—	$8 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-5}$	—	—	$1 \cdot 10^{-6}$
70	Os	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
71	Te	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$	—	—	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$	—	—	—
72	Pd	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-6}$	—	$1 \cdot 10^{-6}$	—	—	—	$1 \cdot 10^{-6}$	—	—	—	—
73	Pt	—	$2 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
74	Ru	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
75	Au	$4,3 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-7}$	—	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	—	—	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	—	—	—
76	Re	$7 \cdot 10^{-8}$	—	$7,1 \cdot 10^{-8}$	—	$6,7 \cdot 10^{-8}$	—	—	—	$6,7 \cdot 10^{-8}$	—	—	—	—
77	Ir	—	—	—	—	$6,3 \cdot 10^{-7}$	—	—	—	$6,3 \cdot 10^{-7}$	—	—	—	—

Примечания. 1. В таблице опущены элементы, присутствующие в литосфере в ничтожных количествах (меньших  $10^{-6}\%$ ), относящиеся к группе инертных газов, и короткоживущие радиоактивные общим числом 14 элементов.

2. Средние содержания химических элементов приводятся по следующим источникам: для литосферы в среднем; главных типов пород (графы 3-8) — по данным А. П. Виноградова [6]; для почв (графа 11) [5]; для песчаников и известняков (графа 9, 10) [51].

ТАБЛИЦА

средних содержаний химических элементов  
в поверхностных и подземных водах

№ п/п	Элемент	Весовые проценты		Коэффициент талассофильности элементов	Весовые проценты	
		в океанической и морской воде	в литосфере в среднем		в речной воде	в подземных минерализованных водах
1	2	3	4	5	6	7
1	O	85,89	47,2	1,82	—	—
2	H	10,80	0,15	72,0	—	—
3	Cl	1,90	$4,5 \cdot 10^{-2}$	42,2	$1,2 \cdot 10^{-6}$ — $5,0 \cdot 10^{-2}$	до 16,0
4	Na	1,06	2,64	0,40	$7,0 \cdot 10^{-5}$ — $2,3 \cdot 10^{-2}$	10,0
5	Mg	0,13	2,10	$6,0 \cdot 10^{-2}$	$6,0 \cdot 10^{-6}$ — $6,6 \cdot 10^{-3}$	0,5
6	S	$8,8 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-2}$	1,76	$3,7 \cdot 10^{-6}$ — $1,7 \cdot 10^{-2}$	1,5
7	Ca	$4,0 \cdot 10^{-2}$	3,6	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$ — $1,7 \cdot 10^{-2}$	0,2
8	K	$3,8 \cdot 10^{-2}$	2,60	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$3,8 \cdot 10^{-6}$ — $3,4 \cdot 10^{-3}$	0,1
9	Br	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	40,5	—	$1,0 \cdot 10^{-2}$
10	C	$3,0 \cdot 10^{-3}$	0,1	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$ — $1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-1}$
11	Sr	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-2}$	$3,0 \cdot 10^{-2}$	— $2,3 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$
12	B	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	1,53	—	$1,2 \cdot 10^{-4}$
13	Si	$3,6 \cdot 10^{-4}$	27,6	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$4,8 \cdot 10^{-6}$ — $1,2 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$
14	F	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$5,2 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$ — $6,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$
15	Al	$1,0 \cdot 10^{-4}$	8,80	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$4,2 \cdot 10^{-6}$ — $1,7 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$
16	N	$5,2 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$5,2 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$ — $2,5 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$
17	Rb	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$6,5 \cdot 10^{-4}$	—	—
18	Li	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$3,2 \cdot 10^{-6}$ — $1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$
19	P	$6,0 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$7,5 \cdot 10^{-5}$	$8,8 \cdot 10^{-7}$ — $6,5 \cdot 10^{-5}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$
20	Ba	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	—	$4,0 \cdot 10^{-3}$
21	Y	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$3,0 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-1}$	$3,8 \cdot 10^{-8}$ — $1,3 \cdot 10^{-7}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$
22	Cu	$4,5 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-4}$	? — $2,1 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$
23	As	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-7}$ — $9,3 \cdot 10^{-5}$	—
24	Fe	$1,1 \cdot 10^{-6}$	5,10	$2,2 \cdot 10^{-7}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$ — $4,6 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$
25	Zn	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	? — $1,2 \cdot 10^{-3}$	—
26	Mn	$5,5 \cdot 10^{-7}$	$9,0 \cdot 10^{-2}$	$6,1 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$ — $7,7 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$

№ п/п	Элемент	Весовые проценты		Коэффициент талассофильности элементов	Весовые проценты	
		в океанической и морской воде	в литосфере в среднем		в речной воде	в подземных минерализованных водах
1	2	3	4	5	6	7
27	Pb	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	—	—
28	Se	$4,0 \cdot 10^{-7}$	$6,0 \cdot 10^{-5}$	$6,7 \cdot 10^{-2}$	—	—
29	Sn	$3,0 \cdot 10^{-7}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$8,0 \cdot 10^{-5}$	—	—
30	Cs	$2,0 \cdot 10^{-7}$	$7,0 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	—	—
31	Mo	$1,2 \cdot 10^{-7}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$8,0 \cdot 10^{-5}$	—	—
32	U	$9,0 \cdot 10^{-8}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	—	—
33	Ga	$5,0 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{-5}$	—	—
34	Th	$5,0 \cdot 10^{-8}$	$8,0 \cdot 10^{-4}$	$6,2 \cdot 10^{-5}$	—	—
35	Ce	$4,0 \cdot 10^{-8}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$	$8,7 \cdot 10^{-6}$	—	—
36	Ni	$3,0 \cdot 10^{-8}$	$8,0 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-6}$	—	—
37	V	$3,0 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	—	—
38	La	$3,0 \cdot 10^{-8}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	—	—
39	J	$3 \cdot 10^{-8}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	—	—
40	Hg	$3,0 \cdot 10^{-8}$	$7,0 \cdot 10^{-6}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$	—	—
41	Ag	$2,5 \cdot 10^{-8}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$6,0 \cdot 10^{-12}$ — $6,5 \cdot 10^{-9}$	—
42	Bi	$2,0 \cdot 10^{-8}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	—	—
43	Co	$1,0 \cdot 10^{-8}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{-6}$	—	—
44	Sc	$4,0 \cdot 10^{-9}$	$6,0 \cdot 10^{-4}$	$6,7 \cdot 10^{-6}$	—	—
45	Au	$6,0 \cdot 10^{-10}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-13}$ — $1,0 \cdot 10^{-9}$	—
46	Ra	$1,6 \cdot 10^{-15}$	—	—	—	—
47	Ti	присутст.	0,6	?	—	До $4,0 \cdot 10^{-4}$
48	Cd	—	$5,0 \cdot 10^{-5}$	?	До $5,4 \cdot 10^{-5}$	—

Примечания: 1. Средние содержания отдельных химических элементов в морской и океанической водах приводятся по Mason B. (1956).

2. То же для речных вод по В. И. Вернадскому (1954).

3. То же для подземных минерализованных вод по А. М. Овчинникову (1947).

4. Средние содержания элементов в литосфере по А. П. Виноградову (1950).

