

А. П. СОЛОВОВ, А. А. МАТВЕЕВ, В. М. РЯХОВСКИЙ

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ
МЕТОДЫ
ПОИСКОВ
РУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ



А. П. СОЛОВОВ, А. А. МАТВЕЕВ, В. М. РЯХОВСКИЙ

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

СБОРНИК ЗАДАЧ

2728

Допущено Министерством высшего и среднего
специального образования СССР
в качестве учебного пособия
для студентов геологических специальностей вузов

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
1978



Рецензенты:

кафедра геохимических методов поисков Ленинградского
горного института;

доктор геолого-минералогических наук,
профессор *А. Н. Еремеев*

Соловов А. П., Матвеев А. А., Ряховский В. М. Геохимические методы поисков рудных месторождений. М., Изд-во Моск. ун-та, 1978.

184 с. 46 ил.

Пособие составлено в соответствии с программой курса «Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых» и содержит формулировки условий многочисленных задач, связанных с теорией и практикой геохимических поисков рудных месторождений, методические указания по решению этих задач и ответы к ним.

$\frac{С\ 20804-023}{077(02)-78}$ 98-77

© Издательство Московского университета, 1978 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Геохимические методы поисков прочно вошли в практику геологических работ в рудных районах и широко применяются во всем мире. С помощью этих методов открыты многочисленные месторождения цветных, редких металлов и золота в нашей стране и за рубежом. Высокая эффективность применения геохимических методов на всех стадиях геологоразведочного процесса не подлежит сомнению.

Вместе с тем резервы для дальнейшего повышения эффективности геохимических поисков еще далеко не исчерпаны. Важнейшее значение имеют развитие научных основ этих методов, совершенствование аналитической базы работ, а также существенное улучшение методики обработки и количественной интерпретации геохимических данных. Последнему разделу теории и практики геохимических поисков рудных месторождений посвящен предлагаемый сборник задач.

Данная книга является результатом многолетнего опыта накопления разнообразных задач, предлагавшихся для решения на практических занятиях или в качестве домашних заданий студентам-геохимикам геологического факультета МГУ, а также инженерам-геохимикам на курсах повышения квалификации и специальных учебных семинарах. Содержание этих задач увязано с программой курса «Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых» и должно способствовать изучению теории этих методов и приобретению навыков решения важнейших практических вопросов. Большинство задач основано на конкретных материалах поисковых геохимических съемок, проводившихся за последние годы, в различных рудных районах СССР. Только небольшое число задач имеет характер примеров, имитирующих реальные данные.

Каждая глава начинается кратким изложением основ методики геохимических поисков и принципов количественной интерпретации данных, относящихся к конкретному разделу. Все типовые задачи содержат подробные решения, большинство остальных задач снабжено ответами и при необходимости краткими указаниями по их решению. В приложениях даны основные справочные таблицы, постоянное обращение к которым неизбежно при решении задач прикладной геохимии.

Решение большинства задач требует определенного объема вычислений, которые наилучшим образом могут быть выполнены с помощью клавишного электронного арифмометра, а в полевых условиях — с логарифмической линейкой. Содержание некоторых задач предполагает обязательное применение ЭВМ, о чем в тексте книги имеются соответствующие ссылки. Однако методы автоматической обработки и картографирования геохимических данных с помощью ЭВМ и алгоритмы существующих для этого программ авторы сознательно исключили из рассмотрения, считая, что изложение этих важных вопросов возможно только в рамках специальных руководств.

В предлагаемой книге предпочтение отдано тем приемам решения прикладных задач, которые уже прошли проверку практикой, рекомендованы к использованию действующей «Инструкцией» по геохимическим поискам [14], достаточно просты и геологически убедительны.

В отличие от получивших преимущественное распространение статистических методов обработки однородных геохимических данных, характеризующих фоновые содержания элементов, основное внимание уделено методам количественной интерпретации геохимических аномалий — вторичных ореолов и потоков рассеяния и первичных ореолов месторождений. Важнейшее значение авторы придают задачам оценки по геохимическим данным прогнозных (геологических) запасов металла и методам вероятностного обоснования принимаемых решений. Хотя с начала применения в нашей стране геохимических методов поисков рудных месторождений в их современном виде прошло уже более 40 лет, именно количественной оценке геохимических аномалий и выявляемых рудопроявлений в практике работ уделяется недостаточно внимания.

Авторы надеются, что появление данной книги приведет к более активному внедрению методов количественной интерпретации геохимических данных, применение которых отстает от огромного объема ежегодно выполняемых поисковых геохимических съемок. Можно не сомневаться, что это обеспечит повышение общей эффективности геологопоисковых и разведочных работ в рудных районах.

ОБЩАЯ ОБРАБОТКА ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

В основе геохимических методов поисков месторождений полезных ископаемых лежат представления о геохимическом поле, под которым понимается геологическое пространство, характеризующее количественными содержаниями химических элементов. Согласно закону Вернадского о всеобщем рассеянии и миграции химических элементов в геосферах [5], в любой точке геохимического поля содержания всех элементов больше нуля, зависят от пространственных координат и непостоянны во времени, или

$$C_x = f(x, y, z, T) > 0. \quad (I.1)$$

В соответствии с режим преобладанием в доступных для изучения геосферах рассеянного состояния элементов над концентрированным в абсолютном большинстве точек геохимического поля содержания рудных элементов близки к цифрам их кларков (C_K) и только в редких случаях приобретают значения, существенно отклоняющиеся от этого уровня. Для характеристики этих взаимосвязанных участков геохимического поля используются аксиоматические понятия о геохимическом фоне и явных аномалиях. Единственным критерием для выделения явных геохимических аномалий служит коллективный геологический опыт. Местный геохимический фон (C_F) определяется средним (модальным) содержанием химического элемента в пределах однородного участка, в удалении от явных аномалий. Критерии для выделения слабых геохимических аномалий определяются параметрами местного геохимического фона. Частным случаем геохимических аномалий являются промышленные рудные месторождения, в которых содержание полезных компонентов $C_p \gg C_K$.

В геохимическом поле вблизи промышленных месторождений содержания рудных и сопутствующих им элементов отличаются от местного геохимического фона. Это позволяет поиски рудных месторождений проводить путем выявления геохимических аномалий, с целью последующего вскрытия полезного ископаемого горными выработками и скважинами. В соответствующих геологических условиях самая слабая геохимическая аномалия, соизмеримая с колебаниями геохимического фона, может отвечать крупному промышленному

месторождению. В то же время общее число геохимических аномалий заведомо и многократно превышает число возможных промышленных месторождений. В итоге важнейшими вопросами методики геохимических поисков являются принципы выделения и оценки геохимических аномалий.

Геохимические поиски месторождений полезных ископаемых проводятся путем изучения содержаний химических элементов в геохимическом поле, в дискретных точках или непрерывно, с отбором проб или без пробоотбора, вдоль заранее выбранных криволинейных или ломаных маршрутов, по системе прямолинейных параллельных профилей или вдоль горных выработок и скважин. Соответственно по условиям производства наблюдений различают воздушные, наземные и глубинные геохимические съемки.

Взаимосвязанность и взаимообусловленность геохимических аномалий в различных геосферах позволяют поиски месторождений полезных ископаемых проводить литохимическим, гидрохимическим, атмосферическим и биогеохимическим методами. Рудные месторождения залегают в литосфере, и выявляемые при поисках литохимические аномалии характеризуются наиболее тесными, простыми связями с оруденением, и принципы количественной интерпретации литохимических аномалий разработаны достаточно полно. Поэтому важнейшим методом геохимических поисков рудных месторождений являются литохимические съемки, и большинство задач, приведенных в главе I, основано на материалах литохимических поисков. Независимо от этого постановка задач и методы их решения целиком распространяются на гидро-, атмо- и биогеохимические поиски.

Доброкачество поисковых геохимических съемок определяется воспроизводимостью их результатов при двукратных независимых наблюдениях по случайно выбранным профилям и точкам (3%). При этом средние систематические $\Delta_{\text{сист}}$ и случайные $\Delta_{\text{случ}}$ расхождения между результатами первичных и повторно-контрольных съемок не должны превосходить установленных допусков [14]¹.

Спектральный анализ основан на принципах сравнения: во сколько раз содержания определяемого элемента в данной пробе отличаются от его содержаний в эталонных пробах. Соответственно этому вычисление погрешностей геохимических съемок ведется для логарифмов содержаний:

$$\Delta_{\text{сист}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\lg C_{iI} - \lg C_{iII}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg \left(\frac{C_{iI}}{C_{iII}} \right), \quad (1.2)$$

¹ Воспроизводимость результатов съемки не снимает вопроса о ее точности (правильности), для оценки которой служат системы эталонов и международных стандартов.

где n — число точек, подвергавшихся контролю; C_{iI} , C_{iII} — содержания химического элемента соответственно по результатам первичной и повторно-контрольной съемок.

Антилогарифм этой величины $\delta_{\text{сист}} = \text{antlg } \Delta_{\text{сист}}$ дает величину среднего систематического расхождения самих содержаний. При значениях $\delta_{\text{сист}}$ от 0,95 до 1,05 считается, что систематическая ошибка отсутствует. Если $\delta_{\text{сист}}$ выходит за пределы 0,9—1,1, то систематическое расхождение подлежит исключению путем алгебраического вычитания $\Delta_{\text{сист}}$ из всех $\lg C_{iI}$. По этим исправленным данным C_{iI}^* вычисляется средняя случайная ошибка геохимической съемки:

$$\Delta_{\text{случ}} = \frac{1}{\sqrt{2n}} \sum_{i=1}^n |\lg C_{iI}^* - \lg C_{iII}| = \frac{1}{\sqrt{2n}} \sum_{i=1}^n \lg \left(\frac{C_{i \text{ больш}}}{C_{i \text{ меньш}}} \right). \quad (1.3)$$

Величина $\delta_{\text{случ}} = \text{antlg } \Delta_{\text{случ}}$, согласно требованию «Инструкции» [14], не должна превышать 1,6. Это означает, что измеренные содержания элементов в геохимическом поле в среднем могут отличаться от истинных не более чем в $1,6^{\pm 1}$ раза. При бóльшей величине случайной погрешности съемки считаются браком. Наличие большой систематической ошибки не требует переделки работ, необходимо только немедленно выявить и устранить ее причину. Оценке величин погрешностей геохимических съемок посвящены задачи 1.1—1.4 и 1.18—1.20. Без учета величин погрешностей наблюдений любые геологические выводы, сделанные по данным геохимических поисков, не могут считаться достоверными. В специализированных геохимических экспедициях ежемесячное вычисление погрешностей съемок производится на ЭВМ.

Даже в пределах безрудного участка с однородными геологическими и ландшафтными условиями содержания рудных элементов изменяются от точки к точке. Эти колебания, обусловленные природными и техническими причинами, малы по амплитуде и носят незакономерный («случайный») характер. Соответственно этому взамен пространственно-упорядоченной зависимости (I.1) фоновые участки геохимического поля удобно характеризовать статистической частотой n_i появления тех или иных содержаний химического элемента:

$$n_i = f(C_i). \quad (1.4)$$

Распределение фоновых содержаний химических элементов в пределах однородного участка удовлетворительно аппроксимируется нормальным законом:

$$y = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2s^2}}, \quad (1.5)$$

где \bar{x} — математическое ожидание среднего значения x ; s — среднеквадратическое (стандартное) отклонение x и $y = n_i$ — частость в долях от единицы. Значения x могут иметь смысл содержаний элементов (C_x) в весовых процентах (например, для макроэлементов) или логарифмов содержаний ($\lg C_x$). Учитывая, что погрешности спектрального анализа подчиняются логарифмически нормальному закону, распределение фоновых содержаний рудных элементов аппроксимируется логнормальной зависимостью.

Параметры $\bar{x} = \overline{\lg C_x}$ и s_{\lg} , входящие в выражение (I.5), полностью характеризуют распределение фоновых содержаний элементов. В соответствии со свойствами нормального закона 99,86% всех фоновых содержаний не превышают величины $\bar{x} + 3s$. Поэтому за нижнее значение аномальных содержаний для одиночных точек принимается величина $x_A \geq \overline{\lg C_x} + 3s_{\lg}$ или, освобождаясь от логарифмов,

$$C_{A,1} = \tilde{C} \varepsilon^3, \quad (I.6)$$

где \tilde{C} — среднее геометрическое содержание и $\varepsilon = \text{antlg } s_{\lg}$. Величина ε именуется стандартным множителем.

Если в геохимическом поле обнаруживается группа геологически увязывающихся («коррелирующихся») точек с повышенными содержаниями химического элемента, уровень содержаний, признаваемых аномальными, снижается согласно зависимости

$$C_{A,m} = \tilde{C} \varepsilon^{3/\sqrt{m}}, \quad (I.7)$$

где $m = 2, 3, \dots, 9$ — число смежных точек с содержаниями $C_x \geq C_{A,m} \geq \tilde{C} \varepsilon$, объединяемых общим контуром. Согласно этому при любом числе точек в аномальном контуре m принимается не более 9.

Оценку параметров местного геохимического фона \tilde{C} , ε и нижних аномальных содержаний $C_{A,m}$ можно производить графическим методом на бланках вероятностной бумаги¹, путем статистической обработки выборочных геохимических данных (задачи I.5—I.17). Для оценки параметров геохимического поля с помощью ЭВМ и автоматического выделения аномалий существуют многочисленные программы (например, «СОПИ-1» Уральского геологического управления, «МГУ-07» и др.).

Применение вероятностной бумаги упрощает оценки систематических $\Delta_{\text{сист}}$ и средних квадратических ошибок анализа проб и геохимических съемок в целом (задачи I.18—I.20).

¹ Предложена Ф. Гальтоном в 1889 г.

Средняя случайная ошибка измерений $\Delta_{\text{случ}}$, величина которой определяет качество геохимических съемок, меньше среднеквадратической ошибки (стандартного отклонения) $s_{\text{техн}}$ и связана с нею соотношением

$$s_{\text{техн}} = 1,25 \Delta_{\text{случ}}. \quad (I.8)$$

Величина стандартного отклонения геохимического поля s , определяемая при статистической обработке выборочных данных, зависит одновременно от природных колебаний содержания элемента $s_{\text{прир}}$ и от погрешностей измерений или, согласно закону сложения дисперсий,

$$s = \sqrt{s_{\text{прир}}^2 + s_{\text{техн}}^2}. \quad (I.9)$$

Определяя s и $s_{\text{техн}}$, можно оценить величину $s_{\text{прир}}$, важную для ряда геохимических выводов (задачи I.19—I.21).

Вследствие зависимости s от $s_{\text{техн}}$ нижнее аномальное содержание $C_{A,m}$, геометрические размеры аномалий, определяемые в контуре $C_{A,1}$, и показатель контрастности слабых геохимических аномалий

$$\gamma = \frac{\lg C_{\text{max}} - \lg C_{\Phi}}{s_{\lg}} = \frac{1}{\lg \epsilon} \lg \left(\frac{C_{\text{max}}}{C_{\Phi}} \right) \quad (I.10)$$

зависят от технической точности геохимической съемки. С увеличением точности съемок величины s и соответственно $C_{A,m}$ уменьшаются, а эффективные размеры и контрастность геохимических аномалий возрастают, что увеличивает надежность выявления геохимических аномалий. Повышение точности, т. е. снижение технических погрешностей съемок, практически целесообразно до значений $s_{\text{техн}} \approx s_{\text{прир}}$, после чего, согласно (I.9), уменьшение s замедляется. При заданном способе опробования величина $s_{\text{прир}}$ не зависит от точности съемок, уменьшаясь с увеличением веса проб. Решению ряда вопросов, связанных с оценками роли этих геохимических показателей, посвящены задачи I.21—I.25 и I.36—I.44.

При геохимических исследованиях важно учитывать параметрический и непараметрический характер показателей, роль которых существенно различна. Параметрическими именуются геохимические показатели, численные значения которых имеют объективный смысл и уточняются одновременно с увеличением точности исследований. К их числу принадлежат, например, оценки средних содержаний химических элементов для данной разности горных пород (\bar{C}), для однородного участка геохимического поля (C_{Φ}), кларки геосфер (C_K), численные значения многих показателей, характеризующих геохимические аномалии (количество металла в сечении или в контуре аномалии M м%, P м²%, коэффициенты эндогенной

$1/\lambda$ или гипергенной σ подвижности элементов, остаточной продуктивности ореолов рассеяния $k \geq 1$ и т. п. (см. гл. II—IV). Численные значения непараметрических геохимических показателей не поддаются строгому определению, величины их произвольно изменяются с увеличением точности исследований или заранее известны. Непараметрическими показателями являются эффективные (выявленные) размеры аномалий (изменяются в зависимости от C_A , в пределе $\pm \infty$), среднее содержание элемента в аномалии (зависит от произвольно выбираемого интервала осреднения), «встречаемость» химического элемента в пробах (заранее известна и, согласно закону Вернадского, всегда 100%) и т. п. Некоторые непараметрические геохимические показатели имеют важный технический смысл, например среднее содержание металла в рудном теле (зависит от выбранного бортового содержания) или эффективные размеры аномалий, однако для развития теории геохимических методов поисков основное значение имеют параметрические показатели.

Оценки средних значений параметрических показателей x сходятся по вероятности [4] к своему математическому ожиданию и во всех случаях должны дополняться указанием доверительных пределов этих оценок:

$$\bar{x} \pm \frac{ts}{\sqrt{n}}, \quad (I.11)$$

где n — число определений, t — табличное значение численного коэффициента, зависящего от выбранного доверительного уровня. Чаще всего оценки средних приводятся для значений $t=1$, что при достаточно больших n соответствует доверительному уровню примерно $\pm 15\%$. В приложении III даны значения $t=f(n)$ для 5%-ного доверительного уровня; при $n > 60$ этой доверительной вероятности соответствуют значения $t \cong 2$ ($t_{5\%} = 1,96$).

В геохимической практике, в частности при небольшом числе данных, широко используется простейший способ оценки стандартного отклонения по величине размаха значений рассматриваемого показателя $R = x_{\max} - x_{\min}$ и табличного множителя β , зависящего от числа данных n согласно зависимости

$$s = \beta (x_{\max} - x_{\min}). \quad (I.12)$$

Для величин, распределенных, например, логнормально, удобно пользоваться выражением

$$s_{lg} = \beta \lg \left(\frac{C_{\max}}{C_{\min}} \right). \quad (I.13)$$

Значения множителя β для n от 2 до 1000 даны в приложении V.

Две оценки параметров распределения \bar{x} и s одного и того же геохимического показателя в любом случае могут несколько различаться, и потому решение об их равенстве или различиях должны приниматься на основе существующих для этого статистических критериев [4].

Значимость различий двух оценок дисперсий s_1^2 и s_2^2 по выборкам объемом соответственно n_1 и n_2 какого-либо показателя устанавливается с помощью F -критерия Фишера:

$$F = \frac{s_{\text{большее}}^2}{s_{\text{меньшее}}^2}. \quad (I.14)$$

Если $F > F_{\text{табл}}$, различия между дисперсиями существенны, если $F < F_{\text{табл}}$, разница между ними незначима. Значения $F_{\text{табл}}$ зависят от объемов выборок n_1 , n_2 и заданного доверительного уровня.

Для достаточно больших значений n_1 и n_2 различия дисперсий заведомо значимы при $F > 3$. В приложении IV даны табличные значения F -критерия для 5%-ного доверительного уровня.

Значимость различий двух оценок средних величин \bar{x}_1 и \bar{x}_2 с близкими значениями дисперсий определяется с помощью t -критерия Стьюдента:

$$t = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}. \quad (I.15)$$

Если $t > t_{\text{табл}}$ (приложение III), различия между средними величинами существенны, если $t < t_{\text{табл}}$, различия между ними незначимы, и обе выборки принадлежат к одной генеральной совокупности данных.

При логнормальном распределении x вычисления F и t ведутся в логарифмах. Решения о сходстве или различиях численных значений геохимических показателей, принятые без учета статистических критериев, не могут считаться достоверными. Примерам использования этих критериев посвящены задачи I.27—I.28, неоднократно эти критерии привлекаются и к решению задач последующих разделов.

При геохимических поисках одновременно определяются содержания большого числа химических элементов, и характеристики геохимического поля многомерны. Поэтому одной из особенностей геохимических аномалий является наличие или отсутствие корреляционных связей между содержаниями химических элементов.

Силу и направление линейной связи между двумя величинами x и y , распределенными нормально, характеризуют величина и знак коэффициента корреляции:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1) s_x s_y} \quad (\text{I.16})$$

В зависимости от n — числа пар значений x и y — и принятого доверительного уровня определяется значимость вычисленных оценок r_{xy} . В приложении VI приведены критические значения коэффициентов корреляции для 5%-ного доверительного уровня, при абсолютных значениях $r_{xy} < r_{\text{крит}}$ связь между двумя величинами отсутствует.

Рассмотрение парных коэффициентов корреляции нередко бывает необходимым для содержаний 15—20 химических элементов, что требует вычисления соответственно 105—190 r_{xy} . Выполнить эти вычисления возможно только с помощью ЭВМ, и для этого существует множество программ (например, «МГУ-012» и др.). В практике геохимических поисков, при небольших значениях n и «ручном счете», чаще используется ранговый коэффициент корреляции:

$$r_{xy} = 1 - \frac{6\Sigma\Delta^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (\text{I.17})$$

где $\Sigma\Delta^2$ — сумма квадратов разностей порядковых номеров ранжированного ряда значений x и y . При повторяемости ранговых номеров к сумме Δ^2 добавляются значения T_x и T_y исходя из расчета

$$T = \frac{\Sigma(m_i^3 - m_i)}{12}, \quad (\text{I.18})$$

где m_i — число повторений. Критические величины $\Sigma\Delta^2$, определяющие значимость ранговых коэффициентов корреляции на 5%-ном доверительном уровне, приведены в приложении VII.

С помощью ранговых коэффициентов корреляции можно оценивать наличие связи между показателями, не выраженными в цифрах (например, между двумя рядами последовательности отложения рудных элементов и т. п.). Наличие или отсутствие корреляционной связи между высокими содержаниями химических элементов в аномалиях позволяет в ряде случаев определять их природу (задачи I.29—I.35).

В закрытых рудных районах при геохимических поисках погребенных месторождений по их наложенным солевым (литохимическим), газовым или биогеохимическим ореолам рассеяния важное значение имеет усиление контрастности очень слабых аномалий, которым при значительной мощности чехла может соответствовать даже крупное промышленное месторождение.

Эта же задача возникает при геохимических поисках глубокозалегающих слепых рудных тел по их весьма слабым надрудным первичным ореолам.

Простейшим методом обнаружения слабых аномалий, скрытых за уровнем природных и технических помех ($\gamma < 3,0$), является осреднение первичных данных методом «скользящего окна», чаще всего для нечетного числа $(2n+1)$ точек по профилю. В этом случае осреднение ведется по формуле:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{2n+1} \sum_{i-n}^{i+n} x_i. \quad (1.19)$$

В контур «окна» могут одновременно включаться 2, 3 или большее число профилей съемочной сети. При осреднении («сглаживании») существенно подавляется нерегулярная «случайная» составляющая геохимического поля (помехи) и возрастает контрастность слабых геохимических аномалий, если они проявлены на нескольких смежных профилях и точках (полезный сигнал). В результате удастся обнаружить аномалии, которые не могли быть уверенно выделены на графиках первичных данных.

Аналогичный результат усиления слабых аномалий достигается путем перемножения («мультипликации») содержаний нескольких элементов типоморфного комплекса по точкам съемочной сети. Нередко этот прием сочетается со сглаживанием методом «скользящего окна».

Иногда мультипликацию содержаний рудных элементов производят с целью «свертывания информации» — уменьшения числа отчетных карт о результатах геохимических поисков. Полезную роль играют карты безразмерных отношений мультипликативных содержаний двух геохимически обоснованно выбранных групп элементов (v). Такие карты способны, например, характеризовать горизонтальную зональность рудного поля или различные уровни эрозионного среза рудного района. Осреднение «скользящим окном» и мультипликация содержаний химических элементов, при значительном объеме поисковых геохимических данных, ведутся с помощью ЭВМ (например, программы «МГУ-100, -101 и -102»). С целью наглядного освоения этих приемов в данной главе приводятся задачи 1.36—1.48, рассчитанные на решение методами обычного счета.

Выполняя поисковые геохимические съемки, геохимик должен постоянно держать в поле зрения вероятностный характер получаемых им результатов. Так, согласно уравнению (1.5), при выделении аномалий на уровне $x_A = x + 3s$ к их числу помимо реальных неизбежно будут отнесены фиктивные аномалии в количестве $100 - 99,86 = 0,14\%$ от общего

числа точек наблюдения, обусловленные только статистическими колебаниями геохимического фона. Вероятность выделения фиктивных аномалий по критерию (I.7) возрастает с числом геологически коррелирующихся точек m , принимаемых во внимание (задача I.49).

Самостоятельное значение имеет оценка вероятности P обнаружения поисковыми съемками объекта заданного размера при выбранной сети наблюдений. В поисковой практике обнаружением объекта считается его пересечение профилем непрерывных наблюдений или попадание в его контур (в границах $S_{A,1}$) хотя бы одной (лучше двух) точек наблюдения. Для линейных объектов с неизвестной ориентировкой при непрерывных наблюдениях по профилю вероятность этого события оценивается решением известной задачи Бюффона (1777 г.):

$$P = \frac{2b}{\pi l}, \quad (I.20)$$

где $2b$ — длина объекта (рудной жилы, тонкого пласта); $2l$ — расстояние между параллельными профилями съемки.

При точечных наблюдениях вероятность обнаружения объекта произвольной формы площадью S можно приближенно оценить по асимптотической формуле [25]

$$P = 1 - e^{-S/\Delta s}, \quad (I.21)$$

где $\Delta S = \Delta x \cdot 2l$ — площадь ячейки съемочной сети, Δx — шаг наблюдений по профилю.

При расчете ожидаемых результатов поисковых геохимических работ с учетом различной вероятности обнаружения объектов различных классов крупности необходимо иметь в виду ориентировочные соотношения между их численностью и запасами металла в классах (табл. 1).

Таблица 1
Соотношения между численностью и размерами запасов металла в рудных месторождениях [8]

Вероятное распределение	Размеры объектов (порядок запасов)			
	рудопро- явления ($n \cdot 10^{m-1}$ т)	месторождения		
		мелкие $n \cdot 10^m$ т	средние $n \cdot 10^{m+1}$ т	крупные $n \cdot 10^{m+2}$ т
По общему числу (относительно крупных)	343	49	7	1
То же, %	85,75	12,25	1,75	0,25
По числу месторождений	—	85,2	13,0	1,8
По запасам, %	—	22	32	46

Для обнаружения поисковыми съемками промышленного месторождения, состоящего из нескольких объектов (рудных тел, аномалий) разного размера, достаточно выявить любой из этих объектов. Вероятность сложного события рассчитывается по формуле

$$P = 1 - (1 - P_1)^{m_1} \cdot (1 - P_2)^{m_2} \cdot \dots \cdot (1 - P_i)^{m_i}, \quad (I.22)$$

где P_1, P_2, \dots, P_i — различные значения вероятности обнаружения объектов каждого класса (размера); i — число классов; m_1, m_2, \dots, m_i — число объектов в каждом классе.

Решению некоторых простейших вероятностных вопросов, связанных с практикой геохимических поисков, посвящены задачи I.50—I.58.

Задача I.1. Определить величины средних систематической ($\delta_{\text{сист}}$) и случайной ($\delta_{\text{случ}}$) погрешностей литохимической съемки на стронций для участка Бохтыбай путем сопоставления результатов первичной и повторно-контрольной съемки, приведенных в табл. 2.

Таблица 2

Результаты первичных и контрольных съемок.
Участок Бохтыбай

Профиль, пикет	Sr, 10 ⁻³ %		Профиль, пикет	Sr, 10 ⁻³ %	
	C _I	C _{II}		C _I	C _{II}
XII/10	—	—	XIII/25	6	10
11	—	5	29	6	5
12	10	10	XIII/30	5	—
13	5	5	31	5	5
14	8	6	32	8	20
15	—	10	33	6	5
16	6	—	34	8	—
17	—	6	35	5	5
18	5	8	36	8	5
19	—	6	37	6	—
XII/20	—	—	38	5	—
21	—	—	39	6	—
22	—	—	XIII/40	5	—
23	6	10	41	—	5
24	6	6	42	6	5
25	—	—	43	—	5
26	10	10	44	—	5
27	10	15	45	5	—
28	10	6	46	8	—
29	10	10	47	8	6
XII/30	—	—	48	—	5
XIII/16	5	—	49	5	—
17	6	10	XIII/50	5	6
18	50	40	XIV/18	10	20
19	30	60	19	100	100
XIII/20	5	5	20	80	60
			XIV/21	6	8

Таблица 3

Разности логарифмов содержаний элементов по результатам первичной и повторно-контрольной съемок
(по вертикали—первичный результат, по горизонтали — контрольный)

$C_I \backslash C_{II}$	1	1,2	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8
1	0	-0,079	-0,176	-0,301	-0,398	-0,477	-0,602	-0,699	-0,778	-0,903
1,2	+0,079	0	-0,097	-0,222	-0,319	-0,398	-0,523	-0,620	-0,699	-0,824
1,5	+0,176	+0,097	0	-0,125	-0,222	-0,301	-0,426	-0,523	-0,602	-0,727
2	+0,301	+0,222	+0,125	0	-0,097	-0,176	-0,301	-0,398	-0,477	-0,602
2,5	+0,398	+0,319	+0,222	+0,097	0	-0,079	-0,204	-0,301	-0,380	-0,505
3	+0,477	+0,398	+0,301	+0,176	+0,079	0	-0,125	-0,222	-0,301	-0,426
4	+0,602	+0,523	+0,426	+0,301	+0,204	+0,125	0	-0,097	-0,176	-0,301
5	+0,699	+0,620	+0,523	+0,398	+0,301	+0,222	+0,097	0	-0,079	-0,204
6	+0,778	+0,699	+0,602	+0,477	+0,380	+0,301	+0,176	+0,079	0	-0,125
8	+0,903	+0,824	+0,727	+0,602	+0,505	+0,426	+0,301	+0,204	+0,125	0

Ход решения. Для вычисления погрешностей съемок, при недостаточной чувствительности анализа, принимаем во внимание только точки, по которым хотя бы в одном случае указаны значащие цифры содержаний элемента. Таким образом, из рассмотрения исключаются результаты съемки по пикетам 10, 20, 21, 22, 25 и 30 профиля XII. Остающиеся прочерки («не обнаружено») в одной из граф C_I или C_{II} заменяем цифрой 2,5, отвечающей половине чувствительности спектрального анализа на стронций.

Учитывая, что результаты экспрессного спектрального анализа выражаются ограниченным числом дискретных цифр, вычисления по формуле (1.2) ведем, пользуясь заранее заготовленной таблицей значений $\lg \left(\frac{C_I}{C_{II}} \right)$ для обычных сочетаний C_I и C_{II} (табл. 3). Если $C_I < C_{II}$, значение разности их логарифмов находим выше диагонали (нулевых значений) таблицы, если $C_I > C_{II}$ — ниже диагонали. Если значения C_I и C_{II} лежат в разных порядках, к табличным значениям добавляем в первом случае $-1, -2, \dots$, во втором $+1, +2, \dots$, что соответствует 10- и 100-кратным расхождениям результатов. Очевидно, что при значениях $C_I=10$ и $C_{II}=20$ следует искать табличное значение для $C_I=1$ и $C_{II}=2$, при значениях 6 и 10 — для 3 и 5 и т. п., что расширяет действие таблицы. Для редких случаев, не предусмотренных табл. 3, мантиссы логарифмов отношений между содержаниями определяем по нижней шкале логарифмической линейки.

Обработку ведем в специальном журнале по форме, представленной в табл. 4.

Из таблицы следует, что

$$\Delta_{\text{сист}} = \frac{-0,026}{47} = -0,00055 = \bar{1},99945,$$

т. е. $\delta_{\text{сист}} = \text{antlg}(\bar{1},99945) = 0,998$ или систематическая ошибка отсутствует. В данном случае, не прибегая к введению поправки за $\Delta_{\text{сист}}$, величину средней случайной погрешности съемки найдем, складывая абсолютные значения $\Sigma(+)$ и $\Sigma(-)$ или

$$\Delta_{\text{случ}} = \frac{1}{47\sqrt{2}} (5,091 + 5,117) = 0,1536.$$

Отсюда $\delta_{\text{случ}} = \text{antlg} 0,1536 = 1,42$. Случайная ошибка довольно большая, однако не выходит за пределы допуска ($< 1,6$), и съемки могут считаться выполненными удовлетворительно.

Таблица 4

Вычисление погрешностей съемки.
Участок Бохтыбай

Профиль, пикет	Sr, 10 ⁻³ %		lg $\left(\frac{C_I}{C_{II}}\right)$
	C _I	C _{II}	
ХП/11	2,5	5	-0,301
12	10	10	0
13	5	5	0
14	8	6	0,125
15	2,5	10	-0,602
16	6	2,5	0,380
17	2,5	6	-0,380
18	5	8	-0,204
19	2,5	6	-0,380
23	6	10	-0,222
...
ХП/50	5	6	-0,079
XIV/18	10	20	-0,301
19	100	100	0
20	80	60	0,125
21	6	8	-0,125
Σ (+) = 5,0917			
Σ (-) = -5,11			

Разность Σ (+) и Σ (-) = -0,026

Задача 1.2¹. Определить погрешности литохимической съемки на свинец $\delta_{\text{сист}}$ и $\delta_{\text{случ}}$ для участка Жаксыкотр по пикетам 0—30 профиля 85 (табл. 5).

Ход решения. Вычисления $\delta_{\text{сист}}$ ведем в соответствии с указаниями к задаче 1.1. Найдя $\Delta_{\text{сист}} = 0,0937$ и антилогарифм этой величины, убеждаемся, что $\delta_{\text{сист}} > 1,10$. Следовательно, для вычисления $\Delta_{\text{случ}}$ необходимо ввести поправку за $\Delta_{\text{сист}}$. Так как поправка вводится с обратным знаком и в данном случае все положительные значения $\lg\left(\frac{C_I}{C_{II}}\right) \geq \Delta_{\text{сист}}$, то и после ее введения они останутся положительными (или приобретут нулевое значение), а их сумма Σ(+) уменьшится на $m \Delta_{\text{сист}}$, где m — число слагаемых. Подсчитывая число положительных разностей, находим $m = 20$, откуда исправленная сумма

$$\Sigma^*(+) = \Sigma(+) - m \Delta_{\text{сист}} = 4,013 - 20 \cdot 0,0937 = 2,139.$$

¹ В задачах 1.1—1.4 для уменьшения однообразной вычислительной работы объем данных принят меньше требуемого «Инструкцией» ($n \geq 100$).

Таблица 5

Результаты первичных и контрольных съемок
(1965 г.). Содержания Рb в 10^{-3} %.
Участок Жаксыкотр

Пикеты	Профиль 85		Профиль 186		Профиль 187	
	C_I	C_{II}	C_I	C_{II}	C_I	C_{II}
0	1,5	2	1	1,5	1,5	1,5
1	2,5	2	1	1	1	1,2
2	2,5	2	2	1,5	1	1
3	2	3	3	1,5	1	1
4	5	3	2	1,5	1,5	1
5	2	2	1,5	1,2	1	1,2
6	1,5	1,2	1	1,2	1	2
7	3	2	1	1,5	1,2	1
8	2,5	4	1	1,5	1,5	1,5
9	6	5	1	1	1	2
10	3	3	8	30	3	15
11	3	4	5	20	6	25
12	6	4	5	15	6	15
13	10	10	150	500	4	10
14	30	20	80	150	10	40
15	100	40	15	60	100	200
16	15	10	8	15	40	50
17	40	30	8	20	50	30
18	30	10	8	15	20	40
19	40	20	15	25	6	15
20	5	4	4	10	2	3
21	6	1,5	3	10	1,5	3
22	4	6	2	10	1	1,5
23	2,5	2	2	8	1	1,5
24	2	1,5	5	8	1,2	3,0
25	2	2	8	8	1,2	1
26	1,5	3	6	15	1	1,5
27	2,5	2	2	8	1,5	2
28	2	2	2,5	6	1,5	2
29	2	1,2	1,5	4	1	1,5
30	3	2	1,5	1,5	1	1

После введения поправки за систематическую ошибку $\Sigma^*(+) \cong |\Sigma^*(-)|$ и, следовательно, сумма абсолютных величин разностей логарифмов, входящая в формулу (I.3),

$$\sum_{i=1}^{31} |\lg C_{II} - \lg C_{III}| = 2\Sigma^*(+) = 4,278.$$

Найдя эту величину, по формуле (I.3) легко определяем $\Delta_{\text{случ}}$ и $\delta_{\text{случ}}$.

Для контроля следует вычислить величину $|\Sigma^*(-)| = |\Sigma(-)| + 11 \Delta_{\text{сист}}$. Если часть положительных значений

$\lg \left(\frac{C_I}{C_{II}} \right) < \Delta_{\text{сист}}$, для вычисления $\Sigma^*(+)$ сумму их значений следует предварительно исключить из $\Sigma(+)$ и соответственно уменьшить первоначальное число слагаемых m . Абсолютную величину суммы этих исправленных разностей, приобретших отрицательный знак, следует добавить к $|\Sigma^*(-)|$.

При отрицательной величине $\Delta_{\text{сист}}$ все сказанное относительно положительных значений $\lg \left(\frac{C_I}{C_{II}} \right)$ и $\Sigma(+)$ следует отнести к отрицательным значениям разностей логарифмов и $\Sigma(-)$ (см. задачи I.3 и I.4).

Задача I.3. Решить ту же задачу для данных по профилю 186 (см. табл. 5).

Задача I.4. Решить ту же задачу для данных по профилю 187 (см. табл. 5).

Задача I.5. Определить параметры местного геохимического фона $C_{\text{ф}}$, ϵ и нижние аномальные содержания $C_{A,1}$, $C_{A,2}$, ..., $C_{A,9}$ свинца в элювио-делювии по данным поисковой литохимической съемки масштаба 1:50 000, представленным на рис. 1.

Ход решения. Предлагаемая карта (рис. 1) является фрагментом так называемой поэлементной кальки-разновки, на которой около пикетов съемочной сети выписаны результаты спектрального анализа проб в удобных для этого единицах, в данном случае в $10^{-4}\%$ Pb. На карте отчетливо выделяется геохимическая аномалия в полосе 130-х пикетов по профилям XVII—XXIII, уходящая к юго-востоку за пределы рисунка. Район этой явной аномалии в границах, зрительно относимых к области геохимического фона, из рассмотрения исключим.

Для статистической обработки достаточно $n > 100$ данных, поэтому в состав выборки включим каждую четвертую точку на каждом втором профиле, что обеспечит ее рандомизированный (объективно-случайный, непредвзятый) характер. Подсчет частоты ведем начиная с пикета 128 профиля XI, занося в таблицу, изображенную на рис. 2, содержание свинца на четвертой точке, в данном случае это будет 12, на восьмой точке 10, далее 15, 5, 6 и т. д. Появление каждого из этих содержаний отмечаем «палочкой» в соответствующей строке таблицы, 10 случаев образуют «розетку» и т. д.

Закончив подсчет на пикете 110 профиля XXIII, заносим численные результаты в графу n_i , подсчитываем сумму $n = 155$ и переводим частоты появления различных содержаний в проценты, с точностью до 0,1%. Проверяем правильность итога, внося исправления в цифры максимальных частот, в случае отличия суммы на $\pm 0,1 - \pm 0,2\%$ от 100,0%.

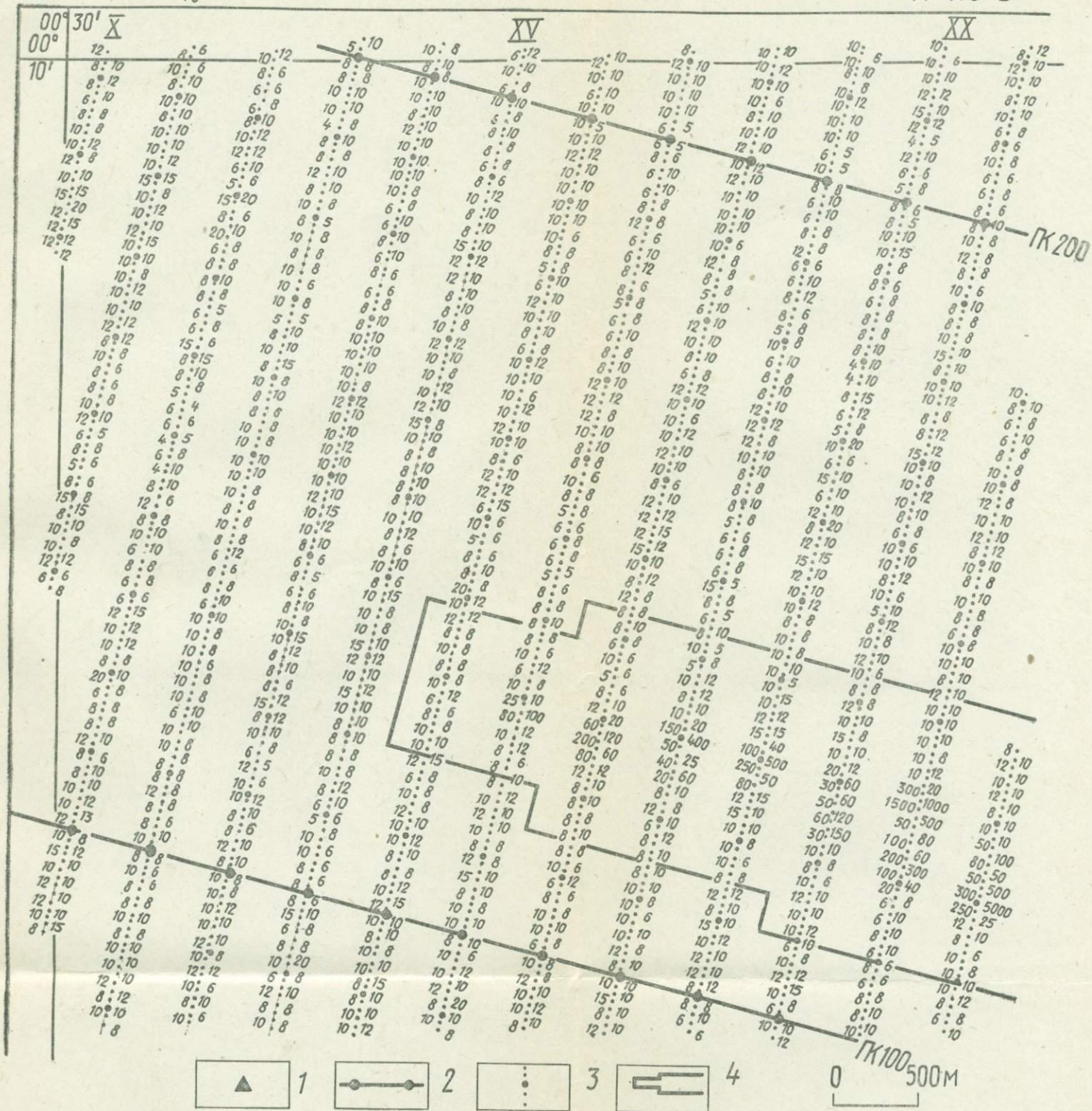


Рис. 1. Фрагмент поэлементной кальки-разности результатов спектрального анализа проб поисковой литохимической съемки масштаба 1:50 000:

1 — исходный тригонометрический пункт; 2 — магистрали; 3 — профили и точки пробоотбора; 4 — участок явной аномалии, исключаемый из рассмотрения при оценке параметров геохимического фона

Найденные частоты $n_i\%$ соответствуют содержаниям Pb, близким к каждому из дискретных содержаний C_i , как несколько большим, так и несколько меньшим C_i . Граница, по которой содержание элемента в пробе относится к верхнему или нижнему дискретному значению, зависит от их принадлежности к числу «любимых» (например, 1, 2, 3, 5) или «не-

C_i , 10-4%Pb	Подсчет по карте	n_i	$n_i, \%$	n_i ($\leq C_i$) ($\geq C_i$)	Накоп- ленная частота ($\leq C_i$)
4	┌	2	1,3	0,6	0,6
5	┐	3	1,9	0,7	2,2
				0,9	
6	⊗ ⊗ □	24	15,5	1,0	10,9
				7,7	
				7,8	31,6
8	⊗ ⊗ ⊗ ⊗	40	25,8	12,9	61,3
10	⊗ ⊗ ⊗ ⊗ ⊗ ┌	52	33,6	16,8	ε
				16,8	85,5
12	⊗ ⊗ ┐	23	14,8	7,4	
				7,4	95,8
15	⊗	9	5,8	2,9	
				2,9	99,4
20	┌	2	1,3	0,7	
				0,6	100,0
		Σ	155	100,0	

Рис. 2. Подсчет частоты различных содержаний Pb по карте (см. рис. 1)

любимых» (например, 1,2; 1,5; 2,5; 4) цифр и в общем случае нам неизвестна. Для построения графика распределения содержаний свинца подсчитываем накопленную (кумулятивную) частоту значений $\leq C_i$, условно, за исключением других данных, относя $1/2 n_i$ к содержаниям $\leq C_i$ и $1/2 n_i$ к $\geq C_i$. При этом большие цифры, образующиеся в результате деления нечетных десятых долей процента, относим в сторону возрастающей частоты, как это показано на рис. 2.