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Средний состав золы наземных растений  
и коэффициенты биологического поглощения

(по А. И. Перельману, 1961)

№ п/п	Элемент	Кларк литосферы	Средний состав золы наземных растений	Коэффициент биологического поглощения от ___ до ___
1	2	3	4	5
1	Si	27,6	<i>n</i>	0, <i>n</i>
2	Al	8,80	0, <i>n</i>	0,0 <i>n</i>
3	Fe	5,1	0, <i>n</i> — <i>n</i> ( <i>n</i> <2)	0, <i>n</i>
4	Ca	3,60	<i>n</i> ·10( <i>n</i> <2)	<i>n</i>
5	Na	2,64	<i>n</i>	<i>n</i>
6	K	2,60	<i>n</i> ·10( <i>n</i> <3)	<i>n</i>
7	Mg	2,10	<i>n</i> ( <i>n</i> <5)	<i>n</i>
8	Ti	0,6	0,0 <i>n</i>	0,0 <i>n</i>
9	Mn	9·10 <sup>-2</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-2</sup>	0, <i>n</i> — <i>n</i>
10	P	8·10 <sup>-2</sup>	<i>n</i> ( <i>n</i> <5)	<i>n</i> ·10
11	S	5·10 <sup>-2</sup>	<i>n</i> ( <i>n</i> <5)	<i>n</i> ·10
12	Ba	5·10 <sup>-2</sup>	0,0 <i>n</i>	0, <i>n</i>
13	Cl	4,5·10 <sup>-2</sup>	<i>n</i> ( <i>n</i> <5)	<i>n</i> ·10
14	Sr	4·10 <sup>-2</sup>	0,0 <i>n</i>	<i>n</i>
15	Rb	2·10 <sup>-2</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-3</sup>	0, <i>n</i>
16	F	2,7·10 <sup>-2</sup>	0,0 <i>n</i>	0, <i>n</i>
17	Cr	2·10 <sup>-2</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-4</sup>	0,0 <i>n</i>
18	Zr	2·10 <sup>-2</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-4</sup>	0,00 <i>n</i>
19	V	1,5·10 <sup>-2</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-3</sup>	0, <i>n</i>
20	Cu	7·10 <sup>-3</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-3</sup>	0, <i>n</i> — <i>n</i>
21	Ni	8·10 <sup>-3</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-3</sup> ( <i>n</i> <5)	0, <i>n</i> — <i>n</i>
22	Li	6,5·10 <sup>-3</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-4</sup>	0, <i>n</i>
23	Zn	5·10 <sup>-3</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-3</sup> ( <i>n</i> >5)	<i>n</i>
24	Sn	4·10 <sup>-3</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-4</sup>	0,0 <i>n</i>
25	Co	3·10 <sup>-3</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-4</sup>	0, <i>n</i> — <i>n</i>
26	J	2,8·10 <sup>-3</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-4</sup>	0, <i>n</i>
27	La	1,8·10 <sup>-3</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-2</sup>	0,0 <i>n</i>

Продолжение прилож. 4

№ п/п	Элемент	Кларк литосферы	Средний состав золы наземных растений	Коэффициент биологического поглощения от ___ до ___
1	2	3	4	5
28	Pb	1,6·10 <sup>-3</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-4</sup> ( <i>n</i> <5)	0,0 <i>n</i>
29	Nb	1·10 <sup>-3</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-5</sup>	0,00 <i>n</i>
30	Ge	7·10 <sup>-4</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-3</sup>	0,0 <i>n</i>
31	Cs	7·10 <sup>-4</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-4</sup>	0, <i>n</i>
32	Sc	6·10 <sup>-4</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-6</sup>	0,00 <i>n</i>
33	As	5·10 <sup>-4</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-4</sup>	<i>n</i> —0, <i>n</i>
34	Hf	3,2·10 <sup>-4</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-7</sup>	0,00 <i>n</i>
35	B	3·10 <sup>-4</sup>	0,0 <i>n</i> —0,00 <i>n</i>	<i>n</i>
36	Mo	3·10 <sup>-4</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-4</sup> ( <i>n</i> =5)	<i>n</i> —0, <i>n</i>
37	U	3·10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	0,0 <i>n</i>
38	Ta	2·10 <sup>-4</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-7</sup>	0,00 <i>n</i>
39	W	1·10 <sup>-4</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-7</sup>	0,00 <i>n</i>
40	Se	6·10 <sup>-5</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-5</sup>	< <i>n</i>
41	Hg	7·10 <sup>-6</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-6</sup>	0, <i>n</i>
42	Os	5·10 <sup>-6</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-8</sup>	0,00 <i>n</i>
43	Pd	1·10 <sup>-6</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-8</sup>	0,00 <i>n</i>
44	Pt	5·10 <sup>-7</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-10</sup>	0,00 <i>n</i>
45	Ru	5·10 <sup>-7</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-9</sup>	0,00 <i>n</i>
46	Rh	1·10 <sup>-7</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-9</sup>	0,00 <i>n</i>
47	Re	1·10 <sup>-7</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-10</sup>	0,00 <i>n</i>
48	Ra	1·10 <sup>-10</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-11</sup>	0, <i>n</i>
49	Ir	1·10 <sup>-7</sup>	<i>n</i> ·10 <sup>-10</sup>	0,00 <i>n</i>

Контрастность миграционной способности элементов в окислительной и резко восстановительной обстановках зоны гипергенеза  
(по А. И. Перельману)

Интенсивность миграции	Окислительная обстановка				Резко восстановительная обстановка				
	Кoeffициент водной миграции				Кoeffициент водной миграции				
	1000	100	10	0,1	0,01	0,001			
Очень сильная	Cl J Br S						Cl J Br		
Сильная		Ca, Mg Na, F Sr, Zn U					Ca, Mg Na F, Sr		
Средняя		Co, Si P, Cu Ni, Mn K					Si P K		
Слабая и очень слабая									Al, Ti, Sc, V, Cu, Ni, Co, Mo, TR, Zr, Hf, Nb, Ta, Ru, Rh, Pd, Os, Zn, U, Pt

Образец титульного листа полевых книжек  
по геохимическим поискам  
Формат 140 × 200 мм

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ СССР

\_\_\_\_\_ Управление (трест)

\_\_\_\_\_ экспедиция

\_\_\_\_\_ партия

ПОЛЕВАЯ КНИЖКА № \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (вид работ)

Нач. партии \_\_\_\_\_ (фамилия, имя, отчество)

Коллектор \_\_\_\_\_ (фамилия, имя, отчество)

Начата „ \_\_\_\_ “ \_\_\_\_\_ 196 г.

Окончена „ \_\_\_\_ “ \_\_\_\_\_ 196 г.

Оборотная сторона титульного листа полевой книжки

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Название участка, № профилей, горных выработок, скважин	№ пикетов от _____ до _____	Стр.	Название участка, № профилей, горных выработок, скважин	№ пикетов от _____ до _____	Стр.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Образец полевой книжки для документации отбора литогеохимических проб

Формат 140×200 мм. 500 стр.

196 г.

№ п/п	№ мешка	№ пробы	№ пикета (интервал опробования)	Глубина отбора	Характер отобранного в пробу материала	Абрис и примечания

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 коллектора, начальника партии и лица, принявшего пробы.

3. При опробовании коренных пород в графе «Абрис и примечания» дается геологическое описание.

4. Нумерация страниц печатается типографским способом.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

(организация)

Паспорт на пробу воды

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. Вес концентрата, мг \_\_\_\_\_
8. Дата отбора пробы \_\_\_\_\_
9. Фамилия отобравшего пробу \_\_\_\_\_
10. Лабораторный номер пробы \_\_\_\_\_

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Образец полевой книжки для документации отбора гидрогеохимических проб

Формат 140×200. 50 стр.

Проба № \_\_\_\_\_ (бутылка № \_\_\_\_\_)

1. Название водопункта \_\_\_\_\_
2. Местоположение водопункта \_\_\_\_\_
3. Дебет \_\_\_\_\_ л/сек
4. Глубина взятия пробы \_\_\_\_\_ м
5. Технические условия крепления стенок водопункта \_\_\_\_\_
6. Характеристика водовмещающих пород \_\_\_\_\_
7. Условия и методика отбора \_\_\_\_\_

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 8. Физические свойства воды | 9. Результаты анализа                      |
| Прозрачность _____          | pH = _____                                 |
| Вкус _____                  | $\text{HCO}_3^- =$ _____ мг/л              |
| Цвет _____                  | $\text{Cl}^- =$ _____ мг/л                 |
| Запах _____                 | $\text{SO}_4 =$ _____ мг/л                 |
| Осадок _____                | $\Sigma(\text{K} + \text{A}) =$ _____ мг/л |
| Температура _____           | $\Sigma\text{M} =$ _____ мг/л              |
| Газирование _____           | Mo _____ мг/л                              |
| Пробу отобрал _____         | Анализ произвел _____                      |

„ ч „ \_\_\_\_\_ мин

„ ч „ \_\_\_\_\_ мин

„ \_\_\_\_\_ 196 г.

„ \_\_\_\_\_ 196 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Форма журнала регистрации дождей  
и средней температуры воздуха

Дата	Продолжительность дождя (от — до —)	Интенсивность дождя	Средняя температура воздуха

Наблюдатель \_\_\_\_\_ (подпись)

Проверил: нач. партии \_\_\_\_\_ (подпись)

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

Образец полевой книжки для документации  
отбора биогеохимических проб

Формат 140×200 мм. 50 стр.

\_\_\_\_\_ 196 г.

№ п/п	№ мешка	№ пробы	№ пикета	Характеристика проб: опробованные растения, орган, 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 обязательно подписи коллектора и начальника партии.

3. Нумерация страниц печатается типографским способом.

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

Производительность методов спектрального анализа  
геохимических проб

№ п/п	Наименование метода	Условное обозначение метода	Производительность: число проб в смену на прибор
1.	Просыпка порошковых проб . . .	п. п.	От 500 и более
2	Полное скоростное испарение из канала электрода . . . . .	с. и.	„ 100—150
3	Групповой метод для редких щелочей . . . . .	р. щ.	До 200
4	Групповой метод для халькофильных элементов . . . . .	х. э.	„ 80
5	Групповой метод для редкоземельных элементов . . . . .	р. з. э.	„ 40
6	Специальные методы по элементам: золото, ртуть и др. . . .	с. м.	„ 60 и более

Чувствительность спектральных методов при работе на спектрографах ИСП-22, ИСП-28

№ п/п	Элемент	Аналитическая линия Å	Чувствительность, % вес.			Предельная чувствительность в кларках литосферы			
			просыпка порошка через угольную дугу (п.п)	полное скоростное испарение из канала (с. и.)	специальные методики (с.м.)	чувствительность	метод (см. приложение 12)		
								4	5
1									
2	Al	3082,2	—	3·10 <sup>-3</sup>	—	3·10 <sup>-4</sup>	с. и.		
3	Ba	2335,3	1·10 <sup>-2</sup>	1·10 <sup>-2</sup>	—	—	—		
		4554,0	—	—	1·10 <sup>-4</sup>	0,002	с. м.		
4	Be	3130,4	1·10 <sup>-3</sup>	—	—	—	—		
		2348,6	—	1·10 <sup>-4</sup>	—	0,15	с. и.		
5	B	2497,7	—	—	2·10 <sup>-4</sup>	0,7	с. м.		
6	V	3183,4	1·10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-3</sup>	—	0,007	с. и.		
7	Bi	3067,7	1·10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-3</sup>	3·10 <sup>-6</sup>	0,15	х. э.		
8	W	2946,9	3·10 <sup>-3</sup>	5·10 <sup>-3</sup>	—	10	п. п.		
9	Gd	3032,8	—	3·10 <sup>-2</sup>	1·10 <sup>-4</sup>	0,1	р. з. э.		
10	Ga	2943,6	3·10 <sup>-3</sup>	3·10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-5</sup>	0,007	х. э.		
11	Hf	2773,3	3·10 <sup>-1</sup>	1·10 <sup>-2</sup>	—	30	с. и.		
		3039,0	3·10 <sup>-4</sup>	—	—	—	—		
12	Ge	2651,2	—	1·10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-5</sup>	0,014	х. э.		
13	Ho	3456,0	—	1·10 <sup>-2</sup>	3·10 <sup>-5</sup>	0,2	р. з. э.		
14	Dy	3308,9	—	3·10 <sup>-2</sup>	1·10 <sup>-4</sup>	0,2	р. з. э.		
15	Eu	2906,6	—	1·10 <sup>-2</sup>	3·10 <sup>-5</sup>	0,25	р. з. э.		
16	Au	2675,9	—	1·10 <sup>-3</sup>	2·10 <sup>-6</sup>	4	с. м.		
17	In	3256,1	3·10 <sup>-4</sup>	3·10 <sup>-3</sup>	—	—	—		
		2710,3	—	—	1·10 <sup>-5</sup>	1	х. э.		
18	Yb	3289,4	2·10 <sup>-3</sup>	5·10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-5</sup>	0,03	р. з. э.		
19	Y	3203,3	1·10 <sup>-2</sup>	—	—	—	—		
		3242,3	—	3·10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-5</sup>	0,003	р. з. э.		
20	Cd	3261,0	1·10 <sup>-2</sup>	1·10 <sup>-2</sup>	3·10 <sup>-5</sup>	0,6	х. э.		
21	Ca	3158,9	1·10 <sup>-2</sup>	3·10 <sup>-2</sup>	—	0,003	п. п.		
22	Co	3453,5	3·10 <sup>-3</sup>	3·10 <sup>-3</sup>	—	1	п. п.		
23	La	3337,5	3·10 <sup>-2</sup>	1·10 <sup>-2</sup>	3·10 <sup>-5</sup>	0,017	р. з. э.		