Наложив на вероятностный трафарет кальку, проводим ординаты с абсциссами 1 и 10 и ось абсцисс на уровне ординаты 50%. Подписываем цифры на координатных осях

(4—5 цифр по каждой из осей) и дальнейшую обработку ведем на кальке.

Наносим на кальку точки накопленной частоты по цифрам последней графы таблицы (рис. 2), при логарифмическом масштабе содержаний свинца по оси абсцисс. По этим точкам проводим осредняющую прямую, обращая основное внимание

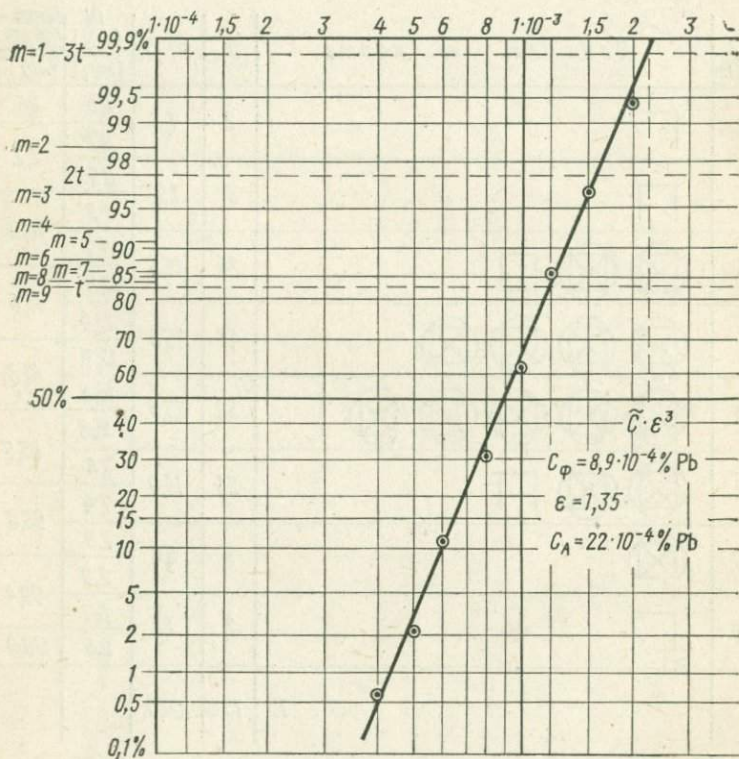


Рис. 3. Оценка параметров геохимического фона по графику накопленной частоты содержаний свинца в пробах литохимической съемки масштаба 1 : 50 000 (см. рис. 1)

на близость к этой прямой центральных точек с содержанием свинца 6, 8, 10 и 12, как имеющих наибольшую частоту («вес»). Удовлетворительная аппроксимация эмпирических точек прямой линией служит критерием согласия распределения с логнормальным законом (рис. 3).

Дополнительно проверяем соответствие нашего распределения логнормальному закону с помощью λ -критерия Колмогорова. Для этого отыскиваем на графике точку, ордината которой в наибольшей степени отклоняется от осредняющей

прямой. В данном случае это точка, отвечающая содержанию $\leq 8 \cdot 10^{-4}\%$ Рб с накопленной частотой $\Sigma n_i = 31,6\%$. Осредняющая прямая для этих содержаний имеет ординату $38,0\%$, или

$$\Delta y_{\max} = 38,0 - 31,6 = 6,4 \%$$

Допустимое по λ -критерию для 5%-ного доверительного уровня отклонение не должно превышать величины $\Delta y_{5\%} = \frac{1,35}{\sqrt{n}} 100 \%$. В нашем случае $\Delta y_{\max} = 6,4\% < \Delta y_{5\%} = 10,8\%$, следовательно, согласие распределения фоновых содержаний свинца с логнормальным законом подтверждается¹.

Определяя величину фона как антилогарифм моды, медианы и среднего значения логарифмов содержаний данного элемента в геохимическом поле, непосредственно считываем C_{Φ} в точке пересечения нашей прямой с осью абсцисс на уровне $\Sigma n_i = 50\%$ или $C_{\Phi} = \tilde{C} = 8,9 \cdot 10^{-4}\%$ Рб. По абсциссе точки на осредняющей прямой, отвечающей ординате $+3t$, определяем нижний уровень аномальных содержаний $C_{A,1} = 22 \cdot 10^{-4}\%$ Рб. Отсюда, согласно выражению (1.6), находим величину стандартного множителя $\varepsilon = \sqrt[3]{\frac{C_{3t}}{C_{\Phi}}} = 1,35$.

По левому краю вероятностной бумаги, используемой при геохимических поисках, в интервале от $t=1$ до $t=3$ нанесены отметки $\frac{3}{\sqrt{m}}$ для значений $m=9,8, \dots, 2,1$. Это позволяет по точкам пересечения соответствующих отметок с осредняющей прямой непосредственно считывать на оси абсцисс значения $C_{A,m}$ для оконтуривания слабых геохимических аномалий при различном числе точек с содержаниями $\geq C_{\Phi} \varepsilon^{3/\sqrt{m}}$. При этом, поскольку на карте результатов геохимических поисков содержания элементов обозначаются только десять дискретными цифрами, отсчеты $C_{A,m}$ достаточно вести с точностью до ближайшей сверху из этих цифр (1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8).

Соответственно $C_{A,1} = 22 \cong 25$, для отметки $m=2$ находим $C_{A,2} = 17 \cong 20$, $C_{A,3-A,7} = 15$ и $C_{A,8-A,9} = 12$ (все в $10^{-4}\%$ Рб). Таким образом, число различных аномальных содержаний $C_{A,m}$ на практике оказывается менее 9 и в нашем случае составляет для свинца только четыре цифры.

Найденные значения C_{Φ} , ε , n и четыре цифры $C_{A,m}$ выписываем на кальку с указанием номенклатуры трапеции и даты обработки. Результаты следует подписать.

¹ Несоответствие распределения фоновых содержаний элемента логнормальному закону указывает на геологическую, ландшафтную или аналитическую неоднородность выборки, состав которой подлежит внимательному пересмотру.

Обращаясь к карте результатов поисковой литохимической съемки (см. рис. 1), обнаруживаем дополнительно слабые литохимические аномалии: на пикетах 92 по профилям XV, XVI и XVII (по трем пробам с $C_x \geq 15$), на пикетах 179, 180 по профилям XI и XII (по четырем пробам $C_x \geq 15$), в полосе пикетов 167—172 по профилям XV—XXI (по 14 точкам с $C_x \geq 12$).

Задача 1.6. Определить параметры местного геохимического фона C_f , ϵ и нижние аномальные содержания $C_{A,1}$, $C_{A,2}$, ..., $C_{A,n}$ свинца в элювио-делювии по данным поисковой литохимической съемки, представленным на рис. 1, включив в выборку каждую первую (одиннадцатую, двадцать первую и т. д.) точку на всех профилях, за пределами явной аномалии.

Задача 1.7. Решить ту же задачу по выборке, составленной из всех вторых (двенадцатых, двадцать вторых и т. д.) точек съемочной сети.

Задача 1.8. То же по всем третьим (тринадцатым, двадцать третьим и т. д.) точкам.

Задача 1.9. То же по всем четвертым (четырнадцатым, двадцать четвертым и т. д.) точкам.

Задача 1.10. То же по всем пятым (пятнадцатым, двадцать пятым и т. д.) точкам.

Задача 1.11. То же по всем шестым (шестнадцатым, двадцать шестым и т. д.) точкам.

Задача 1.12. То же по всем седьмым (семнадцатым, двадцать седьмым и т. д.) точкам.

Задача 1.13. То же по всем восьмым (восемнадцатым, двадцать восьмым и т. д.) точкам.

Задача 1.14. То же по всем девятым (девятнадцатым, двадцать девятым и т. д.) точкам.

Задача 1.15. Определить параметры местного геохимического фона C_f , ϵ и численное значение неопределенных результатов анализа геохимических проб (н. о. — не обнаружено) для вольфрама по данным, приведенным в табл. 6.

Таблица 6
Скарнированные известняки.
Участок Чал-Ата

Число проб с различными содержаниями элементов			
C_i	W, 10^{-3} %	P, 10^{-2} %	B, 10^{-2} %
Н. о.	35	23	6
0,8	43	—	57
1	24	15	34
1,2	5	9	7
1,5	2	41	5
2	—	17	5
2,5	—	4	—
3	2	2	1
4	1	1	—
5	3	1	—
6	—	2	—
Всего	115	115	115

Ход решения. Статистическая обработка не полностью определенных фоновых выборок при геохимических поисках допускается при соблюдении условий:

$$n_0 + \frac{1}{2} n_1 < 50 \%,$$

где n_0 — частота в процентах неопределенных результатов анализа (н. о.); n_1 — частота первого численного результата, отвечающего порогу чувствительности анализа проб. В этом случае первая точка на графике накопленной частоты лежит ниже медианы, что исключает необходимость экстраполяции при оценке C_{ϕ} .

Исходные данные переводим в проценты и убеждаемся, что они удовлетворяют поставленному условию, поскольку $30,4 + 18,7 = 49,1 < 50 \%$. Построение графика на вероятностной бумаге и оценку параметров геохимического фона ведем в соответствии с указаниями к задаче I.5. Для оценки численного значения содержаний W , лежащих ниже порога чувствительности анализа (н. о.), на осредняющей прямой находим точку с ординатой $1/2 n_0 = 15,2 \%$. Абсцисса этой точки, отвечающая частоте содержаний вольфрама $\leq C_i = 0,6 \cdot 10^{-3} \%$, в соответствии с установленным законом распределения, определяет среднее содержание вольфрама, обозначаемое при анализе символом «не обнаружено».

Задача I.16. Решить ту же задачу для фосфора по данным табл. 6.

Задача I.17. Решить ту же задачу для бора по данным табл. 6.

Задача I.18. Определить графическим методом с помощью вероятностного трафарета величины систематической и случайной погрешностей литохимической съемки на свинец для участка Жаксыкотр по пикетам 0—30 для профилей 186 и 187 совместно. Исходные данные взять из табл. 5.

Ход решения. Определив с помощью табл. 3 значения разностей $\Delta_i = \lg C_{iI} - \lg C_{iII}$, подсчитываем частоту появления их различных значений по способу, рекомендованному в задаче I.5 (см. рис. 2). Разделив всю совокупность данных на целесообразное число интервалов, подсчитываем накопленную частоту n_i к середине каждого значения $\leq \Delta_i$ и переводим их в проценты:

$\leq \Delta_i$	Σn_i	$\Sigma n_i, \%$
-0,602	5,5	8,9
-0,398	16,5	26,6
-0,301	23,5	37,9
-0,176	34,5	55,6
-0,079	43	69,4
0,0	49,5	79,8
0,125	58	93,6
0,301	61,5	99,2
$\geq 0,301$	62	100,0

Строим на вероятностном бланке график накопленной частоты значений Δ_i при арифметическом масштабе по оси абсцисс и проводим осредняющую прямую. Убеждаемся в удовлетворительной аппроксимации эмпирических данных прямой линией, что говорит о нормальном законе распределения случайных ошибок съемки (для $\lg C_x$). По медиане распределения находим $\Delta_{\text{сист}} = -0,21$. Величину $s_{\Delta i}$ найдем из выражения

$$s_{\Delta i} = \frac{\Delta_{3i} - \Delta_{50\%}}{3} = \frac{0,55 - (-0,21)}{3} = 0,253.$$

Эта величина характеризует стандартное отклонение разностей логарифмов первого и второго определений, нам необходимо определить стандартное отклонение s одного определения. Считая первичные и повторные съемки равноточными, по теореме сложения дисперсий имеем

$$s = \frac{s_{\Delta i}}{\sqrt{2}} = 0,179,$$

Таблица 7

Результаты первичной и контрольной съемок.
Участок Западный

Pb, 10 ⁻³ %		Pb, 10 ⁻³ %		Pb, 10 ⁻³ %	
C _I	C _{II}	C _I	C _{II}	C _I	C _{II}
2	6	40	50	80	100
5	15	60	80	80	100
6	10	40	40	50	50
8	30	20	50	40	40
20	20	6	10	25	40
10	20	8	15	25	30
10	15	8	10	20	40
8	15	8	15	25	30
10	40	6	15	20	30
150	500	4	10	10	25
100	150	2	4	10	15
80	150	2	3	8	15
40	50	3	3	5	10
15	40	8	5	4	8
50	30	8	10	6	6
8	15	8	15	4	6
20	40	5	10	3	5
8	20	15	20	2	4
6	15	50	60	1,5	3
8	15	100	100	5	5
8	20	200	200	4	5
15	25	200	200		
50	80	200	250		

откуда

$$\Delta_{\text{случ}} = 0,8s = 0,8 \cdot 0,179 = 0,143.$$

Окончательно получаем:

$$\delta_{\text{сист}} = 0,61 \text{ и } \delta_{\text{случ}} = 1,39 \pm 1.$$

Найденные величины $\delta_{\text{сист}}$ и $\delta_{\text{случ}}$ отвечают средним значениям для профилей 186 и 187 (см. ответы к задачам I.3 и I.4).

Задача I.19. Определить тем же графическим способом величины $\delta_{\text{сист}}$ и $\delta_{\text{случ}}$ по данным, приведенным в табл. 7.

Задача I.20. Решить ту же задачу по данным, приведенным в табл. 8.

Таблица 8

Результаты первичной и контрольной съемок. Участок Поисковый

Cu, 10 ⁻³ %		Cu, 10 ⁻³ %		Cu, 10 ⁻³ %		Cu, 10 ⁻³ %		Cu, 10 ⁻³ %	
C _I	C _{II}	C _I	C _{II}	C _I	C _{II}	C _I	C _{II}	C _I	C _{II}
8	12	10	25	15	30	15	6	10	10
12	3	10	12	10	25	12	10	10	8
12	8	12	25	8	30	5	4	8	5
15	25	12	12	25	15	10	10	12	10
10	12	15	12	12	20	4	10	15	12
6	12	12	6	8	8	8	10	10	6
12	10	6	12	15	8	20	10	6	8
8	10	6	12	12	10	15	20	8	10
25	6	6	5	20	25	10	15	8	20
8	10	10	10	15	10	25	12	8	20
10	8	12	10	20	15	8	8	8	8
6	12	8	10	20	20	8	10	25	12
8	8	12	6	10	8	25	15	8	30
8	6	12	8	15	15	8	15	12	15
6	8	12	10	8	10	20	25	10	10
20	20	8	5	15	12	15	15	10	6
10	6	12	6	15	6	15	25	8	5
5	20	5	8	10	8	12	30	10	10
10	20	5	20	10	20	6	8	12	3
10	12	10	12	8	8	10	8	20	15
25	12	15	12						

Задача I.21. Определить целесообразную глубину пробы при литохимических поисках по вторичным ореолам рассеяния исходя из результатов опытных работ на участке минимально-промышленного свинцового оруденения (табл. 9).

Ход решения. Сравнительную эффективность разных способов проведения поисковых съемок можно оценить по величине показателя контрастности слабых аномалий γ — отно-

Результаты литохимических съемок

Условия пробоотбора		Параметры фона		C_{max} $10^{-4} \% \text{Pb}$
глубина, м	генетический горизонт	$C_{\text{ф}}$, $10^{-4} \% \text{Pb}$	ε	
0,15—0,20	А	16	1,5	200
0,40—0,50	В	30	2,3	500

шению уровня полезного сигнала к уровню шума s . С учетом логнормального распределения фоновых содержаний рудных элементов вычисление этого показателя ведем в логарифмах, согласно выражению (I.10). Имеем:

$$\gamma_1 = \frac{1}{\lg 1,5} \lg \left(\frac{200}{16} \right) = \frac{1,0969}{0,1761} = 6,23,$$

$$\gamma_2 = \frac{1}{\lg 2,3} \lg \left(\frac{500}{30} \right) = \frac{1,2218}{0,3617} = 3,38.$$

Следовательно, несмотря на рост максимальных содержаний металла в ореолах рассеяния с глубиной, в данном случае увеличение глубины пробоотбора не целесообразно, так как это ведет к снижению контрастности аномалии.

Пример отвечает характерному для хорошо развитого почвенного профиля росту абсолютного уровня и дисперсии фоновых содержаний многих микроэлементов в иллювиальном горизонте В.

При прочих равных условиях сравнительной оценке подлежат технико-экономические показатели разных способов ведения работ.

Задача I.22. Определить сравнительную контрастность вторичных наложенных ореолов рассеяния полиметаллического оруденения, выявленных по профилю X участка Ушкатын при валовом спектральном анализе проб литохимической съемки и при анализе уксуснокислых вытяжек из этих же проб. Результаты опытных работ приведены в табл. 10.

Задача I.23. Решить ту же задачу для ореолов рассеяния, выявленных по профилю XIII (см. табл. 10).

Задача I.24. Оценить роль повышения точности анализа проб до $\delta_{\text{техн}}=1,10$ на рост контрастности аномалий по данным табл. 9, если исходные значения ε отвечают обычной точности $\delta_{\text{техн}}=1,35$. Попутно определить $\varepsilon_{\text{прир}}$ для содержаний свинца в горизонтах А и В.

Задача I.25. Решить ту же задачу при условии увеличения точности до $\delta_{\text{техн}}=1,2$.

Результаты опытных литохимических съежек (1974 г.). Участок Ушкатын

Метод анализа проб	Показатель	Параметры фона		C_{\max}	
		C_{ϕ}	ϵ	профиль X	профиль XIII
Валовой спектральный	осредненное при $n=3$	652	1,17	5369	3555
Уксусноокислые вытяжки, определение с дитизоном	$\text{Pb} \cdot \text{Zn}, 10^{-7} \%^2$ $\Sigma \text{Pb} + \text{Zn} + \text{Cu}, 10^{-4} \%$	5,03	1,35	35	20

Задача I.26. Определить доверительные пределы $\pm \frac{s}{\sqrt{n}}$

для процента извлечения суммы металлов $\text{Cu} + \text{Pb} + \text{Zn}$ уксусноокислыми вытяжками из проб с фоновыми и аномальными содержаниями металла по данным, приведенным в табл. 11.

Таблица 11

Данные об извлечении суммы металлов $\text{Cu} + \text{Pb} + \text{Zn}$ уксусноокислыми вытяжками

Характер проб	Число проб	Процент извлечения		
		средний I	максимальный I_{\max}	минимальный I_{\min}
С фоновыми содержаниями	44	1,35	2,11	0,64
С аномальными содержаниями	37	1,82	3,33	0,80

Ход решения. В связи с небольшим размахом значений показателя извлечения I величину стандартного отклонения найдем по формуле (I.12); значения множителя β для соответствующего числа проб берем из приложения V. Имеем:

$$\pm \frac{s_1}{\sqrt{n_1}} = 0,227 \cdot \frac{2,11 - 0,64}{\sqrt{44}} \cong \pm 0,05,$$

$$\pm \frac{s_2}{\sqrt{n_2}} = 0,235 \cdot \frac{3,33 - 0,8}{\sqrt{37}} \cong \pm 0,1.$$

Задача I.27. Определить значимость наибольших различий между величинами фоновых содержаний свинца C_{ϕ} и стандартными множителями ϵ , найденными по 9 разным выборкам для участка литохимической съемки, изображенного на рис. 1 (задачи I.6—I.14). Значения C_{ϕ} и ϵ взять из табл. 117 в разделе «Ответы к задачам».

Ход решения. В указанной таблице находим минимальное значение $C_{\Phi} = 8,8$ и максимальное $C_{\Phi} = 9,3 \cdot 10^{-4} \%$ Рb. Соответственно минимальное значение $\varepsilon = 1,29$ и максимальное $\varepsilon = 1,36$. Оценку значимости этих различий начнем с ε , вычисления ведем в логарифмах.

По критерию Фишера, согласно выражению (1.14), имеем:

$$F = \frac{(\lg 1,36)^2}{(\lg 1,29)^2} = \frac{0,1335^2}{0,1106^2} = 1,46 < F_{5\%} = 1,5$$

(см. приложение IV). Различия незначимы.

По критерию Стьюдента, согласно выражению (1.15):

$$t = \frac{\lg 9,3 - \lg 8,8}{\sqrt{\frac{(\lg 1,29)^2}{121} + \frac{(\lg 1,36)^2}{121}}} = \frac{11 \cdot 0,0241}{0,1758} = 1,51 < t_{5\%} = 1,96.$$

Следовательно, различия оценок фоновых содержаний также незначимы, что и следовало ожидать.

Задача 1.28. Оценить значимость различий средних процентов извлечения суммы металлов из проб с фоновыми и аномальными содержаниями по данным задачи 1.26.

Задача 1.29. Выявленная поисковыми литохимическими съемками обширная аномалия на участке Жаксыкотр с высокими содержаниями свинца была отнесена исполнителями работ к числу гипергенных аккумуляций на испарительном барьере и вследствие этого признана бесперспективной (1964 г.). Эта оценка вызывает сомнение в связи с малым коэффициентом водной миграции свинца и его неспособностью к испарительной аккумуляции.

Надежным индикатором испарительных аномалий в аридных условиях района является стронций, аномальное содержание которого отмечается на участке. С целью уточнения генезиса свинцовой аномалии определить величину рангового коэффициента корреляции между содержаниями Рb и Sr по данным, приведенным в табл. 12.

Ход решения. Присваиваем порядковые (ранговые) номера содержаниям свинца, начиная с максимального значения на пикете 189 (300—«1»), далее на пикете 188 (150—«2») и т. д. Повторяющимся значениям, например на пикетах 190 и 191 (60—2 раза), присваиваем соответствующий средний порядковый номер $\frac{«4» + «5»}{2} = «4,5»$. Последний порядковый номер получает минимальное содержание на пикете 203 (5—«26»). Аналогичным путем нумеруем содержания стронция.

Результаты литохимической съемки по профилю 70. Участок Жаксыкотр

Пикеты	Pb, 10 ⁻³ %	Sr, 10 ⁻³ %	Mn, 10 ⁻² %	Пикеты	Pb, 10 ⁻³ %	Sr, 10 ⁻³ %	Mn, 10 ⁻² %
178	10	8	6	191	60	10	200
179	15	4	5		50	4	30
180	25	2	5		50	2,5	40
	20	6	6		50	3	15
	12	100	4		30	5	20
	10	3	10		15	3	12
	12	4	10		8	4	8
	40	3	12		6	2	8
	8	150	10		8	5	5
	80	4	20	200	10	4	8
	150	2,5	40		6	2	6
	300	3	60		6	4	12
190	60	5	50	203	5	2,5	20

Вычисляем разности ранговых номеров содержаний Pb и Sr для каждого из пикетов (Δ). Имеем для пикета 178 $\Delta=14$, для пикета 179 $\Delta=1,5$ и т. д. Возводим Δ в квадрат и подсчитываем $\Sigma\Delta^2=2739,5$. Рассчитываем по формуле (I.18) значения $T_{Pb}=3 \cdot 0,5 + 4 \cdot 2 = 9,5$ и $T_{Sr}=3 \cdot 2 + 10 + 28 = 44$ за счет повторяемости ранговых номеров и добавляем к $\Sigma\Delta^2$.

Согласно выражению (I.17),

$$r_{PbSr} = 1 - \frac{6 \cdot 2793}{26 \cdot (26^2 - 1)} = 0,045.$$

Найденный ранговый коэффициент корреляции является незначимым, что подтверждается величиной критического значения суммы квадратов разностей ($2793 > 1789$, приложение VII). Таким образом, испарительная природа свинцовой аномалии не подтверждается.

Задача I.30. С целью уточнения геохимической характеристики свинцовой аномалии Жаксыкотр определить величину рангового коэффициента корреляции между содержаниями Pb и Mn (см. табл. 12).

Задача I.31. Определить величину r_{MnSr} (см. табл. 12).

Задача I.32. Оценить роль испарительной аккумуляции в формировании гипергенной аномалии меди по профилю XIV на участке Бала-Бохтыбай (Южные Мугоджары) путем вычисления рангового коэффициента корреляции между содержаниями меди и стронция (табл. 13).

Задача I.33. Решить ту же задачу для профиля XVI (см. табл. 13).

Задача I.34. Решить ту же задачу для профиля XXV (см. табл. 13).

Результаты литохимической съемки масштаба 1:10 000 (1963 г.).
Содержания элементов в 10⁻³%. Сеть 100×20 м. Участок Бала-Бохтыбай

Пикеты	Профиль XIV		Профиль XVI		Профиль XXV		Профиль XXIX	
	Cu	Sr	Cu	Sr	Cu	Sr	Cu	Sr
10	15	2	—	—	7	3	—	—
11	10	2	—	—	5	10	—	—
12	8	3	—	—	8	5	—	—
13	12	6	—	—	6	50	—	—
14	15	3	—	—	8	25	—	—
15	7	4	15	3	4	40	—	—
16	15	3	15	5	6	30	—	—
17	20	5	15	2	10	4	—	—
18	8	15	8	3	7	8	—	—
19	4	100	20	4	12	7	—	—
20	7	65	8	6	8	2	5	3
21	40	7	7	80	25	3	8	3
22	5	3	15	20	30	3	20	2
23	8	2	10	8	20	2	25	3
24	6	4	12	15	5	2	15	3
25	—	—	4	200	—	—	25	5
26	—	—	5	12	—	—	30	10
27	—	—	6	5	—	—	15	12
28	—	—	5	4	—	—	4	150
29	—	—	8	2	—	—	4	80
30	—	—	7	3	—	—	5	70
31	—	—	—	—	—	—	6	8
32	—	—	—	—	—	—	4	5
33	—	—	—	—	—	—	5	10
34	—	—	—	—	—	—	4	50
35	—	—	—	—	—	—	3	10
36	—	—	—	—	—	—	4	40
37	—	—	—	—	—	—	3	15
38	—	—	—	—	—	—	5	12
39	—	—	—	—	—	—	4	6
40	—	—	—	—	—	—	5	5

Задача 1.35. Решить ту же задачу для профиля XXIX (см. табл. 13).

Задача 1.36. С целью выявления слабых аномалий, скрытых за уровнем природных и технических помех, произвести осреднение первичных геохимических данных по профилям 0 и II (пикеты 0—50) методом «скользящего окна» с $n=10$. Исходные данные, приведенные в табл. 14, имитируют результаты спектрального анализа проб наземной литохимической съемки масштаба 1:25 000 (сеть 250×50 м), проведенной в закрытом районе. Систематические ошибки анализа отсутствуют, случайные помехи распределены логнормально и для значений логарифмов содержаний рудного элемента, приведенных в табл. 14, носят аддитивный характер.

Размеры «скользящего окна» принять 500×250 м, по осредненным данным построить графики и сравнить их с графиками первичных данных. Оценить сравнительную контрастность максимальных отклонений от уровня фона исходных и осредненных значений геохимического поля.

Параметры местного геохимического фона принять: для исходных данных $\overline{\lg C_x} = 1,0$, $s_{lg} = 0,2$; для осредненных данных $\overline{\lg C_x} = 1,0$, $s_{lg} = \frac{0,2}{\sqrt{10}} = 0,0632$.

Ход решения. Путем построения графиков первичных данных в горизонтальном масштабе 1:5000 (вертикальный масштаб 1:50) убеждаемся, что надежное выделение аномалий на профилях 0 и II представляется затруднительным.

Выбранное «скользящее окно» включает два профиля по 5 точек на каждом. В соответствии с положением центра «окна», осредненные данные будем относить к промежуточному профилю I, по которому съемки не проводились, нумерацию пикетов в интервале 2—48 сохраним прежней, соответственно нечетному числу точек, осредняемых по каждому профилю.

При обработке «вручную», например с использованием электронного калькулятора, осредненное значение для пикета 2/I найдем как сумму всех первичных данных по пяти первым пикетам нулевого и второго профилей. Для удобства суммирование ведем в целых единицах 10^{-2} , полученную сумму $\Sigma_I = 971$ записываем в ведомость с перенесением запятой на три знака влево, что отвечает делению на $n = 10$ и возврату к исходным единицам. Из полученной первой суммы вычитаем сумму значений на пикетах 0/0 и 0/II и прибавляем сумму значений на пикетах 5/0 и 5/II. Эта сумма $\Sigma_{II} = 955$, с перенесенной запятой, отвечает осредненному значению на пикете 3/I. Из второй суммы вычитаем значения на пикетах 1/0 и 1/II, прибавляем значения 6/0 и 6/II и т. д.

При подсчетах, начиная с Σ_{II} , удобно пользоваться полоской бумаги, по размеру отвечающей ширине записей четырех точек и двух смежных профилей в таблице исходных данных, последовательно передвигая ее вправо вдоль профилей и проводя «в уме» суммирование двух вычитаемых (или прибавляемых) значений, прилегающих к краю полоски. График осредненных значений следует строить в том же линейном масштабе 1:5000 с вертикальным масштабом 1:10. На этом графике легко обнаружить наличие отчетливой аномалии на пикетах 20—30.

Показатель контрастности слабых аномалий определяем как «отношение уровня полезного сигнала к уровню помех», согласно выражению (I.10). Максимальное отклонение от фона исходных значений логарифмов содержаний свинца

обнаруживаем на пикете 7 профиля II. Для этой точки имеем:

$$\gamma_{\text{исх}} = \frac{1,52 - 1,0}{0,2} = 2,6.$$

Для осредненных значений максимум обнаруживаем на пикете 7/II. Откуда

$$\gamma_{\text{осред}} = \frac{1,307 - 1,0}{0,063} = 4,87 > 2,6.$$

Таким образом, осреднение методом «скользящего окна», за счет подавления случайных помех, привело к существенному увеличению контрастности слабой аномалии, которая в составе исходных данных не достигала даже нижнего аномального уровня $\gamma \geq 3$.

Задача I.37. По условиям задачи I.36 произвести обработку первичных данных по профилям II и IV, приведенных в табл. 14, построить графики и оценить контрастность аномалий.

Задача I.38. Произвести такую же обработку первичных данных по профилям IV и VI (см. табл. 14).

Задача I.39. Произвести такую же обработку первичных данных по профилям VI и VIII (см. табл. 14).

Задача I.40. Произвести такую же обработку первичных данных по профилям VIII и X (см. табл. 14).

Задача I.41. По аналогии с задачей I.36 произвести обработку первичных данных по профилям 0, II и IV, приведенных в табл. 14 со «скользящим окном» 750×350 м ($n=21$). Сравнить графики первичных и осредненных данных.

По этим данным оценить сравнительную контрастность максимальных отклонений от фона для исходных данных по профилям 0, II, IV и для осредненного профиля II.

Параметры геохимического фона принять: для исходных данных $\lg C_x = 1,0$, $s_{\lg} = 0,2$; для осредненных данных $\lg C_x = 1,0$, $s_{\lg} = \frac{0,2}{\sqrt{21}} = 0,0436$.

Задача I.42. Произвести обработку первичных данных со «скользящим окном» 750×350 м по профилям II, IV и VI (см. табл. 14), сравнить соответствующие графики и контрастность аномалий.

Задача I.43. Провести обработку первичных данных с «окном» 750×350 м по профилям IV, VI и VIII (см. табл. 14), сравнить соответствующие графики и контрастность аномалий.

Задача I.44. Произвести обработку первичных данных с «окном» 750×350 м по профилям VI, VIII и X (см. табл. 14),

Исходные данные — логарифмы содержаний свинца в $10^{-4}\%$

ПК \ ПР	ПК																
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	1,21	1,37	0,82	0,91	0,61	1,06	0,89	0,86	0,89	0,85	1,10	1,06	0,81	0,65	1,26	0,95	1,20
II	1,14	1,18	0,94	0,80	0,73	1,13	0,93	1,52	0,88	1,22	0,83	0,73	1,12	1,01	1,05	1,00	0,95
IV	0,67	0,96	0,98	1,05	0,93	0,79	0,84	0,91	1,11	1,25	0,87	0,92	0,98	0,94	1,02	1,03	1,10
VI	1,20	1,17	1,15	1,16	0,87	0,94	0,72	1,01	0,79	0,58	1,16	0,94	1,04	1,03	1,10	0,86	1,17
VIII	0,70	0,60	0,96	0,94	0,79	0,98	1,13	0,77	0,94	0,97	0,91	1,15	1,27	0,96	0,83	1,20	0,80
X	0,92	0,76	1,02	0,55	1,01	0,94	1,20	0,86	0,90	1,10	0,81	0,63	0,82	0,81	1,23	1,13	1,10
ПК \ ПР	ПК																
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
0	0,91	1,23	1,00	1,18	1,15	1,41	1,23	1,22	1,46	1,47	1,07	0,93	1,26	1,29	1,03	0,85	0,83
II	1,16	0,96	0,82	0,92	0,89	1,48	0,96	1,12	1,27	1,36	1,12	1,29	0,96	1,04	1,07	1,12	1,26
IV	0,96	1,09	1,31	1,26	1,50	1,37	1,23	1,07	1,22	0,88	1,32	1,30	1,25	1,02	0,99	0,82	0,98
VI	0,94	1,22	1,37	1,08	1,34	1,33	1,09	1,30	1,29	1,35	0,97	1,01	1,17	1,48	1,08	0,90	1,04
VIII	1,16	1,22	1,30	1,52	1,22	1,10	1,37	1,27	0,95	1,31	1,43	0,87	1,29	1,30	1,30	1,09	0,59
X	1,11	1,03	0,80	1,54	1,34	1,23	1,25	1,42	0,98	0,97	1,23	1,09	1,05	0,99	1,18	0,93	0,93
ПК \ ПР	ПК																
	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
0	1,03	0,73	1,16	0,90	0,79	0,86	1,22	1,01	0,98	1,19	1,02	1,06	0,60	1,36	1,05	1,09	0,67
II	1,27	0,96	1,42	0,98	0,90	0,89	0,99	1,12	1,00	1,21	0,72	0,83	1,00	1,02	1,12	1,00	1,12
IV	0,98	0,84	0,74	1,15	1,01	1,19	1,05	1,02	0,74	1,05	1,29	1,29	1,44	1,16	1,12	0,66	1,03
VI	0,91	0,93	0,96	0,90	0,96	0,53	0,83	1,14	1,15	1,09	0,93	0,97	0,97	1,23	0,65	0,74	0,79
VIII	1,13	1,21	1,24	0,94	0,68	1,07	1,11	1,04	1,11	0,78	1,17	0,78	0,91	1,51	1,32	0,81	1,10
X	1,03	0,91	1,14	0,82	0,66	1,08	1,14	0,69	0,86	0,93	0,81	1,03	0,83	0,80	1,27	1,07	1,25

сравнить соответствующие графики и контрастность аномалий.

Задача 1.45. Для выявления на участке Рубцовский слабых наложенных ореолов рассеяния погребенного полиметаллического оруденения произвести мультипликацию содержаний Pb, Zn, Cu, Ag, Ba по пикетам 0—30 профиля 157. Исходные данные, приведенные в табл. 15, — результат осреднения

Таблица 15
 Результаты литохимической съемки масштаба 1:25 000.
 Осредненные данные ($n=10$). Участок Рубцовский. Профиль 157

Пикеты	Pb, $10^{-3}\%$	Zn, $10^{-2}\%$	Cu, $10^{-3}\%$	Ag, $10^{-6}\%$	Ba, $10^{-2}\%$	Пикеты	Pb, $10^{-3}\%$	Zn, $10^{-2}\%$	Cu, $10^{-3}\%$	Ag, $10^{-6}\%$	Ba, $10^{-2}\%$
0	2,29	1,19	4,04	8,30	6,05	72	2,14	1,10	3,95	8,36	5,89
1	2,29	1,22	4,00	8,46	5,86	73	2,14	1,10	3,98	8,18	5,91
2	2,24	1,19	3,98	8,36	5,75	74	2,10	1,07	3,90	8,18	5,91
3	2,24	1,14	3,98	8,36	5,54	75	2,14	1,08	3,90	8,18	5,91
4	2,28	1,14	3,98	8,55	5,44	76	2,25	1,10	3,90	8,36	5,85
5	2,28	1,10	3,98	8,36	5,44	77	2,30	1,10	3,90	8,36	5,85
6	2,28	1,06	3,98	8,55	5,54	78	2,30	1,08	3,90	8,55	5,97
7	2,33	1,06	3,98	8,75	5,64	79	2,42	1,10	3,90	8,36	5,73
8	2,33	1,08	3,98	8,94	5,74	80	2,42	1,08	3,90	8,36	5,84
9	2,24	1,04	3,98	8,75	5,85	81	2,31	1,04	3,90	8,36	5,90
10	2,24	1,08	4,07	8,94	5,72	82	2,31	1,02	3,98	9,17	6,19
11	2,19	1,06	4,07	8,55	5,60	83	2,24	0,98	3,87	9,17	6,30
12	2,25	1,06	4,07	8,36	5,50	84	2,13	0,94	3,76	9,17	6,75
13	2,25	1,06	3,98	8,36	5,50	85	2,16	0,98	3,84	9,38	6,62
14	2,41	1,12	4,16	8,91	5,50	86	2,34	1,04	3,93	9,59	6,40
15	2,47	1,14	4,16	8,91	5,62	87	2,51	1,08	3,94	8,94	6,40
16	2,59	1,20	4,16	9,11	5,74	88	2,52	1,14	4,05	8,94	6,28
17	2,59	1,22	4,25	9,11	5,62	89	2,66	1,16	4,26	8,94	6,14
18	2,59	1,22	4,34	9,11	5,40	90	2,55	1,14	4,25	8,75	6,32
19	2,53	1,20	4,16	8,75	5,19	91	2,45	1,05	4,16	8,36	6,54
20	2,47	1,20	4,16	8,75	5,40	92	2,23	1,01	4,07	8,18	6,42
21	2,41	1,15	4,16	8,55	5,01	93	2,32	1,02	4,07	8,18	6,46
22	2,35	1,15	4,07	8,55	5,11	94	2,21	1,04	3,98	8,18	6,46
23	2,39	1,15	4,07	8,36	5,22	95	2,20	1,03	3,90	8,18	6,18
24	2,38	1,15	4,16	8,36	5,44	96	2,20	1,08	3,98	8,18	5,92
25	2,38	1,15	4,16	8,18	5,54	97	2,29	1,12	4,07	8,18	5,68
26	2,38	1,20	4,16	8,18	5,52	98	2,24	1,12	4,07	8,00	5,68
27	2,38	1,20	4,16	8,18	5,50	99	2,30	1,12	4,11	8,00	5,59
28	2,33	1,18	4,16	8,18	5,48	100	2,41	1,14	4,07	8,00	5,65
29	2,29	1,18	4,16	8,00	5,38						
30	2,35	1,18	4,07	8,18	5,38						

содержаний каждого из элементов в пробах наземной литохимической съемки масштаба 1:25 000 (1974 г.). Съемки выполнялись по сети 200×50 м, нумерация профилей через 100 м, пробоотбор с глубины 15—20 см производился по четным профилям. Осреднение по программе «МГУ-101» было выполнено «скользящим окном» 400×250 м (2 профиля по

5 точек, $n=10$), сглаженные данные отнесены к нечетным профилям.

Мощность дальнепринесных неоген-четвертичных отложений, перекрывающих вторичные остаточные ореолы рассеяния в древней коре выветривания, составляет на участке Рубцовский от 60 до 140 м. Ландшафты степные.

Сравнить исходные и полученные данные путем построения соответствующих графиков. Указать положение C_{\max} по мультипликативным данным.

Ход решения. Строим графики исходных данных по профилю 157 (пикеты 0—30) для каждого из рудных элементов (см. табл. 15) в масштабах: Pb—1 см= $1 \cdot 10^{-3}\%$, Zn—1 см= $1 \cdot 10^{-2}\%$, Cu—1 см= $1 \cdot 10^{-3}\%$, Ag—1 см= $5 \cdot 10^{-6}\%$, Ba—1 см= $1 \cdot 10^{-2}\%$, горизонтальный масштаб 1:10 000. Убеждаемся в трудности выделения аномалий по осредненным первичным данным. Производим перемножение содержаний 5 рудных элементов, последовательно для всех точек, начиная с пикета 0, занося полученные данные в соответствующую ведомость. В результате имеем:

Пикеты	Pb·Zn·Cu·Ag·Ba, $10^{-16} (\%)^5$
0	553
1	554
2	510
и т. д.	

Строим график мультипликативных данных в масштабе 1 см= $100 \cdot 10^{-16} (\%)^5$, горизонтальный масштаб 1:10 000 и убеждаемся в наличии четкой геохимической аномалии на пикете 17 с $C_{\max}=688 \cdot 10^{-16} (\%)^5$. Таким образом, мультипликация содержаний рудных элементов привела к обнаружению достаточно контрастной литохимической аномалии на закрытом участке, где имелись только слабые моноэлементные геохимические аномалии, скрытые за уровнем природных и технических помех.

Задача 1.46. Произвести такую же обработку данных по пикетам 72—100 профиля 157 (см. табл. 15).

Задача 1.47. Произвести такую же обработку данных по пикетам 0—30 профиля 159 (табл. 16).

Задача 1.48. Произвести такую же обработку данных по пикетам 0—24 профиля 163 (см. табл. 16).

Задача 1.49. Определить вероятность появления фиктивных аномалий на совершенно безрудном участке при их выделении по критериям $C_{A,1} \geq C_{\Phi} \epsilon^3$ для одной точки и $C_{A,2} \geq C_{\Phi} \epsilon^{3\sqrt{2}}$ для двух смежных точек прямоугольной съемочной сети.