№ п/п	Элемент	Аналитическая линия Å	Чувствительность, % вес.			Предельная чувствительность в кларках литосферы			
			просыпка порошка через угольную дугу (п. п.)	полное скоростное испарение из канала (с. и.)	специальные методики (с. м.)	чувствительность	метод (см. приложение 12)		
								4	5
23	Li	3232,6	—	2·10 <sup>-2</sup>	—	—	—		
24	Lu	8126,5	—	—	2·10 <sup>-4</sup>	0,03	р. щ.		
25	Mg	2911,4	—	3·10 <sup>-3</sup>	3·10 <sup>-5</sup>	0,3	р. з. э.		
26	Mn	2795,5	1·10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-3</sup>	—	0,0005			
27	Cu	2794,8	1·10 <sup>-4</sup>	1·10 <sup>-3</sup>	—	0,00	п. п.		
28	Mo	3247,6	1·10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-3</sup>	—	0,1	п. п.		
29	As	3132,6	2·10 <sup>-4</sup>	3·10 <sup>-4</sup>	—	1	с. и.		
30	Na	2349,8	4·10 <sup>-3</sup>	2·10 <sup>-2</sup>	1·10 <sup>-4</sup>	0,2	х. э.		
31	Nd	3302,3	—	1·10 <sup>-1</sup>	—	0,04			
32	Ni	4303,5	—	—	1,5·10 <sup>-3</sup>	0,6	р. з. э.		
33	Nb	3414,8	5·10 <sup>-4</sup>	1·10 <sup>-3</sup>	—	0,06	п. п.		
34	Sb	3163,4	1·10 <sup>-2</sup>	2·10 <sup>-3</sup>	—	2	с. и.		
35	Sn	3175,0	1·10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-5</sup>	0,002	х. э.		
36	Pt	2659,4	—	1·10 <sup>-3</sup>	—	2000	с. и.		
37	Rb	7947,6	—	—	2·10 <sup>-4</sup>	0,007	р. щ.		
38	Hg	2536,5	1·10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-1</sup>	2·10 <sup>-6</sup>	0,3	с. м.		
39	Sm	3365,8	—	3·10 <sup>-2</sup>	6·10 <sup>-4</sup>	1	р. з. э.		
40	Se	2039,8	—	—	1·10 <sup>-3</sup>	50	с. м.		
41	Pb	2833,1	1·10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-5</sup>	0,006	х. э.		
42	Ag	3280,7	1·10 <sup>-4</sup>	1·10 <sup>-4</sup>	1·10 <sup>-6</sup>	0,1	х. э.		
43	Sc	2552,3	3·10 <sup>-2</sup>	3·10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-5</sup>	0,015	р. з. э.		
44	Sr	3464,4	3·10 <sup>-1</sup>	2·10 <sup>-2</sup>	—	—	с. и.		
		4607,3	—	—	1·10 <sup>-4</sup>	0,003	п. п.		
45	Sb	2598,0	1·10 <sup>-2</sup>	1·10 <sup>-2</sup>	3·10 <sup>-5</sup>	1	х. э.		
46	Tl	2767,9	1·10 <sup>-3</sup>	3·10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-5</sup>	0,03	х. э.		
47	Ta	2685,1	2·10 <sup>-2</sup>	2·10 <sup>-2</sup>	—	100	п. п.		
48	Te	2385,7	—	1·10 <sup>-2</sup>	1·10 <sup>-4</sup>	100	с. и.		
49	Tb	3324,4	—	3·10 <sup>-2</sup>	1·10 <sup>-4</sup>	0,7	р. з. э.		

№ п/п	Элемент	Аналитическая линия Å	Чувствительность, % вес.			Предельная чувствительность в кларках литосферы	
			просыпка порошка через угольную дугу (п. п.)	полное скоростное испарение из канала (с. и.)	специальные методики (с.м.)	чувствительность	метод (см. приложение 12)
1	2	3	4	5	6	7	8
49	Ti	3088,0	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	—	0,0016	с. и.
50	Th	2870,4	$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-4}$	0,1	р. з. э.
51	U	2865,6	$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$	—	300	п. п.
		2554,2	$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$	—	—	с. и.
52	P	2136,2	—	—	$3 \cdot 10^{-3}$	0,04	х. э.
53	F	5291	—	—	$5 \cdot 10^{-2}$	2	с. м.
54	Cr	2843,2	$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	—	0,2	с. и.
55	Cs	8521,1	—	—	$2 \cdot 10^{-4}$	0,3	р. щ.
56	Ce	3201,7	$1 \cdot 10^{-1}$	$4 \cdot 10^{-2}$	—	10	с. и.
57	Zn	3345,0	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-4}$	0,04	х. э.
58	Zr	3438,2	$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-2}$	—	0,05	п. п.
59	Er	2910,3	—	$1 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-5}$	0,1	р. з. э.

## Чувствительность методов спектральных определений микрокомпонентов минерализации природных вод

Микрокомпоненты	Чувствительность, в 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, St, Ba, Au, Pt	3
W, Sb, Cd, La, Hf, Ta, Y	10
Sc, Th	50
As, Zn, P, Ce, U, Gd	100
б) Из сухого остатка (при введении в него буферной смеси $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{CaSO}_4 + \text{MgSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ и внутреннего стандарта $\text{GeO}_2$ )	
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 $\text{Al}(\text{OH})_3$ )	
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



Микрокомпоненты	Чувствительность, в $\mu\text{кг/л}$
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 [77, 52]

\*\* 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  $\text{мг/л}$ . При минерализации менее 100  $\text{мг/л}$  чувствительность повышается, более 100  $\text{мг/л}$  — 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  $\text{мг}$  сухого остатка.

Чувствительность химических и физико-химических методов определения микрокомпонентов минерализации природных вод

Определяемый микрокомпонент	Метод определения	Чувствительность определения в расчете на чистый элемент, $\mu\text{кг/л}$	Количество воды на анализ, $\text{мл}$
1	2	3	4
B	Колориметрический с кармином . . . . .	10	100
Br	Объемное определение с гипохлоритом . . . . .	250	50
V	Колориметрический с фосфорно-вольфрамовым реактивом . . . . .	2,5	1000
Ge	Колориметрический с фенолфталоном . . . . .	0,25	1000
Au	Капельно - колориметрический с диметиламинобензилденпроданином . . . . .	0,02—0,03	3000
I	а) Колориметрический по йод-крахмальной реакции . . . . .	100	20
	б) Объемное определение с гипохлоритом . . . . .	250	50
Co	Колориметрический с нитрозо-R-солью . . . . .	0,5	1000
Mn	Колориметрический в виде $\text{MnO}_4$ . . . . .	10	500
Cu	Колориметрический с ДДК-Na, ДДК-Pb и дитизоном . . . . .	2—2,5	200—100
Mo	Колориметрический с роданидом аммония . . . . .	0,5	500
As	Колориметрический с сулемой или бромной ртутью . . . . .	1	250

Определяемый микрокомпонент	Метод определения	Чувствительность определения в расчете на чистый элемент, Мкг/л	Количество воды на анализ, мл
1	2	3	4
Ni	Колориметрический с диметилглиоксимом . . . . .	1	1000
Nb	Колориметрический с роданидом аммония . . . . .	1	1000
Hg	а) Колориметрический реактивом Полежаева . . . . .	0,2	100
	б) Колориметрический дитизином . . . . .	0,5	200
Pb	а) Колориметрический плюмбоном . . . . .	2,5	200
	б) Полярнографическое определение . . . . .	0,5	200
Ti	Колориметрический с ди-натриевой солью хромотроповой кислоты . . . . .	1	1000
U	а) Люминесцентный . . . . .	0,5	200
	б) Колориметрический ураном . . . . .	1	500
F	Колориметрический с циркон-ализарином . . . . .	200	25
Zn	а) Колориметрический дитизином . . . . .	5	100
	б) Полярнографическое определение . . . . .	15	1000