Результаты литохимической съемки масштаба 1:25 000.
Осредненные данные ($n=10$). Участок Рубцовский

Пикеты	Профиль 159					Пикеты	Профиль 163				
	Pb, $10^{-3}\%$	Zn, $10^{-2}\%$	Cu, $10^{-3}\%$	Ag, $10^{-6}\%$	Ba, $10^{-2}\%$		Pb, $10^{-3}\%$	Zn, $10^{-2}\%$	Cu, $10^{-3}\%$	Ag, $10^{-6}\%$	Ba, $10^{-2}\%$
0	2,10	1,15	4,00	8,00	5,12	0	2,32	0,95	4,00	8,00	6,54
1	2,10	1,14	4,00	8,00	5,09	1	2,30	0,95	4,00	8,00	6,24
2	2,10	1,13	4,00	8,00	5,07	2	2,29	0,99	4,00	8,00	6,42
3	2,10	1,11	4,00	8,00	4,87	3	2,24	1,03	4,09	8,00	6,24
4	2,10	1,14	4,00	8,00	4,87	4	2,14	1,02	4,09	8,00	6,24
5	2,10	1,11	4,00	8,00	4,98	5	2,09	1,04	4,09	8,00	5,89
6	2,10	1,14	4,00	8,18	5,08	6	2,09	1,08	4,09	8,18	5,89
7	2,10	1,16	4,00	8,36	5,16	7	2,09	1,08	4,09	8,55	5,72
8	2,10	1,16	3,87	8,36	5,38	8	2,14	1,11	4,00	8,75	5,89
9	2,10	1,16	3,87	8,36	5,48	9	2,19	1,16	4,00	8,94	5,89
10	2,10	1,21	3,78	8,36	5,48	10	2,24	1,16	4,00	9,15	6,06
11	2,10	1,18	3,78	8,18	5,48	11	2,24	1,11	4,09	9,15	6,24
12	2,15	1,18	3,78	8,00	5,38	12	2,19	1,09	4,09	8,75	6,24
13	2,15	1,20	3,89	8,00	5,38	13	2,19	1,05	4,09	8,55	6,12
14	2,41	1,24	3,97	8,71	5,48	14	2,24	1,03	4,09	8,36	5,84
15	2,67	1,22	4,18	9,28	5,58	15	2,24	1,05	4,18	8,18	5,68
16	2,75	1,19	4,06	9,49	5,68	16	2,24	1,09	4,18	8,18	5,42
17	2,76	1,13	4,06	9,49	5,68	17	2,24	1,09	4,28	8,18	5,32
18	2,77	1,09	4,06	9,49	5,68	18	2,24	1,09	4,37	8,36	5,26
19	2,56	1,01	3,86	8,71	5,48	19	2,19	1,05	4,47	8,55	5,26
20	2,32	0,94	3,67	8,18	5,38	20	2,19	1,05	4,37	8,55	5,42
21	2,26	0,92	3,78	8,00	5,18	21	2,19	1,03	4,28	8,36	5,52
22	2,26	0,96	3,78	8,00	5,18	22	2,24	1,05	4,18	8,36	5,62
23	2,31	0,94	3,78	8,00	5,09	23	2,24	1,08	4,09	8,18	5,52
24	2,31	0,96	3,89	8,00	5,18	24	2,24	1,12	4,18	8,00	5,62
25	2,31	0,99	4,00	8,00	5,28						
26	2,37	1,03	4,00	8,00	5,38						
27	2,37	1,01	4,00	8,00	5,48						
28	2,31	0,99	4,00	8,00	5,58						
29	2,31	0,99	4,00	8,18	5,58						
30	2,37	0,99	4,00	8,18	5,48						

Ход решения¹. Вероятность появления фоновых содержаний рудного элемента, согласно выражению (I.5), составляет $P_1 = 1 - 0,9986 = 0,0014$. Появление фонового содержания $C_{A,1} > x \geq C_{A,2}$ имеет вероятность $1 - 0,983 - 0,0014 = 0,0156$. Для данной точки с повышенным содержанием металла роль смежной может принадлежать любой из окружающих ее восьми точек. Вероятность, что хотя бы в одной из них содержание металла будет $C_{A,1} > x \geq C_{A,2}$, определим, согласно формуле (I.22):

$$P = 1 - (1 - 0,0156)^8 = 1 - 0,8818 = 0,1182.$$

¹ Решение приближенное.

Вероятность P_2 появления двух смежных точек с заданным повышенным содержанием найдем из произведения вероятностей:

$$P_2 = 0,0156 \cdot 0,1182 = 0,0018.$$

На поисковой площади с общим числом N точек наблюдения количество фиктивных однотоочечных и двухточечных аномалий, обязанных только колебаниям фона, в сумме составит

$$n_A = N \cdot 0,0014 + \frac{1}{2} N \cdot 0,0018.$$

Двухточечные аномалии с содержаниями металла в одной или в обеих точках $\geq C_{A,1}$ здесь учтены в составе первого слагаемого.

Аналогичным путем могут быть найдены вероятности появления трехточечных фоновых аномалий с содержаниями металла $\geq C_{A,3}$.

Задача 1.50. Рассчитать вероятность обнаружения аэрогаммаспектральными съемками масштаба 1 : 200 000 ореолов рассеяния вытянутой формы с неизвестной ориентировкой, протяженностью в контуре $C_A = 1400, 450$ и 200 м. Оценить вероятность обнаружения этими съемками месторождения, представленного одним ореолом рассеяния протяженностью 1400 м, шестью ореолами по 450 м и 15 ореолами по 200 м, считая, что для его выявления достаточно первоначально обнаружить любой из ореолов рассеяния в пределах рудного поля этого месторождения.

Ход решения. Обнаружение объекта при непрерывных наблюдениях обеспечивается при его пересечении съемочным маршрутом; вероятность этого рассчитываем по формуле Бюффона (1.20). Расстояние между маршрутами при аэро съемке масштаба 1 : 200 000 составляет $2l = 2000$ м, откуда

$$P_1 = \frac{1400}{3,14 \cdot 1000} = 0,446, \quad P_2 = \frac{450}{3,14 \cdot 1000} = 0,143$$

и

$$P_3 = \frac{200}{3,14 \cdot 1000} = 0,064.$$

Вероятность обнаружения месторождения найдем из выражения (1.22):

$$P = 1 - (1 - 0,446) \cdot (1 - 0,143)^6 \cdot (1 - 0,064)^{15} = 0,919.$$

Такая вероятность, заметно отличающаяся от 0,999, не гарантирует от пропуска этого месторождения и при поисковых съемках считается недостаточной.

Задача 1.51. Рассчитать вероятность обнаружения поисковыми литохимическими съемками масштаба 1 : 50 000 (сеть

500×50 м) полиметаллических месторождений Заилийского Алатау различных классов крупности, характеристика ореолов рассеяния которых приведена в табл. 17.

Примечание. Вторичные ореолы рассеяния рудных месторождений чаще всего имеют эллиптическую форму. Поэтому их площадь следует вычислять по формуле $S = \pi ab$, где $2a, 2b$ — соответственно ширина и длина ореола. Считать, что для обнаружения объекта достаточно попадания в контур любого из ореолов одной точки наблюдения.

Задача 1.52. Решить ту же задачу, считая, что для надежного обнаружения объекта необходимо попадание в контур ореола двух точек наблюдения. В этом случае формула (1.21) принимает вид [25]:

$$P^{(2)} = 1 - e^{-S/\Delta S} (1 + S/\Delta S).$$

Задача 1.53. По условиям задачи 1.51 рассчитать вероятность обнаружений месторождений (табл. 17) поисковыми литохимическими съемками масштаба 1:25 000 по сети 250×40 м.

Таблица 17

Вторичные остаточные ореолы рассеяния полиметаллических месторождений в ландшафтах выровненных водоразделов. Заилийский Алатау

Класс месторождений	Типовые размеры ореолов в контуре C_A			
	для Pb			
	1300×50 м	700×40 м	400×30 м	2 тыс. м ²
Крупные	1	4	10	10
Средние	—	1	5	5
Мелкие	—	—	2	3
Непромышленные рудопоявления .	—	—	—	1

Задача 1.54. Решить ту же задачу, исходя из попадания в контур ореола рассеяния двух точек наблюдения.

Задача 1.55. Рассчитать вероятность обнаружения полиметаллических месторождений, приведенных в табл. 17, съемками масштаба 1:50 000 (сеть 500×50 м) в ландшафтах активно денудированных горных склонов Заилийского Алатау, характеризующихся следующими типовыми размерами ореолов рассеяния свинца: 1) 1300×100 м; 2) 700×86 м; 3) 400×80 м; 4) 5 тыс. м². Принять, что для обнаружения ореола достаточно попадания в его контур одной точки наблюдения.

Задача 1.56. Решить ту же задачу для условий попадания в контур ореола двух точек наблюдения (см. задачу 1.52).

Задача 1.57. Рассчитать ожидаемое общее число литохимических аномалий, приходящихся на одно крупное место-

рождение, если при поисковых съемках масштаба 1:50 000 вероятность выявления объектов различных классов крупности характеризуется следующими цифрами:

крупное месторождение	— 0,9903,
среднее месторождение	— 0,7678,
мелкое месторождение	— 0,3738,
непромышленное рудопроявление	— 0,18.

Ход решения. Путем деления трех цифр вероятностей на 0,9903 приводим их к вероятности обнаружения крупного месторождения $P_{\text{крупн}}=1$. Отсюда $P_{\text{средн}}=0,7753$, $P_{\text{мелк}}=0,3774$ и $P_{\text{непром}}=0,1818$.

Исходя из численных соотношений между объектами различных классов (см. табл. 1) имеем

$$\begin{array}{r}
 n_{\text{крупн}}=1 \\
 n_{\text{средн}}=7 \cdot 0,7753 \cong 5 \\
 n_{\text{мелк}}=49 \cdot 0,3774 \cong 18 \\
 n_{\text{непром}}=343 \cdot 0,1818 = 62 \\
 \hline
 N=86.
 \end{array}$$

Задача 1.58. Решить ту же задачу для условий $P_{\text{крупн}} \sim 1$; $P_{\text{средн}}=0,9817$; $P_{\text{мелк}}=0,7275$; $P_{\text{непром}}=0,3$.

ГЛАВА II

ОЦЕНКА ПЕРВИЧНЫХ ОРЕОЛОВ И ПРОГНОЗ СКРЫТОГО ОРУДЕНЕНИЯ

Геохимические поиски слепых рудных тел по их первичным ореолам основаны на предварительном изучении морфологии, параметров и геохимических характеристик ореолов и зональности разведанных рудных тел. Установленные этими исследованиями закономерности служат в дальнейшем для обоснования методики поисков и оценки интервалов рудной минерализации на флангах и глубоких горизонтах рудных полей разведываемых и эксплуатируемых месторождений [9, 21]. Литохимические поиски по первичным ореолам ведутся на стадии детальных или разведочных работ, что определяет построение геохимических карт и разрезов в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, иногда крупнее. Объектами опробования являются горные выработки, буровые скважины, коренные породы в обнажениях. Шаг отбора проб во вмещающих породах обычно составляет 5—10 м со сгущением в рудной зоне до 1—2 м. Задача выявления слепых рудных тел при этом носит скорее прогнозно-оценочный, нежели поисковый, характер, позволяя в итоге сделать вывод о целесообразности дальнейшей разведки обнаруженных зон рудной минерализации или их отбраковки. Возможные варианты, которые в данном случае приходится рассматривать, иллюстрируются рис. 4.

Наиболее простым и общепринятым изображением результатов анализа литохимических проб является построение графиков содержаний основных рудных элементов. В пределах нижеаномальных значений определяются эффективные размеры первичного ореола. В случае площадного опробования распределение химических элементов целесообразно изображать в виде изолиний на планах или разрезах. Модуль при проведении изолиний следует брать постоянным — 1, 3, 10, 30, 100, 300, ... или 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, ... При очень контрастных геохимических аномалиях с интервалами богатых руд значения изолиний могут изменяться на порядок — 1, 10, 100, 1000 и т. д.

Распределение содержаний рудных элементов в диффузионных и инфильтрационных ореолах в простых случаях [20] подчиняется экспоненциальной зависимости

$$C_x = C_0 e^{-\lambda x} + C_\phi, \quad (\text{II.1})$$

где C_x — содержание элемента на расстоянии x от точки с начальной концентрацией C_0 ; $1/\lambda$ — коэффициент миграционной способности (подвижности), измеряемый в метрах. Этот показатель, в отличие от размеров аномалий, имеет парамет-

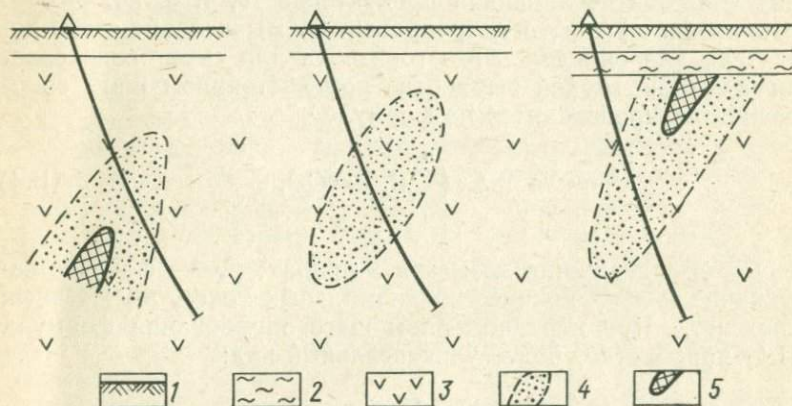


Рис. 4. Типы геологических задач, решаемых при геохимических поисках слепых рудных тел:
1 — почвенно-растительный слой; 2 — рыхлые образования; 3 — рудовмещающие породы; 4 — непромышленная минерализация; 5 — рудное тело

рический смысл и характеризует способность атомов химических элементов к миграции от центра рудной зоны (от начальной точки $x=0$) в сторону рудовмещающих пород (для диффузионных ореолов) и по восстанию (падению) рудной зоны для инфильтрационных ореолов. Оценивая величину миграционной подвижности элемента $1/\lambda$ для надрудных инфильтрационных ореолов, можно рассчитывать глубину (расстояние) до уровня с заданным промышленным содержанием металла в рудах.

При построении в полулогарифмическом масштабе координат ($\lg C_x, x$) график содержаний рудного элемента $C_x=f(x)$ приобретает прямолинейный характер, при этом величина $1/\lambda$ будет пропорциональна котангенсу угла α , образованного осредняющей прямой с осью абсцисс:

$$1/\lambda = K \operatorname{ctg} \alpha, \quad (\text{II.2})$$

где K — коэффициент, учитывающий соотношения масштабов по осям координат. Для конкретного масштаба построения графиков этот множитель определяется величиной

$$K = \frac{y}{10 \text{ пп}} = \frac{y}{2,303} = 0,434y, \quad (\text{II.3})$$

где y — принятый по оси ординат модуль десятичных логарифмов содержаний элементов, выраженный в линейной мере масштаба оси абсцисс.

Важным параметром оруденения (литохимической аномалии) является ее линейная продуктивность, т. е. количество металла (х. э.) $M_{\text{р.т}}$ в метропроцентах. Вычисление этого показателя для определенного горизонта или сечения по скважине, канаве, горной выработке при постоянном шаге опробования Δx производится по формуле

$$M = \Delta x \left(\sum_1^n C_x - nC_{\text{ф}} \right), \quad (\text{II.4})$$

где C_x — содержания элемента в пробах; $C_{\text{ф}}$ — фоновое содержание и n — количество аномальных точек, включенных в подсчет. При неравномерном шаге опробования формула (II.4) приобретает более универсальный вид:

$$M = \sum_1^n \left(\frac{l_{x+1} - l_{x-1}}{2} \right) \cdot (C_x - C_{\text{ф}}), \quad (\text{II.5})$$

где l_x — абсцисса точки с содержанием металла C_x . Если на всем опробуемом интервале (в пределах нижеаномальных значений) подсчитано среднее содержание элемента \bar{C} (или \bar{C}) $\gg C_{\text{ф}}$, линейная продуктивность в этом случае определяется как произведение среднего на всю длину интервала l :

$$M = \bar{C}l, \quad (\text{II.6})$$

где $\bar{C} = \bar{C} e^{1/2S^2 \text{ пп}}$.

Построению графиков содержаний и геохимических карт элементов, определению миграционной способности $1/\lambda$ и подсчету линейной продуктивности $M_{\text{р.т}}$ посвящены задачи II.1—II.10.

При анализе закономерностей образования рудных месторождений, прогнозе оруденения на глубину и оценке геохимических аномалий важное место занимает изучение зональности распределения химических элементов, под которой понимается закономерное изменение в пространстве соотношений между элементами типоморфного комплекса данного месторождения.

Для сравнения геохимических характеристик двух сечений рудной зоны A и B наиболее удобен графический метод геохимических спектров [22], который заключается в следую-

щем. Для одного из сечений, выбранного за эталон, ранжируются продуктивности (средние содержания) элементов в убывающем порядке и изображаются графически в полулогарифмическом масштабе. Полученный график имеет монотонно убывающий вид и характеризует геохимический спектр выбранного сечения. Геохимический спектр второго сечения строится в том же масштабе и при том же порядке расположения элементов. При этом возможны любые отклонения от монотонного характера, и график приобретает «изрезанный» вид.

Свойства логарифмов позволяют совмещать между собой одноименные точки двух графиков, что по смыслу отвечает простому умножению (или делению) всех значений на постоянное число. Если оказывается возможным совместить все точки двух построенных спектров, можно сделать вывод, что между сравниваемыми объектами нет никаких геохимических различий и только одно из сечений богаче (или беднее) другого. Если различия обнаруживаются, графики совмещаются по одному или нескольким рудным элементам (чаще всего такое совмещение производится по основному рудному компоненту).

Совокупность геохимических различий между сечениями можно выразить с помощью геохимического коэффициента n -ного порядка v_n . Этот показатель представляет собой дробь, числитель которой образуется произведением продуктивностей (средних содержаний) элементов, находящихся в дефиците, а знаменатель — произведение тех же величин для элементов, находящихся в избытке. Количественной мерой различия между сравниваемыми уровнями служит отношение v_A/v_B (при этом $v_A > v_B$), именуемое разрешающей силой геохимического показателя.

Помимо линейных геохимических спектров может быть применен способ построения круговых (радиальных, лучевых) геохимических спектров для величин отношений линейных (площадных) продуктивностей или средних содержаний элементов типоморфного комплекса к продуктивности (среднему содержанию) основного рудного элемента в изучаемом объекте. Для однотипных месторождений перечень и взаимное расположение по окружности элементов целесообразно принимать постоянными. По соответствующим радиусам откладываются безразмерные величины отношений

$\frac{\text{химический элемент}}{\text{основной рудный элемент}}$ в логарифмическом масштабе с модулем $\lg 10 = 1$ см. Начало отсчета на круге диаметром 2 см принимается в соответствии с возможной минимальной величиной этого отношения.

Построению геохимических спектров посвящены задачи II.11—II.18.

Для надежного выявления зональности необходимо рассмотреть отношения между элементами по большому числу пересечений рудной зоны на всем интервале «надрудный ореол — руда — подрудный ореол» и более чем по одному разведочному профилю.

Число таких отношений (для одного уровня) прогрессивно растет с увеличением числа химических элементов, привлекаемых для исследования (табл. 18). Для k химических эле-

Таблица 18

Возможное число показателей

Число химических элементов	Число возможных геохимических показателей v_i^*				
	$\left(\frac{1}{1}\right)$	$\left(\frac{2}{2}\right)$	$\left(\frac{3}{3}\right)$	$\left(\frac{4}{4}\right)$	всего $\left(\frac{1}{1}\right) \div \left(\frac{4}{4}\right)$
2	1	нет	нет	нет	1
3	3	3	6	9	21
4	6	15	32	54	107
5	10	45	160	335	550
7	21	210	1 260	4515	6006
10	45	990	11 220	74 745	87 000
12	66	2145	34 320		

* Без учета простых степеней геохимических показателей младших порядков. Ниже ломаной линии — область обязательного применения ЭВМ ($N > 20$).

ментов общее число только парных отношений определяется формулой

$$N = \frac{k(k-1)}{2}. \quad (\text{II.7})$$

Возможное количество безразмерных показателей более высоких порядков приведено в табл. 18.

Наибольший интерес представляют геохимические показатели, монотонно изменяющиеся во всем изучаемом интервале оруденения, однозначно характеризую различные гипсометрические уровни рудной зоны. Отыскание таких показателей зональности от первого до четвертого порядка включительно осуществляется по программе «064-МГУ» на ЭВМ «Минск-22 (32)» или «БЭСМ-4» [23].

Выбранные по этим данным показатели, обнаруживающие ясный геохимический смысл и имеющие достаточную разрешающую силу, служат для оценки выявленных рудопрояв-

Таблица 19

Число монотонно изменяющихся показателей $\nu = \left(\frac{1}{1}\right)$ при случайном характере входных данных
для f_i уровней ($N_{\text{случ}}$)

f_i	Число химических элементов													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2	1	3	6	10	15	21	28	36	45	55	66	78	91	105
3	0,33	1	2	3,3	5	7	9,3	12	15	18,3	22	26	30,3	35
4	0,08	0,25	0,5	0,83	1,25	1,75	2,33	3	3,75	4,58	5,5	6,5	7,58	8,75
5	—	—	0,1	0,17	0,25	0,35	0,47	0,6	0,75	0,92	1,1	1,3	1,52	1,75
6	—	—	—	—	—	0,06	0,08	0,1	0,125	0,15	0,18	0,22	0,25	0,29
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Прочерк означает, что число ожидаемых ν менее 0,05; выше ломаной линии — область, в которой поиски реальных показателей зональности нецелесообразны ($N_{\text{случ}} \geq 10$).

ний и интервалов минерализации в метрике однотипных, хорошо изученных месторождений. При этом приходится учитывать неизбежное появление случайных монотонных коэффициентов, вероятность существования которых определяется величиной

$$P = \frac{2}{f!}, \quad (\text{II.8})$$

где $f!$ — факториал числа опробованных уровней.

Поэтому неслучайный, геохимически надежный характер выявленных монотонных отношений между содержаниями (продуктивностями) элементов можно предполагать только при условии, что их число больше вероятного числа случайных ν :

$$N_{\text{выявл}} > N_{\text{случ}} = N_{\text{общ}} P. \quad (\text{II.9})$$

Количество возможных случайных показателей зональности в зависимости от числа химических элементов и общего числа опробованных уровней на m профилях дается в табл. 19 для показателей первого порядка $\left(\frac{1}{1}\right)$ и в табл. 20 для $\left(\frac{2}{2}\right)$. Обработка с помощью программы «064-МГУ» предусматривается задачами II.19—II.26.

При геохимически надежном характере зональности можно выбрать $n=10-15$ геохимических показателей для оценки непромышленных зон рудной минерализации. Результаты оценки выражаются величиной

$$\bar{z} \pm s/\sqrt{n}, \quad (\text{II.10})$$

где \bar{z} — средняя оценка уровня таксированного оруденения в метрике разведанного месторождения; s — стандартное отклонение отдельных оценок и n — число различных ν , использованных для оценки. Решению этих вопросов посвящены задачи II.27—II.31.

При обработке по программе «064-МГУ» выдаются на печать графики изменений всех парных отношений $\left(\frac{1}{1}\right)$ по разрезу, матрица «центров тяжести отношений элементов в метрике уровней», что дает возможность выявить последовательность отложения рудных элементов в вертикальном разрезе рудной зоны. Мерой сходства рядов зональности двух объектов может служить величина коэффициента ранговой (порядковой) корреляции (I.17). Оценке этого показателя и выводу общих рядов зональности оруденения посвящены задачи II.32—II.36.

При изучении корреляционных зависимостей (гл. I, стр. 11) между содержаниями химических элементов (или их логарифмами) на различных уровнях рудной зоны необхо-

Число монотонно изменяющихся показателей $\nu = \left(\frac{2}{2}\right)$ при случайном характере входных данных
 для f_i уровней ($N_{\text{случ}}$), включая $\left(\frac{1}{1}\right)^2$

f_i	Число химических элементов													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2	1	6	21	55	120	231	406	666	1035	1540	2211	3081	4186	5565
3	0,33	2	7	18,3	40	77	135,3	222	345	513,3	737	1027	1395,3	1855
4	0,08	0,5	1,75	4,58	10	19,2	33,8	55,5	86,2	128,3	184,2	256,7	348,8	463,7
5	—	0,1	0,35	0,92	2	3,85	6,77	11,1	17,2	25,7	36,8	51,4	69,8	92,8
6	—	—	0,06	0,15	0,33	0,64	1,13	1,85	2,87	4,28	6,14	8,56	11,6	15,5
7	—	—	—	—	—	0,09	0,16	0,26	0,41	0,61	0,88	1,22	1,66	2,21
8	—	—	—	—	—	—	—	—	0,06	0,08	0,11	0,15	0,21	0,28
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

димо проводить учет статистической значимости найденных парных коэффициентов корреляции, согласно приложению VIII (задачи II.37—II.41). Матрица коэффициентов корреляции, полученная с помощью ЭВМ по программе «012-МГУ», может быть представлена графически в виде круговой диаграммы (задачи II.42—II.45).

Н. И. Сафроновым [18] предложен метод расчета энергии рудообразования в зависимости от содержания химических элементов в рудах. Расчет ведется по единообразной для всех элементов формуле применительно к термодинамике идеальных газовых смесей и растворов, для изотермического процесса при заданных начальных (для материнской породы) и конечных (для руды) геохимических параметрах.

Таблица 21

Результаты спектрального анализа керновых проб.
Месторождение Ахейское, участок Шура

Интервал, м		Hg, 10 ⁻⁵ %	As, 10 ⁻⁴ %	Sb, 10 ⁻⁴ %	Интервал, м		Hg, 10 ⁻⁵ %	As, 10 ⁻⁴ %	Sb, 10 ⁻⁴ %
от	до				от	до			
Скв. 47					168,0	178,0	5	6	3
					178,0	188,0	25	15	5
78,0	84,0	4 000	500	200	188,0	196,0	30	40	10
84,0	88,0	12 000	1500	600	196,0	204,0	250	150	80
88,0	92,0	4 000	500	200	204,0	210,0	2000	500	200
92,0	100,0	1 000	300	80	210,0	213,0	5000	800	300
100,0	110,0	150	40	12	213,0	218,0	7000	1250	200
110,0	120,0	15	5	3	218,0	224,0	3000	600	120
120,0	130,0	300	50	20	224,0	228,0	1200	250	100
130,0	140,0	4 000	500	200	228,0	234,0	500	200	50
140,0	150,0	400	100	50	234,0	242,0	150	80	20
150,0	160,0	25	40	6	242,0	250,0	50	40	15
160,0	170,0	6	15	3	250,0	260,0	10	15	8
170,0	180,0	6	40	8	260,0	272,0	5	6	5
180,0	190,0	2	20	3	272,0	280,0	2	10	4
190,0	204,0	3	4	3	280,0	289,0	3	4	3
Скв. 13									
100,0	110,0	2	10	1					
110,0	123,0	6	15	3					
123,0	140,0	4	10	3					
140,0	155,0	8	20	1					
155,0	168,0	6	3	1					

$C_{\text{фHg}} = 2 \cdot 10^{-5}\%$
 $C_{\text{фAs}} = 3 \cdot 10^{-4}\%$
 $C_{\text{фSb}} = 1 \cdot 10^{-4}\%$

Затраты энергии на «сжатие—разрежение» содержаний одного элемента в условных единицах определяются по формуле

$$E = K \ln K, \quad (\text{II.11})$$

где $K = \frac{C_p}{C_\phi}$ — кларк концентрации элемента в руде по сравнению с геохимическим фоном.

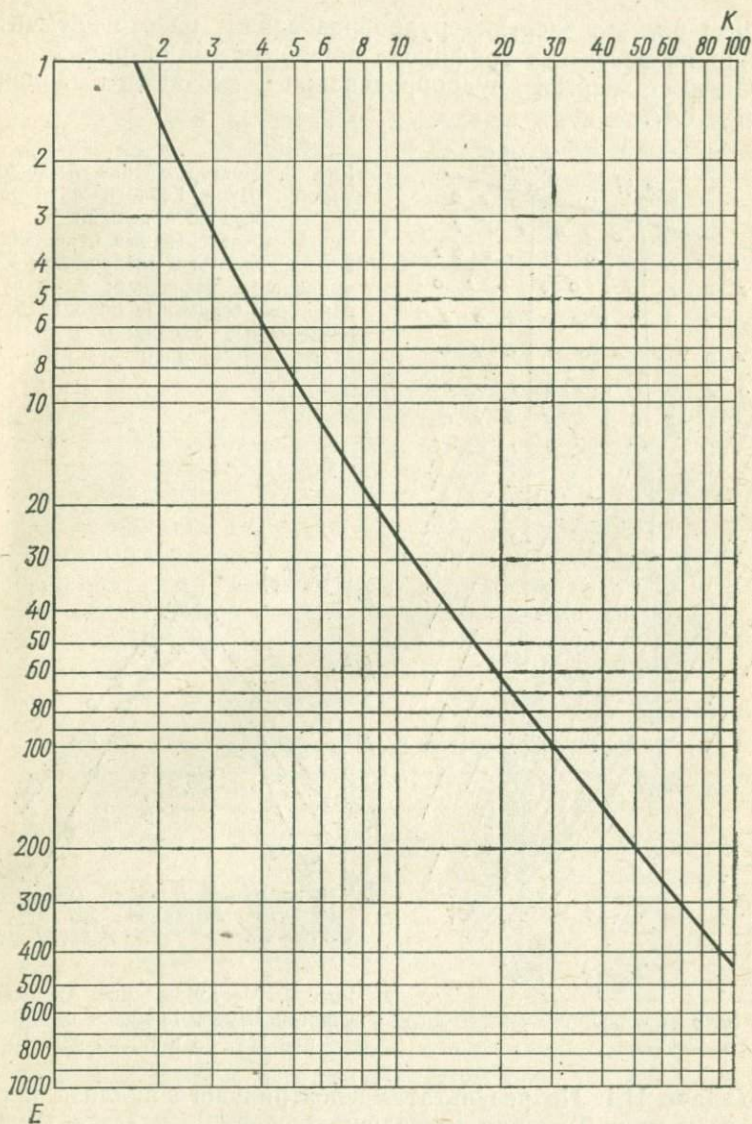


Рис. 5. График энергии рудообразования (E) в зависимости от степени сжатия — разрежения элемента (K)

Полная затрата энергии рудообразования в расчете на единицу объема руды и число элементов N составит

$$E = \sum_{i=1}^N E_i = \sum_{i=1}^N K_i \ln K_i. \quad (\text{II.12})$$

Для расчета энергии рудообразования одного элемента можно пользоваться графиком, приведенным на рис. 5.

Оценке энергий рудообразования посвящены задачи II.46—II.47.

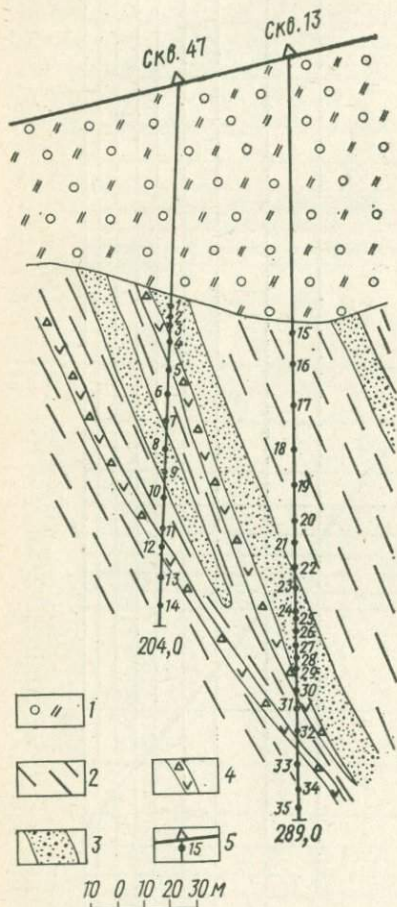


Рис. 6. Месторождение Ахейское, участок Шура. Геологический разрез по профилю:

1 — четвертичные отложения; 2 — аргиллиты и алевролиты; 3 — рудоносные песчаники; 4 — вулканогенно-осадочные породы; 5 — разведочные скважины и номера проб

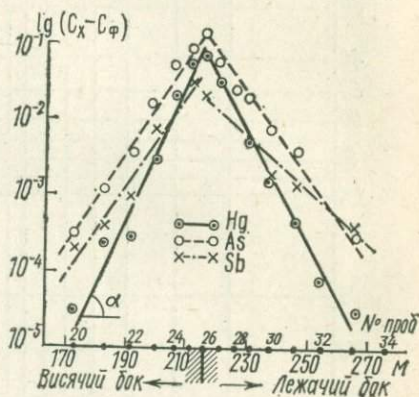


Рис. 7. Месторождение Ахейское, участок Шура. Графики содержания Hg, As и Sb по скв. 13

Задача II.1. По результатам спектрального анализа проб (табл. 21, рис. 6) керна разведочных скважин участка Шура ртутного месторождения Ахейское определить миграционную способность ртути, мышьяка и сурьмы отдельно для висячего и лежачего боков рудной зоны. Найти средние значения $1/\lambda$ с доверительными интервалами и вывести ряды подвижности химических элементов для висячего и лежачего боков.

Оценить значимость различий между средними значениями $1/\lambda$ элементов в висячем и лежащем боках на 5%-ном уровне.

Ход решения. На миллиметровой бумаге по данным табл. 21 строим графики содержаний ртути, мышьяка и сурьмы в полулогарифмическом масштабе (за вычетом фона). Линейный масштаб построения по оси абсцисс принимаем 1:500, модуль логарифмов содержаний по оси ординат — 5 см. По полученным графикам выбираем интервалы закономерного возрастания (убывания) содержаний (не менее 3—4 точек) и проводим осредняющую прямую (рис. 7). Согласно выражению (II.2), миграционная способность $1/\lambda$ прямо пропорциональна котангенсу угла α , образованного этой прямой с осью абсцисс. Коэффициент K (II.3) для выбранного масштаба построения составляет

$$K = \frac{5 \cdot 5 \text{ м}}{2,303} = 10,86 \text{ м.}$$

Значения $1/\lambda$ получаем умножением данного коэффициента на котангенс соответствующего угла. Например, величина $1/\lambda$ ртути для висячего бока по скв. 13 будет равна $K \cdot \text{ctg } 63^\circ = 10,86 \text{ м} \cdot 0,51 = 5,5 \text{ м}$. Аналогичным способом определяем значения $1/\lambda$ ртути, мышьяка и сурьмы отдельно для висячего и лежащего боков. В связи с тем, что разведочные скважины пересекают рудную зону не по нормали, а под углом $\omega < 90^\circ$, исправляем полученные значения $1/\lambda$, умножая их на косинус этого угла ($\cos 66^\circ = 0,407$), и записываем в табл. 22.

Таблица 22

Значения миграционной способности элементов

№ скв.	Ртуть		Мышьяк		Сурьма	
	висячий бок	лежащий бок	висячий бок	лежащий бок	висячий бок	лежащий бок
47	1,44	2,25	1,61	1,70	1,79	1,97
47	—	1,70	—	3,33	—	2,46
13	2,24	2,53	3,08	3,70	2,86	5,50

По полученным данным подсчитываем средние значения $1/\lambda$, определяем стандартное отклонение $s_{1/\lambda}$ через размах (приложение V) и находим доверительные интервалы оценки: $\left(\frac{1}{\lambda}\right) \pm s/\sqrt{n}$ (табл. 23).

По средним значениям $1/\lambda$ составляем ряды подвижности элементов:

висячий бок As—Sb—Hg;
лежащий бок Sb—As—Hg.

Средние значения миграционной способности элементов с пределами оценки

	п	Ртуть	Мышьяк	Сурьма
Висячий бок	2	1,84±0,50	2,34±0,92	2,32±0,67
Лежачий бок	3	2,16±0,28	2,91±0,68	3,31±1,21

Сравнение средних значений $1/\lambda$ элементов для висячего и лежачего боков с помощью критерия Стьюдента (I.15) на

Таблица 24

Результаты спектрального анализа керновых проб. Месторождение Кизил-Кибачи, профиль XIV

Интервал, м		Cu, 10 ⁻³ %	Zn, 10 ⁻³ %	Co, 10 ⁻³ %	Интервал, м		Cu, 10 ⁻³ %	Zn, 10 ⁻³ %	Co, 10 ⁻³ %
от	до				от	до			
Скв. 108									
0,0	7,0	6	10	н. о.	22,0	27,0	6	10	1
7,0	13,0	8	12	н. о.	27,0	32,0	8	10	1,5
13,0	18,0	8	10	1	32,0	37,0	8	12	н. о.
18,0	23,0	10	15	2	37,0	42,0	6	10	1
23,0	28,0	15	20	2	42,0	47,0	6	15	1
28,0	33,0	30	30	1,5	47,0	52,0	10	20	2
33,0	36,0	50	30	2	52,0	57,0	20	25	н. о.
36,0	40,0	120	80	4	57,0	62,0	80	60	1,5
40,0	45,0	300	150	10	62,0	67,0	150	100	3
45,0	48,0	500	250	25	67,0	72,0	400	250	8
48,0	53,0	800	500	50	72,0	77,0	1000	600	20
53,0	58,0	300	300	20	77,0	82,0	1500	1000	80
58,0	63,0	120	100	8	82,0	87,0	1000	800	250
63,0	68,0	50	50	2,5	87,0	92,0	500	400	80
68,0	73,0	20	30	1,5	92,0	97,0	150	150	10
73,0	78,0	10	15	2	97,0	102,0	50	80	3
78,0	83,0	8	12	н. о.	102,0	107,0	25	30	2
83,0	85,0	6	12	1	107,0	112,0	12	20	н. о.
Скв. 109									
					112,0	117,0	8	12	2
0,0	7,5	6	12	1	117,0	122,0	6	10	1
7,5	12,0	5	10	1,5	122,0	127,0	8	10	н. о.
12,0	17,0	8	12	н. о.	127,0	131,0	8	15	1,5
17,0	22,0	5	15	1					

$C_{\phi}, C_{Cu} = 7 \cdot 10^{-3} \%$,
 $C_{\phi}, C_{Zn} = 12 \cdot 10^{-3} \%$,
 $C_{\phi}, C_{Co} = 1 \cdot 10^{-3} \%$.

5%¹-ном уровне показало незначимость их различий. Например, для ртути $t_{\text{факт}} = \frac{2,16 - 1,84}{\sqrt{0,5^2 + 0,28^2}} = 0,56$ при $t_{5\%} = 3,18$ и при $f = 3 + 2 - 2 = 3$ (приложение III).

Задача II.2. Решить ту же задачу по данным, приведенным в табл. 24 (рис. 8).

Задача II.3. Решить ту же задачу по данным, приведенным в табл. 25 (рис. 9).

Задача II.4. По данным спектрального анализа проб, приведенным в табл. 24, провести изолинии содержаний меди, цинка и кобальта по разведочной линии XIV медноколчеданного месторождения Кизил-Кибачи. На картах изолиний выбрать два сечения, по которым подсчитать количество каждого из металлов M (в м%). По тем же сечениям определить величины отношений между линейными продуктивностями этих металлов и миграционную способность $1/\lambda$ элементов (по изолиниям, за вычетом фона) раздельно для всячего и лежачего боков рудной зоны. Нижние аномальные значения C_A принять: $C_{ACu} = 15 \cdot 10^{-3}\%$; $C_{AZn} = 25 \cdot 10^{-3}\%$; $C_{ACo} = 3 \cdot 10^{-3}\%$.

Ход решения. Копируем на кальку положение разведочных скважин в разрезе с указанием точек отбора проб в масштабе 1:1000 и выносим на нее содержания меди в $10^{-3}\%$, выписывая их слева и справа от оси скважин. Накладывая кальку на геологический разрез (см. рис. 8), с учетом геологической структуры проводим изоконцентраты меди (рис. 10). Через точки с максимальными содержаниями этого элемента по скважинам 108 и 109 проводим два сечения перпендикулярно к направлению изолиний. Аналогичные построения делаем для цинка и кобальта.

Количество металла в сечении определяем двумя способами. Используя результаты спектрального анализа проб керн разведочных скважин, определяем стволую продук-

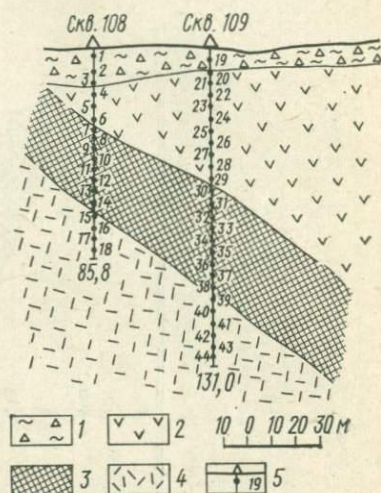


Рис. 8. Месторождение Кизил-Кибачи. Схематический геологический разрез по линии XIV:

1 — четвертичные отложения; 2 — основные эффузивы; 3 — рудная зона; 4 — кислые эффузивы; 5 — разведочные скважины и номера проб

тивность оруденения по формуле (II.4), включая в подсчет только пробы с аномальными содержаниями элементов. Например, количество меди по скважине 109 (сечение II) составит: $M_{Cu} = 5 \text{ м} \cdot (4875 - 11.7) \times 10^{-3} \% = 23,99 \text{ м} \%$; метропроцент кобальта по скважине 108 (сечение I) — $M_{Co} = 5 \text{ м} \cdot (117 - 6.1) \cdot 10^{-3} \% = 0,56 \text{ м} \%$ и т. д. Истинные значе-

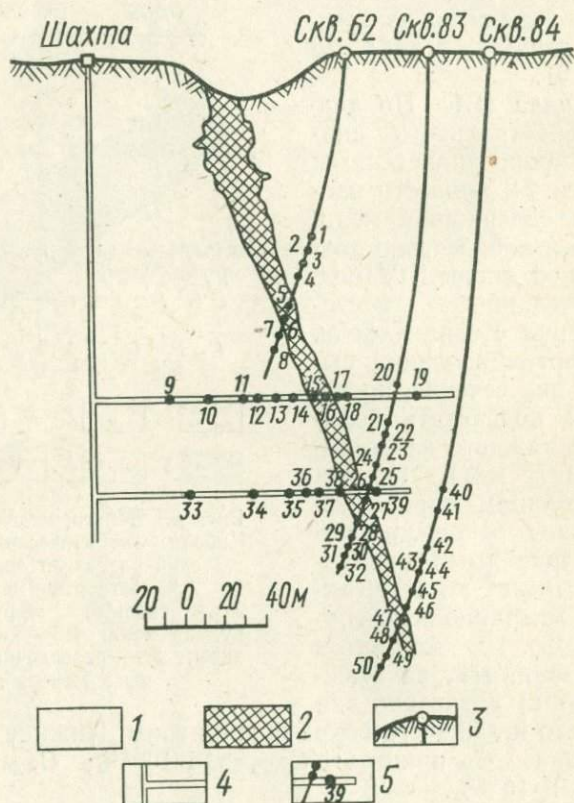


Рис. 9. Золоторудное месторождение. Фрагмент геохимического опробования:

1 — вмещающие породы; 2 — рудная зона; 3 — разведочные скважины; 4 — горные выработки;
5 — номера проб

ния M получаем умножением полученных величин на косинус угла ω , образованного скважиной с нормалью к оси рудной зоны: $M_{Cu} = 23,99 \cdot \cos 30^\circ = 20,8 \text{ м} \%$; $M_{Co} = 0,56 \cdot \cos 30^\circ = 0,48 \text{ м} \%$ и т. д.

Те же значения линейных продуктивностей можно получить, измеряя расстояние между изолиниями в метрах соответственно выбранному масштабу и умножая его на среднее

Результаты спектрального анализа керновых проб. Золоторудное месторождение

№ проб	Интервал опробования, м	Au, %		№ проб	Интервал опробования, м	Bi, %		№ проб	Интервал опробования, м	Au, %		№ проб	Интервал опробования, м	Bi, %	
		10^{-7}	10^{-5}			10^{-7}	10^{-5}			10^{-7}	10^{-5}			10^{-7}	10^{-5}
1	5,0	5	н. о.	18	3,0	30	1	35	10,0	3	н. о.				
2	4,0	8	н. о.	19	20,0	3	0,8	36	4,0	3	0,8				
3	4,0	20	2	20	20,0	4	н. о.	37	4,0	5	1				
4	8,0	80	10	21	5,0	3	0,5	38	8,0	25	10				
5	7,5	400	50	22	4,0	5	0,5	39	7,0	500	20				
6	4,0	200	80	23	5,0	10	0,5	40	10,0	3	н. о.				
7	4,0	80	3	24	6,0	100	0,8	41	8,0	3	н. о.				
8	5,0	40	0,8	25	4,0	300	3	42	8,0	6	н. о.				
9	20,0	4	н. о.	26	3,0	1200	10	43	4,0	20	н. о.				
10	20,0	3	н. о.	27	5,0	2000	50	44	4,0	50	0,8				
11	4,0	3	3	28	6,0	150	2	45	4,0	150	1,5				
12	5,0	8	100	29	5,0	15	0,8	46	3,0	1000	80				
13	5,0	20	1000	30	3,0	8	н. о.	47	4,0	1500	250				
14	5,0	50	300	31	4,0	5	н. о.	48	5,0	500	10				
15	5,0	150	50	32	4,0	3	н. о.	49	4,0	50	1				
16	4,0	300	3	33	20,0	3	н. о.	50	5,0	10	н. о.				
17	3,0	60	0,8	34	15,0	4	н. о.								

$$C_{\text{ф, Au}} = 4 \cdot 10^{-7} \%$$

$$C_{\text{ф, Bi}} = 0,5 \cdot 10^{-5} \%$$

содержание металла в этом интервале. Так, для центрального интервала между изолиниями меди 1000 имеем: $7 \text{ м} \cdot \left(\frac{1000 + 1500}{2} \right) \cdot 10^{-3} \% = 8,75 \text{ м} \% \text{ Cu}$, для двух интервалов между изолиниями 300 и 1000— $(7 \text{ м} + 7 \text{ м}) \cdot \left(\frac{300 + 1000}{2} \right) \times 10^{-3} \% = 9,1 \text{ м} \% \text{ Cu}$. Суммируя эти величины и вычитая фоновое количество металла, отвечающее общему интервалу подсчета, имеем: $(8,75 + 9,1 + 2,2 + 0,71) - 43 \text{ м} \cdot 7 \cdot 10^{-3} \% = 20,46 \text{ м} \% \text{ Cu}$. Записываем результаты определения:

№ скважин	Cu	Zn	Co
108 (I)	9,65	6,05	0,48
109 (II)	20,8	14,6	1,94

Подсчитываем отношения линейных продуктивностей металлов на каждом уровне (сечении) рудной зоны и записываем результаты:

Уровни	$\frac{Cu}{Zn}$	$\frac{Cu}{Co}$	$\frac{Zn}{Co}$
	I	1,60	20,1	12,6
II	1,42	10,7	7,5
v_I/v_{II}	1,13	1,88	1,70

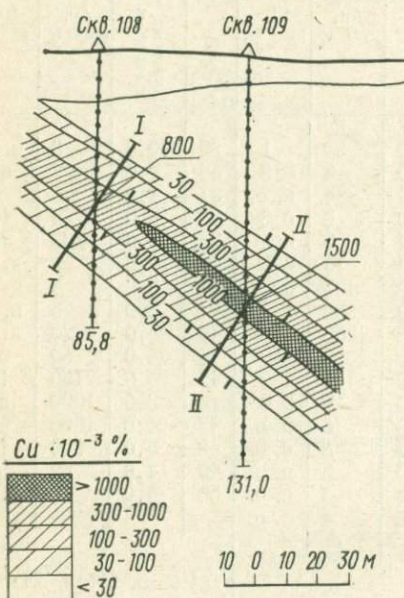


Рис 10. Месторождение Кизил-Кибачи. Изоконцентраты меди по разведочному профилю XIV

Полученные результаты свидетельствуют об увеличении содержаний кобальта относительно содержания меди и цинка с глубиной, что характерно для всех медноколчеданных месторождений Северных Мугуджар. Медно-цинковое отношение изменяется мало.

Для определения миграционной подвижности химических элементов строим графики содержаний меди, цинка и кобальта по изолиниям на каждом из выбранных сечений в полулогарифмическом масштабе. Линейный масштаб построения по оси абсцисс принимаем 1 : 500, модуль логарифмов содержаний по оси ординат — 5 см. Определение $1/\lambda$ ведем по

формуле (II. 2) (см. задачу II. 1). Записываем результаты определений:

Уровни	Cu	Zn	Co
Висячий бок I	4,30	5,20	4,10
II	3,80	5,10	3,90
Лежащий бок I	4,40	4,75	3,50
II	4,00	5,20	2,70

Задача II.5. Решить ту же задачу по данным, приведенным в табл. 21 (см. рис. 6).

Задача II.6. Решить ту же задачу по данным, приведенным в табл. 25 (см. рис. 9).

Задача II.7. По данным геохимического опробования трех разведочных скважин на профиле V полиметаллического месторождения Шубинское, приведенным в табл. 26, определить величину инфильтрационной миграционной способности свинца для надрудного первичного ореола и найти глубину

Результаты геохимического опробования. Шубинское месторождение,
профиль V

№ проб	Интервал, м		Pb, 10 ⁻⁴ %	№ проб	Интервал, м		Pb, 10 ⁻⁴ %
	от	до			от	до	
Скв. 18а				Скв. 43			
678	80	87	5	390	94	104	15
679	87	93	25	391	104	114	10
680	93	97	40	392	114	124	60
681	97	114	15	393	124	134	200
682	114	124	8	394	134	144	400
				395	144	154	1000
Скв. 18				396	154	161	500
832	75	83	25	397	161	169	150
833	83	92	30	398	169	176	30
834	92	98	60	399	176	182	15
835	98	106	100				
836	106	113	50				
837	113	122	25				
838	122	130	5				

до уровня с промышленным содержанием свинца 1%. Фооновое значение принять $5 \cdot 10^{-4}\%$ Pb.

Ход решения. На кальку в масштабе 1:1000 выносим содержания свинца в $10^{-4}\%$ (см. задачу П.4) и проводим изоконцентраты этого элемента с учетом геологической структуры. На месторождении Шубинское свинцово-цинковое руденение приурочено к контакту глинистых сланцев белоубинской свиты D₂₋₃bl с серицитизированными туфами успенской свиты D_{2e}2us (рис. 11). На миллиметровой бумаге по максимальным содержаниям свинца на трех скважинах с учетом расстояний между ними по рудной зоне строим график содержаний в полулогарифмическом масштабе (за вычетом фона). Линейный масштаб построения по оси абсцисс принимаем 1:1000, модуль логарифмов содержаний свинца по оси ординат — 5 см.

По формуле (II.2) определяем величину миграционной подвижности свинца $1/\lambda_{\text{инф}} = \frac{5 \cdot 10}{2,303} \text{ctg } 44^\circ = 21,8 \text{ м}$ (рис. 12).

Предполагая, что возрастание содержаний свинца по падению рудной зоны не отклоняется от экспоненциальной зависимости, по полученному графику находим расстояние до точки с содержанием свинца 1%. Это расстояние от скважины 43 по падению рудной зоны составило 53 м. Следовательно, для подсечения рудного тела с содержанием свинца 1% нужно пробурить скважину А в 35 м к северо-востоку от скважины

43 с тем же углом наклона. Заданное содержание свинца можно ожидать на глубине ~ 200 м (см. рис. 11).

Примечание. При отсутствии данных геохимического опробования по скважинам и другим горным выработкам определение миграционной подвижности рудных элементов можно вести на геохимических картах по изолиниям.

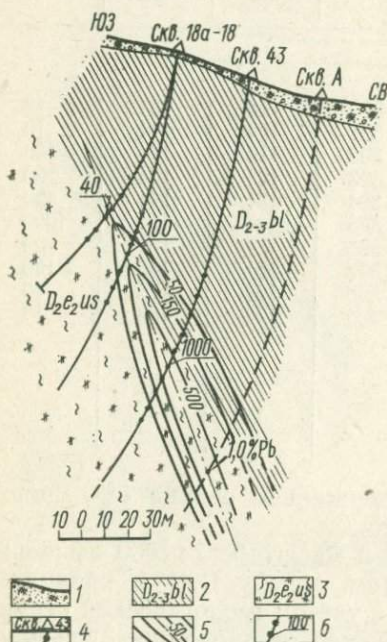


Рис. 11. Месторождение Шубинское. Изоконцентраты свинца по профилю V:

1 — четвертичные отложения; 2 — глинистые сланцы белоубинской свиты; 3 — серицитизированные туфы успешенской свиты; 4 — номера разведочных скважин и точки отбора проб; 5 — изоконцентраты свинца в $10^{-4}\%$; 6 — максимальные содержания Pb в $10^{-4}\%$ по скважинам

Задача II.8. Определить величину миграционной способности цинка и найти расстояние до зоны промышленных руд с содержанием $1,5\%$ Zn по результатам геохимического опробования двух разведочных скважин 2 и 30, пробуренных на профиле IV Шубинского месторождения и вскрывших надрудный первичный ореол цинка. Максимальные содержания цинка соответственно составили $30 \cdot 10^{-3}\%$ по скважине 2 и $800 \cdot 10^{-3}\%$ по скважине 30, расстояние между этими скважинами по рудной зоне 65 м. Фоновое значение принять $10 \cdot 10^{-3}\%$, линейный масштаб построения по оси абсцисс принять 1:500, модуль логарифмов содержаний цинка по оси ординат — 5 см.

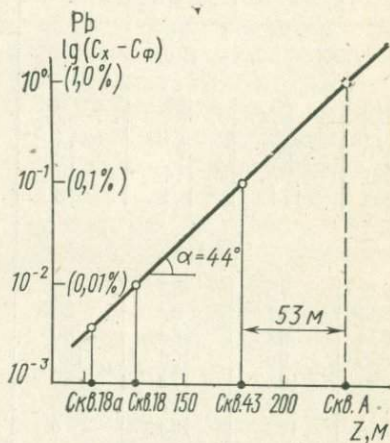


Рис. 12. Месторождение Шубинское, профиль V. График содержаний свинца по рудной зоне для определения инфильтрационной миграционной способности $1/\lambda$

Задача II.9. Решить ту же задачу по данным опробования двух скважин 15 и 10, пробуренных на профиле VI медноколчеданного месторождения Приорское. Максимальные содержания меди по скважине 15 составляют $120 \cdot 10^{-3}\%$, по скважине 10 — $400 \cdot 10^{-3}\%$, расстояние между ними по рудной зоне 82 м. Найти, на какой глубине ожидаются промышленные руды с содержанием 1% Cu. Фоновое значение принять $7 \cdot 10^{-3}\%$ Cu, линейный масштаб построения по оси абсцисс 1:2000, модуль логарифмов содержаний по оси ординат — 5 см.

Задача II.10. Найти глубину до уровня с промышленным содержанием меди в руде 1% от интервала минерализации, отвечающего надрудному первичному ореолу с максимальным содержанием Cu 0,3%. Значение инфильтрационной миграционной способности меди составило 26,2 м при линейном масштабе построения графика 1:1000 и модуле логарифмов содержаний по оси ординат — 5 см.

Задача II.11. Построить геохимические спектры двух пересечений рудной зоны (А и В), найти безразмерный геохимический показатель ν , характеризующий их различие, и определить его «разрешающую силу» для разведочного профиля X медноколчеданного месторождения Приорское. Значения линейных продуктивностей элементов типоморфного комплекса приведены в табл. 27. Скважина 17 (уровень А) отвечает

Таблица 27

Значения линейных продуктивностей элементов М (м %). Месторождение Приорское, профиль X

Уровни	Cu	Pb	Zn	Co	As	Ag	Cd	Sn	Bi
Скв. 17 (А)	5,27	0,65	29,1	0,085	0,83	0,034	0,136	0,002	0,004
Скв. 8 (В)	48,2	0,83	111,8	1,48	2,5	0,05	0,354	0,035	0,27

верхним горизонтам рудной залежи, скважина 8 (уровень В) — нижним.

Ход решения. Для сечения А ранжируем линейные продуктивности элементов, располагая их в убывающем порядке, и изображаем графически на миллиметровой бумаге в полулогарифмическом масштабе. Модуль логарифмов по оси ординат принимаем 5 см, элементы по оси абсцисс расположим через 2 см. Полученный график имеет монотонно убывающий вид и характеризует геохимический спектр верхнего горизонта оруденения.

В том же масштабе и при том же порядке расположения химических элементов строим геохимический спектр сечения В.

Скопируем геохимический спектр сечения *A* на кальку и наложим ее на геохимический спектр сечения *B*, совмещая их по основному рудному элементу — меди (рис. 13). При таком совмещении часть точек графика *B* (Zn, As, Pb, Cd, Ag) располагается ниже эталонной кривой, что указывает на дефицит

в сечении *B* этих элементов по сравнению с сечением *A* относительно меди. Точки графика *B*, оказавшиеся выше эталонной кривой (Co, Bi, Sn), отвечают элементам, находящимся в избытке по сравнению с содержанием меди.

Совокупность геохимических различий между сечениями *A* и *B* выражаем с помощью геохимического коэффициента:

$$v = \frac{Ag \cdot As \cdot Pb}{Co \cdot Bi \cdot Sn}$$

Для оценки степени различий между двумя сравниваемыми уровнями *A* и *B* вычислим величины выбранного геохимического показателя v_A и v_B . Величина отношения

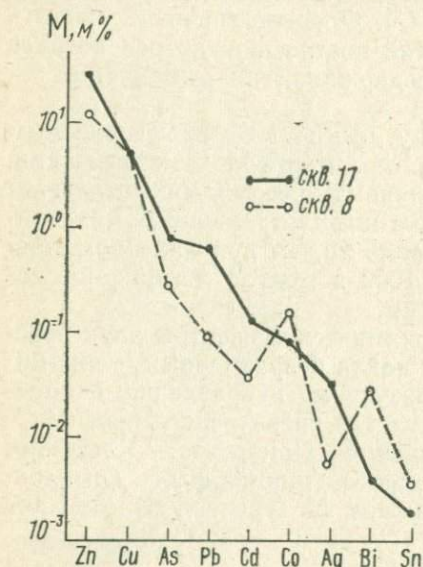


Рис. 13. Месторождение Приорское, разведочная линия X. Геохимические спектры верхнего (скв. 17) и нижнего (скв. 8) горизонтов оруденения

между ними характеризует «разрешающую силу» геохимического показателя:

$$R = \frac{v_A}{v_B} = \frac{2,69 \cdot 10^4}{7,4} = 3,6 \cdot 10^3.$$

Задача II.12. Решить ту же задачу по данным, приведенным в табл. 28.

Таблица 28

Значения линейных продуктивностей элементов *M* (м %). Месторождение Перевальное, профиль XIX

Уровень	Sn	W	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Ag	Bi
Скв. 194 (A), верхний горизонт	0,34	0,008	48,54	4,96	6,10	4,62	2,41	0,08	0,048
Скв. 198 (B), нижний горизонт	1,20	0,068	1,95	3,08	7,40	2,69	0,21	0,02	0,0046

Задача II.13. Решить ту же задачу по данным, приведенным в табл. 29.

Таблица 29

Значения линейных продуктивностей элементов М (м %).
Месторождение Перевальное, профиль XXIV

Уровень	Sn	W	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Ag	Bi
А, верхний горизонт	0,1	0,07	0,90	3,10	7,40	12,40	1,90	0,015	0,045
Б, нижний горизонт	0,82	0,23	0,54	0,80	7,10	1,70	0,10	0,017	0,01

Задача II.14. Решить ту же задачу по данным, приведенным в табл. 30.

Таблица 30

Значения линейных продуктивностей элементов М (м %). Зона
Ягодная, профиль XX

Уровень	Sn	W	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Ag
Скв. 110 (А), верхний горизонт	1,67	1,68	12,37	2,92	1,64	12,08	0,38	0,058
Скв. 47 (Б), нижний горизонт	6,01	3,24	3,18	0,39	0,08	5,75	0,075	0,022

Задача II.15. Решить ту же задачу по данным, приведенным в табл. 31.

Таблица 31

Значения линейных продуктивностей элементов М (м %). Месторождение
Фестивальное, профиль IV

Уровень	Sn	W	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Ag	Bi	Co
А, верхний горизонт	0,07	0,016	1,4	0,34	0,2	0,63	0,01	0,025	0,04	0,002
Б, нижний горизонт	1,8	0,33	4,1	2,5	1,3	0,25	0,01	0,009	0,055	0,01

Задача II.16. Для группы медных месторождений построить круговые (радиальные) спектры для величин отношений средних содержаний (продуктивностей) двенадцати химических элементов к среднему содержанию (продуктивности) меди. Значения средних содержаний (продуктивностей) хи-

мических элементов для четырех медных месторождений приведены в табл. 32.

Ход решения. По данным, приведенным в табл. 32, для каждого объекта находим величины отношений химических

Таблица 32

Значения средних геометрических содержаний и продуктивностей для четырех медных месторождений

Х. э.	1 Р (усл. м ² %)	2 М (м%)	3 C̄ в 10 ⁻⁴ %	4 C̄ в 10 ⁻⁴ %
Cu	40750,0	48,4	1259,0	1202,0
Pb	54,6	6,51	28,84	45,71
Zn	5500,0	91,59	199,5	190,5
Ag	12,6	0,054	0,66	0,62
Mo	31,7	0,0007	34,67	10,72
W	—	—	14,13	13,2
Sn	68,0	0,047	3,09	5,75
Bi	42,0	0,0093	1,32	0,76
Co	1497,0	0,39	9,77	10,96
As	803,0	1,08	53,7	54,1
Hg	—	—	0,086	0,074
Ba	—	—	416,9	421,3
Cd	81,1	1,29	—	—

Примечания: 1—медноколчеданное месторождение «50 лет Октября», ПР 26; 2—медноколчеданное месторождение Приорское, ПР VI; 3—медно-молибденовое месторождение Коунрад, ПР 14; 4—медно-молибденовое месторождение Кальмакыр, скв. D_л.

элементов типоморфного комплекса к основному рудному элементу — меди. Взаимное расположение элементов по окружности принимаем постоянным — от Мо вдоль полуденной линии и далее по часовой стрелке через каждые 30°: Bi, Co, W, Zn, Pb, Ag, As, Sn, Hg, Ba, Cd. По соответствующим радиусам откладываем безразмерные величины отношений $\frac{\% \text{ хим. элемента}}{\% \text{ меди}}$ в логарифмическом масштабе с модулем

$\lg 10 = 1$ см. Начало отсчета на круге диаметром 2 см принимаем: для Hg— $1 \cdot 10^{-7}$; для Ag, Mo— $1 \cdot 10^{-6}$; для Pb, Co, Bi, Cd, Sn — $1 \cdot 10^{-5}$; для Zn, As, W— $1 \cdot 10^{-4}$; для Ba— $1 \cdot 10^{-3}$. Так,

величине отношения $\frac{P_{Zn}}{P_{Cu}} = \left(\frac{5500,0}{40750,0} \right) \cdot 10^4 = 1300$ для ме-

сторождения «50 лет Октября» будет соответствовать отрезок по радиусу, равный 3,12 см; величине того же отношения для

месторождения Приорское $\left(\frac{M_{Zn}}{M_{Cu}} = \frac{91,59}{48,44} \cdot 10^4 = 18\,900 \right)$ —

отрезок 4,28 см и т. д. (рис. 14). Отсутствие символа элемента на соответствующем ему радиусе означает, что он не принимался в рассмотрение.

Для сравнения геохимических спектров двух (или нескольких) объектов один из них («эталонный») копируем на кальку и совмещаем с другими. Такое сравнение спектров двух медноколчеданных месторождений «50 лет Октября» и Приорское (см. рис. 14) позволило сделать вывод о существенном различии геохимического состава руд этих месторождений. На месторождении Приорское более ярко выражена «полиметаллическая» стадия оруденения, что находит отражение в заметном увеличении относительных количеств свинца, цинка, кадмия. Руды месторождения «50 лет Октября» относительно обогащены молибденом, кобальтом, висмутом. Сравнение спектров позволило выбрать геохимический показатель

$$v = \frac{\text{Pb} \cdot \text{Zn} \cdot \text{Cd}}{\text{Mo} \cdot \text{Bi} \cdot \text{Co}}$$

рождений определяется величиной

$$\frac{v_{\text{Приорское}}}{v_{\text{«50 лет Октября»}}} = \frac{3,03 \cdot 10^8}{12,2} = 2,5 \cdot 10^7.$$

Аналогично можно провести сравнение геохимических спектров двух медно-молибденовых месторождений Коунрад и Кальмакыр.

Задача 11.17. Выполнить аналогичные построения для группы полиметаллических месторождений по данным, приведенным в табл. 33.

Таблица 33
Значение линейных продуктивностей химических элементов М (м%)

Х. э.	1	2	3
Pb	16,08	2,10	43,34
Zn	40,88	0,11	52,99
Cu	10,51	0,025	2,60
Ag	0,048	0,0075	—
Mo	0,08	—	0,018
Sn	—	—	0,0124
Bi	—	—	0,035
Co	—	—	—
As	0,2	0,075	0,135
Hg	—	0,0025	—
Ba	14,0	7,50	—
Cd	0,223	—	1,85

Примечания: 1—Иртышское месторождение, ПР XX; 2—месторождение Миргалимсай, ПР III; 3—месторождение Алтын-Топкан, ПР 20.

Начало отсчета на круге диаметром 2 см для изображения величины отношений $\frac{\% \text{ хим. элемента}}{\% \text{ свинца}}$ принять:

для Hg — $1 \cdot 10^{-6}$;
 для Ag, Mo — $1 \cdot 10^{-5}$;
 для Bi, Co, Cd, Sn — $1 \cdot 10^{-4}$;
 для Cu, Zn, As, W — $1 \cdot 10^{-3}$;
 для Ba — $1 \cdot 10^{-2}$.

Задача II.18. Выполнить аналогичные построения для группы оловярдных месторождений по данным, приведенным в табл. 34.

Таблица 34
 Значения линейных продуктивностей химических элементов

Х. э.	1 М (м%)	2 М (м%)
Sn	5,09	0,724
W	0,024	—
Cu	2,81	0,796
Pb	6,56	0,028
Zn	12,37	0,120
Ag	0,031	0,0018
As	1,91	0,057
Bi	0,0025	0,045
Mo	1,004	3,52

Примечания: 1—месторождение Перевальное, ПР XVII; 2—рудопроявление Хамр-Акарем, скв. 3 (Египет).

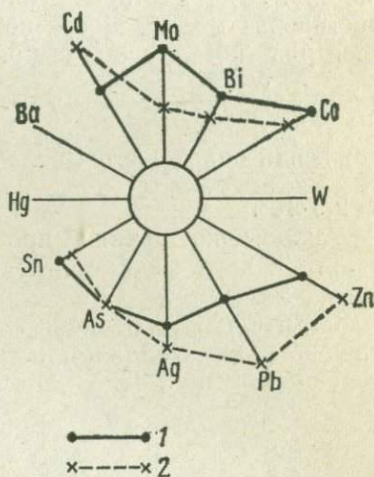


Рис. 14. Радиальные геохимические спектры медноколчеданных месторождений «50 лет Октября» (1) и Приорское (2)

Начало отсчета на круге диаметром 2 см для изображения величин отношений $\frac{\% \text{ хим. элемента}}{\% \text{ олова}}$ принять:

для Hg — $1 \cdot 10^{-6}$;
 для Ag, Mo — $1 \cdot 10^{-5}$;
 для Pb, Co, Bi — $1 \cdot 10^{-4}$;
 для Cu, Zn, As, W — $1 \cdot 10^{-3}$;
 для Ba — $1 \cdot 10^{-2}$.

Задача II.19. Путем обработки на ЭВМ по программе «064-МГУ» [23] данных опробования более 600 разведочных скважин (табл. 35), пробуренных на полиметаллическом месторождении Миргалимсай (хр. Каратау) [13], выявить последовательность отложения химических элементов и выбрать монотонно убывающие с глубиной геохимические пока-

Средние содержания химических элементов по уровням. (‰).
Месторождение Миргалимсай

Х. э.	I (120 м)	II (340 м)	III (510 м)	IV (700 м)	V (1000 м)
Ba	25,96	14,45	8,02	4,01	1,24
Ag	0,0095	0,0037	0,0022	0,0021	0,0012
Pb	1,04	1,77	2,52	2,04	1,51
Zn	0,12	0,16	0,25	0,35	0,51

затели зональности ν , пригодные для оценки рудопроявлений того же генетического типа в метрике этого месторождения.

Месторождение Миргалимсай относится к стратиформному типу.

Ход решения. Рассматривая данные, выданные АЦПУ¹, по средним значениям центров тяжести графиков парных отношений между элементами, находим последовательность их отложения (снизу вверх): Zn(4,2); Pb(3,5); Ag(2, 3); Ba(1,9). Из 6 возможных парных отношений между содержаниями элементов монотонных оказалось 3. При пяти опробованных уровнях на одном профиле вероятность появления случайных монотонно изменяющихся показателей, согласно выражению (II.8), составит $P = \frac{2}{51} = \frac{1}{60}$. Следовательно, число выявленных показателей $3 \gg \frac{6}{60}$ и в соответствии с уравнением (II.9) они имеют неслучайный характер. Из 21 возможного геохимического показателя второго порядка монотонных оказалось 12 при 0,35 возможных случайных. Таким образом, из числа найденных монотонно изменяющихся показателей заведомо можно выбрать 8—10 геохимических показателей зональности для их использования в практике поисков и оценки месторождений и рудопроявлений этого генетического типа. В данном случае могут быть предложены следующие показатели: Ba/Pb; Ba/Zn; Ag/Zn; Ba²/Pb·Zn; Ba·Ag/Pb²; Ba·Ag/Pb·Zn; Ba·Ag/Zn²; Ag²/Pb·Zn. Численные величины этих геохимических показателей зональности убывают с глубиной. Выбранные ν имеют хорошую разрешающую силу и понятный геохимический смысл.

Задача II.20. Провести аналогичную обработку на ЭВМ по программе «064-МГУ» данных, приведенных в табл. 36.

Задача II.21. Провести аналогичную обработку на ЭВМ по программе «064-МГУ» данных, приведенных в табл. 37.

¹ АЦПУ — автоматическое цифрочатающее устройство на выходе ЭВМ.

Значения линейных продуктивностей химических элементов М (м%) по уровням. Месторождение Алтын-Топкан, профиль 20

Х. э.	I	II	III	IV	V
Pb	39,47	70,75	75,50	10,71	20,28
Zn	47,71	103,66	78,50	15,86	19,23
Cu	2,35	4,07	2,95	1,02	2,61
Ag	0,059	0,186	0,271	0,072	0,082
Bi	0,0038	0,0158	0,0557	0,0192	0,0803
Sn	0,0068	0,0127	0,0276	0,0044	0,0105
Sb	0,069	0,1096	0,129	0,0196	0,074
Mn	123,98	127,72	41,12	18,22	93,1
Sr	0,89	0,596	0,73	0,279	0,547
Cd	1,24	4,54	2,67	0,56	0,46

Таблица 37

Значения линейных продуктивностей химических элементов М (м%) по уровням. Месторождение Алтын-Топкан, профиль 22

Х. э.	I	II	III	IV
Pb	26,64	92,58	41,21	73,02
Zn	36,77	120,40	62,51	68,93
Cu	0,43	4,57	5,13	24,74
Ag	0,046	0,175	0,278	0,509
Sn	0,0076	0,315	0,346	0,0442
Bi	0,0071	0,0605	0,264	0,5409
Sb	0,0585	0,163	0,0780	0,1072
Mn	91,46	95,65	79,48	139,81
Sr	0,85	1,09	0,38	0,64
Cd	1,22	2,60	2,00	3,71

Задача II.22. Провести аналогичную обработку на ЭВМ по программе «064-МГУ» данных, приведенных в табл. 38.

Задача II.23. Выявить первичную зональность полиметаллического месторождения Миргалимсай и выбрать геохимические показатели зональности γ для оценки рудопроявлений в том же районе. Значения линейных продуктивностей 8 химических элементов типоморфного комплекса по двум разведочным профилям этого месторождения приведены в табл. 39.

Вертикальный размах оруденения по обоим профилям (от I уровня до VIII) составил около 1000 м. Первые уровни на обоих профилях отвечают верхним горизонтам рудной зоны, уровни VIII профилей 3 и 26 — нижним рудным. Все уровни опробования расположены ниже зоны гипергенеза.

Ход решения. Подготавливаем результаты геохимического опробования к вводу в ЭВМ «Минск-32» для обработки

Значения линейных продуктивностей химических элементов М (м%) по уровням. Месторождение Чал-Ата, профиль Х1а

Х. э.	I	II	III	IV
Pb	2,75	2,40	4,20	7,23
Zn	2,66	3,15	3,46	34,84
Cu	0,127	0,167	0,174	0,142
Ag	0,0023	0,0059	0,0203	0,1839
Sn	0,0072	0,0089	0,0059	0,0058
Bi	0,0022	0,0065	0,0249	0,9336
Sb	0,0261	0,0304	0,0186	0,0293
Mn	29,55	11,26	26,38	19,28
Sr	0,319	0,310	0,333	0,070
Cd	0,059	0,056	0,055	0,862

по программе «064-МГУ» [23]. Для этого исходные данные заносим в специальные бланки (табл. 40) в виде трех массивов чисел в границах. В первом массиве указываем число рассматриваемых элементов и количество уровней, во втором — значения линейных продуктивностей восьми химических элементов по уровням и в третьем — условные коды элементов. Исходные данные в порядке заполнения бланка перфорируем на 5-дорожковую перфоленту на УПДЛ (устройство подготовки данных на перфоленте) для ЭВМ «Минск-32». Результаты счета на ЭВМ выдаются на АЦПУ, при этом для проверки печатаются исходные данные.

По полученным результатам для каждого профиля определяем число монотонно изменяющихся с глубиной геохимических показателей. Для профиля 3 число таких показателей первого порядка оказалось 2 из 28 возможных парных отношений и 17 второго порядка из 406 возможных. При том же числе возможных отношений первого и второго порядков количество монотонных для профиля 26 соответственно составило: $\left(\frac{1}{1}\right) - 3$ и $\left(\frac{2}{2}\right) - 21$.

При восьми химических элементах и восьми опробованных уровнях на каждом из профилей, согласно табл. 19 и 20, появление случайных показателей первого — второго порядков, изменяющихся монотонно, не ожидается. Следовательно, выявленные монотонные геохимические показатели ν для каждого из профилей являются не случайными.

Решающее значение при выборе монотонных геохимических показателей зональности для их последующего использования в практике поисковых работ имеет их совместное появление на нескольких разведочных профилях месторождения. В соответствии с этим проводим сопоставление резуль-

Значения линейных продуктивностей химических элементов М (м%) по уровням.
Месторождение Миргалимсай

Х. э.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Профиль 3								
Pb	2,10	3,10	4,90	2,50	4,80	4,00	4,90	4,00
Zn	0,11	0,12	0,21	0,15	0,61	0,42	1,50	4,90
Cu	0,025	0,009	0,017	0,015	0,012	0,004	0,005	0,012
Mn	0,31	12,00	14,00	5,00	7,20	5,00	5,00	10,00
As	0,075	0,06	0,035	0,026	0,06	0,024	0,025	0,05
Hg	0,0025	0,0012	0,0011	0,0004	0,00036	0,0002	0,000125	0,0001
Ag	0,0075	0,006	0,00105	0,0125	0,012	0,002	0,0175	0,008
Ba	7,50	36,00	42,00	35,00	30,00	25,00	3,00	18,00
Профиль 26								
Pb	4,50	7,20	8,40	8,25	7,50	7,20	6,10	2,25
Zn	0,75	1,08	1,12	1,50	1,50	4,10	7,50	3,75
Cu	0,022	0,024	0,042	0,06	0,045	0,008	0,030	0,0045
Mn	2,25	12,10	14,10	22,50	12,20	22,40	37,50	3,20
As	0,45	0,24	0,21	0,15	0,15	0,08	0,075	0,015
Hg	0,0015	0,0012	0,0011	0,00075	0,0006	0,0004	0,00022	0,00003
Ag	0,0225	0,0144	0,0056	0,0075	0,0015	0,011	0,013	0,0015
Ba	1,50	3,60	2,80	1,20	1,50	5,60	6,00	0,75

Пример заполнения бланка для обработки по программе «064-МГУ»

Фамилия		Иванов		Элементы	Pb	Zn	Cu	Mn	стр.	1
Программа		«064-МГУ»			As	Hg	Ag	Ba	всего	—
Участок		Миргалимсай, профиль 3								
1	граница	8 (число х. э.)	8 (число уровней)	граница			граница		5	
6	2,1 продуктивность Pb на I уровне	0,11 продуктивность Zn на I уровне	0,025 и т. д.	0,31			0,075		10	
11	0,0025	0,0075	7,5 продуктивность Ba на I уровне	3,1 продуктивность Pb на II уровне			и т. д.		15	
...	
66	0,05	0,0001	0,008 продуктивность Ag на VIII уровне	18,00 продуктивность Ba на VIII уровне			граница		70	
71	граница	2 условный код Pb	3 условный код Zn	1 условный код Cu			23 и т. д.		75	
76	14	16	4	17 условный код Ba			граница		80	
81									85	
...	
156									160	

Подпись

Дата

татов, полученных по профилям 3 и 26, с учетом их вида — «убывающий» или «возрастающий». Результаты сопоставления представляем в табл. 41.

Таблица 41

Общее число возможных ν при 8 химических элементах:

$$\binom{1}{1} - 28 : \binom{2}{2} - 406.$$

Месторождение Миргалимсай

$\binom{2}{2}$ \diagdown $\binom{1}{1}$	ПР 3	ПР 26
ПР 3—8 уровней	2 ($\ll 0,05$) 17 ($< 0,05$)	$\frac{2}{\text{нет}}$ ($\ll 0,05$)
ПР 26—8 уровней	$\frac{10}{\text{нет}}$ ($< 0,05$)	3 ($\ll 0,05$) 21 ($< 0,05$)

В таблице по диагонали записываем число выявленных монотонных показателей зональности для каждого профиля, указывая в скобках число возможных случайных ν . В клетках матрицы приводим число общих показателей первого и второго порядков для двух профилей в числителе «прямых», в знаменателе — «обратных» и (в скобках) число возможных случайных.

Общую геохимическую характеристику всей группы выявленных показателей зональности записываем в виде дроби: $\frac{\text{HgAg}}{\text{ZnMn}} \text{PbAsCuBa}$, в числителе которой указываем химические элементы, встречающиеся только в числителе убывающих показателей; в знаменателе — элементы, отмечаемые только в знаменателе убывающих показателей, рядом с дробью указываем элементы, которые с первыми элементами образуют знаменатель, а со вторыми — числитель монотонно убывающих с глубиной показателей зональности.

В результате проведенной обработки по программе «064-МГУ» выбираем геохимические показатели, общие для двух профилей, которые могут быть использованы для оценки рудопроявлений при геохимических поисках в данном районе в метрике месторождения Миргалимсай (табл. 42).

Выбранные показатели имеют ясный геохимический смысл и обладают хорошей разрешающей силой.

Задача II.24. Выявить первичную зональность полиметаллических месторождений Кармазарского рудного района и выбрать общие геохимические показатели зональности ν для

Таблица 42

Численные значения геохимических показателей для верхних и нижних горизонтов оруденения месторождения Миргалимсай

Горизонты оруденения	Вид v				
	$\frac{\text{Hg}}{\text{Pb}}$	$\frac{\text{Hg}}{\text{Zn}}$	$\frac{\text{As Hg}}{\text{Pb Zn}}$	$\frac{\text{Hg}^2}{\text{Pb Zn}}$	$\frac{\text{Pb As}}{\text{Zn}^2}$
Верхние	$>1,2 \cdot 10^{-3}$	$>2,3 \cdot 10^{-2}$	$>8,1 \cdot 10^{-4}$	$>2,7 \cdot 10^{-5}$	$>13,0$
Нижние	$<1,3 \cdot 10^{-5}$	$<8 \cdot 10^{-6}$	$<5,3 \cdot 10^{-8}$	$<1,1 \cdot 10^{-10}$	$<2,4 \cdot 10^{-3}$

Горизонты оруденения	Вид v				
	$\frac{\text{Hg}^2}{\text{Pb As}}$	$\frac{\text{Pb Hg}}{\text{Zn}^2}$	$\frac{\text{As Hg}}{\text{Zn}^2}$	$\frac{\text{Ag Hg}}{\text{Zn}^2}$	$\frac{\text{Hg}^2}{\text{Cu Ba}}$
Верхние	$>1,1 \cdot 10^{-6}$	$>0,43$	$>1,5 \cdot 10^{-2}$	$>1,5 \cdot 10^{-3}$	$>6,8 \cdot 10^{-5}$
Нижние	$<2,7 \cdot 10^{-8}$	$<4,8 \cdot 10^{-6}$	$<3,2 \cdot 10^{-8}$	$<3,2 \cdot 10^{-9}$	$<4,6 \cdot 10^{-8}$

оценки рудопроявлений в метрике рассматриваемых месторождений при геохимических поисках в том же районе. Значения линейных продуктивностей химических элементов приведены в табл. 36, 37 и 38.

Задача II.25. Провести аналогичную обработку на ЭВМ по программе «064-МГУ» данных, приведенных в табл. 43 и 44.

Таблица 43

Значения линейных продуктивностей химических элементов М (м%) по уровням. Месторождение Перевальное, зона Северная, профиль VIII

Х. э.	I (скв. 183)	II (скв. 131)	III (скв. 184)	IV (скв. 187)
Sn	0,527	1,818	17,603	0,421
W	0,00091	0,0274	0,0306	0,0354
Cu	0,365	2,288	4,996	3,571
Pb	1,117	19,789	4,493	0,846
Zn	7,796	34,669	6,713	0,302
Sb	0,108	0,790	0,133	0,031
Ag	0,0143	0,0620	0,0477	0,0018
As	0,634	5,173	1,569	0,275
Bi	0,000112	0,003488	0,00357	0,00286

Задача II.26. Произвести оценку (таксацию) интервала минерализации, вскрытого скважиной 105 (рудная зона III, месторождение Тесиктас), в метрике разведочного профиля XI (рудная зона I того же месторождения) по 8 монотонным геохимическим показателям зональности первого и второго порядков, приведенным в табл. 45.

Таблица 44

Значения линейных продуктивностей химических элементов М (м%) по уровням. Месторождение Перевальное, зона Северная, профиль XXIII

Х. э.	I (скв. 235)	II (скв. 232)	III (скв. 233)	IV (скв. 234)	V (скв. 236а)
Sn	0,029	0,033	0,257	0,357	0,789
W	0,0001	0,0001	0,0018	0,0025	0,0051
Cu	0,016	0,033	0,896	0,987	1,785
Pb	5,32	1,85	6,05	0,17	0,41
Zn	8,78	1,62	11,79	1,43	0,98
Sb	0,831	0,389	0,705	0,048	0,080
Ag	0,0161	0,0034	0,0188	0,0018	0,0015
As	0,010	0,015	0,897	0,734	0,002
Bi	0,0001	0,0003	0,0003	0,0080	0,0038

Таблица 45

Численные значения геохимических показателей зональности по уровням. Месторождение Тесиктас, профиль XI

Уровень \ v	Cu	CuPb	CuAg	CuAg	CuAg	Ag ²	Ag ²	AgCo
	Mo	MoCd	MoAs	MoCd	CoCd	CoCd	AsCd	AsCd
I	2626,7	3580,1	23,76	428,0	23,86	0,00194	0,00147	0,123
II	2357,5	3419,3	18,97	359,9	14,29	0,00192	0,00123	0,097
III	1315,9	2003,6	7,46	128,6	5,93	0,00070	0,00055	0,077
IV	877,5	1414,8	3,11	88,9	4,72	0,00061	0,00036	0,059
V	588,0	718,6	1,81	34,6	3,63	0,00029	0,00018	0,037

Найти доверительные пределы оценки: $z = \bar{z} \pm \frac{s}{\sqrt{n}}$.

Средние геометрические содержания элементов типоморфного комплекса по скважине 105 приведены в табл. 46.

Таблица 46

Средние геометрические содержания элементов. Месторождение Тесиктас. Рудная зона III. Скв. 105

	Cu	Pb	Zn	Ag	Mo	Co	As	Cd
$\bar{C} \cdot 10^{-4}\%$	2020,0	3,7	306,0	0,20	2,9	37,5	61,6	2,7

Ход решения. На миллиметровой бумаге строим графики выбранных монотонных геохимических показателей v по ПР XI, в линейном масштабе 1:1000 по оси ординат (масштаб глубин z, м) и в логарифмическом с модулем 5 см по оси абсцисс (масштаб значений v). Все графики строятся

для v , убывающих с глубиной, при нумерации уровней сверху вниз и возрастании величины v слева направо. В данной задаче для простоты таксирование можно провести в масштабе уровней, без перехода к линейному масштабу глубин, условно принимая расстояние между уровнями 3 см.

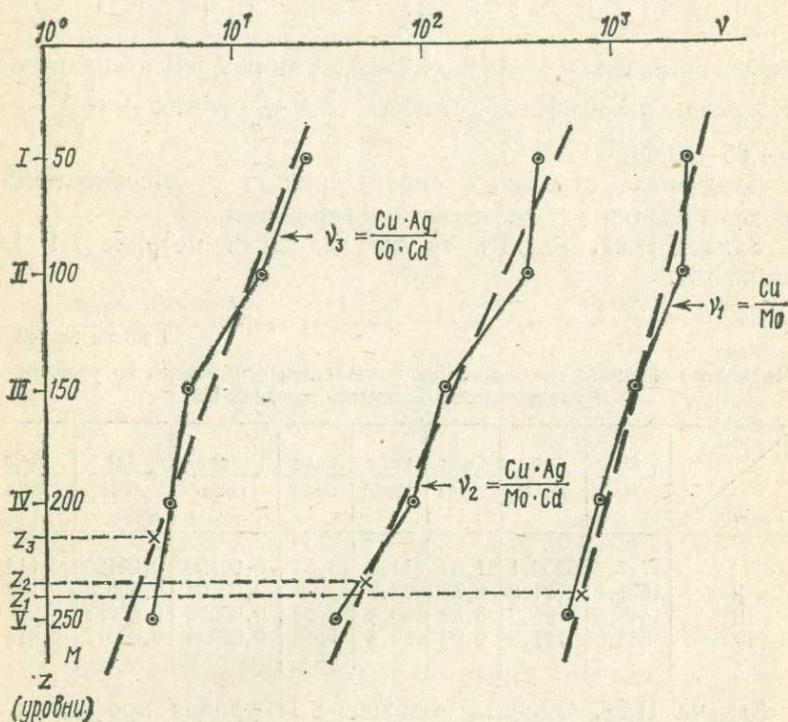


Рис. 15. Месторождение Тесиктас. Пример оценки (таксации) скважины 105 (рудная зона III) в метрике профиля XI (рудная зона I) по трем геохимическим показателям зональности v

По средним содержаниям рудных элементов (см. табл. 46) вычисляем значения выбранных v и по построенным графикам переводим их в метрику ПР XI. Так, величине $v_1 = \frac{Cu}{Mo} = \frac{2020}{2,9} = 697$ соответствует по графику глубина

$z_1 = 4,8$; величине показателя $v_2 = \frac{Cu \cdot Ag}{Mo \cdot Cd}$ — глубина $z_2 = 4,7$

и т. д. Отсчеты z_i делаем с точностью до 0,1 уровня (табл. 47), интерполяцию ведем по осредняющей прямой (рис. 15). Находим среднее арифметическое значение

$\bar{z} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 z_i = 4,65$. С помощью таблицы Типпета (приложе-

Таблица 47

v	Cu	CuPb	CuAg	CuAg	CuAg	Ag ²	Ag ²	AgCo
	Mo	MoCd	MoAs	MoCd	CoCd	CoCd	AsCd	AsCd
z _i	4,8	4,7	4,7	4,7	4,3	4,6	4,8	4,6

ние V) по размаху $R=4,8-4,3=0,5$ вычисляем стандартное отклонение $s_z=0,351 \cdot 0,5$, откуда $\bar{z} \pm \frac{s}{\sqrt{n}} = 4,65 \pm \frac{0,175}{\sqrt{8}} = 4,65 \pm 0,06$.