Полевые лаборатории для химического анализа воды

ПК (типа ВИТР-ЛТИ)	Получение концентратов: а) соосаждением с CdS; б) катионированием (для определения Li, Rb, Cs)
ПГЛ-1	Количество воды на анализ, мл
ПГЛ-РС-3 (типа ВСЕГЕИ 1956 г.)	Ориентировочно количество: рН, $\text{HCO}_3^-$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{Mg}$ , $\Sigma\text{M}$ (Zn, Cu, Pb)
ГХЛ (типа ВСЕГИНГЕО 1960 г.)	Количество: $\text{SO}_4^{2-}$ , Cu, Zn, Mo, As, Pb, Hb, рН (ориентировочное определение); получение сухого остатка для спектрального анализа
Полевая лаборатория для анализа воды в пеших маршрутах, МЛАВ	Качественно: физические свойства Ориентировочно количество: рН, $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{NH}_4^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ (расчетом), $\text{Cl}^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{HCO}_3^-$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{H}_2\text{S}$ , $\text{CO}_2$ своб., общая и карбонатная жесткость, сумма минеральных веществ
Полевая гидрохимическая лаборатория (типа ВСЕГЕИ 1969 г.)	Качественно: физические свойства, $\text{H}_2\text{S}$ Количество: рН, $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{NH}_4^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ (расчетом), $\text{Cl}^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{NO}_2^-$ , $\text{HCO}_3^-$ , $\text{CO}_2$ своб., $\text{CO}_2$ агр., общая и карбонатная жесткость, сумма минеральных веществ
Определяемые компоненты минерализации воды	Общий анализ воды при рекогносцировочных и поисковых исследованиях в труднодоступных районах с производством определений у водоисточника
Определяемые компоненты минерализации воды	Общий анализ воды на всех стадиях работ с производством определений на базе геологической партии
При поисках редких щелочных металлов и использования ВИТР-ЛТИ для концентрирования микрокомпонентов	При необходимости определения в водах U
При рекогносцировочных исследованиях в поисках раб-ботках с производством определений у водоисточника	При работах в различных масштабах с производством 10 одновременных определений на базе геологической партии

ПРИЛОЖЕНИЕ 17

Примерный расход материалов для получения  
1000 фотографий спектров\*

№ п/п	Наименование материала	Единица измерения	Расход	Обязательный запас с учетом плана работы
1	Спектрально-чистые электроды Ø 6 мм, длина 250 мм:			
	а) для способа просыпки	Шт.	20—30	Квартальный
	б) для способа испарения из канала электрода	.	100	.
2	Фотографические пластинки (9×12)	Пачка	3	Полугодовой
3	Сульфит натрия кристаллический	кг	0,1	Квартальный
4	Поташ	.	0,06	.
5	Гидосульфит	.	0,4	.
6	Метол	.	0,006	.
7	Гидрохинон	.	0,012	.
8	Бромистый калий	.	0,002	.

\* При съемке с десятиступенчатым трехпорядковым ослабителем.

ПРИЛОЖЕНИЕ 18 (I)

Государственный геологический комитет  
\_\_\_\_\_ геологическое  
управление (трест, институт)  
Лаборатория \_\_\_\_\_

Химический анализ воды  
(рабочая карточка)

Лабораторный № \_\_\_\_\_

ПАСПОРТ НА ПРОБУ

1. Экспедиция, партия, отряд № \_\_\_\_\_ 2. № пробы заказчика \_\_\_\_\_ 3. Название водопункта (скважина, родник, колодец) и его № \_\_\_\_\_ 4. Условия и методика отбора пробы \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ 5. Количество воды, присланной на анализ \_\_\_\_\_

Физические свойства

Формула солевого состава воды

1. Прозрачность \_\_\_\_\_ 2. Вкус \_\_\_\_\_  
3. Цвет \_\_\_\_\_ 4. Запах \_\_\_\_\_ 5. Осадок \_\_\_\_\_  
6. Изменение при стоянии \_\_\_\_\_  
7. Температура воды на глубине взятия пробы \_\_\_\_\_

Прочие характеристики

Заключение по анализу

Примечание

Учено часов

Анализ сдан заказчику \_\_\_\_\_ (дата)



ПРИЛОЖЕНИЕ 19

Форма журнала съемки спектрограмм  
Формат 200×300 мм. 100 стр.

Дата \_\_\_\_\_ Фотопластинка № \_\_\_\_\_ Сила тока \_\_\_\_\_

Экспозиция \_\_\_\_\_ Спектрограф № \_\_\_\_\_

№ спектра	Лабораторные № проб	Примечание	№ спектра	Лабораторные № проб	Примечание	№ спектра	Лабораторные № проб	Примечание
1	2	3	1	2	3	1	2	3
1			31			61		
2			32			62		
3			33			63		
4			34			64		
10 мм	25 мм	25 мм						

Набивку проб в электроды произвел \_\_\_\_\_ (подпись)

Съемку спектров произвел \_\_\_\_\_ (подпись)

Примечания. 1. При изготовлении бланков ширина строк принимается 7 мм.

2. Порядковые номера в 1-й графе печатаются в типографии по числу спектров, снимаемых на фотопластинке (от 30 до 90), с расчетом поместить от одной до трех спектрограмм на страницу.

3. В миллиметрах обозначена ширина граф.

ПРИЛОЖЕНИЕ 20

Форма журнала интерпретации спектрограмм  
Формат 200×300 мм. 100 стр.

Дата \_\_\_\_\_ Фотопластинка № \_\_\_\_\_

№ спектра	Содержание элементов в 10 <sup>-n</sup> %						Примечание
	×10 <sup>-1</sup>	×10 <sup>-2</sup>	×10 <sup>-3</sup>	5-9	×10 <sup>-10</sup>	×10 <sup>-11</sup>	
1	2	3	4	5-9	10	11	12
1							
2							
3							
4							
..							
29							
30							
20 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	30 мм

Проверил зав. лабораторией \_\_\_\_\_ (подпись)

Интерпретировал \_\_\_\_\_ (подпись)

Примечания. 1. Порядковые номера в 1-й графе печатаются в типографии по числу спектров, снимаемых на одной фотопластинке (от 30 до 90).

2. При изготовлении бланков ширина строк принимается 8 мм.

3. В миллиметрах обозначена ширина граф.

Форма журнала повторных спектральных анализов  
Формат 520×300 мм

№ строки	1-е определение				2-е определение				дата съемки, № спектрограммы					
	Лабораторный № пробы	дата съемки, № фотопластинок и № спектра		содержание элементов в 10 <sup>-n</sup> %		дата съемки, № спектрограммы и № спектра		содержание элементов в 10 <sup>-n</sup> %						
		2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13
1														15
10 мм	25 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	25 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	10 мм

Продолжение прилож. 21

№ строки	3-е определение				Окончательный результат				Отклонение от среднего, %				Примечание	№ строки			
	содержание элементов в 10 <sup>-n</sup> %				содержание элементов в 10 <sup>-n</sup> %				элементы								
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27			28	29	30
10 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	10 мм	10 мм	10 мм	10 мм	10 мм	10 мм	30 мм

- Примечания. 1. Порядковые номера строк печатаются в типографии в 1-й и 32-й графах.  
2. При изготовлении бланков ширина строк принимается 8 мм.  
3. В миллиметрах обозначена ширина граф.