Сходимость отдельных определений z_i и доверительные пределы оценки \bar{z} следует считать хорошими.

Задача II.27. Решить ту же задачу в метрике ПР IX (табл. 48).

Таблица 48

Численные значения геохимических показателей зональности по уровням.
Месторождение Тесиктас, профиль IX

v Уровень	Cu	CuPb	CuAg	CuAg	CuAg	Ag ²	Ag ²	AgCo
	Mo	MoCd	MoAs	MoCd	CoCd	CoCd	AsCd	AsCd
I	1717,7	5356,1	11,32	311,6	13,53	0,00190	0,00120	0,114
II	1651,8	2771,8	8,79	233,7	11,98	0,00103	0,00075	0,103
III	1445,3	2725,3	8,59	140,4	2,20	0,00088	0,00058	0,064
IV	383,0	747,9	0,96	25,4	1,48	0,00024	0,00017	0,047

Задача II.28. Оценить положение II уровня профиля IX (табл. 48) в метрике профиля XI (табл. 45).

Задача II.29. По геохимическим показателям зональности, приведенным в табл. 49, оценить в метрике месторождения Миргалымсай рудопроявление, характеризуемое средними содержаниями $Va=7,5\%$, $Ag=0,0025\%$, $Pb=0,42\%$ и $Zn=0,04\%$.

Задача II.30. Решить ту же задачу для рудопроявления со средними содержаниями $Va=4,1\%$, $Ag=0,0013\%$, $Pb=0,28\%$ и $Zn=0,03\%$.

Задача II.31. Решить ту же задачу для значений линейных продуктивностей оруденения $Va=11,0\%$, $Ag=0,0042\%$, $Pb=4,4\%$ и $Zn=0,64\%$.

Задача II.32. По средним значениям «центров тяжести» графиков парных отношений химических элементов, выдаваемых при обработке данных по программе «064-МГУ» (табл. 50), установить частные ряды зональности отложения элементов для двух разведочных профилей IX—XI меднокол-

Численные значения геохимических показателей зональности по уровням.
Месторождение Миргалмсай

Уровень \ v	$\frac{Ba}{Pb}$	$\frac{Ba}{Zn}$	$\frac{Ag}{Zn}$	$\frac{Ba^*}{AgZn}$	$\frac{Ba^*}{PbZn}$
	I	24,96	216,33	0,0789	593033,0	5400,0
II	8,16	90,31	0,0234	348934,6	737,3
III	3,18	32,10	0,0090	114792,4	102,2
IV	1,97	11,46	0,0059	22433,6	22,5
V	0,82	2,43	0,0023	2512,4	2,0

Уровень \ v	$\frac{BaAg}{Pb^2}$	$\frac{BaAg}{PbZn}$	$\frac{BaAg}{Zn^2}$	$\frac{Ag^2}{PbZn}$
	I	0,2273	1,9700	17,072	0,00072
II	0,0173	0,1908	2,111	0,000049
III	0,0028	0,0288	0,288	0,000008
IV	0,0020	0,0115	0,067	0,000006
V	0,0006	0,0019	0,006	0,0000019

чеданного месторождения Тесиктас, оценить меру их сходства и вывести общий ряд (снизу вверх).

Ход решения. По данным, приведенным в табл. 50,

Таблица 50

Центры тяжести графиков парных отношений

Профиль	Cu	Pb	Zn	Ag	Mo	Co	As	Hg	Mn	Cd
IX	2,1	2,5	2,6	2,3	2,7	2,6	2,6	2,5	2,7	2,6
XI	2,6	3,1	3,0	2,6	3,5	3,1	3,2	2,9	3,0	3,1

устанавливаем частные ряды зональности отложения элементов для каждого из разведочных профилей. Запись элементов ведем снизу вверх, начиная с наибольших значений среднего центра тяжести. При одинаковых значениях этих величин символы двух или большего числа химических элементов записываем в скобках: ПР IX: (Mo, Mn) — (Co, As, Zn, Cd) — (Pb, Hg) — Ag—Cu. ПР XI: Mo—As—(Co, Cd, Pb)—(Zn, Mn)—Hg—(Ag, Cu).

Сходство зональных рядов отложения элементов устанавливаем по наличию ранговой корреляции между порядковыми номерами элементов в двух частных рядах (I.17). Элементам,

записанным в скобках, присваиваем одинаковые ранговые номера, равные среднему из суммы занимаемых ими порядковых мест:

ПР IX: (Mo, Mn) — (Co, As, Zn, Cd) — (Pb, Hg) — Ag—Cu.
 1,5 1,5 4,5 4,5 4,5 4,5 7,5 7,5 9 10.

ПР XI: Mo—As — (Co, Cd, Pb) — (Zn, Mn) — Hg — (Ag, Cu).
 1 2 4 4 4 6,5 6,5 8 9,5 9,5.

Значение рангового коэффициента корреляции (I.17) составило +0,7. Его значимость на 5%-ном доверительном уровне определяем по критической сумме квадратов разностей порядковых номеров при $n=10$ (приложение VII). В данном случае $\Sigma \Delta^2=49$ при критической сумме 61. Наличие значимой положительной корреляции между двумя частными рядами отложения элементов позволяет вывести общий ряд зональности, ранжируя элементы по величине суммы их порядковых мест в частных рядах. Имеем

Mo—As—Mn—(Co, Cd)—Zn—Pb—Hg—Ag—Cu.

2,5 6,5 8 8,5 8,5 11 11,5 15,5 18,5 19,5

Задача II.33. Решить ту же задачу по данным, приведенным в табл. 51.

Таблица 51

Центры тяжести графиков парных отношений. Месторождение
 Перевальное, зона Северная

Профиль	Sn	W	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Ag	Bi
XVI	3,2	3,1	2,5	2,4	2,5	2,5	2,1	1,7	2,3
XX	3,8	4,0	3,3	2,6	3,7	3,5	2,4	2,8	2,3

Задача II.34. Решить ту же задачу по данным, приведенным в табл. 52.

Таблица 52

Центры тяжести графиков парных отношений. Месторождение
 Перевальное, зона Майская

Профиль	Sn	W	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Ag	Bi
VI	4,0	4,1	3,7	2,4	2,2	4,8	3,3	3,0	3,1
XVII	3,1	3,5	2,4	2,1	1,8	2,4	2,5	2,0	2,7

Задача II.35. Решить ту же задачу по данным, приведенным в табл. 53.

Таблица 53

Центры тяжести графиков парных отношений. Месторождение Садовое

№ скв.	As	Pb	Zn	Ag	Cu	Ni	Sn	Mn	Mo	Co
50	3,9	2,7	2,7	1,9	2,9	3,5	3,6	2,4	3,6	3,3
126	3,6	1,6	1,4	1,8	2,3	3,0	2,6	2,2	3,3	3,1

Задача II.36. Вывести общий ряд зональности для двух полиметаллических месторождений Карамазарского рудного района (табл. 54).

Таблица 54

Центры тяжести парных отношений

Месторождение, профиль	Pb	Zn	Cu	Ag	Sn	Bi	Sb	Mn	Sr	Cd
Алтын-Топкан, 22	2,3	2,2	3,2	2,8	2,6	3,3	2,1	2,1	1,8	2,3
Чал-Ата, XI _a	2,7	3,1	2,4	3,4	2,3	3,7	2,3	2,3	2,1	3,1

Задача II.37. Определить значимость отличий от нуля на 5%-ном уровне коэффициентов корреляции между содержаниями меди и мышьяка, подсчитанных для верхнего (скв. 568) и нижнего (скв. 840) горизонтов оруденения по профилю 27 месторождения «50 лет Октября» (табл. 55 и 56), и оценить значимость различий между ними.

Таблица 55

Матрица парных коэффициентов корреляции. Месторождение «50 лет Октября», профиль 27, скв. 568, $n_1=13$

	Cu	As	Co	Mo	Ag
Cu	1,00	-0,55	-0,02	-0,69	0,70
As		1,00	-0,12	0,44	-0,63
Co			1,00	-0,34	-0,01
Mo				1,00	-0,55
Ag					1,00

Ход решения. Значимость отличий коэффициентов корреляции от нуля на каждом из уровней определяем по приложению VI. Для верхнего горизонта оруденения (скв. 568, $n_1=13$) значение $r_{5\%}$ при $f=13-2=11$ равно 0,55, что позволяет сделать вывод о наличии на этом горизонте обратной корреляционной зависимости между содержаниями меди

Матрица парных коэффициентов корреляции. Месторождение «50 лет Октября», профиль 27, скв.840, $n_2=25$

	Cu	As	Co	Mo	Ag
Cu	1,00	0,69	0,80	0,01	0,81
As		1,00	0,62	0,10	0,04
Co			1,00	-0,11	0,59
Mo				1,00	0,04
Ag					1,00

и мышьяка ($r_{1CuAs} = -0,55 = r_{5\%}$). Для нижнего горизонта оруденения (скв. 840, $n_2=25$) отмечается прямая корреляционная зависимость между

содержаниями меди и мышьяка ($r_{2CuAs} = 0,69 > r_{5\%} = 0,40$ при $f=25-2=23$).

Согласно приложению VIII, находим верхние и нижние пределы r_2 , noticeably отличающиеся от $r_1 = -0,55$ при $n_1=13$, $n_2=25$: $0,08 - (-0,87)$. Величина $r_2 = 0,69$ не входит в этот интервал, следовательно, r_2 значительно отличается от r_1 , т. е. связь между содержаниями меди и мышьяка от отрицательной на верхнем уровне оруденения меняется на положительную в нижних горизонтах. В данном случае величина r_{CuAs} может служить диагностическим признаком уровня оруденения.

Задача II.38. Решить ту же задачу для коэффициентов корреляции между содержаниями меди и кобальта.

Задача II.39. Решить ту же задачу для коэффициентов

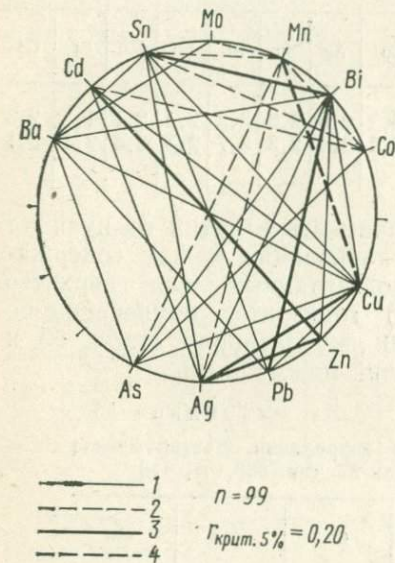


Рис. 16. Месторождение «50 лет Октября», профиль 27, скв. 615. Круговая корреляционная диаграмма:

1 — значимые положительные связи; 2 — значимые отрицательные связи; 3 — сильные положительные связи ($r_{xy} \geq 0,5$); 4 — сильные отрицательные связи ($r_{xy} \leq -0,5$)

корреляции между содержаниями меди и молибдена.

Задача II.40. Решить ту же задачу для коэффициентов корреляции между содержаниями меди и серебра.

Таблица 57

Матрица парных коэффициентов корреляции

	Cu	Pb	Zn	Co	Mo	As	Ag	Mn	Ba	Cd	Sn	Bi
Cu	1,00	0,26	0,53	0,05	-0,01	0,48	0,89	-0,50	0,22	0,37	0,35	0,43
Pb		1,00	-0,06	-0,12	0,02	0,35	0,14	0,13	0,41	-0,02	0,29	0,74
Zn			1,00	-0,15	-0,15	-0,14	0,67	-0,15	0,04	0,74	0,42	0,27
Co				1,00	0,12	0,25	0,07	-0,24	0,06	-0,25	-0,35	-0,17
Mo					1,00	0,14	-0,08	-0,35	0,32	-0,13	0,23	0,13
As						1,00	0,42	-0,31	0,20	-0,15	-0,09	0,28
Ag							1,00	-0,41	0,03	0,49	0,33	0,35
Mn								1,00	0,17	-0,09	-0,20	-0,09
Ba									1,00	-0,06	0,35	0,47
Cd										1,00	0,41	0,23
Sn											1,00	0,62
Bi												1,00

Задача II.41. Решить ту же задачу для коэффициентов корреляции между содержаниями мышьяка и кобальта.

Задача II.42. Построить круговую диаграмму парных коэффициентов корреляции между логарифмами содержаний химических элементов для рудного интервала, вскрытого скважиной 615 разведочного профиля 27 медноколчеданного месторождения «50 лет Октября». Матрица парных коэффициентов корреляции, полученная с помощью программы «012-МГУ», приводится в табл. 57, число проб $n=99$.

Х о д р е ш е н и я. По данным табл. 57 выбираем коэффициенты корреляции, значимые на 5%-ном доверительном уровне. Согласно приложению VI, при $n=99$ $r_{\text{крит}}=0,20$. По кругу, начиная от полуденной линии, элементы располагаем по часовой стрелке в последовательности: Mo, Mn, Bi, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Ag, As, Sb, Hg, Sr, Ba, Cd, Sn. Прямую корреляционную связь изображаем сплошной линией, обратную — пунктиром. Сильные связи между парами элементов при $r_{xy} \geq |0,5|$ изобразим жирными линиями (рис. 16).

Отсутствие символа элемента на окружности означает, что его содержания при оценке корреляционных связей не рассматривались.

Задача II.43. Выполнить аналогичные построения по данным, приведенным в табл. 58.

Таблица 58

Матрица парных коэффициентов корреляции. Месторождение Джексаган. Участок Покрово-Север. ПР 20. Рудное тело 5—1, $n=70$

	Cu	Pb	Zn	Ag	Mo	As	Hg	Ba	Mn
Cu	1,00	-0,05	-0,08	0,90	0,30	0,57	0,76	-0,45	-0,21
Pb		1,00	0,79	0,13	0,72	-0,15	0,10	-0,07	-0,03
Zn			1,00	0,09	0,70	-0,09	0,12	-0,05	-0,07
Ag				1,00	0,40	0,46	0,72	-0,50	-0,27
Mo					1,00	0,40	0,45	-0,20	-0,05
As						1,00	0,67	-0,25	-0,04
Hg							1,00	-0,55	-0,30
Ba								1,00	0,39
Mn									1,00

Задача II.44. Выполнить аналогичные построения по данным, приведенным в табл. 59.

Задача II.45. Выполнить аналогичные построения по данным, приведенным в табл. 60.

Задача II.46. Определить суммарную энергию рудообразования по данным химического анализа проб керна из рудного интервала 107,0—116,0 м, пересеченного скважиной 587 (месторождение «50 лет Октября»), и построить график

Матрица парных коэффициентов корреляции. Месторождение Шубинское, профиль IV, верхний горизонт оруденения, $n=46$

	Cu	Pb	Zn	Ag	Mo	Bi	As	Hg	Ba
Cu	1,00	0,60	0,70	0,90	0,73	0,64	0,44	0,57	0,13
Pb		1,00	0,80	0,79	0,59	0,37	0,38	0,47	0,20
Zn			1,00	0,83	0,64	0,51	0,52	0,67	0,02
Ag				1,00	0,74	0,63	0,48	0,60	0,10
Mo					1,00	0,60	0,45	0,63	0,32
Bi						1,00	0,38	0,45	-0,17
As							1,00	0,68	0,28
Hg								1,00	0,20
Ba									1,00

$E=f(z)$ для этого интервала. Найти среднее значение энергии рудообразования для каждого из пяти элементов и оценить долю (в %), приходящуюся на каждый из элементов от общих затрат энергии. Исходные данные приведены в табл. 61.

Ход решения. Согласно формуле (II.11), рассчитываем энергию рудообразования каждого из элементов. Величину сжатия (концентрации) или разрежения (деконцентрации) K находим как отношение содержания элемента в каждой пробе к его кларку (приложение I). Так, для пробы 1

$$K_{Cu} = \frac{1,13}{0,0047} = 240,4; \quad K_S = \frac{6,2}{0,047} = 131,9 \text{ и т. д.}$$

Значения E_i снимаем с графика (см. рис. 5) или рассчитываем, пользуясь таблицами натуральных логарифмов. По этим данным, согласно формуле (II.12), найдем полную энергию рудообразования для каждого метрового интервала опробования. По полученным данным строим график в линейном масштабе 1 : 100. Вычисляем среднее значение E для каждого элемента. Например, $\bar{E}_{Cu} = \frac{7822}{9} = 869,1$ и т. д.

Определяем полную затрату энергии рудообразования для пяти химических элементов [уравнение (II.12)]:

$$E_{\text{надр}} = 869,1 + 1175,8 + \dots + 226,41 = 2286,12.$$

Находим долю энергии рудообразования каждого элемента от полной энергии. Имеем: S—51,43%; Cu—38,02%, Zn—9,91%; Co—0,62%; Fe—0,02%. Таким образом, максимальная затрата энергии при процессе рудообразования в надрудном интервале данного месторождения приходится на серу (51,43%), минимальная — на железо (0,02%).

Таблица 61

Содержания рудных элементов (в %). [Месторождение «50 лет Октября», скв. 587, интервал 107,0—116,0 м

№ проб	Интервал	Cu	S	Fe	Co	Zn
1	107—108	1,13	6,2	7,4	0,010	0,25
2	108—109	0,70	8,3	4,5	0,010	0,30
3	109—110	3,05	32,2	12,1	0,040	1,00
4	110—111	0,57	5,3	7,0	0,006	0,80
5	111—112	0,20	4,4	4,7	0,008	0,60
6	112—113	0,18	3,0	5,5	0,006	0,25
7	113—114	0,16	6,8	4,5	0,010	0,10
8	114—115	0,43	14,5	11,5	0,010	0,30
9	115—116	0,18	7,6	7,4	0,008	0,45

Задача П.47. Решить ту же задачу для подрудного интервала оруденения (табл. 62).

Таблица 62

Содержания рудных элементов (в %). Месторождение «50 лет Октября», скв. 587, интервал 148,0—157,0 м

№ проб	Cu	S	Fe	Co	Zn
1	0,11	20,8	15,1	0,012	0,020
2	0,11	20,4	8,9	0,016	0,012
3	0,09	25,4	8,0	0,018	0,015
4	0,07	26,4	10,9	0,026	0,015
5	0,11	27,6	16,2	0,026	0,020
6	0,09	23,3	15,0	0,040	0,027
7	0,11	11,8	8,1	0,009	0,017
8	0,009	22,2	9,5	0,016	0,025
9	0,20	29,5	14,9	0,030	0,025

ГЛАВА III

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ВТОРИЧНЫХ ЛИТОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛОВ РАССЕЯНИЯ И ОЦЕНКА ВЫЯВЛЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ

В поисково-разведочной практике необходимость решения геохимических задач, отнесенных к данному разделу, возникает преимущественно на стадии детальных литохимических съемок масштаба 1 : 10 000 и крупнее, выполняемых выборочно в пределах геохимических аномалий, выявленных поисковыми съемками более мелких масштабов.

Содержанием этих задач является установление численных значений различных геохимических показателей и местных коэффициентов, используемых затем для интерпретации вторичных ореолов рассеяния и при задании первых разведочных выработок. Основная цель количественной интерпретации ореолов рассеяния — решение так называемой «обратной задачи поисковой геохимии» — характеристика ожидаемого коренного оруденения по параметрам выявленной аномалии и в конечном результате подсчет по геохимическим данным прогнозных (геологических) запасов металла в обнаруженных месторождениях и рудопроявлениях.

К области интерпретации геохимических данных примыкает решение «прямой задачи поисковой химии» — расчет ожидаемого ореола рассеяния по заданным характеристикам рудного тела и численным значениям местных коэффициентов. Результаты решения прямой задачи служат для корректировки методики и техники поисковых геохимических съемок и являются одним из критериев правильности решения обратных задач.

Приводимые ниже задачи относятся в основном к интерпретации вторичных остаточных ореолов рассеяния в современном элювио-делювии или в древних (элювиальных) корках выветривания рудовмещающих пород. Соответствующие методы геологической интерпретации вторичных наложенных ореолов рассеяния в дальнеприносных отложениях к настоящему времени разработаны еще весьма слабо.

Количественная обработка геохимических данных на стадии детальных съемок начинается с построения графиков содержаний элементов-индикаторов по профилям и оконтуривания аномалий в плане путем построения карт изоконцен-

траций. По графикам и картам, за вычетом местного геохимического фона, различными графическими и аналитическими способами или с помощью палеток производится оценка соответствующих геохимических показателей, местных коэффициентов или характеристик оруденения (задачи III.1—III.22). Завершается интерпретация ореолов рассеяния подсчетом прогнозных запасов металла [10] с оценкой масштаба месторождения и вероятной доли балансовых руд (задачи III.26—III.29), а также оценкой уровня эрозионного среза оруденения по вторичным ореолам рассеяния в метрике разведанных месторождений (задачи III.30—III.31).

Соответственно аналитическим путем, с помощью специальной линейки или круговой палетки, решаются прямые задачи (III.32—III.43). Ряд задач посвящен решению более частных вопросов: оценке смещения ореолов по склону (III.23—III.25); интерпретации погребенных ореолов рассеяния (III.44—III.45) и оценке значимости различий параметров вторичных ореолов рассеяния (III.46—III.56).

Геохимическими показателями, характеризующими вторичный ореол рассеяния в сечении по профилю, являются максимальное содержание элемента-индикатора $C_{\max}(\%)$, его суммарное количество в ореоле M ($m\%$) и выявленная (эффективная) ширина ореола $2a$ (м). Важнейшее значение имеет существование пропорциональной зависимости между количеством металла во вторичном ореоле рассеяния M и количеством металла в коренном оруденении $M_{p.t.}$:

$$M = k M_{p.t.} \quad (III.1)$$

где $k \geq 1$ — коэффициент остаточной продуктивности, зависящий от свойств рудного элемента и местных ландшафтно-геохимических условий.

Содержание металла по профилю во вторичном остаточном ореоле «тонкого» рудного тела подчиняется функции рассеяния [19]:

$$C_x = \frac{M}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} + C_{\phi}, \quad (III.2)$$

где M и σ — параметры, а x — расстояние в метрах от центральной точки ореола, в которой $C_x = C_{\max}$. При значениях $M=1$, $\sigma=1$ и $C_{\phi}=0$ выражение (III.2) приобретает вид нормированного нормального распределения, табулированные значения которого приводятся в математических справочниках и даны в приложении II¹.

¹ Напомним, что нормальное распределение фоновых содержаний химических элементов (гл. I) и нормальное распределение содержаний рудного элемента в ореоле рассеяния не имеют между собой ничего общего. В первом случае речь шла о статистической зависимости типа $n_i = f(C_i)$, во втором — о пространственно-упорядоченном (детерминированном) распределении типа $C_x = f(x)$.

При $x=0$ имеем (за вычетом фона)

$$C_{\max} = \frac{M}{\sigma \sqrt{2\pi}} \approx \frac{k M_{p.t.}}{2,5\sigma}. \quad (\text{III.3})$$

По графику такого ореола значение коэффициента гипергенного рассеяния σ определяется методом «трех уровней» (рис. 17) в соответствии с табличными значениями функции нормального распределения (приложение II). Если найденные значения σ_1 , σ_2 и σ_3 различаются не более чем на ± 10 — $\pm 15\%$, определение

$$\sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} \quad (\text{III.4})$$

считается достоверным.

Рудное тело может считаться тонким в пределах значений

$$p/\sigma < 1, \quad (\text{III.5})$$

где p — полу мощность рудной зоны.

Остаточные ореолы рассеяния тонких рудных тел подчиняются «принципу эквивалентности», согласно которому при прочих равных условиях одинаковые ореолы образуют любые рудные тела, подчиняющиеся зависимости:

$$2p \cdot C_p = M_{p.t.} = \text{const}, \quad (\text{III.6})$$

где C_p — содержание металла в рудном теле. Очевидно, что существует бесчисленное множество пар значений $2p$ и C_p , удовлетворяющих условию (III.6). Это определяет невозможность раздельной оценки $2p$ и C_p по ореолу рассеяния тонкого рудного тела.

Ореол рассеяния мощного рудного тела перестает подчиняться нормальному закону, зависимости (III.2) и (III.3) нарушаются, график содержания металла в ореоле приобретает плоскую вершину или так называемый «коробчатый» вид. При оценке коэффициентов рассеяния методом трех уровней признаком мощного рудного тела служит зависимость $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$, и такие определения σ становятся недостоверными.

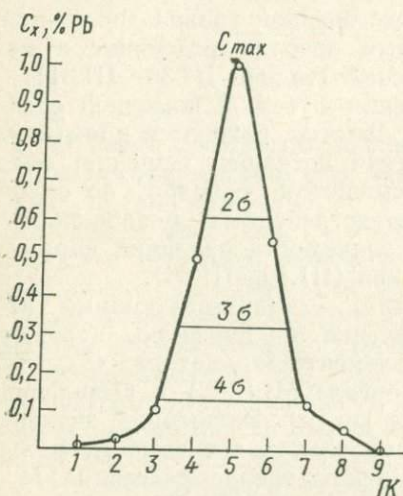


Рис. 17. Определение σ методом «трех уровней»:

$$2\sigma - 0,607 C_{\max}; \quad 3\sigma - 0,325 C_{\max}; \\ 4\sigma - 0,135 C_{\max}$$

Содержание металла по профилю в остаточном ореоле рассеяния рудного тела любой мощности подчиняется зависимости [12]

$$C_x = \frac{kC_p}{2} \left[\Phi \left(\frac{p+x}{\sigma} \right) + \Phi \left(\frac{p-x}{\sigma} \right) \right] + C_\phi, \quad (\text{III.7})$$

где $\Phi(x)$ — табулированные значения интеграла вероятностей (приложение II). Отсюда при $x=0$ (за вычетом фона) имеем

$$C_{\max} = kC_p \Phi \left(\frac{p}{\sigma} \right) \quad (\text{III.8})$$

или

$$\frac{C_x}{C_{\max}} = \frac{1}{2\Phi(p/\sigma)} \left[\Phi \left(\frac{p+x}{\sigma} \right) + \Phi \left(\frac{p-x}{\sigma} \right) \right]. \quad (\text{III.9})$$

Правые ветви графиков, вычисленных по формуле (III.9) для фиксированных значений p/σ и $k=1,0$, построенные на кальке в различных линейных масштабах при логарифмическом масштабе ординат, образуют комплект палеток для графической интерпретации выявленных ореолов рассеяния (палетки Дубова, рис. 23). С помощью этих палеток по наблюдаемым вторичным остаточным ореолам рассеяния рудных тел простой формы удастся определить σ , $2p$ и с учетом коэффициента остаточной продуктивности k — содержание металла в рудном теле C_p . Практически использование палеток становится возможным начиная с $p/\sigma > 0,75$. Начиная со значений $p/\sigma \leq 0,75$ невозможность использования палеток определяется действием принципа эквивалентности. Для значений $p/\sigma > 2$ графики ниспадающих значений C_x перестают заметно отличаться от ореола рассеяния над контактом двух пород.

Оценка местного значения коэффициента рассеяния σ методом трех уровней или с помощью палеток Дубова возможна только по ореолам рассеяния, достаточно близким по своему виду к теоретическим графикам для тел правильной формы и притом по профилям, удаленным от концов рудного тела на расстояние $y > 2\sigma$. Если профиль наблюдений образует угол ω° с направлением нормали к простиранию рудной зоны, найденное значение $\sigma_{\text{набл}}$ следует исправить согласно зависимости

$$\sigma = \sigma_{\text{набл}} \cos \omega^\circ. \quad (\text{III.10})$$

Местное значение коэффициента гипергенного рассеяния для данного химического элемента в конкретном геохимическом ландшафте определяется оценкой среднего арифметического с указанием доверительных пределов:

$$\sigma = \bar{\sigma} \pm \frac{s}{\sqrt{n}}, \quad (\text{III.11})$$

где s — стандартное отклонение, определяемое по таблицам Типпета через размах найденных значений ($R = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$, приложение V); n — число определений σ в пределах однородного участка.

Подсчеты количества металла в ореоле рассеяния M и в коренном оруденении $M_{p.t}$ ведутся при постоянном шаге опробования по формуле (II.4), при переменном шаге опробования по формуле (II.5). С практической стороны подсчеты M можно ограничивать интервалом ореола рассеяния со значениями $C_x \geq 0,1 C_{\max}$, учитывая, что за его пределами величина остаточного интеграла пренебрежительно мала. При высоких значениях C_p для подсчетов $M_{p.t}$ величиной C_f допустимо пренебрегать. Для оценки местного значения коэффициента остаточной продуктивности k приведение M и $M_{p.t}$ к значениям истинной мощности рудной зоны не является обязательным, необходимо только, чтобы подсчеты M и $M_{p.t}$ отвечали одинаковым по отношению к истинной мощности сечением рудной зоны. Если направление профиля литохимической съемки образует угол ω° с азимутом разведочной канавы, результаты подсчета количества металла в ореоле $M_{\text{набл}}$ следует исправить:

$$M = M_{\text{набл}} \cos \omega^\circ. \quad (\text{III.12})$$

Местное значение коэффициента остаточной продуктивности для данного химического элемента в конкретном геохимическом ландшафте определяется оценкой среднего геометрического

$$\tilde{k} = \text{antlg} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg k_i \right) \quad (\text{III.13})$$

с указанием доверительных пределов:

$$k = \tilde{k} \varepsilon^{\pm 1}, \quad (\text{III.14})$$

где ε — стандартный множитель при среднем геометрическом, определяемый по таблицам Типпета через размах ($R = \lg k_{\max} - \lg k_{\min}$), или

$$\varepsilon = \text{antlg} \left[\frac{\beta}{\sqrt{n}} \cdot \lg \left(\frac{k_{\max}}{k_{\min}} \right) \right], \quad (\text{III.15})$$

где n — число определений k в пределах однородного участка; β — коэффициент Типпета (приложение V).

При резко четкообразном характере оруденения с частым чередованием раздувов и пережимов обнаруживается обратная корреляционная зависимость между k и $M_{p.t}$. В этих случаях оценка \tilde{k} перестает характеризовать среднее значение

коэффициента остаточной продуктивности, и местное значение k следует вычислять из выражения

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{\sum_{i=1}^n (M_{p.т})_i} \quad (III.16)$$

учитывающего влияние продольного рассеяния.

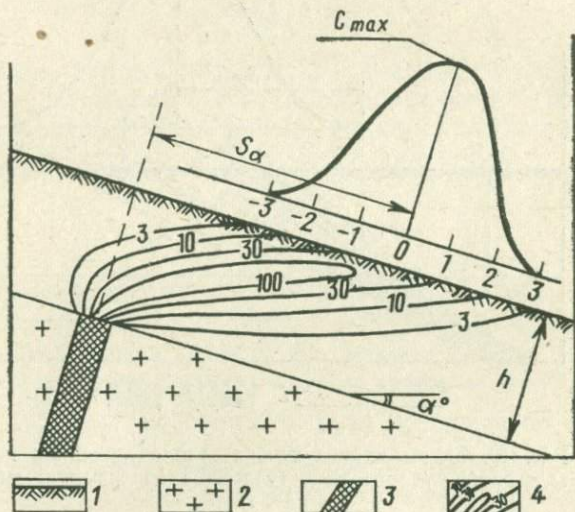


Рис. 18. Смещение вторичного ореола рассеяния на плоском склоне:

1 — элювио-делювиальный с почвенно-растительным слоем; 2 — рудовмещающие породы; 3 — рудное тело; 4 — вторичный ореол рассеяния

Центральная точка вторичного ореола рассеяния C_{max} совпадает с эпицентром рудного тела только при горизонтальной дневной поверхности и вертикальном падении рудного тела.

На поверхности плоского (прямолинейного) склона остаточный ореол рассеяния рудного тела, падающего по нормали к склону, смещается к подножию на расстояние

$$S_{\alpha} = Ah^2 \sin \alpha, \quad (III.17)$$

где A — местный коэффициент; h — мощность элювио-делювиальных образований по нормали к склону и α — угол наклона местности к горизонту (рис. 18). При горизонтальной дневной поверхности и пологом падении рудного тела остаточный ореол рассеяния смещается в сторону восстания:

$$S_{\beta} = Bh \operatorname{ctg} \beta, \quad (\text{III.18})$$

где B — коэффициент, зависящий от изменения объема пород при выветривании, и β — угол падения рудного тела (рис. 19). При увеличении объема пород при выветривании $B < 1$, при уменьшении объема — $B > 1$. Общее смещение остаточного

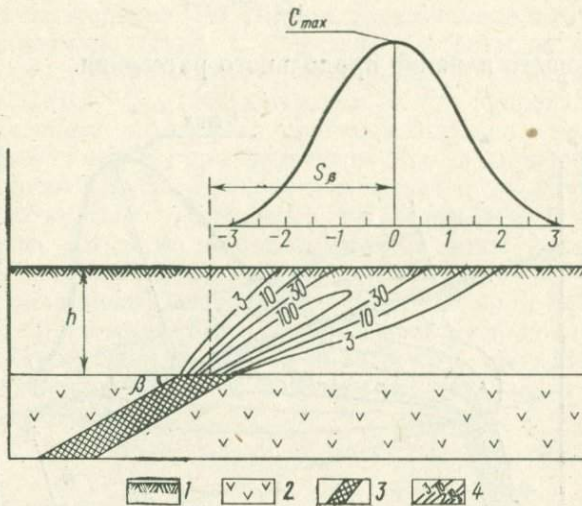


Рис. 19. Смещение вторичного ореола рассеяния по восстанию рудного тела (условные обозначения см. к рис. 18)

ореола рассеяния от эпицентра рудного тела определяется геометрической суммой смещений:

$$\vec{S}_{\text{общ}} = \vec{S}_{\alpha} + \vec{S}_{\beta}. \quad (\text{III.19})$$

Количество металла в контуре вторичного ореола рассеяния в плане или площадная продуктивность ореола P ($\text{м}^2\%$) подсчитывается по формуле

$$P = l \sum_{i=1}^m M_i = \Delta x \cdot l \cdot \left(\sum_{x=1}^N C_x - N C_{\phi} \right), \quad (\text{III.20})$$

где M_i — линейная продуктивность ореола по каждому из профилей, подсчитанная по формуле (II.4); l — расстояние между профилями съемочной сети; m — число профилей; N — число точек, вошедших в подсчет. В практике чаще используется показатель продуктивности ореола рассеяния:

$$q = Pd \cdot 10^{-2} = \frac{P}{40} \text{ т/м}, \quad (\text{III.21})$$

где $d=2,5 \text{ т/м}^3$ — объемный вес элювио-делювиальных образований, а умножение на 10^{-2} отвечает переходу от процентов к тоннам металла на 1 м углубки.

В соответствии с выражением (III.1) показатели площадной продуктивности остаточного ореола рассеяния связаны с площадной продуктивностью выхода коренного оруденения зависимостями

$$P = k P_{p,t} \quad (\text{III.22})$$

и

$$q = k q_{p,t}. \quad (\text{III.23})$$

Геохимические запасы металла Q_H в коренном оруденении, при условии постоянства его характеристики до глубины H (подсчет «полотном») или выклинивания на глубине $2H$ (подсчет «треугольником»), определяются по формуле

$$Q_H = \frac{1}{k} qH. \quad (\text{III.24})$$

Выбор целесообразной глубины H подсчета геохимических запасов металла наряду с геологическими и геофизическими данными определяется для крутопадающих рудных тел общей протяженностью ореола рассеяния, а также оценкой предполагаемого уровня эрозийного среза оруденения $\bar{z} \pm \frac{s}{\sqrt{n}}$

(см. гл. II) в метрике хорошо изученного однотипного месторождения. При этом используемые для оценки z_i абсолютные значения геохимических показателей зональности $v_i = \frac{\Pi(M_{p,t})_I}{\Pi(M_{p,t})_{II}}$ в случае их вычисления по характеристикам вторичных ореолов рассеяния (M) подлежат умножению на поправочный коэффициент

$$k(v_i) = \frac{\Pi k_{II}}{\Pi k_{I*}}, \quad (\text{III.25})$$

где Πk — произведение соответствующих коэффициентов остаточной продуктивности k для группы элементов, образующих числитель (I) и знаменатель (II) безразмерного показателя зональности v_i .

Для оценки цифры прогнозных (геологических) запасов металла в месторождениях Q_H^* по параметрам вторичных остаточных ореолов рассеяния найденную величину геохимических запасов Q_H следует уменьшить с учетом ожидаемой доли забалансовых руд:

$$Q_H^* = Q_H \alpha, \quad (\text{III.26})$$

где $\alpha < 1$ — поправочный множитель, определяемый типом оруденения. В общем случае значение α зависит от масштаба прогнозируемого оруденения, и при недостатке других данных можно пользоваться значениями, приведенными в табл. 63.

Таблица 63

Значения поправочного множителя α

Прогнозируемые геохимические запасы Q_H	Поправочный множитель α
Крупное месторождение	0,8—0,9
Среднее месторождение	0,6—0,7
Мелкое месторождение	0,4—0,5
Непромышленное рудопоявление	0,0

При заданных минимально-промышленных содержаниях металла показатель α подлежит оценке по результатам геохимического опробования первых горных выработок и скважин согласно зависимости

$$\alpha = \frac{(M_{p.t})_{\text{промышл}}}{(M_{p.t})_{\text{общ}}} \quad (\text{III.27})$$

Результаты подсчета прогнозных запасов Q_H подлежат округлению до первой значащей цифры:

$$Q_H^* = n \cdot 10^m \text{ т}, \quad (\text{III.28})$$

где n может принимать значения от 1 до 9.

Решение прямых задач — вычисление содержаний металла во вторичных остаточных ореолах рассеяния рудных тел простой формы для построения графиков ореолов $C_x = f(x)$ по заданным значениям C_p , $2p$, k , σ и C_Φ — следует начинать с оценки величины p/σ . При $p/\sigma < 1$ график ореола рассеяния можно рассчитать, пользуясь функцией нормального распределения, численные значения которой приведены в приложении II. Для этого достаточно вычислить значение C_{\max} по формуле (III.3) и по табличным значениям $\frac{f(x)}{f(0)}$ для нескольких значений x найти

$$C_x = C_{\max} \frac{f(x)}{f(0)} + C_\Phi, \quad (\text{III.29})$$

где x выражено в единицах σ .

При $p/\sigma > 0,75$ вычисления следует вести по формуле (III.7), пользуясь табличными значениями $\Phi\left(\frac{p \pm x}{\sigma}\right)$ (приложе-

ние II) для серии последовательных значений x , до выхода C_x на уровень фона¹.

С учетом симметрии графиков ореолов рассеяния тел простой формы в обоих случаях вычисления ведутся для одной из ветвей ореола.

Для построения графиков вторичных остаточных ореолов рассеяния сложных рудных зон с частым чередованием интервалов различных содержаний рудного элемента вычисления ведутся с помощью линейки Дубова [11]. Деления этой линейки соответствуют мощностям рудных пластов с содержанием металла C_p , которые при коэффициенте рассеяния $\sigma=1$ создают в элювии нулевой точки линейки аномальные содержания $\Delta C_x=0,01 C_p$. Для использования линейки требуется построить геологический разрез рудной зоны на кальке в масштабе σ , при котором местное значение σ приравнивается длине отрезка, изображенного под линейкой (рис. 20). Тогда для любой точки x на разрезе, совмещенной с центром линейки 0,

$$C_x = 0,01 k \sum n_i C_{pi} + C_\phi, \quad (\text{III.30})$$

где n_i — число делений линейки, приходящихся на рудный интервал с содержанием металла C_{pi} .

Аналогичным путем по круговой палетке Дубова (рис. 21) рассчитываются содержания металла C_{xy} во вторичном остаточном ореоле рассеяния сложной рудной зоны в плане. Каждая элементарная площадка круговой палетки отвечает контуру оруденения, изображенному в масштабе $\sigma=1$, с содержанием металла C_p , которое создает аномальное содержание $\Delta C_{xy}=0,001 C_p$. Для пользования круговой палеткой коренное оруденение необходимо изобразить на кальке в масштабе σ . Тогда для любой точки на кальке, совмещаемой с центром палетки, имеем

$$C_{xy} = 0,001 k \sum m_i C_{pi} + C_\phi, \quad (\text{III.31})$$

где m_i — число площадок круговой палетки, покрытых контуром оруденения со средним содержанием металла C_{pi} .

Задача III.1. Построить график литохимической съемки по результатам спектрального анализа проб, приведенным в табл. 64. Оценить графически уровень местного геохимического фона C_ϕ ; подсчитать суммарное количество металла в ореоле (M , м%); определить методом «трех уровней» величину коэффициента гипергенного рассеяния σ ; оценить ширину ореола $2a$ в границах C_A , а также рациональный шаг отбора проб по профилю Δx и целесообразную длину первой

¹ При $(p/\sigma)=0,5$ расхождения между C_{\max} , вычисленными по формулам (III.3) и (III.8), составляют менее 5%, при $(p/\sigma)=1$ возрастают до 17%, т. е. уже соизмеримы с точностью спектрального анализа.

разведочной канавы. За величину нижнего аномального содержания принять $C_A = 6 \cdot 10^{-3}\%$ Pb. Расстояние между пикетами 20 м.

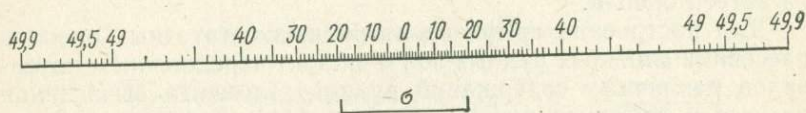


Рис. 20. Линейка Дубова для расчета содержаний металла во вторичном ореоле рассеяния по профилю

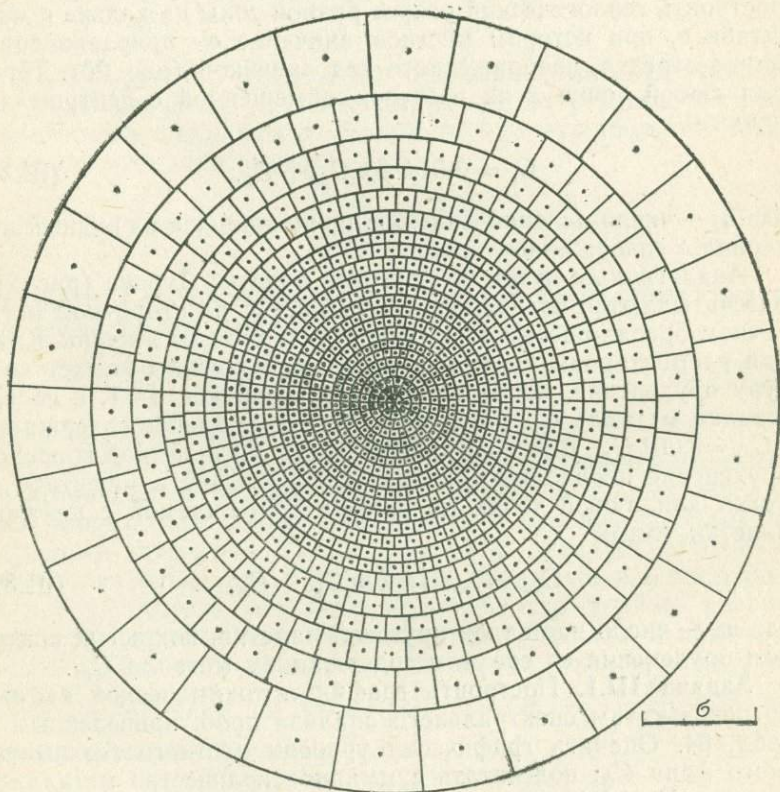


Рис. 21. Круговая палетка Дубова для расчета содержаний металла во вторичном ореоле рассеяния в плане

Ход решения. По результатам спектрального анализа проб строим два графика: первый для оценки геохимического фона и эффективной ширины ореола с вертикальным масшта-

Таблица 64
 Результаты литохимического опробования

№ пикета	$C_x, 10^{-3} \% \text{Pb}$	№ пикета	$C_x, 10^{-3} \% \text{Pb}$
0	2	17	150
1	3	18	125
2	2	19	70
3	1	20	20
4	4	21	8
5	2	22	3
6	3	23	2
7	1	24	4
8	2	25	2
9	1	26	3
10	3	27	1
11	3	28	2
12	2	29	4
13	10	30	2
14	30	31	3
15	60		
16	120		

бом $1 \text{ см} = 2 \cdot 10^{-3} \% \text{Pb}$ (рис. 22), а второй для оценки ореола в масштабе $1 \text{ см} = 0,01 \% \text{Pb}$. Горизонтальный масштаб по-

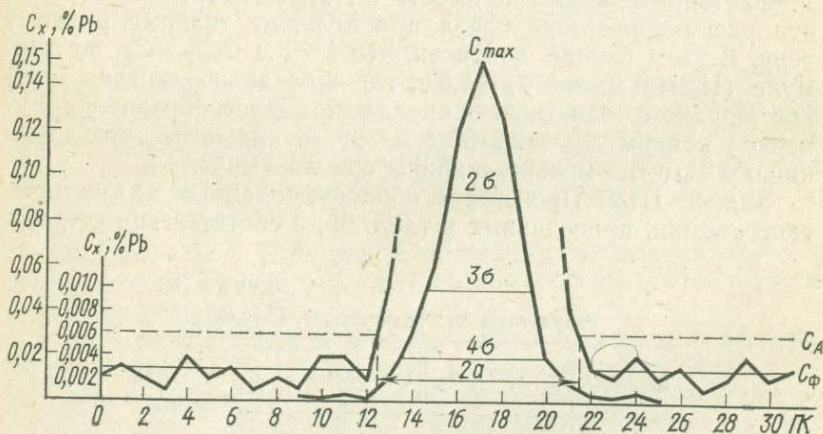


Рис. 22. Графики содержаний свинца по профилю для определения фона и параметров вторичного ореола рассеяния

строения принимаем $1 : 2000$. При построении первого графика пропускаем точки с высокими содержаниями свинца в интервале от пикета 14 до пикета 20; во втором случае достаточно провести построение в интервале от пикета 10 до пикета 25.

Уровень местного геохимического фона C_{ϕ} оценим графически, проведя осредняющую линию на первом графике за пределами явной аномалии, в данном случае $C_{\phi} = 2,4 \cdot 10^{-3}\%$ Рb.

Для подсчета суммарного количества металла в ореоле используем формулу (II.4), ограничивая подсчет интервалом от пикета 13 до пикета 21. Имеем: $M = 20 \text{ м} \cdot (593 - 9 \cdot 2,4) \times 10^{-3}\% = 11,42 \text{ м}\%$ Рb. Величину коэффициента рассеяния σ определим путем оценки ширины ореола по второму графику на уровнях: $0,607 C_{\text{max}}$, $0,325 C_{\text{max}}$ и $0,135 C_{\text{max}}$. Имеем: $2\sigma = 62,2 \text{ м}$; $3\sigma = 96,0 \text{ м}$; $4\sigma = 134,0 \text{ м}$, откуда $\sigma_1 = 31,1 \text{ м}$; $\sigma_2 = 32,0 \text{ м}$; $\sigma_3 = 33,5 \text{ м}$. Поскольку эти значения достаточно близки, находим

$$\sigma = \frac{31,1 \text{ м} + 32,0 \text{ м} + 33,5 \text{ м}}{3} = 32,2 \text{ м}.$$

Ширину ореола $2a$ определим в границах C_A по первому графику, в данном случае $2a = 180 \text{ м}$. Значит, рациональный шаг отбора проб по профилю при поисковых съемках можно принять

$$\Delta x = \frac{180 \text{ м}}{2} \approx 100 \text{ м}.$$

Удовлетворительная сходимость σ_1 , σ_2 , σ_3 позволяет считать, что рассматриваемый ореол принадлежит тонкому рудному телу. В этом случае, допуская, что $k=1$ и $C_{\text{max}} = C_p$, по формуле (III.16) имеем $2\rho = 2,5\sigma$, где 2ρ — эквивалентная мощность рудного тела. Зная σ , определяем целесообразную длину первой канавы $l_{\text{кан}} = 2,5 \cdot 32,2 \text{ м} \approx 80 \text{ м}$. Заметим, что длина канавы заметно меньше ширины ореола (180 м).

Задача III.2. Произвести обработку данных литохимической съемки, приведенных в табл. 65, в соответствии с требо-

Таблица 65
Результаты литохимической съемки

№ пикета	$C_x, 10^{-5}\% \text{ Ag}$	№ пикета	$C_x, 10^{-5}\% \text{ Ag}$
0	0,5		
1	0,8	11	70
2	0,5	12	6
3	1	13	5
4	1,5	14	1
5	0,8	15	0,5
6	4,5	16	1,5
7	6,5	17	1,2
8	50	18	0,8
9	250	19	0,5
10	225	20	1

ваниями задачи III.1. За величину нижнего аномального содержания принять $C_A = 4 \cdot 10^{-5} \% \text{ Ag}$. Расстояние между пикетами 5 м. Для графической оценки C_Φ и $2a$ вертикальный масштаб построения графика C_x принять: $1 \text{ см} = 1 \cdot 10^{-5} \% \text{ Ag}$; для оценки параметров ореола: $1 \text{ см} = 20 \cdot 10^{-5} \% \text{ Ag}$. Горизонтальный масштаб 1 : 500.

Задача III.3. Произвести обработку данных литохимической съемки, приведенных в табл. 66, в соответствии с требованиями задачи III.1.

Таблица 66
Результаты литохимической съемки

№ пикета	$C_x, 10^{-3} \% \text{ Pb}$	№ пикета	$C_x, 10^{-3} \% \text{ Pb}$
0	1,5		
1	2	14	200
2	1	15	100
3	1,2	16	20
4	3	17	3
5	2	18	2
6	4	19	3
7	3	20	1,2
8	3	21	2,5
9	2	22	1
10	10	23	3
11	50	24	2
12	150	25	1
13	300	26	1,5

За величину нижнего аномального содержания принять $C_A = 5 \cdot 10^{-3} \% \text{ Pb}$. Расстояние между пикетами 10 м. Для графической оценки C_Φ и $2a$ вертикальный масштаб построения принять: $1 \text{ см} = 1 \cdot 10^{-3} \% \text{ Pb}$; для оценки параметров ореола: $1 \text{ см} = 20 \cdot 10^{-3} \% \text{ Pb}$. Горизонтальный масштаб построения 1 : 1000.

Задача III. 4. Произвести обработку данных литохимической съемки, приведенных в табл. 67, в соответствии с требованиями задачи III.1.

За величину нижнего аномального содержания принять: $C_A = 10 \cdot 10^{-3} \% \text{ Cu}$. Расстояние между пикетами 20 см. Для графической оценки C_Φ и $2a$ вертикальный масштаб построения принять: $1 \text{ см} = 2 \cdot 10^{-3} \% \text{ Cu}$, для оценки параметров ореола: $1 \text{ см} = 50 \cdot 10^{-3} \% \text{ Cu}$. Горизонтальный масштаб 1 : 2000.

Задача III.5. Произвести обработку данных литохимической съемки, приведенных в табл. 68, в соответствии с требованиями задачи III.1.

За величину нижнего аномального содержания принять $C_A = 8 \cdot 10^{-3} \% \text{ Cu}$. Расстояние между пикетами 10 м. Для графической оценки C_Φ и $2a$ вертикальный масштаб построения принять: $1 \text{ см} = 2 \cdot 10^{-3} \% \text{ Cu}$; для оценки параметров

Таблица 67
 Результаты литохимической съемки

№ пикета	$C_x, 10^{-3} \% \text{ Cu}$	№ пикета	$C_x, 10^{-3} \% \text{ Cu}$
0	2	13	600
1	3	14	300
2	5	15	150
3	6	16	50
4	2,5	17	30
5	3	18	3
6	6	19	5
7	4	20	6
8	3	21	2,5
9	20	22	3
10	50	23	5
11	150	24	3
12	400	25	2

Таблица 68
 Результаты литохимической съемки

№ пикета	$C_x, 10^{-3} \% \text{ Cu}$	№ пикета	$C_x, 10^{-3} \% \text{ Cu}$
0	2,5	11	700
1	2	12	400
2	4	13	25
3	3	14	2,5
4	2	15	2
5	4	16	4
6	12	17	2
7	200	18	2,5
8	500	19	2
9	800	20	4
10	1000		

ореола: 1 см = $100 \cdot 10^{-3} \% \text{ Cu}$. Горизонтальный масштаб 1:1000.

Задача III.6. Произвести обработку данных литохимической съемки, приведенных в табл. 69, в соответствии с требованиями задачи III.1.

За величину нижнего аномального содержания принять: $C_A = 10 \cdot 10^{-2} \% \text{ Ni}$. Расстояние между пикетами 20 м. Для графической оценки C_Φ и $2a$ вертикальный масштаб построения принять: 1 см = $2 \cdot 10^{-2} \% \text{ Ni}$; для оценки параметров ореола: 1 см = $10 \cdot 10^{-2} \% \text{ Ni}$. Горизонтальный масштаб 1:2000.

* **Задача III.7.** Построить график содержания Pb по профилю на участке Каракой, используя данные табл. 70; определить величину σ по методу «трех уровней»; подсчитать количество металла в ореоле по упрощенной теоретической формуле $M_{\text{теор}} = C_{\text{max}} 2,5\sigma$ и сравнить полученный результат с

подсчетом по обычной, более точной формуле: $M = \Delta x (\Sigma C_x - n C_\Phi)$; определить эффективную ширину ореола 2а.

$$C_\Phi = 3 \cdot 10^{-3} \% \text{ Pb.}$$

Расстояние между пикетами 5 м. Для определения эффективной ширины ореола принять: $C_A = 20 \cdot 10^{-3} \% \text{ Pb}$. Для построения графика принять: горизонтальный масштаб 1 : 250; вертикальный — 1 см = $50 \cdot 10^{-3} \% \text{ Pb}$.

Ход решения. По результатам спектрального анализа строим график в указанных масштабах. Определение величины коэффициента рассеяния σ см. в задачах III.1—III.6. В данном случае получаем значения для $\sigma_1 = 4,75$ м, $\sigma_2 = 4,2$ м, $\sigma_3 = 4,4$ м, откуда $\bar{\sigma} = 4,44$ м. Подсчет количества металла в ореоле по упрощенной теоретической формуле дает результат

$$M = 1,0 \cdot 2,5 \cdot 4,44 = 11,1 \text{ м \% Pb.}$$

По более точной формуле подсчет ведем в интервале пикетов от 2 до 8:

$$M = 5 \text{ м} \cdot (2355 - 7 \cdot 3) \cdot 10^{-3} = 11,67 \text{ м \% Pb.}$$

Разница между подсчетами $\pm 2\%$ от среднего.

Эффективную ширину ореола определяем по графику в границах C_A , в данном случае: $2a = 30,5$ м.

Задача III.8. Произвести обработку данных литохимической съемки, приведенных в табл. 71, в соответствии с требованиями задачи III.7.

$$C_\Phi = 3 \cdot 10^{-3} \% \text{ Pb.}$$

Расстояние между пикетами 5 м. Для определения эффективной ширины ореола принять: $C_A = 10 \cdot 10^{-3} \% \text{ Pb}$. Для по-

Таблица 69

Результаты литохимической съемки

№ пикета	C_x , 10 ⁻² % Ni	№ пикета	C_x , 10 ⁻² % Ni
0	2	13	100
1	2	14	70
2	3	15	40
3	5	16	10
4	1	17	3
5	2	18	5
6	3	19	3
7	5	20	1
8	1	21	3
9	2	22	2
10	10	23	5
11	50	24	3
12	80		

Таблица 70

Результаты литохимической съемки

№ пикета	C_x , 10 ⁻³ % Pb	№ пикета	C_x , 10 ⁻³ % Pb
0	2	5	1000
1	4	6	550
2	25	7	120
3	100	8	60
4	500	9	5

строения графика принять: горизонтальный масштаб 1:250; вертикальный — 1 см = $5 \cdot 10^{-3}\%$ Рb.

Задача III.9. Произвести обработку данных литохимической съемки, приведенных в табл. 72, в соответствии с требованиями задачи III.7.

$$C_{\phi} = 2 \cdot 10^{-3}\% \text{ Рb.}$$

Таблица 71

Результаты литохимической съемки

№ пикета	C_x , $10^{-3}\% \text{ Рb}$
0	3
1	10
2	45
3	80
4	40
5	10
6	3
7	6
8	5

Таблица 72

Результаты литохимической съемки

№ пикета	C_x , $10^{-3}\% \text{ Рb}$
0	1,5
1	2
2	3
3	4
4	2
5	20
6	200
7	350
8	80
9	8
10	8

Таблица 73

Результаты литохимической съемки

№ пикета	C_x , $10^{-3}\% \text{ Zп}$
0	10
1	12
2	10
3	15
4	15
5	25
6	100
7	175
8	60
9	15
10	15

Расстояние между пикетами 10 м. Для определения эффективной ширины ореола принять: $C_A = 10 \cdot 10^{-3}\%$ Рb. Для построения графика принять: горизонтальный масштаб 1:500; вертикальный — 1 см = $20 \cdot 10^{-3}\%$ Рb.

Задача III.10. Провести обработку данных литохимической съемки, приведенных в табл. 73, в соответствии с требованиями задачи III.7.

$$C_{\phi} = 10 \cdot 10^{-3}\% \text{ Zп.}$$

Таблица 74

Результаты литохимического опробования

Пикеты, м	C_x , $10^{-3}\% \text{ Рb}$
60	20
70	30
75	90
80	100
85	125
90	100
100	80
110	25

Расстояние между пикетами 10 м. Для определения эффективной ширины ореола принять: $C_A = 25 \cdot 10^{-3}\%$ Zп. Для построения графика принять: горизонтальный масштаб 1:500, вертикальный — 1 см = $10 \cdot 10^{-3}\%$ Zп.

Задача III.11. По данным спектрального анализа проб, приведенным в табл. 74, построить график содержания свинца во вторичном ореоле рассеяния в полулогарифмическом масштабе с модулем $\lg 10 = 4$ см. Последовательно интерпретируя правую, а затем левую ветви кривой, определить с помощью палеток Дубова мест-

ное значение коэффициента рассеяния σ ; мощность рудного тела $2r$ и среднее содержание металла в рудном теле C_p . Линейный масштаб при построении графика принять: 1 см = 5 м, местный коэффициент остаточной продуктивности $k=0,17$; $C_\phi=2 \cdot 10^{-3}$ Рб.

Ход решения. Строим график ореола рассеяния, откладывая значения содержаний металла в каждой точке (за вы-

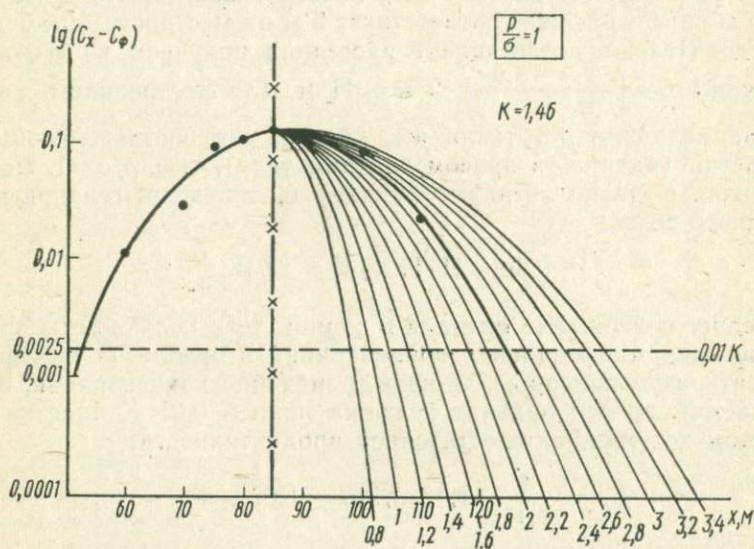


Рис. 23. Оценка параметров вторичного ореола рассеяния с помощью палеток Дубова

четом фона) в логарифмическом масштабе с модулем 4 см (рис. 23). Для того чтобы ветви интерпретируемого графика были наклонены к оси абсцисс под углом примерно 40–45°, линейный масштаб принимаем 1 : 500.

Проводим ось симметрии ореола. Выбираем любой из листов палетки и накладываем его на наш график так, чтобы ось ординат палетки совпала с осью симметрии ореола, а максимум, в котором сходятся кривые на палетке, соответствовал точке C_{\max} . Если при этом практический график имеет более узкую область максимума, чем у теоретических кривых палетки и пересекает их последовательно в порядке увеличения параметра σ/L , то подбирается палетка с меньшей величиной r/σ . Если практический график с более широкой областью максимума, чем у теоретических кривых палетки и пересекает их в порядке убывания параметра σ/L , то подбирается палетка с большей величиной параметра r/σ . Если же практиче-

ский график совпадает с одной из кривых палетки или занимает промежуточное положение между двумя кривыми палетки, то это означает, что величина ρ/σ практического графика совпадает с соответствующим параметром палетки. В данной задаче, выбирая палетку $\rho/\sigma=1$, обнаруживаем, что правая ветвь графика нашего ореола совпадает с кривой палетки $\frac{\sigma}{L} (\text{пр}) = 2,4$; левая ветвь графика $\frac{\sigma}{L} (\text{лев}) = 2,0$ (см. рис. 23). Из условий задачи нам известно, что 1 см по оси абсцисс графика соответствует 5 м на местности ($L=5 \text{ м}$), следовательно, коэффициент рассеяния получаем из соотношения $\sigma = \left(\frac{2,4 + 2,0}{2} \right) \cdot 5 \text{ м} = 11 \text{ м}$. Для построенного графика величина ρ/σ такая же, как и для соответствующей палетки (надпись в правом верхнем углу), т. е. $\rho/\sigma=1$. Подставляя сюда полученную величину σ , определяем мощность рудного тела:

$$2\rho = (1 \cdot 11 \text{ м}) \cdot 2 = 22 \text{ м}.$$

Среднее содержание металла в рудном теле получаем из произведения максимальной концентрации в ореоле на коэффициент разубоживания K и на 100 значений концентрации, отскаемой по оси ординат графика линией 0,01 K палетки с учетом коэффициента остаточной продуктивности:

$$C_p = \frac{1}{0,17} \cdot 1,46 \cdot 0,125 = 1,07 \% \text{ Pb}.$$

Таблица 75

Результаты литохимического
опробования

Пикеты, м	C_x $10^{-3} \% \text{ Cu}$
130	3
140	10
150	40
160	40
170	40
180	50
190	30
200	12
210	2

Таблица 76

Результаты литохимического
опробования

Пикеты, м	C_x $10^{-3} \% \text{ Pb}$
70	10
75	45
80	80
85	65
90	40
95	10
100	4

Задача III.12. Произвести обработку данных спектрально-го анализа проб, приведенных в табл. 75, в соответствии с требованиями задачи III.11.

Линейный масштаб принять 1 см=5 м; $C_{\phi}=1,5 \cdot 10^{-3}\%$ Cu; $k=0,95$.

Задача III.13. Произвести обработку данных спектрально-го анализа проб, приведенных в табл. 76, в соответствии с требованиями задачи III.11.

Линейный масштаб принять: 1 см=2 м; $C_{\phi}=2 \times 10^{-3}\%$ Pb; $k=0,057$.

Задача III.14. Построить график содержаний свинца по результатам литохимической съемки вдоль канавы 13 (участок Арасан) по данным, приведенным в табл. 77; подсчитать количество металла в рудном теле по данным бороздового опробования канавы (рис. 24); определить количество металла в ореоле рассеяния и найти местное значение коэффициента остаточной продуктивности k .

Таблица 77

Результаты литохимического опробования

№ пикета	C_x , $10^{-3}\%$ Pb	№ пикета	C_x , $10^{-3}\%$ Pb
0	4	11	15
2	5	12	10
4	20	13	10
6	30	14	8
7	30	16	8
8	50	18	5
9	50	20	2
10	40		

$$C_{\phi} = 2 \cdot 10^{-3} \% \text{ Pb.}$$

Расстояние между пикетами 10 м. Для построения графика принять вертикальный масштаб 1 см= $5 \cdot 10^{-3}\%$ Pb; горизонтальный масштаб 1:1000.

Ход решения. Строим график содержаний свинца по данным спектрального анализа проб, приведенным в табл. 77, в указанном масштабе. Убеждаемся, что положение ореола рассеяния отвечает рудному телу, вскрытому канавой 13. За основу подсчета количества металла в рудном теле принимаем данные химического анализа бороздовых проб, показанные на рис. 24. Учитывая постоянную длину интервалов опробования $\Delta x=1$ м и содержания свинца в рудной зоне $C_p \gg C_{\phi}$, подсчет количества металла ведем, пренебрегая фоном, по формуле (II.4):

$$M_{p.t} = 1 \text{ м} \cdot (0,80 + 4,63 + 1,77 + 2,24) \% = 9,44 \text{ м \% Pb.}$$

Для подсчета количества металла в ореоле при переменном шаге опробования используем формулу (II.5), группируя точки опробования с одинаковыми расстояниями между ними:

$$M = 20 \text{ м} \cdot (38 - 4 \cdot 2) \cdot 10^{-3} \% + 15 \text{ м} (38 - 2 \cdot 2) \cdot 10^{-3} \% + \\ + 10 \text{ м} (205 - 7 \cdot 2) \cdot 10^{-3} \% = 3,02 \text{ м \% Pb.}$$

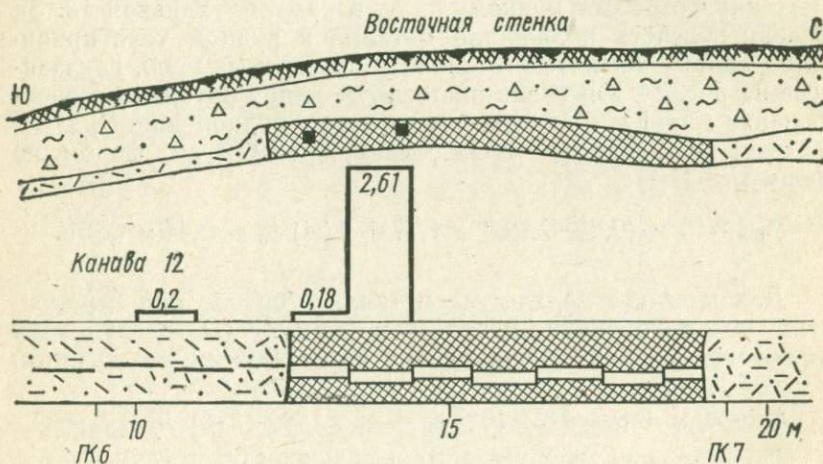
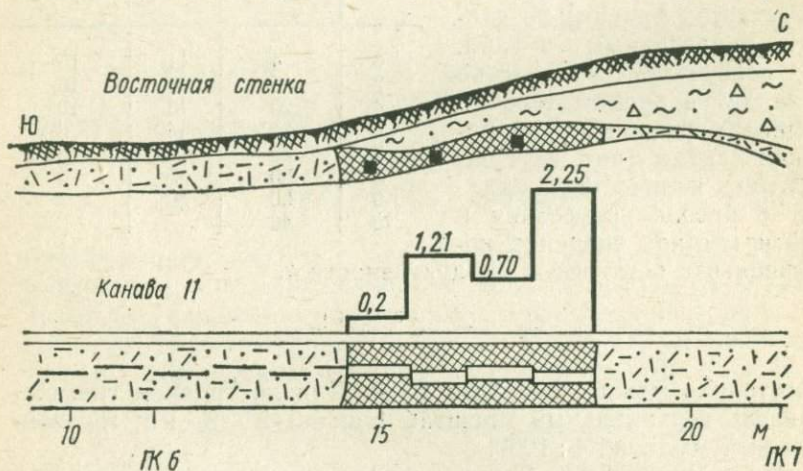
Примечание. Более просто тот же результат можно получить по формуле (II.4), считая шаг опробования постоянным и принимая содержание свинца на пикетах 3, 5, 15 и 17 равными среднему из двух соседних. Тогда

$$M = 10 \text{ м} \cdot (333 - 17 \cdot 2) \cdot 10^{-3}\% = 2,99 \text{ м}\% \text{ Рb.}$$

Величину местного коэффициента остаточной продуктивности k для свинца найдем из выражения (III.1):

$$k = \frac{M}{M_{\text{р.т}}} = \frac{3,02 \text{ м}\% \text{ Рb}}{9,44 \text{ м}\% \text{ Рb}} = 0,32.$$

Таким образом, на участке Арасан в условиях горного релье-



ефа и ландшафтов сухих степей коэффициент остаточной продуктивности k для свинца составляет $0,32 < 1$.

Задача III.15. Произвести обработку данных литохимической съемки вдоль канавы 12 на участке Арасан (см. рис. 24), приведенных в табл. 78, в соответствии с требованиями задачи III.14.

$$C_{\phi} = 2 \cdot 10^{-3} \% \text{ Pb.}$$

Расстояние между пикетами 10 м. Для построения графика принять: вертикальный масштаб $1 \text{ см} = 10 \cdot 10^{-3} \% \text{ Pb}$; горизонтальный — $1 : 500$.

Задача III.16. Произвести обработку данных литохимической съемки по профилю, пройденному между канавами 11 и 12 (см. рис. 24), приведенных в табл. 79, в соответствии с требованиями задачи III.14.

$$C_{\phi} = 2 \cdot 10^{-3} \% \text{ Pb.}$$

Расстояние между пикетами 10 м. Для построения графика принять: вертикальный масштаб $1 \text{ см} = 10 \cdot 10^{-3} \% \text{ Pb}$; горизонтальный — $1 : 500$.

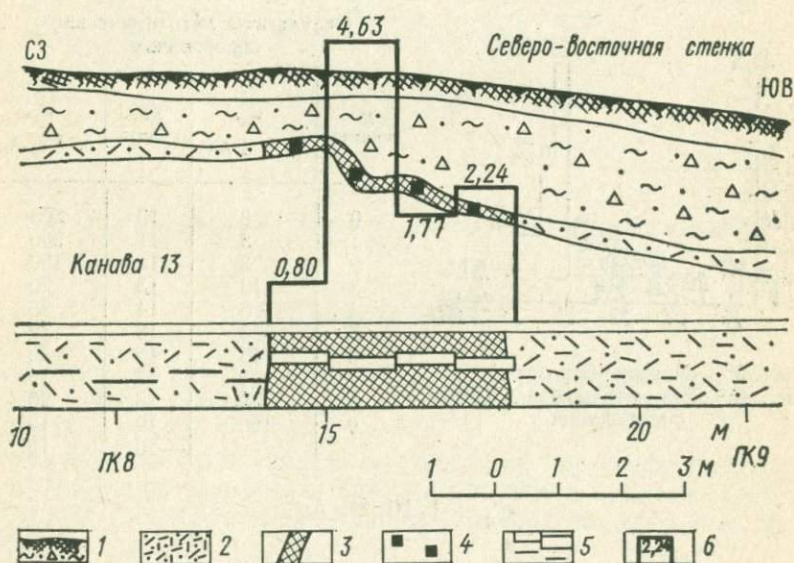


Рис. 24. Участок Арасан. Зарисовки канав с результатами бороздового опробования:

1 — элювио-делювий с почвенно-растительным слоем; 2 — туфы кварцевых порфиров; 3 — кварц-карбонатные жилы; 4 — свинцовая минерализация; 5 — место взятия бороздовых и линейных проб; 6 — содержания Pb, %

Таблица 78

Результаты литохимического
опробования

№ пикета	C_x ,		№ пикета	C_x ,	
	10^{-3}	% Рb		10^{-3}	% Рb
0	4		6	60	
1	6		7	50	
2	8		8	30	
3	20		10	25	
4	35		12	20	
5	50		14	5	

Таблица 79

Результаты литохимического
опробования

№ пикета	C_x ,		№ пикета	C_x ,	
	10^{-3}	% Рb		10^{-3}	% Рb
0	2		8	80	
2	3		9	60	
3	8		10	50	
4	10		12	30	
5	25		14	25	
6	200		16	15	
7	100				

Задача III.17. Произвести обработку данных литохимической съемки вдоль канавы 435 на участке Березовый (рис. 25), приведенных в табл. 80, в соответствии с требованиями задачи III.14.

Таблица 80

Результаты литохимического
опробования

№ пикета	C_x ,		№ пикета	C_x ,	
	10^{-5}	% Ag		10^{-5}	% Ag
0	8		10	500	
1	3		11	300	
2	3		12	150	
3	12		13	20	
4	6		14	25	
5	20		15	30	
6	15		16	30	
7	4		17	15	
8	3		18	20	
9	150		19	12	
			20	10	

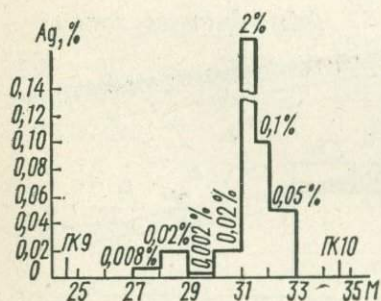


Рис. 25. Участок Березовый, канавы 435. Результаты бороздового опробования

$$C_{\phi} = 1 \cdot 10^{-5} \% \text{ Ag.}$$

Расстояние между пикетами 10 м. Для построения графика принять: вертикальный масштаб $1 \text{ см} = 25 \cdot 10^{-5} \% \text{ Ag}$; горизонтальный — $1 : 1000$.

Задача III.18. Произвести обработку данных литохимической съемки вдоль канавы 23 на участке Каракой (рис. 26), приведенных в табл. 81, в соответствии с требованиями задачи III.14.

$$C_{\phi} = 3 \cdot 10^{-3}\% \text{ Pb};$$

$$C_{\phi} = 15 \cdot 10^{-3}\% \text{ Zn}.$$

Таблица 81

 Результаты литохимического
опробования

№ пикета	$C_x, 10^{-3}\% \text{ Pb}$	$C_x, 10^{-3}\% \text{ Zn}$
0	2	20
1	4	15
2	500	500
3	1000	1000
4	550	400
5	120	200
6	100	200
7	30	100
8	60	100
9	20	50
10	3	12
11	4	15

Расстояние между пикетами 10 м. Для построения графика принять: вертикальный масштаб 1 см = $100 \times 10^{-3}\% \text{ Pb}$ и Zn ; горизонтальный — 1 : 500.

Задача III.19. Произвести обработку данных литохимической съемки вдоль канавы 21 на участке Каракой (рис. 27), приведенных в табл. 82, в соответствии с требованиями задачи III. 14.

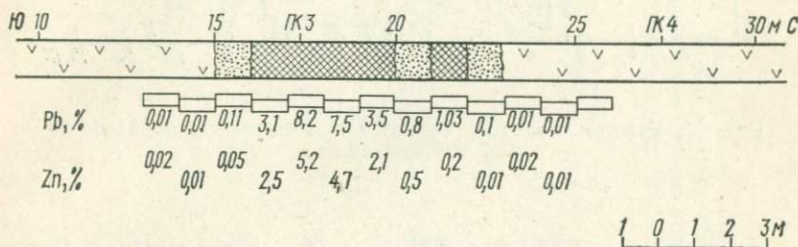


Рис. 26. Участок Каракой, канава 23. Результаты бороздового опробования

$$C_{\phi} = 3 \cdot 10^{-3}\% \text{ Pb}.$$

Расстояние между пикетами 10 м. Для повторения графика принять: вертикальный масштаб 1 см = $10 \cdot 10^{-3}\% \text{ Pb}$; горизонтальный — 1 : 1000.

Задача III.20. Определить местное значение коэффициента остаточной продуктивности ореолов рассеяния меди по участку Домба (хр. Каратау) по данным, приведенным на рис. 28 и 29.

Ход решения. Оценку значений k проведем по каждой из канав согласно зависимости (III.1) с учетом поправок по формуле (III.12), определяя угол ω° между соответствующей канавой и направлением профиля. Для канав, пройденных между профилями, значение M найдем как среднее из двух ближайших, оценку по канавам 24 и 25 проведем путем сопоставления суммы их линейных продуктивностей с суммой

продуктивностей по профилям XXXIII и XXIX с учетом среднего значения ω° . Данные заносим в таблицу по прилагаемой форме (табл. 83).

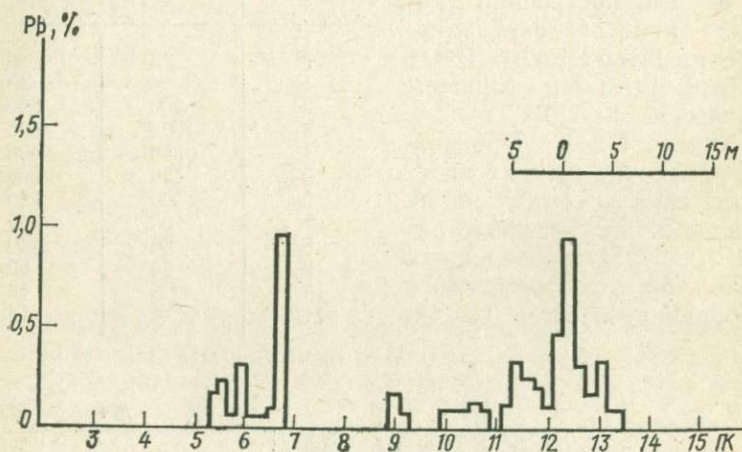


Рис. 27. Участок Каракой, канава 21. Результаты бороздового опробования

Таблица 82
Результаты литохимического
опробования

№ пикета	C_{Pb} , $10^{-3}\%$ Рb	№ пикета	C_{Pb} , $10^{-3}\%$ Рb
0	15	9	проба утеряна
1	30	10	50
2	20	11	50
3	15	12	150
4	8	13	100
5	20	14	10
6	110	15	15
7	60	16	10
8	80		

Из найденных девяти значений k берем среднее геометрическое и по величине размаха (приложение V), согласно (III. 14), находим доверительный интервал оценки.

Задача III.21. Оценить местное значение k для участка Домба по величинам площадных продуктивностей вторичного ореола рассеяния меди (см. рис. 29) и связанного с ним коренного оруденения (см. рис. 28).

Задача III.22. Пользуясь картой изоконцентрат свинца (рис. 30), подсчитать продуктивность вторичного ореола рассеяния (M , м%) по сечениям вдоль канав 10, 11 и 12 (участок Жунды).

По результатам опробования этих канав и химического анализа бороздовых проб выявленное рудное тело характе-

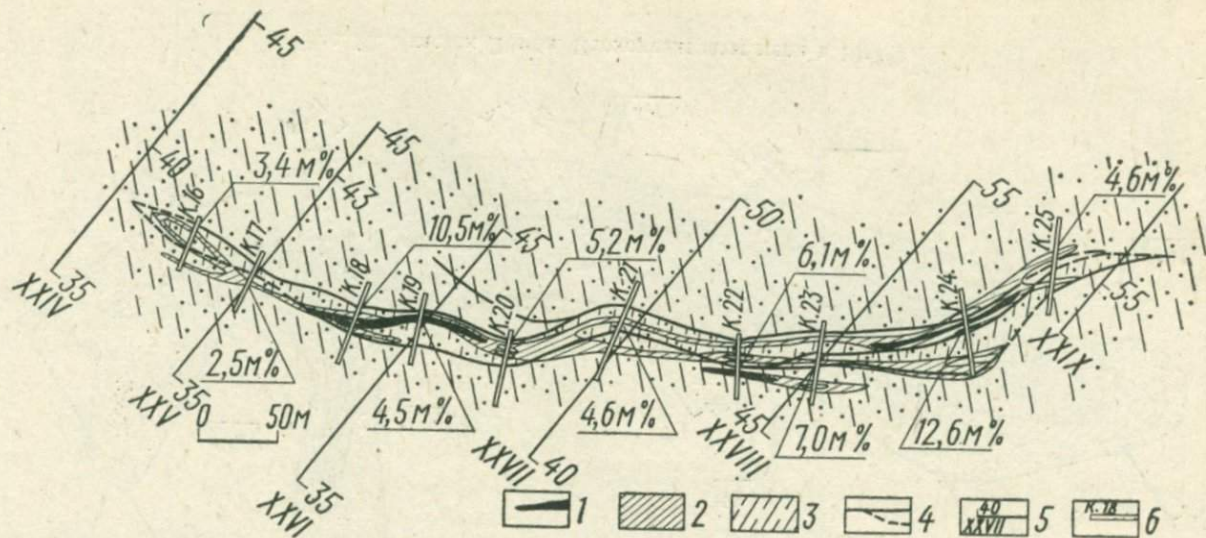


Рис. 28. Схематическая геологическая карта участка Домба с результатами разведочных работ по канавам:
 1 — медные руды; 2 — непромышленная медная минерализация; 3 — песчаники, алевролиты и сланцы; 4 — разрывные нарушения; 5 — профили и пикеты литохимической съемки масштаба 1 : 10 000; 6 — номера канав

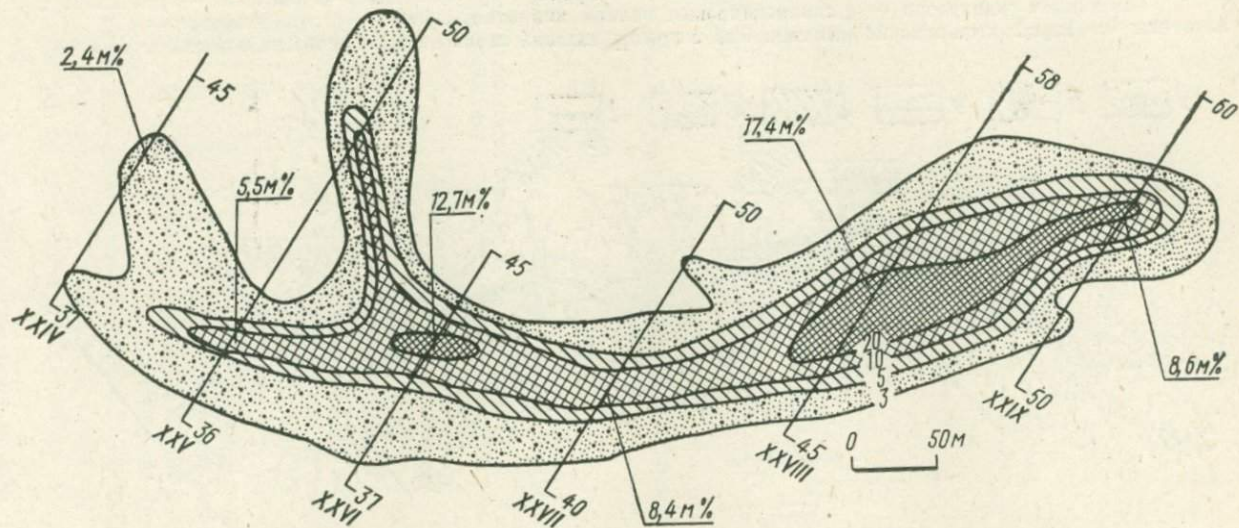


Рис. 29. Участок Домба. Изокоцентрамы меди в $10^{-2}\%$

Оценка k по участку Домба

№ канав	Профили	ω°	$M_{\text{набл}}$	M	$M_{\text{р. т}}$	k
16	XXIV+XXV 2	18°	$\frac{2,4+5,5}{2}$	3,75	3,4	1,1
17	XXV	14,5°	5,5			
...
24+25	XXVIII+XXIX					

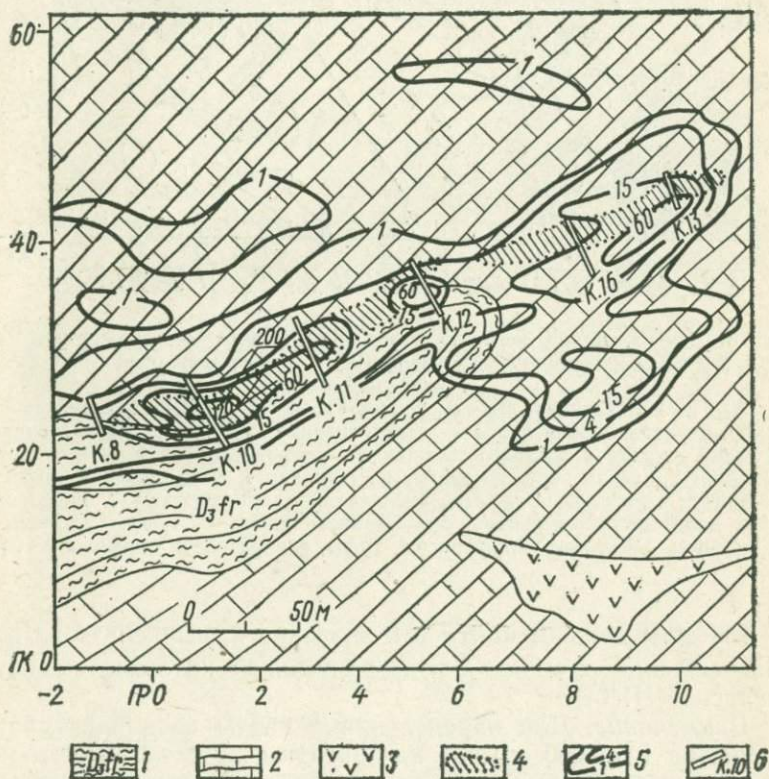


Рис. 30. Участок Жунды. Определение k по карте изоконцентрат:
 1 — песчаники, алевролиты, расланцованные туфы; 2 — известняки массивные; 3 — диоритовые порфириды; 4 — зона свинцового оруденения; 5 — изоконцентраты свинца в $10^{-2}\%$; 6 — разведочные канавы

ризуется следующими значениями линейной продуктивности ($M_{p.t.}$):

- канавы 10 $M_{p.t.} = 137,7 \text{ м\% Pb}$,
- канавы 11 $M_{p.t.} = 30,7 \text{ м\% Pb}$,
- канавы 12 $M_{p.t.} = 64,2 \text{ м\% Pb}$.