Форма лабораторного журнала спектрального анализа геохимических проб  
Формат 200×300 мм, 100 стр.

№ строки	Лабораторный № пробы	№ пикета	Дата съемки, № спектрограммы и № спектра	Результаты анализа в 10 <sup>-n</sup> % на элементы										Физические показатели х <sub>3</sub>	Примечание	№ строки
				элементы												
				5	6	7	8-17	18	19	20	21	22	23			
1	2	3	4	5	6	7	8-17	18	19	20	21	22	23			
1														1		
2														2		
3														3		
4														4		
10 мм	25 мм	25 мм	25 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	15 мм	25 мм	10 мм		

- Примечания. 1. Нумерация строк в 1-й и 23-й графах делается типографским путем.  
2. При изготовлении бланков ширина строк принимается 8 мм.  
3. Запись наименования партии, участка, профиля, даты отбора проб делается в строчку.  
4. Для документации анализа более 15 элементов запись проб ведется через одну-две страницы.  
5. В миллиметрах обозначена ширина граф.

ПРИЛОЖЕНИЕ 23

Перечень основного оборудования для спектрального анализа геохимических проб (из расчета годового объема 100 000 проб)

Наименование	Количество	% годовой амортизации	Примечания
1	2	3	4
Спектрограф средней дисперсии ИСП-28 (в комплекте)	1	10	Призмённые приборы могут быть заменены дифракционными спектрографами с большей дисперсией
Спектрограф большой дисперсии КСА (в комплекте)	1	10	
Спектрограф ИСП-51 с камерами 270 и УФ-84	1	10	
Аппарат (дуговой штатив) для введения в дугу воздухом порошковой пробы	2	20	АВР, УСА-2 или другие
Электродержатель трубчатого камерного электрода ЭД-2	1	50	Типа ВИТР
Платиновый десятиступенчатый ослабитель на три порядка	3	20	По Клеру
Спектропроектор одинарный ПС-18	1	20	
Спектропроектор двойной ДСП-1	1	20	
Микрофотометр нерегистрирующий МФ-2	1	10	
Электросиловая установка с распределительным щитом (6 квт)	1	Зависит от типа	При отсутствии энергии на месте
Вентилятор типа ВН-3 (0,25 квт)	1	20	
Выпрямитель ртутный типа ВАР-14	1	10	
Генератор дуги переменного тока ДГ-2	3	20	
Реостат на 25 а	1	20	
Понижающий трансформатор 220/10 в на 3 квт	1	20	
Автотрансформатор ЛАТР-2	1	20	
Амперметр на 30 а	1	20	

Продолжение прилож. 23

Наименование	Количество	% годовой амортизации	Примечания
1	2	3	4
Амперметр на 10 а	1	20	
Вольтметр на 140—220 в	1	20	
Ваттметр на 1 квт	1	20	
Ваттметр на 3 квт	1	20	
Тестер ТТ-1 или ТТ-2	1	20	
Секундомер	3	30	
Рубильник двухполюсный (30 а)	3	50	
Рубильник трехполюсный (3 а)	1	50	
Станок для растирания проб	1	20	
Станок для обработки электродов	1	20	
Чугунная ступка Ø 200 мм	1	10	
Фарфоровые ступки Ø 200 мм	5	50	
Ступка агатовая Ø 150 мм	1	10	
Весы технические до 1 кг	1	10	
Весы аналитические типа АДВ-200	1	10	
Проволочное стальное сито 0,5 мм, 0,25 мм	4	50	
Набор сит проволочных стальных до 300 меш	1	50	
Лупа ×4	1	5	
Лупа ×10	1	5	
Вентилятор вытяжной типа ВН-3	1	20	При отсутствии центральной тяги
Очки защитные с простыми и темными стеклами	2	20	
Фотофонарь с красным светофильтром	1	20	
Фотофонарь с зеленым светофильтром	1	20	
Цилиндры мерные на 1 л	2	50	

Наименование	Количество	% годовой амортизации	Примечания
1	2	3	4
Цилиндры мерные на 100—200 мл . . . . .	2	50	
Кюветы для проявления:			
9×12 см . . . . .	2	50	
13×18 „ . . . . .	2	50	
24×30 „ . . . . .	2	50	
Бачок с краном на 40 л . . . . .	1	30	
Термометры:			
0—50° С . . . . .	1	20	
до 150° С . . . . .	1	20	
Стойки для сушки пластинок . . . . .	2	20	
Алмаз для резки стекла . . . . .	1	50	
Ножницы канцелярские . . . . .	1	20	
Набор слесарных инструментов . . . . .	1	50	
Пинцеты металлические . . . . .	2	20	
Таблицы спектральных линий . . . . .			
Атласы спектров . . . . .			
Справочные руководства . . . . .			

## Допустимые расхождения для химического анализа вод

№ п/п	Наименование компонента	Допустимые расхождения
1	2	3
1	Аммоний-ион	0,05—0,1 мг/л, если его содержание не превышает 0,5 мг/л; при более высоких концентрациях 20% относительных
2	Бор	а) Колориметрическое определение 0,1 мг/л, если его содержание не превышает 0,5 мг/л; при более высоких концентрациях 20% относительных б) Объемное определение: 1 мг/л, если его содержание не превышает 20 мг/л; при более высоких концентрациях 5% относительных
3	Бром-ион	2 мг/л, если его содержание не превышает 50 мг/л; при более высоких концентрациях 4% относительных
4	Гидрокарбонат-ион	10 мг/л
5	Железо — общее, окисное или закисное	0,1 мг/л, если его содержание не превышает 0,5 мг/л; при более высоких концентрациях 20% относительных
6	Жесткость общая	0,2 мг·экв/л, если общая жесткость не превышает 10 мг·экв/л; при более высокой жесткости 2% относительных
7	Жесткость устранимая	0,3 мг·экв/л
8	Йод-ион	Объемное определение: 1 мг/л, если содержание йода более 2 мг/л
9	Калий-ион	5 мг/л, если его содержание не превышает 70 мг/л; при более высоких концентрациях 9% относительных
10	Кальций-ион	3 мг/л, если его содержание не превышает 100 мг/л; при более высоких концентрациях 9% относительных



№ п/п	Наименование компонента	Допустимые расхождения
1	2	3
11	Карбонат-ион	4 мг/л
12	Кислород свободный	0,10 мг/л
13	Концентрация водородных ионов (рН)	0,1рН
14	Кремневая кислота	2 мг/л, если ее содержание не превышает 15 мг/л; при более высоких концентрациях 15% относительных
15	Магний-ион	1,5 мг/л, если его содержание не превышает 50 мг/л; при более высоких концентрациях 3% относительных
16	Марганец	0,1 мг/л, если его содержание не превышает 0,7 мг/л; при более высоких концентрациях 15% относительных
17	Медь	2 мкг/л, если ее содержание не превышает 10 мкг/л; при более высоких концентрациях 20—25% относительных
18	Молибден	0,5 мкг/л, если его содержание не превышает 2 мкг/л; при более высоких концентрациях 25% относительных
19	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
20	Натрий-ион	3 мг/л, если его содержание не превышает 50 мг/л; при более высоких концентрациях 6% относительных
21	Нитрат-ион	1 мг/л, если его содержание не превышает 5 мг/л; при более высоких концентрациях 20% относительных
22	Нитрат-ион	0,01 мг/л, если его содержание не превышает 0,07 мг/л; при более высоких концентрациях 15% относительных