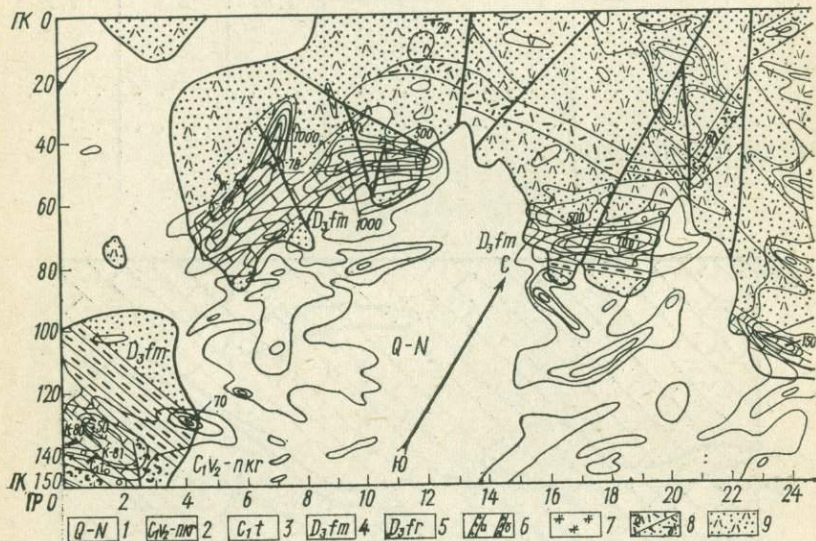


Рис. 31. Геологическая схема юго-западного фланга месторождения Беркара (по И. Д. Склярову, с уточнениями) с вторичными ореолами рассеяния свинца:

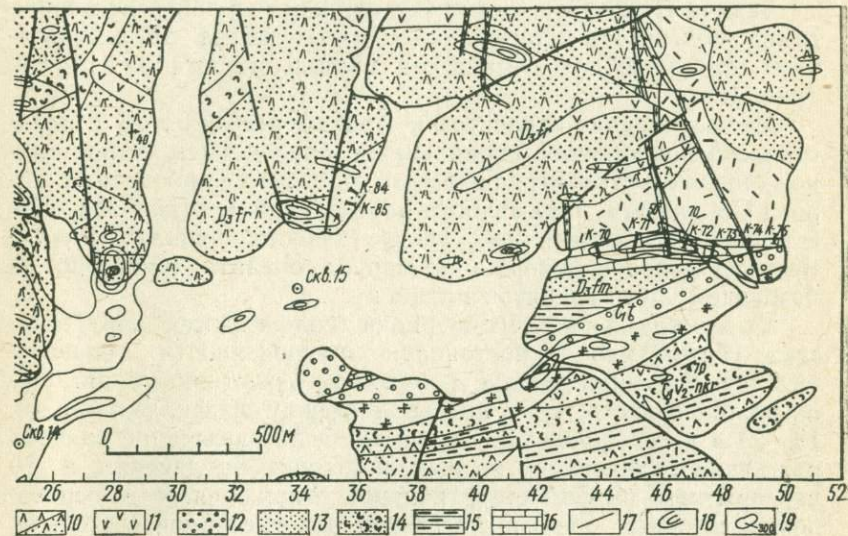
1 — пески, суглинки, щебень, красно-бурые глины; 2 — средний визе-намур, каркаралинская свита — переслаивание туффов, туфопесчаников с туфами кислого и среднего состава; 3 — турнейский ярус — песчаники, алевролиты, сланцы, конгломераты, известняки; 4 — фаменский ярус — песчаники, алевролиты, сланцы, известняки, конгломераты с прослоями туфов дацитовых порфиритов; 5 — франский ярус — туфы, туфолавы и игнимбриты дацитовых порфиритов, туфы липаритовых порфиритов, туфо-

По этим данным найти три значения k , вычислить из них среднее геометрическое \bar{k} и доверительные интервалы оценки согласно (III.14).

Примечание. Для определения k карты изоконцентраций масштаба 1:10 000 обычно не пригодны, за исключением месторождений штокверкового или сходного с ним типа, сопровождаемых обширными площадными ореолами рассеяния ($>0,5 \text{ км}^2$) и разведанных магистральными канавами на всю ширину рудной зоны.

Задача III.23. Оценить по данным разведочных работ местное значение коэффициента A , определяющего величину

смещения вторичных ореолов рассеяния S_α для условий оловянного месторождения Валькумей, для его последующего использования в тех же ландшафтных условиях. Средние смещения центральных точек вторичных литохимических ореолов рассеяния олова по результатам проходки канав соста-



песчаники; 6 — верхнепермские дайки: а — гранит-порфиров; б — граносиенит-порфиров; 7 — субвулканические тела и трещинные интрузии граносиенит-порфиров; 8 — кварцевые порфиры (а), туфы кварцевых порфиров (б); 9 — туфы липарит-дацитовых порфиров и игнимбриты; 10 — дацитовые порфириты (а), туфы дацитовых порфиритов (б); 11 — андезитовые порфириты; 12 — конгломераты, гравелиты; 13 — песчаники; 14 — туффиты, туфопесчаники; 15 — алевролиты; 16 — известняки; 17 — тектонические разрывы; 18 — изоконцентраты свинца 5, 10, 20, 50, $100 \cdot 10^{-3}\%$; 19 — максимальные содержания свинца

вили: $S_\alpha = 80-100 \text{ м}$; средняя мощность элювио-делювия $h = 3,04 \text{ м}$; наклон местности $\alpha = 5-6^\circ$.

Ход решения. Согласно зависимости (III.17) имеем: $A = \frac{S_\alpha}{h^2 \sin \alpha}$. Принимая в среднем $S_\alpha = 9,0 \cdot 10^3 \text{ см}$, $h = 304 \text{ см}$ и $\sin \alpha = 0,1$, получаем $A = \frac{9,0 \cdot 10^3}{9,2 \cdot 10^4 \cdot 0,1} = \sim 1 \text{ (см)}^{-1}$.

Задача III.24. Решить ту же задачу для условий Восточного Забайкалья: $S_\alpha = 40 \text{ м}$; $h = 1,5 \text{ м}$; $\alpha = 18^\circ$.

Задача III.25. Решить ту же задачу для условий Кавалеровского района Приморского края: $h = 1-3 \text{ м}$;

α°	$S_{\alpha}, \text{м}$
5—10	10—20
10—15	20—30
15—20	30—40
20—25	40—50
25—30	50—60

Найти среднее значение A .

Задача III.26. По участку юго-западного фланга месторождения подсчитать прогнозные запасы свинца по результатам детальной литохимической съемки масштаба 1:10 000 (рис. 31).

Месторождение относится к стратиформному типу и представлено прожилково-вкрапленным оруденением в постоянном литолого-стратиграфическом горизонте карбонатных пород. По данным предыдущих определений местное значение коэффициента остаточной продуктивности принять $k=0,4$, местное фоновое содержание свинца оценить зрительно на безрудной части заснятой площади.

Ход решения. Рассматривая геологическую карту участка, убеждаемся в постоянной приуроченности основных ореолов рассеяния свинца к горизонту известняков D_3fm . Это позволяет считать, что в интервале между профилями 12—16, 19—23 и к северо-востоку от профиля 25 замыкание ореолов рассеяния обусловлено не выклиниванием оруденения, а его перекрытием неоген-четвертичными отложениями и переходом остаточных ореолов рассеяния в погребенное состояние. К северо-востоку оруденение зафиксировано в том же горизонте на профилях 45—47, однако отсутствует на профилях 43—44, а картировочная скважина 15 пробурена в лежащем боку рудного горизонта. Поэтому к настоящему времени нет оснований для предположений о большой дополнительной протяженности оруденения к северо-востоку от профиля 25. Непосредственно юго-западнее профиля 5 рудный горизонт ограничен тектоническим нарушением. С учетом этого подсчет прогнозных запасов проведем в интервале от профиля 5 до профиля 28, принимая, что по 9 профилям (13—15, 20—22 и 26—28) оруденение в среднем имеет ту же линейную продуктивность, что и по 15 «ореольным» профилям (5—12, 16—19 и 23—25), надежно охарактеризованным данными литохимической съемки.

Вторичные ореолы рассеяния свинца, развитые на площади эффузивов D_{2-3fg} , и шлейфы ореолов у южных подножий вогнутых склонов в подсчет включать не будем.

Судя по карте-разноске (рис. 32), содержания свинца в пробах литохимической съемки на безрудных флангах участка во многих точках падают ниже чувствительности анализа местной лаборатории и, следовательно, имеют значения менее $1 \cdot 10^{-3}\%$. Здесь часто встречаются содержания $1 \cdot 10^{-3}\%$ и

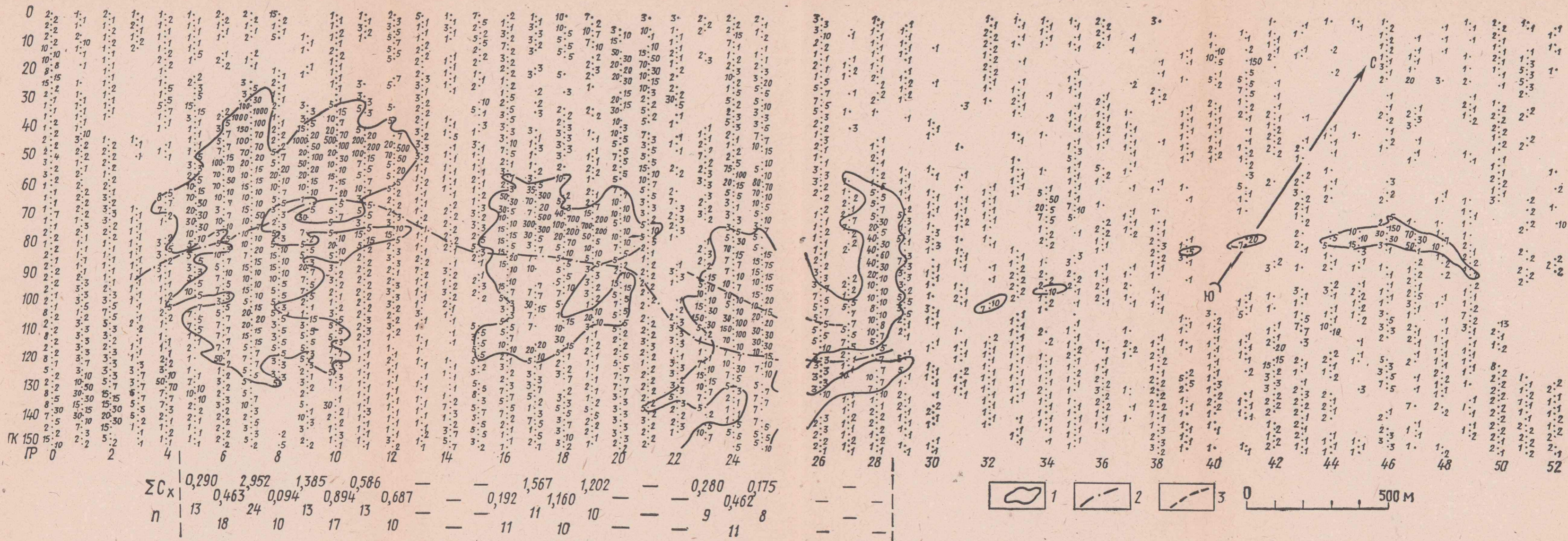


Рис. 32. Юго-западный фланг месторождения
 1 — контур ореола по изоконцентрате $5 \cdot 10^{-3}\%$ Pb; 2 — северная граница шлейфа ореола (южная граница подсчета);
 3 — северная граница подсчета

реже $2-3 \cdot 10^{-3}\%$ Pb. Соответственно этому местное фоновое содержание свинца примем $C_{\phi} = 1 \cdot 10^{-3}\%$.

Для упрощения подсчетов на рис. 32 по каждому из «ореольных» профилей даны значения ΣC_x и указано число точек n , вошедших в подсчет. Величину ΣM_i для этих 15 профилей найдем из выражения

$$\Sigma M_i = \Delta x (\Sigma \Sigma C_x - \Sigma n \cdot C_{\phi}),$$

где $\Delta x = 20$ м — расстояние между точками пробоотбора по профилям. Общую площадную продуктивность ореолов рассеяния оруденения в интервале профилей 5—28 найдем по формуле (III.20):

$$P = l \cdot \frac{24}{15} \Sigma M_i = 39\,102 \text{ м}^2\% \text{ Pb},$$

где $l = 100$ м — расстояние между профилями и множитель $\frac{24}{15}$ учитывает число профилей с погребенными ореолами рассеяния.

Следовательно, согласно (III.21),

$$q = \frac{39\,102}{40} = 978 \text{ т/м Pb}.$$

Учитывая благоприятный генетический тип и значительную протяженность оруденения по простиранию (>2000 м), глубину подсчета прогнозных запасов примем $H = 400$ м, откуда, согласно (III.24)

$$Q_{400} = \frac{1}{0,4} \cdot 978 \text{ т/м} \cdot 400 \text{ м} = 978 \text{ тыс. т Pb}.$$

Эта цифра характеризует геохимические запасы свинца в пределах рассматриваемой рудной зоны.

Полученная оценка соответствует месторождению среднего масштаба крупности. Поэтому поправочный множитель, учитывающий ожидаемую долю забалансовых руд, согласно табл. 63, примем $\alpha = 0,7$.

Отсюда исправленные запасы

$$Q_{400}^* = 978 \cdot 0,7 = 684,6 \text{ тыс. т Pb}.$$

Округляя результаты подсчета до первой значащей цифры, имеем окончательно оценку прогнозных (геологических) запасов свинца по юго-западному флангу месторождения Беркара

$$Q_{400} = 700 \text{ тыс. т Pb}.$$

Задача III.27. Подсчитать прогнозные запасы меди на участке Карашошак по результатам детальной литохимической съемки масштаба 1 : 10 000 (рис. 33) в соответствии с требованиями задачи III.26.

Месторождение относится к типу медистых песчаников и представлено прожилково-вкрапленным халькопирит-борнитовым оруденением в постоянном литолого-стратиграфическом горизонте сероцветных песчаников джезказганской свиты (C_{2-3dg}).

Значение коэффициента остаточной продуктивности принять $k=0,8$; глубину подсчета $H=300$ м; местное фоновое содержание меди оценить зрительно на безрудной части заснятой площади.

Задача III.28. Подсчитать прогнозные запасы меди на участке Дomba по значениям линейных продуктивностей по профилям детальной литохимической съемки, приведенным на рис. 29.

Район месторождения сложен песчаниками, алевролитами и сланцами карадока, оруденение приурочено к крутопадающим тектоническим зонам и представлено халькопирит-борнитовой минерализацией в тектонических брекчиях, кварц-кальцитовых жилах и их зальбандах.

Значение коэффициента остаточной продуктивности принять $k=1,5$ (см. задачи III.20—III.21), глубину подсчета $H=200$ м.

Задача III.29. Подсчитать прогнозные запасы свинца на одном из месторождений Казахстана по результатам детальной литохимической съемки масштаба 1 : 10 000 (рис. 34).

Месторождение приурочено к крутопадающей тектонической зоне среди кислых эффузивов девона и хорошо отмечается вторичными ореолами рассеяния свинца. Рельеф участка гористый, с относительными превышениями до 100—200 м, рыхлые образования в пределах зоны оруденения представлены современным щебнистым элювио-делювием. Вторичные ореолы рассеяния в этих условиях заведомо принадлежат к остаточному, преимущественно механическому типу. В соответствии с этим и по ландшафтно-геохимическим условиям района принять коэффициент остаточной продуктивности $k=1$.

Примечание. Вычитанием фоновых количеств металла можно пренебречь, так как ореол оконтурен по относительно высокому, заведомо превышающему нижнее аномальное, содержанию.

Ход решения. Подсчет площадной продуктивности ореола на данном участке проводим по карте изоконцентраций свинца (см: рис. 34) путем обмера с помощью планиметра площади между соответствующими изолиниями двух основ-

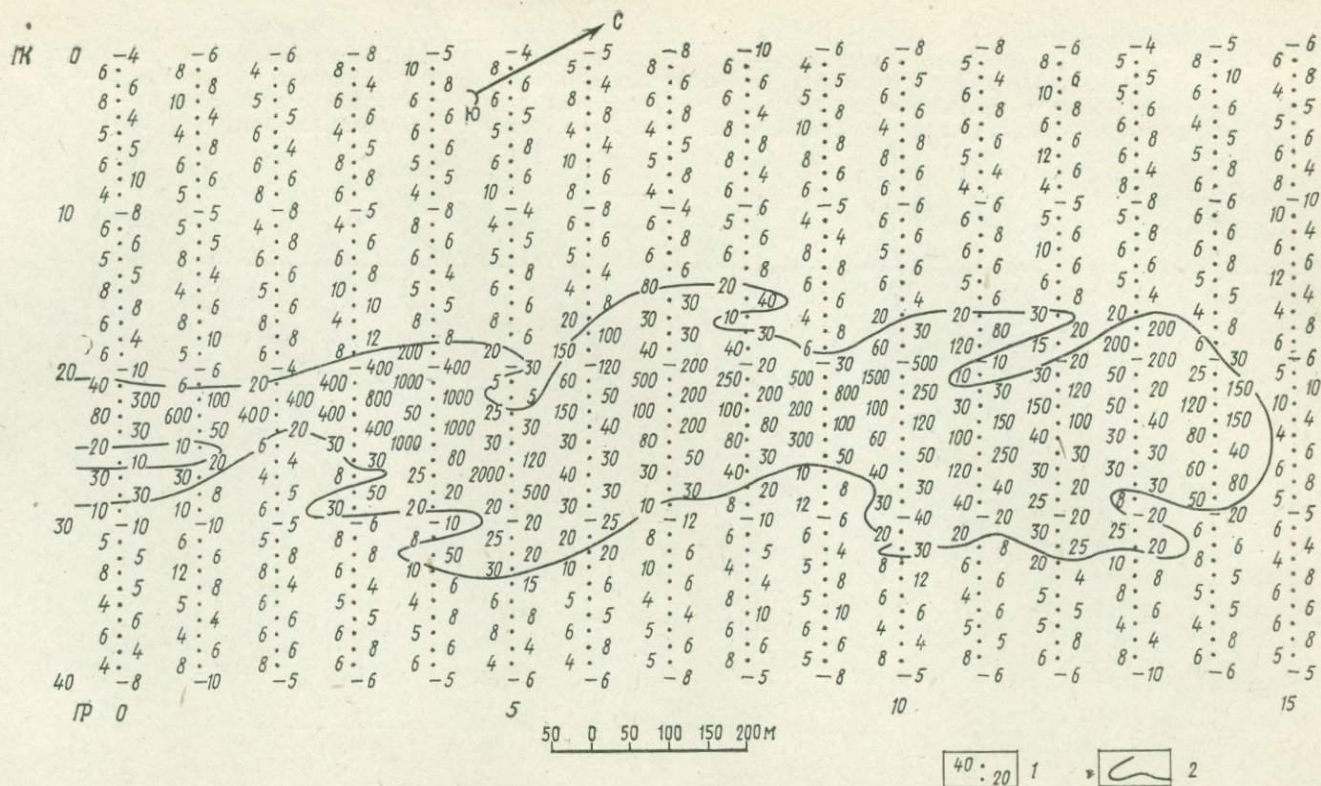


Рис. 33. Участок Карашак:
 1 — содержания меди по пикетам в $10^{-3}\%$; 2 — контур вторичного ореола рассеяния меди по изоконцентрате $20 \cdot 10^{-3}\%$ Cu

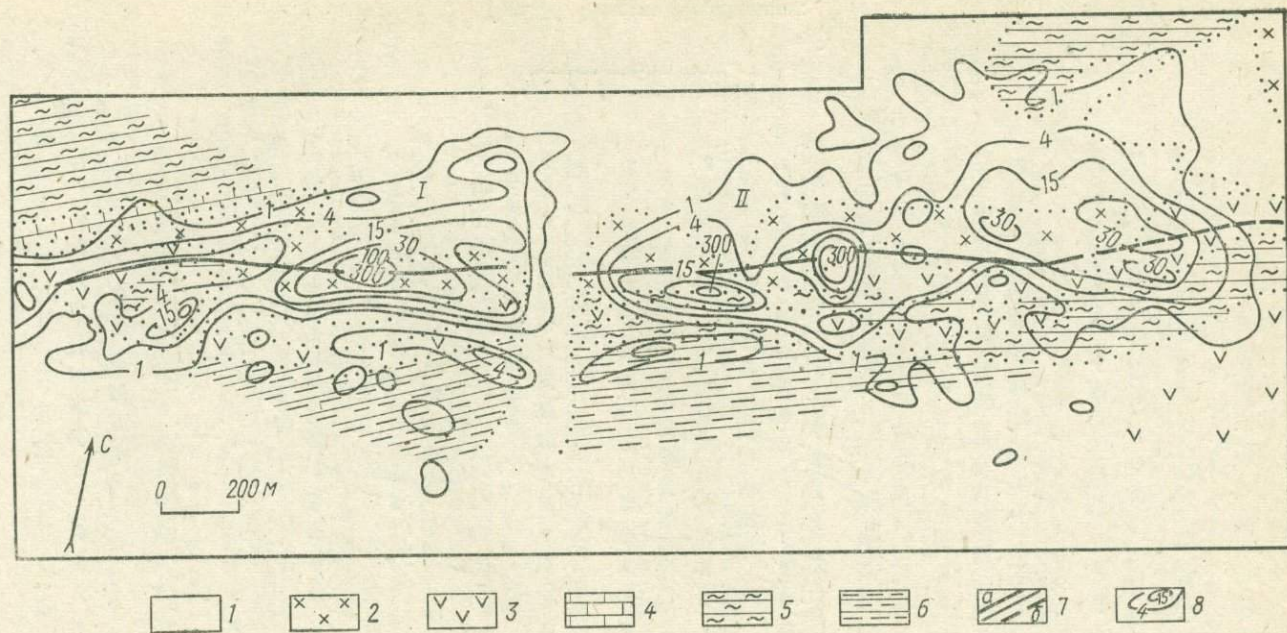


Рис. 34. К подсчету прогнозных запасов свинца по данным литохимической съемки масштаба 1:10 000:
 1 — четвертичные отложения; 2 — кварцевые порфиры; 3 — кварцевые порфиры, альбитофиры и их туфы;
 4 — кремнистые и перекристаллизованные известняки, известково-глинистые сланцы; 5 — тонкослоистые глини-
 стые сланцы с прослоями известняков и окремнелых сланцев; 6 — динамосланцы по кислым эффузивам; 7 — тек-
 тонические разрывы прослеженные и предполагаемые; 8 — изоконцентраты свинца в 10-20%

ных ореолов I и II. Результаты обмера и последующих вычислений заносим в табл. 84.

Таблица 84

Подсчет площадной продуктивности свинца по изолиниям

Интервал между изо-концентрация-ми Pb · 10 ⁻² %	Обмер площадей планиметром			Среднее содержание металла для контура, Pb · 10 ⁻² %	Продуктив-ность P, м ² % Pb
	I ореол, м ²	II ореол, м ²	сумма I+II, м		
1—4	179 000	349 000	528 000	2,5	13 200
4—15					
15—30					
30—100					
100—300					

$$\Sigma = \dots \text{ м}^2\% \text{ Pb}$$

Учитывая значительную суммарную протяженность вторичных ореолов рассеяния свинца, принимаем глубину подсчета $H=400$ м и, согласно (III.24), подсчитываем геохимические запасы свинца в коренном оруденении: $Q_{400} = \frac{1}{k} \cdot \frac{P}{40} \cdot 400$.

Окончательно величину прогнозных геологических запасов свинца на данном месторождении находим с учетом ожидаемой доли забалансовых руд, согласно выражению (III.26).

Задача III.30. Произвести оценку уровня эрозионного среза оруденения по вторичному ореолу рассеяния северо-западного фланга Шубинского месторождения в метрике разведочного профиля IV этого месторождения по четырем монотонным геохимическим показателям зональности первого и второго порядков, приведенным в табл. 85.

Таблица 85

Значения геохимических показателей зональности по уровням.
Месторождение Шубинское, профиль IV

Уровень	№ скв.	Абс. отм., м	$\frac{As}{Zn}$	$\frac{Mo}{Pb}$	$\frac{Bi}{Pb}$	$\frac{Mo-Bi}{Pb^2}$
I	39	960	0,244	0,0303	0,0227	0,000689
II	40	800	0,186	0,0163	0,0098	0,000160
III	75	705	0,031	0,0073	0,0026	0,000019
IV	33	672	0,014	0,0022	0,0018	0,000004

Найти доверительные пределы оценки: $z = \bar{z} \pm s/\sqrt{n}$.

Значения линейных продуктивностей вторичного ореола (M) и местных коэффициентов остаточной продуктивности k приведены в табл. 86.

Ход решения. На миллиметровой бумаге строим гра-

Значения линейных продуктивностей вторичного ореола рассеяния M и местных коэффициентов остаточной продуктивности k

	Pb	Zn	As	Bi	Mo
$M, \text{ м}\%$	3,77	1,60	3,38	0,40	0,33
k	1,1	0,25	0,60	2,30	1,37

фики изменения с глубиной монотонных геохимических показателей по профилю IV (см. задачу II.27). Линейный масштаб построения по оси ординат принимаем 1:2000, модуль логарифмического масштаба значений v по оси абсцисс 5 см.

По данным табл. 86 вычисляем значения v для вторичного ореола рассеяния с учетом местных значений k . Так,

$$v_{1ор} = \frac{k_{Zn} M_{As}}{k_{As} M_{Zn}} = \frac{0,25 \cdot 3,38}{0,6 \cdot 1,6} = 0,88;$$

$$v_{2ор} = \frac{k_{Pb} M_{Mo}}{k_{Mo} M_{Pb}} = 0,07 \text{ и т. д.}$$

Полученные значения переводим по графикам в метрику профиля IV. Находим, что величине $v_{1ор}$ соответствует абсолютная отметка 1015, величине $v_{2ор}$ — 1000 м и т. д. Отсчеты z_i делаем с точностью до 5 м по осредняющей прямой. Результаты оценки представляем в табл. 87.

Таблица 87

Результаты оценки z_i в метрике профиля IV Шубинского месторождения

v	$\frac{As}{Zn}$	$\frac{Mo}{Pb}$	$\frac{Bi}{Pb}$	$\frac{Mo \cdot Bi}{Pb^2}$
$z_i, \text{ м}$	1015	1000	1000	1030

Находим среднее значение $\bar{z} = \frac{1}{4} \sum z_i = 1011 \text{ м}$. С помощью таблицы Типпета (приложение V) по размаху определяем стандартное отклонение и доверительные пределы оценки $z = \bar{z} \pm s/\sqrt{n} = 1011 \pm 7,3 \text{ м}$. Хорошая сходимость отдельных определений z_i и высокая точность оценки позволяют сделать вывод о том, что вторичный ореол рассеяния северо-западного фланга месторождения Шубинское образован за счет верхних горизонтов оруденения, что подтверждается данными разведочного бурения на этом участке.

Задача III.31. Произвести оценку уровня эрозионного среза оруденения по вторичному ореолу рассеяния медноколчеданного месторождения Кусмурун в метрике профиля III того же месторождения по данным, приведенным в табл. 88 и 89.

Таблица 88

Значения геохимических показателей зональности по уровням. Месторождение Кусмурун, профиль III

Уровень	$\frac{As}{Cu}$	$\frac{Mo}{Bi}$	$\frac{Pb \cdot Mo}{Cu^2}$	$\frac{Pb \cdot Hg}{Ag^2}$
	I	0,156	9,88	0,00116	0,353
II	0,151	4,77	0,00068	0,191
III	0,071	1,84	0,000077	0,075
IV	0,042	1,55	0,000041	0,069

Таблица 89

Значения линейных продуктивностей вторичного ореола рассеяния M и местных коэффициентов пропорциональности k

	Cu	Pb	Mo	Ag	As	Bi	Hg
M, м%	32,5	6,8	1,21	0,1	8,64	0,124	0,00182
k	0,65	0,33	2,05	0,16	1,73	0,36	6,0

Таксирование вести в масштабе уровней, без перехода к линейному масштабу, условно принимая расстояние между уровнями 5 см.

Задача III.32. Рассчитать теоретический вид вторичного остаточного ореола рассеяния свинца для тонкого рудного тела и определить ожидаемую эффективную ширину ореола $2a$. Вычисления провести для $x=0$; $\pm\sigma$; $\pm 1,5\sigma$; $\pm 2\sigma$; $\pm 2,5\sigma$; $\pm 3\sigma$, пользуясь табличными значениями функции нормального распределения (приложение II).

Дано: количество металла в рудном теле $M_{p.t} = 24 \text{ м\% Pb}$; местное значение коэффициента рассеяния $\sigma = 4,5 \text{ м}$; коэффициент остаточной продуктивности $k = 0,46$; $C_{\phi} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ \% Pb}$; $\varepsilon = 1,48$.

График найденных содержаний построить в масштабах: вертикальный — $1 \text{ см} = 40 \cdot 10^{-3} \text{ \% Pb}$; горизонтальный — $1 : 250$.

Ход решения. По формуле (III.3) находим максимальное содержание свинца в ореоле:

$$C_{\max} = \frac{0,46 \cdot 24 \text{ м\% Pb}}{2,5 \cdot 4,5 \text{ м}} = 0,98 \text{ \% Pb.}$$

Пользуясь табличными значениями функции нормального распределения, вычисляем содержания свинца для каждой из точек, прибавляя фоновые содержания этого элемента: $C_{\pm\sigma} = 0,607 \cdot 0,98\% \text{ Pb} + 3 \cdot 10^{-3}\% \text{ Pb} = 0,597\% \text{ Pb}$; $C_{\pm 1,5\sigma} = 0,325 \cdot 0,98\% \text{ Pb} + 3 \cdot 10^{-3}\% \text{ Pb} = 0,321\% \text{ Pb}$; $C_{\pm 2\sigma} = 0,135 \times 0,98\% \text{ Pb} + 3 \cdot 10^{-3}\% \text{ Pb} = 0,135\% \text{ Pb}$; $C_{\pm 2,5\sigma} = 0,044 \cdot 0,98\% \text{ Pb} + 3 \cdot 10^{-3}\% \text{ Pb} = 0,04610\% \text{ Pb}$; $C_{\pm 3\sigma} = 0,011 \cdot 0,98\% \text{ Pb} + 3 \cdot 10^{-3}\% \text{ Pb} = 0,0138\% \text{ Pb}$.

Так как коэффициент рассеяния свинца σ известен из условия задачи, наносим на координатную плоскость в указанном масштабе найденные содержания для соответствующих абсцисс и строим график. Эффективную ширину этого остаточного ореола рассеяния свинца определим графически в границах $C_A = C_\phi \varepsilon^3 = 3 \cdot 10^{-3} \cdot (1,48)^3 = 9,7 \cdot 10^{-3}\%$ или, округляя до первой сверху дискретной цифры спектрального анализа, $C_A = 10 \cdot 10^{-3}\% \text{ Pb}$. В данном случае $2a = 28 \text{ м}$.

Задача III.33. Произвести обработку данных в соответствии с требованиями задачи III.32.

Дано: количество металла в рудном теле $M_{p,t} = 2,0 \text{ м}\%$ Pb; местное значение коэффициента рассеяния $\sigma = 6,1 \text{ м}$; коэффициент остаточной продуктивности $k = 0,75$; $C_\phi = 3 \cdot 10^{-3}\% \text{ Pb}$; $\varepsilon = 1,35$.

График найденных содержаний свинца построить в масштабах: вертикальный — $1 \text{ см} = 4 \cdot 10^{-3}\% \text{ Pb}$; горизонтальный — $1 : 500$.

Задача III.34. Произвести обработку данных в соответствии с требованиями задачи III.32.

Дано: количество металла в рудном теле $M_{p,t} = 20 \text{ м}\%$ Pb; местное значение коэффициента рассеяния $\sigma = 8,0 \text{ м}$; коэффициент $k = 0,31$; $C_\phi = 2 \cdot 10^{-3}\% \text{ Pb}$; $\varepsilon = 1,71$.

График найденных содержаний свинца построить в масштабах: вертикальный — $1 \text{ см} = 10 \cdot 10^{-3}\% \text{ Pb}$; горизонтальный — $1 : 500$.

Задача III.35. Произвести обработку данных в соответствии с требованиями задачи III.32.

Дано: количество металла в рудном теле $M_{p,t} = 10 \text{ м}\%$ Zn; местное значение коэффициента рассеяния $\sigma = 7,8 \text{ м}$; коэффициент остаточной продуктивности $k = 0,34$; $C_\phi = 10 \cdot 10^{-3}\% \text{ Zn}$; $\varepsilon = 1,3$. График найденных содержаний цинка построить в масштабах: вертикальный — $1 \text{ см} = 10 \cdot 10^{-3}\% \text{ Zn}$, горизонтальный — $1 : 500$.

Задача III.36. Рассчитать с помощью линейки Дубова и построить график содержаний меди во вторичном остаточном ореоле рассеяния для заданного геологического разреза рудной зоны. Средние содержания меди и мощности рудных интервалов приведены в табл. 90. Местное значение коэффициента рассеяния $\sigma = 14,2 \text{ м}$; коэффициент остаточной продук-

тивности $k=0,7$; $C_{\Phi}=5 \times 10^{-3}\%$ Cu. Расстояние между точками принять 10 м.

Результат проверить по формуле

$$\Delta x \cdot \left(\sum_1^n C_x - n C_{\Phi} \right) = k M_{p.t.}$$

Ход решения. Геологический разрез рудной зоны строим на кальке в линейном масштабе σ , в котором местное значение коэффициента рассеяния приравнивается величине на линейке (рис. 35). Например, интервал

Таблица 90

Средние содержания меди по рудной зоне

Интервалы, м	Средние содержания Cu, %
0,0—16,0	0,10
16,0—38,2	1,20
38,2—42,2	4,60
42,2—60,0	0,15



Рис. 35. Пример подсчета содержания меди во вторичном ореоле рассеяния с помощью линейки Дубова для точки 11

16,0 м—38,2 м=22,2 м с содержанием меди 1,2% в масштабе σ составит 1,56 σ и т. п.

Принимаем десятый пикет за центр главного рудного интервала. От этой точки вправо и влево откладываем на кальке точки с шагом $\Delta x=10$ м, что в масштабе σ составит 0,7 σ . Нумеруем точки слева направо.

Совмещаем последовательно каждую из этих точек с цифрой 0 на линейке и подсчитываем для них число делений линейки в интервале 49—49, попадающих в рудную зону. Умножаем число делений на среднее содержание металла в каждом из интервалов и складываем. Это будут единицы $10^{-2}\%$. Для интервалов линейки 49,9—49 аналогичным путем получаем единицы $10^{-3}\%$. Складываем эти две цифры, умножаем на k , добавляем C_{Φ} и получаем C_x .

Пример подсчета количества металла C_x в точке 11:

$$39 \cdot 0,15 = 5,85$$

$$9 \cdot 4,6 = 41,4$$

$$19 \cdot 1,2 = 22,8$$

$$\Sigma 70,05 \cdot 0,01 = 0,7005$$

$$2 \cdot 1,2 = 2,4$$

$$7 \cdot 0,1 = 0,7$$

$$\Sigma 3,1 \cdot 0,001 = 0,0031$$

$$C_x = 0,7 \cdot (0,7005 + 0,0031) + 0,005 = 0,50\% \text{ Cu.}$$

Аналогичным образом рассчитываем содержания меди для точек 5, 6, 7, 8, 9, 10 и 12, 13, 14, 15, прекращая расчеты при значениях $C_x \approx C_\Phi$. Полученные результаты записываем в табл. 91. Для контроля подсчитываем $M_{p.t.} \cdot k = (16 \text{ м} \cdot 0,1\% +$

Таблица 91
Содержания меди по пикетам

№ пикета	C_x , $10^{-3}\%$ Cu
0	5
1	...
...	...
11	500
12	...
...	...

Таблица 92
Средние содержания свинца по рудной зоне

Интервалы, м	Средние содержания Pb, %
0,0—14,0	0,2
14,0—29,2	0,9
29,2—35,2	3,5
35,2—58,0	0,15

Таблица 93
Средние содержания свинца по рудной зоне

Интервалы, м	Средние содержания Pb, %
0,0—6,0	0,1
6,0—18,2	2,2
18,2—21,2	0,1
21,2—28,5	3,9
28,5—33,5	0,1

$+22,2 \text{ м} \cdot 1,2\% + 4 \text{ м} \cdot 4,6\% + 17,8 \text{ м} \cdot 0,15\%) \cdot 0,7 = 34,52 \text{ м}\%$ Cu; $M = 10 \text{ м} \cdot (3,516 - 50 \cdot 10^{-3}) = 34,66 \text{ м}\%$ Cu. Сходимость результатов подтверждает правильность расчетов. По рассчитанным данным, занесенным в табл. 91, строим график вторичного остаточного ореола рассеяния меди в масштабе: вертикальный — $1 \text{ см} = 1 \cdot 10^{-2}\%$ Cu; горизонтальный — $1 : 2000$.

Задача III.37. В соответствии с требованиями задачи III.36 рассчитать и построить график содержаний свинца во вторичном остаточном ореоле рассеяния для геологического разреза рудной зоны, характеристика которой приведена в табл. 92.

Местные значения коэффициента рассеяния $\sigma = 12,5 \text{ м}$; коэффициент остаточной продуктивности $k = 0,8$; $C_\Phi = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Рb}$. Расстояние между расчетными точками принять 10 м .

Задача III.38. В соответствии с требованиями задачи III.36 рассчитать и построить график содержаний свинца во вторичном остаточном ореоле рассеяния для геологического разреза рудной зоны по средним содержаниям, приведенным в табл. 93.

Местные значения коэффициента рассеяния $\sigma = 8,2 \text{ м}$; коэффициент остаточной продуктивности $k = 0,8$; $C_\Phi = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Рb}$. Расстояние между расчетными точками принять 5 м .

Задача III.39. Рассчитать с помощью круговой палетки Дубова содержания свинца во вторичном остаточном ореоле рассеяния. В контурах рудной зоны средние содержания свинца принять: $2,2$; $0,3$ и $0,1\%$. Местное значение коэффициента рассеяния $\sigma = 14,2 \text{ м}$; коэффициент остаточной продуктивности $k = 0,8$; $C_\Phi = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Рb}$. Расстояние между расчетными точками принять $\Delta x = 10 \text{ м}$, а между профилями $l = 50 \text{ м}$.

Ход решения. Коренные выходы оруденения, для которых рассчитывается ожидаемый вторичный ореол рассеяния, изображаем на кальке в масштабе местного значения коэффициента гипергенного рассеяния, отвечающего величине отрезка σ , показанного на круговой палетке (рис. 36). На этой же кальке разбиваем прямоугольную сеть профилей вкрест простирания рудной зоны в том же масштабе σ . В данной задаче расстояние между профилями $l=50$ м и расстояние между пикетами $\Delta x=10$ м в масштабе σ составит соответственно $3,52\sigma$ и $0,7\sigma$.

Совмещаем последовательно каждую из точек на профилях с центром палетки и подсчитываем для них число квадратов, вошедших в контуры коренного оруденения, имеющих различные содержания металла. Затем умножаем число квадратов палетки на средние содержания металла в каждом контуре и складываем. Это будут единицы $10^{-3}\%$. Полученную сумму умножаем на k , добавляем C_{ϕ} и получаем C_x . Пример подсчета содержания свинца C_x в точке 10 по профилю II:

$$60 \cdot 2,2 = 132,0$$

$$98 \cdot 0,3 = 29,4$$

$$217 \cdot 0,1 = 21,7$$

$$\Sigma 183,1 \cdot 0,001 = 0,183\%$$

$$C_x = 0,183\% \cdot 0,8 + 0,002\% = 0,146\% \text{ Рb.}$$

Аналогичным образом рассчитываем содержания свинца для точек на профилях I, II и III, прекращая расчеты при выходе контура коренного оруденения за пределы круговой палетки, т. е. при $C_x \approx C_{\phi}$. Полученные результаты разносим по пикетам и строим изоконцентраты свинца.

Для контроля подсчитываем продуктивность коренного оруденения, измеряя площади соответствующих контуров с помощью миллиметровой бумаги.

С учетом построения рудной зоны в плане в масштабе σ имеем: $P_{p.t} = (113 \text{ м}^2 \cdot 2,2\% + 139 \text{ м}^2 \cdot 0,3\% + 472 \text{ м}^2 \cdot 0,1\%) = 337,5 \text{ м}^2\%$ Рb.

По формуле (III.20) подсчитываем продуктивность вторичного ореола по полученным значениям C_x , откуда с учетом k

$$P_{p.t} = \frac{1}{0,8} \cdot 10 \text{ м} \cdot 50 \text{ м} \cdot (602 - 25 \cdot 2) \cdot 10^{-3}\% = 345 \text{ м}^2\% \text{ Рb.}$$

Хорошая сходимость результатов подтверждает правильность расчетов.

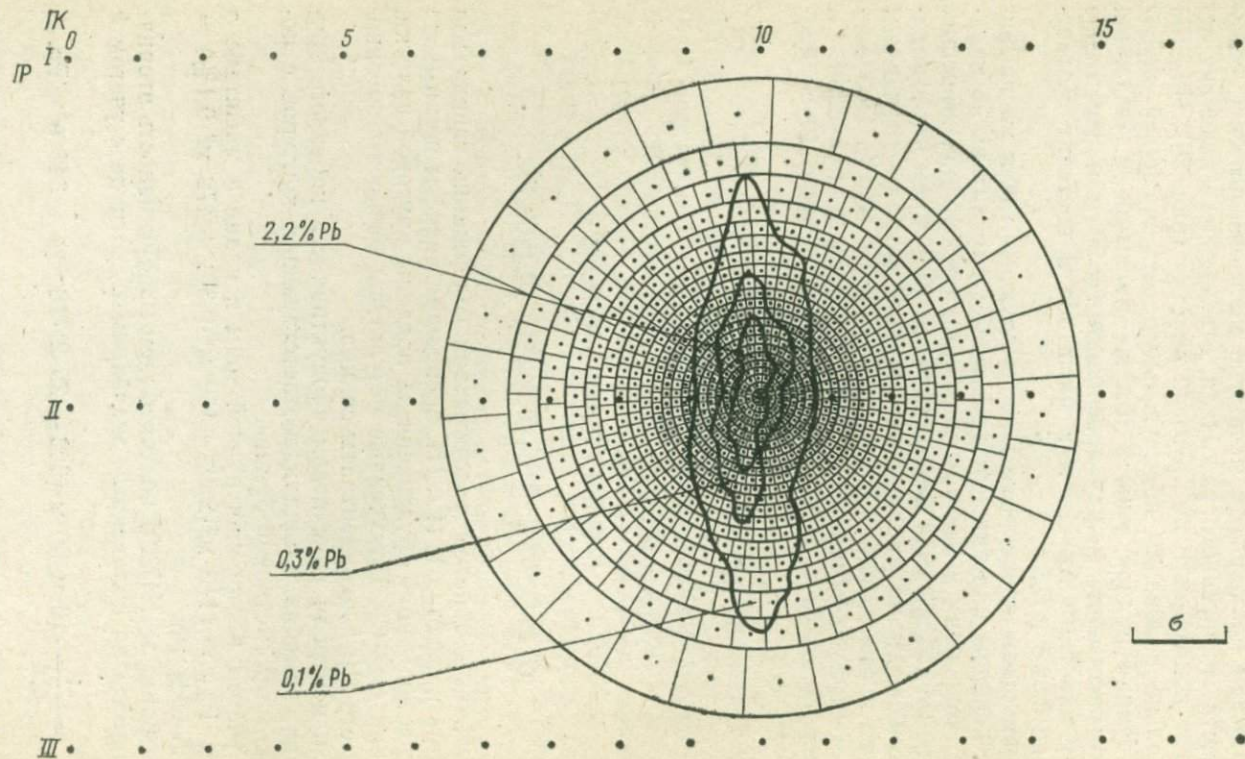


Рис. 36. Пример подсчета содержаний свинца во вторичном ореоле рассеяния с помощью круговой палетки Дубова для пикета 10 профиля II

Задача III.40. В соответствии с требованиями задачи III.39 рассчитать и построить изоконцентраты свинца во вторичном остаточном ореоле рассеяния.