№ п/п	Наименование компонента	Допустимые расхождения
1	2	3
23	Окисляемость	0,4 мг/л O <sub>2</sub> , если окисляемость не превышает 4 мг/л O <sub>2</sub> ; при более высокой окисляемости 10% относительных
24	Свинец	2,5 мкг/л, если его содержание не превышает 10 мкг/л; 5 мкг/л, если его содержание от 10 до 20 мкг/л; при более высокой концентрации 25% относительных
25	Сероводород	0,1 мг/л, если его содержание не превышает 1 мг/л, 0,3 мг/л, если его содержание от 1 до 4 мг/л; при более высоких концентрациях 8% относительных
26	Сульфат-ион	3—5 мг/л, если его содержание не превышает 25 мг/л, 5—10 мг/л, если его содержание от 25 до 300 мг/л; при более высоких концентрациях 3% относительных
27	Сухой остаток	10 мг/л, если сухой остаток не превышает 500 мг/л; при более высокой минерализации 2% относительных
28	Двуокись углерода (свободная)	3 мг/л, если ее содержание не превышает 50 мг/л, 5 мг/л, если ее содержание от 50 до 100 мг/л; при более высоких концентрациях 5% относительных
29	Двуокись углерода агрессивная (экспериментальная)	2 мг/л
30	Уран	50% относительных, если содержание урана $n \cdot 10^{-6}$ г/л, и 25% относительных, если содержание $n \cdot 10^{-5}$ г/л и более
31	Фосфорная кислота	0,01 мг/л H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , если ее содержание не превышает 0,7 мг/л; при более высоких концентрациях 15% относительных

№ п/п.	Наименование компонента	Допустимые расхождения
1	2	3
32	Фтор-ион	0,1 мг/л, если его содержание не превышает 0,7 мг/л; при более высоких концентрациях 15% относительных
33	Хлор-ион	4 мг/л, если его содержание не превышает 200 мг/л; при более высоких концентрациях 2% относительных
34	Цинк	5 мкг/л, если его содержание не превышает 20 мкг/л; при более высоких концентрациях 25% относительных

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	5
1. Основные положения . . . . .	5
2. Литогеохимические методы поисков . . . . .	8
Литогеохимический метод поисков по первичным ореолам . . . . .	8
Литогеохимические методы поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния . . . . .	10
3. Гидрогеохимический метод поисков . . . . .	19
4. Биогеохимические методы поисков . . . . .	27
5. Область и условия применения геохимических методов поисков . . . . .	30
Проектирование и организация геохимических работ . . . . .	36
Литогеохимические методы поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния . . . . .	43
1. Условия применения . . . . .	43
2. Опытные работы . . . . .	50
3. Отбор проб . . . . .	51
4. Обработка проб . . . . .	56
5. Требования к анализу проб . . . . .	60
6. Контроль и точность работ . . . . .	63
7. Определение геохимического фона и минимально аномальных содержаний . . . . .	65
8. Изображение результатов анализа . . . . .	72
9. Интерпретация результатов работ и оценка аномалий . . . . .	76
Литогеохимический метод поисков эндогенных месторождений по их первичным ореолам . . . . .	96
1. Условия применения . . . . .	96
2. Опытные работы . . . . .	98
3. Отбор проб . . . . .	99
4. Обработка проб и требования к их анализу . . . . .	101
5. Контроль и точность проводимых работ . . . . .	103
6. Изображение результатов анализа . . . . .	104
7. Интерпретация данных опробования . . . . .	106
Гидрогеохимический метод поисков . . . . .	109
1. Условия применения . . . . .	109
2. Опытные работы . . . . .	112

3. Отбор проб . . . . .	112
4. Изображение результатов анализа и их интерпретация . . . . .	118
Биогеохимический метод поисков . . . . .	125
1. Условия применения . . . . .	125
2. Опытные работы . . . . .	127
3. Отбор проб . . . . .	127
4. Обработка проб и требования к их анализу . . . . .	135
5. Изображение результатов анализа и их интерпретация . . . . .	137
Топографо-геодезические работы при геохимических поисках . . . . .	140
Анализ геохимических проб . . . . .	144
1. Методы анализа и условия их применения . . . . .	144
2. Требования к проведению спектрального анализа . . . . .	152
3. Требования к проведению химического анализа . . . . .	163
4. Документация анализа . . . . .	164
5. Организация лабораторных работ . . . . .	166
6. Определение магнитной восприимчивости проб при литогеохимической съемке по вторичным ореолам и потокам рассеяния . . . . .	169
7. Контроль и точность лабораторных работ . . . . .	171
Геологическая отчетность . . . . .	175
Литература . . . . .	180

### ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Периодическая система элементов Менделеева . . . . .	
2. Таблица средних содержаний химических элементов в литосфере, главных типах пород и почвах . . . . .	187
3. Таблица средних содержаний химических элементов в поверхностных и подземных водах . . . . .	199
4. Средний состав золы наземных растений и коэффициенты биологического поглощения . . . . .	194
5. Контрастность миграционной способности элементов в окислительной и резко восстановительной обстановках зоны гипергенеза . . . . .	196
6. Образец титульного листа полевых книжек по геохимическим поискам . . . . .	197
7. Образец полевой книжки для документации отбора литогеохимических проб . . . . .	198
8. Паспорт на пробу воды . . . . .	198
9. Образец полевой книжки для документации отбора гидрогеохимических проб . . . . .	199
10. Форма журнала регистрации дождей и средней температуры воздуха . . . . .	200
11. Образец полевой книжки для документации отбора биогеохимических проб . . . . .	200
12. Производительность методов спектрального анализа геохимических проб . . . . .	201
13. Чувствительность спектральных методов при работе на спектрографах ИСП-22, ИСП-28 . . . . .	202
14. Чувствительность методов спектральных определений микрокомпонентов минерализации природных вод . . . . .	205
15. Чувствительность химических и физико-химических методов определения микрокомпонентов минерализации природных вод . . . . .	207

16. Полевые лаборатории для химического анализа воды . . . . .	209
17. Примерный расход материалов для получения 1000 фототрафий спектров . . . . .	210
18. Химический анализ воды . . . . .	211
19. Форма журнала съемки спектрограмм . . . . .	214
20. Форма журнала интерпретации спектрограмм . . . . .	215
21. Форма журнала повторных спектральных анализов . . . . .	216
22. Форма лабораторного журнала спектрального анализа геохимических проб . . . . .	217
23. Перечень основного оборудования для спектрального анализа геохимических проб . . . . .	218
24. Допустимые расхождения для химического анализа вод . . . . .	221

## Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений

Редактор издательства *Ф. Н. Чумакова*  
Технический редактор *Е. Иерусалимская*  
Корректор *Э. И. Капульская*

---

Сдано в производство 16/IV 1965 г. Подписано к печати 12/VII 1965 г. Формат бумаги 84×108<sup>1/32</sup>. Печ. л. 7,63 с вкл. Усл. л. 12,82. Уч.-изд. л. 11,38. Т-07185. Тираж 10000 экз.  
Заказ № 2403/1670—3,7 экз. Цена 72 коп. Индекс 1—3—1

---

Издательство „Недра“: Москва к-12. Третьяковский проезд, 1/19.  
Типография им. Анохина Управления по печати при Совете Министров  
Карельской АССР г. Петрозаводск, ул. „Правды“, 4

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ МЕНДЕЛЕЕВА

Г р у п п а э л е м е н т о в

Период	Ряд	I	II	III	IV	V	VI	VII	Сп
I	1	H Водород 1,0080							
	2	Li Литий 6,940	Be Бериллий 9,013	B Бор 10,82	C Углерод 12,011	N Азот 14,008	O Кислород 16	F Фтор 19,00	
II	3	Na Натрий 22,991	Mg Магний 24,32	Al Алюминий 26,98	Si Кремний 28,09	P Фосфор 30,975	S Сера 32,066	Cl Хлор 35,457	
	4	K Калий 39,100	Ca Кальций 40,08	Sc Скандий 44,96	Ti Титан 47,90	V Ванадий 50,95	Cr Хром 52,01	Mn Марганец 54,94	Fe Железо
III	5	Cu Медь 263,54	Zn Цинк 65,38	Ga Галлий 69,72	Ge Германий 72,60	As Мышьяк 74,91	Se Селен 78,96	Br Бром 79,916	
	6	Rb Рубидий 85,48	Sr Стронций 87,63	Y Иттрий 88,92	Zr Цирконий 91,22	Nb Ниобий 92,91	Mo Молибден 95,95	Tc Технеций (99)	Ru Рутений
IV	7	Ag Серебро 107,880	Cd Кадмий 112,41	In Индий 114,82	Sn Олово 118,70	Sb Сурьма 121,76	Te Теллур 127,61	I Йод 126,91	
	8	Cs Цезий 132,91	Ba Барий 137,36	Lan* Лантан 138,92	Hf Гафний 175,50	Ta Тантал 180,95	W Вольфрам 183,86	Re Рений 186,22	Os Осмий
V	9	Au Золото 197,0	Hg Ртуть 200,61	Tl Таллий 204,39	Pb Свинец 207,21	Bi Висмут 209,00	Po Полоний 210	At Астатин (210)	
	10	Ht Франций (223)	Ra Радий 226,05	Ac** Актиний 227					
VI	11	Fr Франций (223)	Ra Радий 226,05	Ac** Актиний 227					
	12								
VII	13								
	14								
VIII	15								
	16								
IX	17								
	18								
X	19								
	20								
XI	21								
	22								
XII	23								
	24								
XIII	25								
	26								
XIV	27								
	28								
XV	29								
	30								
XVI	31								
	32								
XVII	33								
	34								
XVIII	35								
	36								
XIX	37								
	38								
XX	39								
	40								
XXI	41								
	42								
XXII	43								
	44								
XXIII	45								
	46								
XXIV	47								
	48								
XXV	49								
	50								
XXVI	51								
	52								
XXVII	53								
	54								
XXVIII	55								
	56								
XXIX	57								
	58								
XXX	59								
	60								
XXXI	61								
	62								
XXXII	63								
	64								
XXXIII	65								
	66								
XXXIV	67								
	68								
XXXV	69								
	70								
XXXVI	71								
	72								
XXXVII	73								
	74								
XXXVIII	75								
	76								
XXXIX	77								
	78								
XXXIX	79								
	80								
XXXI	81								
	82								
XXXII	83								
	84								
XXXIII	85								
	86								
XXXIV	87								
	88								
XXXV	89								
	90								
XXXVI	91								
	92								
XXXVII	93								
	94								
XXXVIII	95								
	96								
XXXIX	97								
	98								
XL	99								
	100								

\* Л а н т а н и д ы

\*\* А к т и н и д ы

Г р у п п а		э л е м е н т о в		VIII		0	
IV	V	VI	VII	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">                     Порядковый номер                      ↓                      22                      ↓                      2                      10                      8                      2                      ↑                      Электронные слои                 </div>		He Гелий 4,003	2
6	C Углерод 12,011	7 N Азот 14,008	8 O Кислород 16	9 F Фтор 19,00	Символ →	Ne Неон 20,183	8
14	Si Кремний 28,09	15 P Фосфор 30,975	16 S Сера 32,066	17 Cl Хлор 35,457	Атомный вес	Ar Аргон 39,944	8
22	V Ванадий 50,95	23 Cr Хром 52,01	24 Mn Марганец 54,94	25 Fe Железо 55,85	26 Co Кобальт 58,94	27 Ni Никель 58,71	8
32	Ge Германий 72,60	33 As Мышьяк 74,91	34 Se Селен 78,96	35 Br Бром 79,916	36 Kr Криптон 83,80	36	8
40	Nb Ниобий 92,91	41 Mo Молибден 95,95	42 Tc Технеций (99)	43 Ru Рутений 101,1	44 Rh Родий 102,91	45 Pd Палладий 106,4	8
50	Sr Стронций 87,62	51 Y Иттрий 88,91	52 Zr Цирконий 91,22	53 Nb Ниобий 92,91	54 Mo Молибден 95,95	54	8
118,70	Sn Олово 118,70	119 Sb Сурьма 121,76	120 Te Теллур 127,61	121 I Йод 126,91	122 Xe Ксенон 131,30	131,30	8
72	Ta Тантал 180,95	73 W Вольфрам 183,86	74 Re Рений 186,22	75 Os Осмий 190,2	76 Ir Иридий 192,2	77 Pt Платина 195,09	8
82	Rh Рений 101,07	83 Pd Палладий 106,42	84 Ag Серебро 107,87	85 Cd Кадмий 112,41	86 In Индий 114,82	86	8
207,21	Pb Свинец 207,21	208 Bi Висмут 208,98	209 Po Полоний 209	210 At Астатин 210	211 Rn Радон 222	222	8

\* Л а н т а н и д ы

63	Gd Гадолиний 157,26	64 Tb Тербий 158,93	65 Dy Диспрозий 162,51	66 Ho Гольмий 164,94	67 Er Эрбий 167,27	68 Tm Тулий 168,94	69 Yb Иттербий 173,04	70 Lu Лютеций 174,09
----	---------------------------	------------------------------	---------------------------------	-------------------------------	-----------------------------	-----------------------------	--------------------------------	-------------------------------

\*\* А к т и н и д ы

95	Sm Смолитий 150,0	96 Eu Европий 151,96	97 Gd Гадолиний 157,26	98 Tm Тербий 158,93	99 Dy Диспрозий 162,51	100 Ho Гольмий 164,94	101 Er Эрбий 167,27	102 Tm Тулий 168,94
----	-------------------------	-------------------------------	---------------------------------	------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	------------------------------	------------------------------