Дано: в контурах рудной зоны (рис. 37, а) средние содержания свинца 2,5; 2,4; 2,8 и 0,3%; $\sigma=12,5$ м; $k=0,9$; $C_{\phi} = 2 \cdot 10^{-3}\%$ Pb; $\Delta x=10$ м; $l=50$ м.

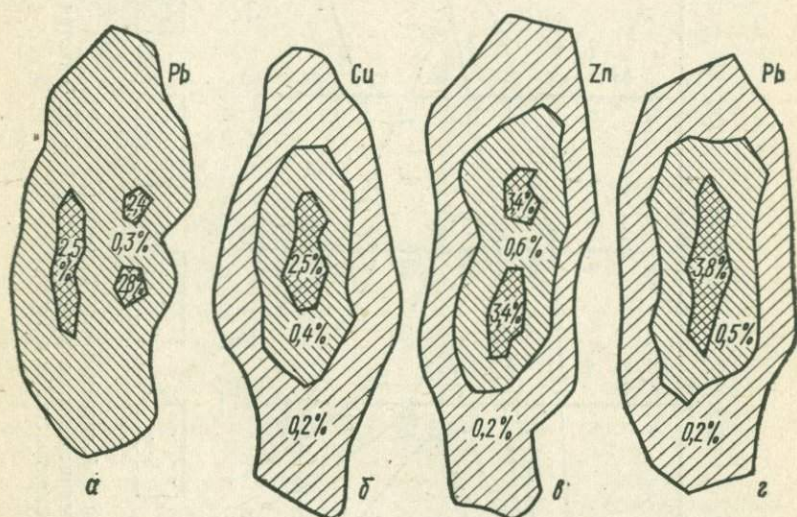


Рис. 37. Контурсы коренных выходов оруденений

Задача III.41. В соответствии с требованиями задачи III.39 рассчитать и построить изоконцентраты меди во вторичном остаточном ореоле рассеяния.

Дано: в контурах рудной зоны (рис. 37, б) средние содержания меди 2,5; 0,4 и 0,2%; $\sigma=13,4$ м; $k=0,7$; $C_{\phi}=5 \cdot 10^{-3}\%$ Cu; $\Delta x=10$ м; $l=25$ м.

Задача III.42. В соответствии с требованиями задачи III.39 рассчитать и построить изоконцентраты цинка во вторичном остаточном ореоле рассеяния.

Дано: в контурах рудной зоны (рис. 37, в) средние содержания цинка 3,4; 0,6 и 0,2%; $\sigma=8,5$ м; $k=0,75$; $C_{\phi} = 1 \cdot 10^{-2}\%$ Zn; $\Delta x=10$ м; $l=25$ м.

Задача III.43. В соответствии с требованиями задачи III.39 рассчитать и построить изоконцентраты свинца во вторичном остаточном ореоле рассеяния.

Дано: в контурах рудной зоны (рис. 37, г) средние содержания свинца 3,8; 0,5 и 0,2%; $\sigma=14,5$ м; $k=1,15$; $C_{\phi}=1,5 \times 10^{-3}\%$ Pb; $\Delta x=10$ м; $l=50$ м.

Задача III.44. По результатам глубинной литохимической съемки (рис. 38) подсчитать погоризонтно количество ме-

талла в метропроцентах, построить график изменения линейной продуктивности M_z с глубиной и оценить графически значение M . Фоновое содержание металла $C_\phi = 9 \cdot 10^{-5} \%$; $\varepsilon = 1,3$.

Ход решения. С учетом постоянного расстояния между скважинами $\Delta x = 100$ м подсчет погоризонтных количеств металла ведем по формуле (II.4), начиная с глубин, на которых отмечаются аномальные содержания металла $[C_A \geq C_\phi \varepsilon^3 \geq 9 \cdot (1,3)^3 \times 10^{-5} \% \geq 20 \cdot 10^{-5} \%]$.

Так, на горизонте 4 м значение $M_{4м}$ составит: $100 \text{ м} \cdot [(20 + 30 + 20) - 3 \times 9] \cdot 10^{-5} \% = 0,043 \text{ м} \%$; на глубине 7 м — $M_{7м} = 100 \text{ м} \cdot [(50 + 400 + 250 + 80 + 60 + 40) - 6 \cdot 9] \times 10^{-5} \% = 0,826 \text{ м} \%$ и т. д.

По полученным значениям строим график изменения $M_z = f(z)$ с глубиной (рис. 39). Устойчивые значения M_z отмечаются начиная с отметки 9 м, что позволяет предполагать о приближении остаточной продуктивности ореола к его теоретическому значению $k=1$. Исходя из этого оцениваем значение M для данного погребенного ореола рассеяния величиной 1,35 м% M_e .

Исходя из этого оцениваем значение M для данного погребенного ореола рассеяния величиной 1,35 м% M_e .

Задача III.45. Решить ту же задачу по результатам глубинной литохимической съемки, показанным на рис. 40. Принять $C_\phi = 9 \cdot 10^{-5} \%$, $C_A = 20 \cdot 10^{-5} \%$ M_e .

Задача III.46. Оценить значимость различий средних коэффициентов остаточной продуктивности k ореолов рассеяния свинца и цинка для I и II типов ландшафтов участка Чонбулак. Исходные данные приведены в табл. 94.

Ход решения. Сравнение средних значений коэффициентов остаточной продуктивности для I и II типов ландшафтов проводим с помощью критерия Стьюдента (I.15). Предварительно по критерию Фишера (I.14) оцениваем значимость различий дисперсий:

$$F_{I-II} = \frac{(\lg 2,38)^2}{(\lg 2,12)^2} = \frac{(0,376)^2}{(0,326)^2} = 1,33.$$

Согласно приложению IV, значение F на 5%-ном уровне значимости при $f_1 = 6 - 1 = 5$ и $f_2 = 4 - 1 = 3$ равно 9, следова-

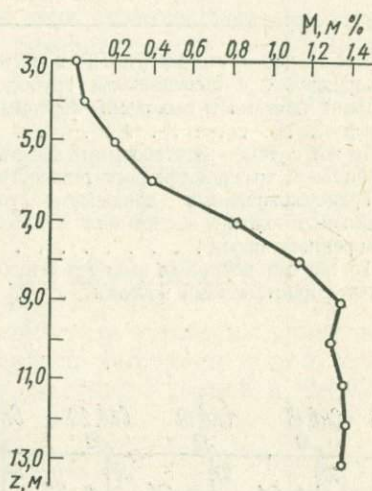


Рис. 39. График изменения линейной продуктивности M_e с глубиной

Значения k для Рb и Zп в различных ландшафтно-геохимических условиях рудного поля Чонбулак

Типы элементарных ландшафтов	Свинец			Цинк		
	n	\tilde{k}	e	n	\tilde{k}	e
I. Элювиальные ландшафты на пологих водоразделах с щебенистыми грубоскелетными почвами и выходами коренных пород	6	0,49	2,38	6	0,61	2,18
II. То же с темно-каштановыми почвами и обильной травянистой растительностью	4	0,10	2,12	4	0,16	2,43
III. Трансэлювиальные ландшафты горных склонов южной экспозиции с выходами коренных пород	7	0,48	3,44	7	0,60	3,34
IV. То же без коренных выходов с щебенистыми каштановыми почвами	8	0,30	3,11	8	0,32	3,28

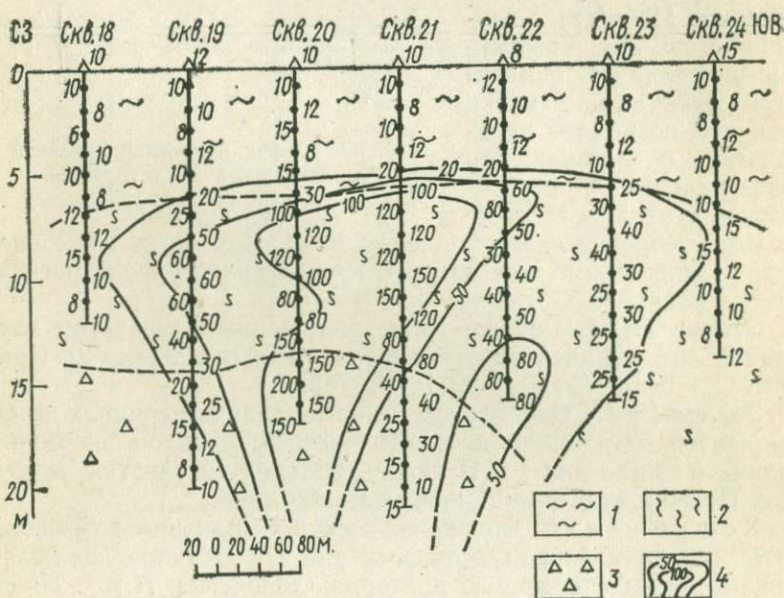


Рис. 40. Результаты глубинной литохимической съемки (условные обозначения см. к рис. 38)

тельно, различие сравниваемых дисперсий незначимо и можно провести сравнение средних. Для I и II типов ландшафтов для свинца имеем

$$t_{1-\Pi} = \frac{\lg 0,49 - \lg 0,10}{\sqrt{\frac{(\lg 2,38)^2}{6} + \frac{(\lg 2,12)^2}{4}}} = \frac{0,69}{0,224} = 3,1.$$

Из приложения III при $f = (6 + 4 - 2) = 8$ находим $t_{5\%} = 2,31$. Так как $t_{1-\Pi} = 3,1 > t_{5\%} = 2,31$, делаем вывод о значимом различии средних значений k_{Pb} для двух сравниваемых ландшафтов.

Аналогичным путем оцениваем значимость различий коэффициентов k для цинка.

Задача III.47. Решить ту же задачу для I и IV типов ландшафтов (см. табл. 94).

Задача III.48. Решить ту же задачу для II и III типов ландшафтов (см. табл. 94).

Задача III.49. Решить ту же задачу для II и IV типов ландшафтов (см. табл. 94).

Задача III.50. Решить ту же задачу для III и IV типов ландшафтов (см. табл. 94).

Задача III.51. Оценить значимость различий средних величин коэффициентов гипергенного рассеяния σ для свинца, цинка, серебра и мышьяка на участках Каракой и Чонбулак, приведенных в табл. 95.

Таблица 95

Средние значения σ для Pb, Zn, Ag и As в различных рудопроявлениях Заильского Алатау

Участок	Свинец			Цинк			Серебро			Мышьяк		
	n	$\bar{\sigma}$	S_{σ}	n	$\bar{\sigma}$	S_{σ}	n	$\bar{\sigma}$	S_{σ}	n	$\bar{\sigma}$	S_{σ}
Каракой	13	4,24	0,68	12	4,16	1,77	7	3,10	0,61	9	3,74	0,93
Чонбулак	25	5,08	0,80	13	4,55	1,26	20	5,10	1,61	3	3,86	1,24
Альмерек	24	6,58	0,96	2	5,41	1,58	5	5,76	0,81	12	6,36	1,28
Кзылсай	5	7,44	1,39	4	9,21	1,26	4	8,66	1,30	4	7,39	1,20

Задача III.52. Решить ту же задачу для участков Каракой и Альмерек (см. табл. 95).

Задача III.53. Решить ту же задачу для участков Каракой и Кзылсай (см. табл. 95).

Задача III.54. Решить ту же задачу для участков Чонбулак и Альмерек (см. табл. 95).

Задача III.55. Решить ту же задачу для участков Чонбулак и Кзылсай (см. табл. 95).

Задача III.56. Решить ту же задачу для участков Альмерек и Кзылсай (см. табл. 95).

ГЛАВА IV

РАСЧЕТЫ ПОТОКОВ РАССЕЯНИЯ

Поиски рудных месторождений по их вторичным литохимическим потокам рассеяния в аллювиально-пролювиальных отложениях современной гидросети проводятся на первых стадиях работ, чаще всего в масштабах 1:200 000 (1 проба на 1 км²) или 1:100 000 (4 пробы на 1 км²), с последующей детализацией в масштабе 1:50 000 (8 проб на 1 км²). Съёмки в более крупных масштабах не практикуются. Наиболее эффективны эти съёмки в хорошо расчлененных, активно денудруемых горных районах.

Сведения о модулях твердого и растворимого стока с суши, с учетом коэффициентов водной миграции элементов, или сведения о ежегодном слое денудации и количестве атмосферных осадков, с учетом средних содержаний элементов в горных породах и водах, позволяют путем несложных расчетов оценить сравнительную роль литохимических (главным образом механических) и гидрохимических (солевых) форм миграции для каждого отдельного элемента.

Содержания рудных элементов в атмосферных осадках пренебрежительно малы, и все наличие их в речных водах допустимо считать результатом извлечения из горных пород. Если количество рудного элемента, ежегодно переходящего в раствор, не превышает его количества в слое денудации, система находится в равновесии. Следовательно, долю гидрохимического стока $\delta_{\text{гидрохим}}$ этого элемента можно оценить из выражения

$$\delta_{\text{гидрохим}} = \frac{q_{\text{раств}} C_{\text{с.о}}}{q_{\text{тв}} C_{\text{г.п}} + q_{\text{раств}} C_{\text{с.о}}} = \frac{q_{\text{раств}} K_x}{q_{\text{тв}} + q_{\text{раств}} K_x}, \quad (\text{IV.1})$$

где $q_{\text{тв}}$, $q_{\text{раств}}$ — соответственно модули твердого и растворимого стока в т/км²/год для данного бассейна денудации; $C_{\text{с.о}}$ и $C_{\text{г.п}}$ — содержания данного элемента соответственно в сухом остатке воды и в горных породах, с которыми эта вода находится в контакте, и K_x — коэффициент водной миграции этого элемента.

Зная ежегодный слой денудации Δh мм/год и количество атмосферных осадков Δq мм/год, кларк рудного элемента литосферы $C_{\text{к.литосф}}$ и его содержание в речных водах $C_{\text{р.в}}$, аналогичным путем найдем:

$$\delta_{\text{гидрохим}} = \frac{(q_{p,э})_{\text{раств}}}{(q_{p,э})_{\text{общ}}} = \frac{\Delta q \alpha C_{p,в}}{\Delta h d C_{k, \text{литосф}}}, \quad (\text{IV.2})$$

где $\alpha < 1$ — поправочный множитель, учитывающий испарение выпадающих осадков, и $d = 2,5 \text{ т/м}^3$ — объемный вес горных пород.

Очевидно, что

$$\delta_{\text{литохим}} = 1 - \delta_{\text{гидрохим}} \quad (\text{IV.3})$$

и

$$\psi = \frac{\delta_{\text{большее}}}{\delta_{\text{меньшее}}} \quad (\text{IV.4})$$

указывают, во сколько раз одна из форм миграции рудного элемента преобладает над второй. Оценке этих показателей стока посвящены задачи IV.1—IV.12.

Соответствующие расчеты показывают, что для рудных элементов в горных районах литохимический сток существенно преобладает над гидрохимическим. Пренебрегая растворимым стоком, можно написать уравнение реального литохимического потока рассеяния:

$$C'_x = k' \frac{P_x}{S_x} + C'_ф, \quad (\text{IV.5})$$

где C'_x — содержания рудного элемента в аллювиально-пролювиальных отложениях; S_x — площади водосборов для соответствующих точек опробования, м^2 ; P_x — площадные продуктивности вторичных остаточных ореолов рассеяния, развитых в пределах этих водосборов ($\text{м}^2\%$); $k' \geq 1$ — местный коэффициент пропорциональности и $C'_ф$ — местное фоновое содержание элемента в русловых отложениях. Отсюда

$$P_x = \frac{1}{k'} S_x \cdot (C'_x - C'_ф) = \frac{1}{k'} P'_x. \quad (\text{IV.6})$$

Величину

$$P'_x = S_x \cdot (C'_x - C'_ф) \quad (\text{IV.7})$$

по аналогии с (III.1) принято именовать **продуктивностью литохимического потока рассеяния**. Во всех точках русла, лежащих гипсометрически выше влияния рудного тела, продуктивность потока рассеяния тождественно равна нулю в силу условия $C'_x = C'_ф$. Начиная с точки R_0 (рис. 41) продуктивность потока рассеяния P_x растет, а ниже точки R остается теоретически постоянной. Допуская, что в интервале непосредственного поступления рудного делювия в русло от R_0 до R часть ореола рассеяния P_x , заключенная между R_0 и

точкой опробования x , пропорциональна отрезку $(x-R_0)$, имеем для этого интервала:

$$C'_x = k' \frac{P(x-R_0)}{S_x(R-R_0)} + C'_\Phi, \quad (IV.8)$$

где x , R_0 и R — расстояния соответствующих точек от вершины водораздела.

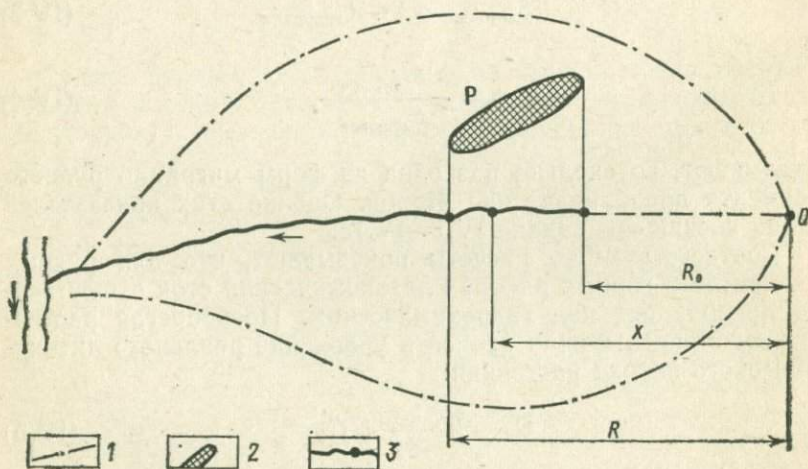


Рис. 41. К расчету литохимического потока в русле I порядка:
1 — граница бассейна денудации; 2 — вторичный ореол рассеяния с продуктивностью P м²%; 3 — точки опробования и их расстояния от вершины водораздела

Задачами количественной интерпретации выявленных потоков рассеяния являются определение местоположения точек начала (R_0) и конца (R) привноса металла в русло, а также оценка общей продуктивности ореолов рассеяния P , ожидаемых в данном бассейне водосбора. Решению этих вопросов посвящены задачи IV.13—IV.17.

Положение точки R_0 определяется на графиках C'_x по признаку появления аномальных содержаний рудного элемента $C'_x \geq C'_A = C'_\Phi e^3$. При малых значениях R_0 быстрый рост C'_x сменяется резким падением содержаний рудного элемента в потоке рассеяния еще задолго до точки R , ниже которой аномальные содержания убывают по гиперболическому закону, асимптотически приближаясь к уровню фона. Поэтому положение точки R на графиках C'_x определению не поддается, и отыскание ее производится по графикам $P'_x = f(x)$.

Для вычисления P'_x по формуле (IV.7) на топографической карте или фотоплане производится обмер площадей во-

досборов S_x каждой точки опробования. С целью уменьшения роли неравномерного поступления материала со склонов долины наблюдаемые значения $C'_x \geq C'_A$ предварительно осредняются методом «скользящего окна» по формуле

$$\bar{C}'_x = \frac{C'_{x-1} + C'_x + C'_{x+1}}{3}. \quad (\text{IV.9})$$

На графиках $P'_x = f(x)$ для потоков рассеяния, удовлетворительно подчиняющихся приведенным зависимостям, поло-

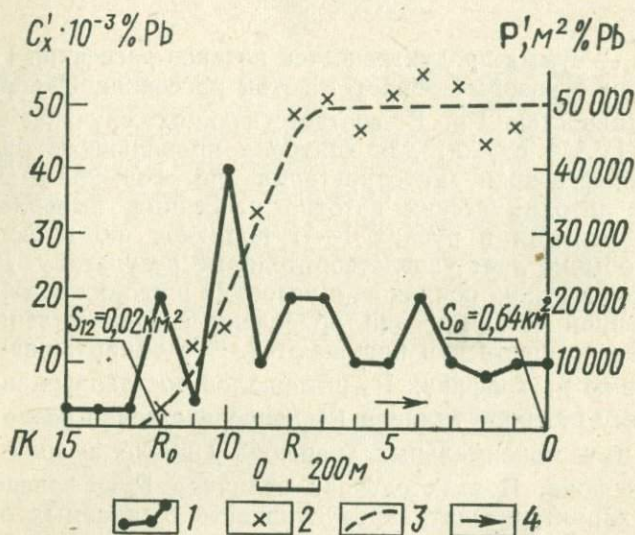


Рис. 42. Графики содержаний C'_x и продуктивности P' свинца в потоке рассеяния:

1 — график содержаний свинца; 2 — значения продуктивности свинца по пикетам; 3 — график продуктивности свинца; 4 — направление стока

жение точки R определяется переходом от возрастающих значений P'_x к их относительно постоянным значениям, как это показано на рис. 42. Среднее значение $P'_x = \text{const}$, с учетом величины коэффициента k' , определит значение P для данного водосбора.

Ступенчатый характер графика $P'_x = f(x)$ укажет на присутствие в бассейне этого водосбора двух или нескольких ореолов рассеяния рудного элемента. Общая продуктивность ореолов рассеяния в пределах рудного участка, дренируемого несколькими смежными руслами, определится суммой продуктивностей соответствующих потоков рассеяния:

$$P_{\text{общ}} = \frac{1}{k'} \sum_{i=1}^n P'_i. \quad (\text{IV.10})$$

При этом суммированию подлежат только значения продуктивностей основных потоков, без учета продуктивностей образующих их русел младших порядков. Очевидно, что для русла II порядка, формирующегося ниже точки R, должна соблюдаться зависимость

$$P'_{\text{II}} = \Sigma P'_I, \quad (\text{IV.11})$$

где $\Sigma P'_I$ — сумма продуктивностей потоков рассеяния I порядка, слияние которых образует поток рассеяния II порядка с продуктивностью P'_{II} . В соответствующих случаях зависимость (IV.11) служит для контроля правильности расчетов.

Количественная интерпретация по формулам (IV.5) — (IV.11) литохимических потоков рассеяния, выявляемых в горных районах в руслах I—II порядков, по имеющемуся опыту, обычно дает удовлетворительные результаты. Для русел более высоких порядков, в условиях широких долин и при замедленной речной эрозии, приведенные количественные зависимости существенно нарушаются. Это обнаруживается по отсутствию на графиках P_x интервалов постоянных значений и резкому падению величин P_x непосредственно после достижения ими максимальных значений, еще до выхода C_x на уровень фона. В этих случаях величина P_{max} заведомо не может характеризовать продуктивность ожидаемых ореолов рассеяния. Интерпретация таких потоков рассеяния возможна по более сложным формулам, предложенным А. Н. Боголюбовым [1] или В. В. Поликарпочкиным [17], которые здесь не рассматриваются.

Задавая аналитическим выражением зависимости $S_x = f(x)$ и подставляя его в формулу (IV.8), можно путем дифференцирования полученного выражения и приравнивания производной $\frac{dC'_x}{dx}$ нулю найти значения x , при которых C'_x достигает максимума. С учетом характера зависимости $S_x = f(x)$ по формулам (IV.5) — (IV.8) производятся также расчеты потоков рассеяния при заданных параметрах оруденения и местных условиях. Решению этих вопросов посвящены задачи IV.28—IV.29.

Задача IV.1. Оценить соотношение между твердым и растворимым стоком серебра в бассейне р. Колымы у г. Среднеколымска ($S=361$ тыс. км²), исходя из следующих данных [3]: модуль твердого стока 19,4 т/км²/год; модуль раствори-

мого стока $10,1 \text{ т/км}^2/\text{год}$; коэффициент водной миграции серебра $K_x = 0,035$.

Ход решения. Долю гидрохимического стока серебра найдем по формуле (IV.1):

$$\delta_{\text{гидрохим}} = \frac{10,1 \cdot 0,035}{19,4 + 10,1 \cdot 0,035} = 0,018.$$

Согласно (IV.3) и (IV.4), имеем

$$\delta_{\text{литохим}} = 1,0 - 0,018 = 0,982,$$

$$\psi = \frac{0,982}{0,018} = 54,6.$$

Таким образом, твердый (литохимический) сток серебра в бассейне р. Колымы почти в 55 раз превышает растворимый (гидрохимический) сток, на долю которого приходится менее 2% общего количества мигрирующего серебра. При дальнейших расчетах литохимических потоков рассеяния растворимым стоком серебра допустимо пренебрегать.

Задача IV.2. Оценить соотношения между твердым и растворимым стоком цинка и меди для условий предыдущей задачи, исходя из значений местных коэффициентов водной миграции этих металлов, приведенных в табл. 96.

Таблица 96

Коэффициенты водной миграции K_x некоторых элементов для условий Северо-Востока СССР [3]

J	B	F	V	Zn	Ag	Mn	Pb	Cu	Ni
51,6	3,8	0,5	0,05	0,04	0,035	0,03	0,004	0,003	0,002

Задача IV.3. Оценить соотношения между твердым и растворимым стоком фтора и свинца для р. Колымы, исходя из модулей стока, приведенных в задаче IV.1, и коэффициентов водной миграции этих элементов, указанных в табл. 96.

Задача IV.4. Решить ту же задачу для ванадия и никеля.

Задача IV.5. Решить ту же задачу для йода и бора.

Задача IV.6. Оценить соотношения между твердым и растворимым стоком фтора, серебра и свинца в бассейнах рек Яны и Индигирки, исходя из модулей стока, приведенных в табл. 97, и коэффициентов водной миграции элементов, указанных в табл. 96.

Задача IV.7. Решить ту же задачу для бора, ванадия, меди и никеля в бассейнах рек Лены и Витима (см. табл. 97 и 96).

Модули твердого и растворимого стока для некоторых рек
Северо-Востока СССР [16]

Река	Пункт наблюдения	Площадь водосбора, тыс. км ²	Сток, т/км ² /год	
			твердый	растворимый
Кольма	Среднеколымск	361	19,4	10,1
Яна	Джанги	217	13,4	4,4
Индигирка	Вороново	305	36,6	5,4
Лена	Косюр	2430	6,8	24,7
Витим	Бодайбо	186	9,1	6,6
Амур	Хабаровск	1630	18,0	11,5
Буряя	Каменка	67	12,1	21,1
Камчатка	Нижнекамчатск	56	48,0	35,6

Примечание. Реки горных районов Кавказа, Средней Азии и Казахстана характеризуются огромным преобладанием твердого стока над растворимым. Для суши в целом это соотношение близко к 10:1.

Задача IV.8. Решить ту же задачу для свинца и цинка в бассейнах рек Амура, Бурей и Камчатки (см. табл. 97 и 96).

Задача IV.9. Рассчитать объем ежегодного стока меди в килограммах с площади 1 км² для горного района, характерного ежегодным слоем денудации $\Delta h = 0,2$ мм/год и количеством атмосферных осадков 600 мм/год, исходя из среднего содержания меди в речных водах, указанного в табл. 98, и кларка меди для литосферы (приложение I). Принять, что $1/3$ атмосферных осадков расходуется на испарение, объемный вес горных пород принять $d = 2,5$ т/м³. Оценить соотношение между твердым и растворимым стоком меди в этом районе.

Таблица 98

Средние содержания некоторых рудных элементов в пресных водах [24]

Элемент	\bar{c} , мкг/л
Медь	3,0
Свинец	2,0
Цинк	10,0
Олово	0,2
Молибден	1,0
Никель	1,6

Ход решения. Количество меди с 1 км², ежегодно переносимое в растворе, показанное в числителе выражения (IV.2), составит

$$(\Delta q_{Cu})_{\text{раств}} = 10^6 \text{ м}^2 \cdot 2/3 \cdot 0,6 \text{ м/год} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3 = 1,2 \text{ кг/км}^2/\text{год}.$$

Соответственно:

$$\begin{aligned}(\Delta q_{\text{Cu}})_{\text{общ}} &= 10^6 \text{ м}^2 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ м/год} \cdot 2,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 4,7 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2} = \\ &= 23,5 \text{ кг/км}^2/\text{год}.\end{aligned}$$

Отсюда

$$(\Delta q_{\text{Cu}})_{\text{тврд}} = 23,5 - 1,2 = 22,3 \text{ кг/км}^2/\text{год}$$

и

$$\psi = \frac{22,3}{1,2} = 18,6.$$

Следовательно, твердый сток почти в 19 раз превышает растворимый сток меди, на долю которого приходится только 5% от общего количества этого металла, мигрирующего в данном районе.

Задача IV.10. Рассчитать те же показатели стока для свинца и цинка, исходя из условий задачи IV.9.

Задача IV.11. Рассчитать те же показатели стока для молибдена и олова в бассейне р. Терек (44 тыс. км²), характеризующегося ежегодным слоем денудации 0,3 мм/год [16] и количеством атмосферных осадков 500 мм/год, из которых 50% расходуется на испарение. Данные о содержаниях этих элементов в воде приведены в табл. 98, кларки элементов для литосферы приведены в приложении I. Оценить соотношение между твердым и растворимым стоком молибдена и олова в бассейне р. Терек.

Задача IV.12. Рассчитать те же показатели стока для никеля и меди, исходя из условий предыдущей задачи.

Задача IV.13. Оценить продуктивность P' потока рассеяния серебра в русле руч. Сухого, притока р. Голубой, по данным спектрального анализа проб поисковой литохимической съемки масштаба 1:100 000, приведенным в табл. 99. Определить положение (номера) точек начала (R_0) и конца (R) поступления металла в русло, оценить порядок возможных запасов металла Q_H в данном бассейне при вероятной глубине распространения руд $H=100$ м. План бассейнов водосбора по точкам опробования 1—13 показан на рис. 43, шаг пробоотбора 200 м. Местное фоновое содержание металла в аллювии $C'_ф = 1,5 \cdot 10^{-5}\%$ Ag, нижнее аномальное содержание $C'_А = 4 \cdot 10^{-5}\%$ Ag. Значения k' и k условно принять 1.

Ход решения. При вычислении продуктивности потока рассеяния будем пользоваться содержаниями серебра, осредненными методом «скользящего окна» по формуле (IV.9). Для краевых точек (1 и 13) недостающие данные заменяем их собствен-

ными значениями. Соответственно имеем: $\bar{C}'_1 = \frac{8+8+8}{3} = 8$,
 $\bar{C}'_2 = \frac{18+8+6}{3} = 7,3$ и т. д. Копируем рис. 43 на кальку и, подложив под нее миллиметровую бумагу, определяем размеры пло-

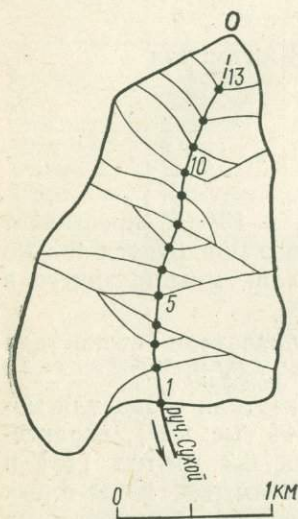


Рис. 43. План бассейнов водосбора для точек опробования русла руч. Сухого

Таблица 99
 Результаты литохимической съемки по потокам рассеяния

№ точек	$C_x^1 \cdot 10^{-5} \% \text{ Ag}$
1	8
2	8
3	6
4	12
5	4
6	5
7	6
8	8
9	8
10	12
11	10
12	30
13	40

щадей водосборов S_x с точностью до 1 мм^2 . С учетом линейного масштаба рис. 43 переводим квадратные миллиметры в тысячи квадратных метров. Вычитая из $\bar{C}'_1 = 8 \cdot 10^{-5} \%$ фоновое содержание серебра $C'_f = 1,5 \cdot 10^{-5} \%$ и умножая на $S_1 = 3210 \text{ тыс. м}^2$, имеем $P'_1 = 209 \text{ м}^2 \% \text{ Ag}$. Аналогичным путем ведем вычисления по точкам 2 — 13, занося все результаты расчетов в табл. 100 по прилагаемой форме.

Строим на миллиметровой бумаге совмещенные графики $C'_x = f(x)$ и $P'_x = f(x)$ при горизонтальном масштабе $1 \text{ см} = 200 \text{ м}$ (шаг опробования), вертикальные масштабы $1 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-5} \% \text{ Ag}$ и $1 \text{ см} = 10 \text{ м}^2 \% \text{ Ag}$. Стрелкой указываем направление стока.

Поскольку уже в точке 13 содержания серебра аномальны, начало поступления металла в русло относим к водоразделу ($R^1_0 = 0$, т. е. > 13). Продлеваем график P'_x на 2 точки вправо до значений $P_x = 0$, отвечающих точке 0, в которой $S_0 = S_{15} = 0$.

Таблица 100

Расчет потока рассеяния Ag по руч. Сухому

№ проб	Ag в $10^{-6}\%$			S_x , тыс. м ²	P'_x , м ² % Ag
	C'_x	\bar{C}'_x	$\bar{C}'_x - C'_\phi$		
1	8	8	6,5	3210	209,0
2	8	7,3	5,8		
---	---	---	---	---	---
13	40	36,7	35,2	110	38,7

В интервале между точками 11 и 6 значения P'_x имеют относительно устойчивое значение со средней величиной $P' = 65 \text{ м}^2 \% \text{ Ag}$. Это определяет точку прекращения привноса металла в русло, приблизительно $R^I = 11,5$. Начиная с точки 5 и до конца маршрута продуктивность потока рассеяния непрерывно и резко возрастает, небольшое повышение отмечается и на графике C'_x . Это определяет положение точки $R^{\text{II}}_0 = 5,5$, местоположение точки R^{II} остается неизвестным, поскольку интервал постоянных значений P'_x в нижнем течении ручья не достигнут.

Ориентировочные запасы серебра до заданной глубины составят: в верховьях ручья $Q^I_{100} = \frac{65 \text{ м}^2 \%}{40} \cdot 100 \text{ м} \approx 160 \text{ т}$, в нижнем течение $Q^{\text{II}}_{100} = \frac{144 \text{ м}^2 \%}{40} \cdot 100 \text{ м} \approx 360 \text{ т}$ или в сумме порядка 500 т. Очевидно, что для оценки прогнозных (геологических) запасов металла данного участка необходимы сведения о полной продуктивности потока рассеяния руч. Сухого ($P^{\text{II}} = \text{const}$), о наличии или отсутствии потоков рассеяния

Таблица 101

Результаты литохимической съемки по потокам рассеяния

№ точек	C'_x , $10^{-3}\% \text{ Pb}$	S_x , км ²	№ точек	C'_x , $10^{-3}\% \text{ Pb}$	S_x , км ²
2	10	0,640	10	20	0,316
3	10	0,615	11	10	0,146
4	8	0,577	12	40	0,109
5	10	0,482	13	5	0,066
6	20	0,466	14	20	0,023
7	10	0,440	15	1,5	0,010
8	10	0,398	16	1,5	—

серебра в смежных руслах, о местных значениях k' и k , о генетическом типе и условиях залегания ожидаемого оруденения.

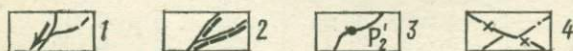
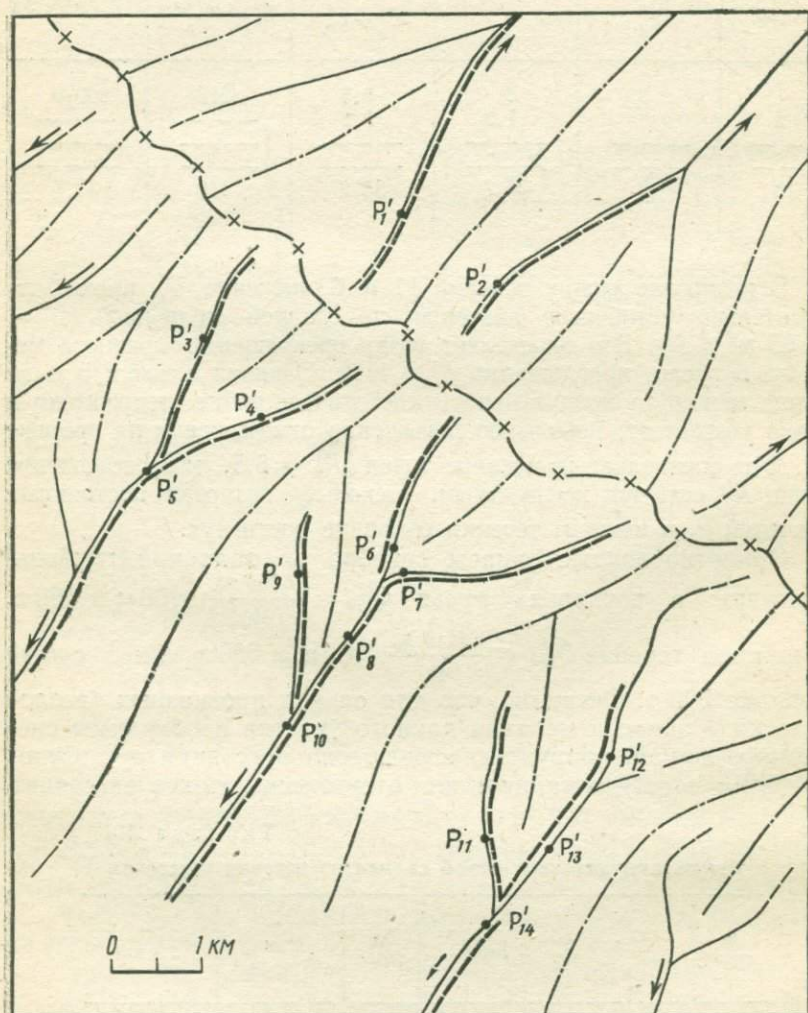


Рис. 44. Оценка суммарной продуктивности ожидаемых ореолов рассеяния и границ рудоносного участка:

1 — опробованные русла рек и направление стока; 2 — потоки рассеяния рудного элемента; 3 — точки, характеризуемые значениями P'_x ; 4 — основной и боковые водоразделы

Задача IV.14. Оценить продуктивность потока рассеяния свинца в русле ручья 9, левого притока р. Бадам по данным спектрального анализа проб литохимической съемки масштаба 1 : 50 000 и результатам обмера площадью водосбора, приведенным в табл. 101. Определить положение точек R_0 и R и порядок запасов свинца Q_{200} .

Шаг пробоотбора 100 м; $C'_\phi = 1,5 \cdot 10^{-3} \% \text{ Pb}$; $C'_A = 5 \cdot 10^{-3} \% \text{ Pb}$; $k' = 1,1$; $k = 1,22$.

Задача IV.15. Решить ту же задачу по данным, приведенным в табл. 102.

Таблица 102

Результаты литохимической съемки по потокам рассеяния

№ точек	C'_x , $10^{-3}\% \text{ Pb}$	S_x , км ²	№ точек	C'_x , $10^{-3}\% \text{ Pb}$	S_x , км ²	Примечания
1	8	1,15	8	50	0,20	шаг 100 м;
2	12	1,05	9	20	0,17	$C'_\phi = 2 \cdot 10^{-3}\% \text{ Pb}$;
3	10	0,70	10	12	0,15	$C'_A = 5 \cdot 10^{-3}\% \text{ Pb}$;
4	20	0,55	11	2	0,12	$k' = k = 1$
5	20	0,52	12	3	0,10	$H=300 \text{ м}$
6	15	0,43	13	2	0,08	
7	30	0,27	14	2	0,05	

Задача IV.16. Решить ту же задачу по данным, приведенным в табл. 103.

Таблица 103

Результаты литохимической съемки по потокам рассеяния

№ точек	C'_x , $10^{-3}\% \text{ Cu}$	S_x , км ²	№ точек	C'_x , $10^{-3}\% \text{ Cu}$	S_x , км ²	Примечания
1	15	3,8	8	250	0,23	шаг 200 м;
2	15	3,5	8,5	300	0,19	$C'_\phi = 7 \cdot 10^{-3}\% \text{ Cu}$;
3	20	2,9	9	100	0,14	$C'_A = 20 \cdot 10^{-3}\% \text{ Cu}$;
4	30	2,7	9,5	50	0,11	$k' = 0,7$; $k = 0,8$
5	50	1,25	10	5	0,08	$H=300 \text{ м}$
6	120	0,66	10,5	10	0,06	
7	200	0,38	11	5	0,04	
7,5	300	0,31	12	6	—	

Задача IV.17. Решить ту же задачу по данным, приведенным в табл. 104.

Таблица 104

Результаты литохимической съемки по потокам рассеяния

№ точек	C'_x , $10^{-3}\%$ Pb	S_x , км ²	№ точек	C'_x , $10^{-3}\%$ Pb	S_x , км ²	Примечания
1	10	1,30	8	20	0,66	шаг 100 м;
2	12	1,25	9	25	0,54	$C'_\phi = 2 \cdot 10^{-3}\%$ Pb;
3	10	1,15	10	30	0,38	$C'_A = 5 \cdot 10^{-3}\%$ Pb;
4	10	1,05	11	50	0,22	$k' = k = 1$
5	20	0,95	12	80	0,12	$H=300$ м
6	15	0,88	13	30	0,07	
7	15	0,84	14	30	0,03	

Задача IV.18. Оценить суммарную продуктивность ожидаемых вторичных ореолов рассеяния свинца для участка, показанного на рис. 44, характеризующегося потоками рассеяния со значениями продуктивностей, приведенными в табл. 105.

Таблица 105

Значения продуктивностей потоков рассеяния свинца

№ потоков рассеяния	Продуктив- ность, тыс. м ² %	Примечания	№ потоков рассеяния	Продуктив- ность, тыс. м ² %	Примечания
P'_1	6,0	устойчивые значения	P'_8	32,0	устойчивые значения
P'_2	2,6	то же	P'_9	1,5	то же
P'_3	3,5	»	P'_{10}	32,0	»
P'_4	11,0	»	P'_{11}	13,0	»
P'_5	14,0	»	P'_{12}	3,5	значения растут
P'_6	13,0	значения растут	P'_{13}	5,5	устойчивые значения
P'_7	12,0	то же	P'_{14}	18,0	то же

Оконтурировать на кальке площадь предполагаемого рудного поля. Местное значение $k'=0,9$.

Ход решения. Потоки рассеяния P'_1 и P'_2 имеют самостоятельное значение, потоки P'_3 и P'_4 , сливаясь, образуют поток P'_5 , при этом $3,5 + 11,0 \cong 14,0$, и, следовательно, привнос металла прекращается выше русла P'_5 . Продуктивность потока $P'_8 > P'_6 + P'_7$, однако $P'_{10} \cong P'_8 + P'_9$, и, следовательно, привнос металла прекращается выше P'_{10} . В равной мере $P'_{14} = 18 \cong P'_{11} + P'_{13} = 13,0 + 5,5$, а поток рассеяния P'_{13} заведомо включает в себя P'_{12} . Отсюда общая продуктивность ожидаемых ореолов рассеяния $P_\Sigma = 1/k' \cdot (P'_1 + P'_2 + P'_5 + P'_{10} + P'_{14}) = 1/k' \cdot 72,6 = 80$ тыс. м² % Рв.

Северо-восточную границу рудного поля определяют точки P'_1, P'_2 и появление аномальных содержаний свинца в верховьях русел 7 и 12. Юго-западная граница определяется появлением устойчивых значений P_x в точках $P'_3, P'_4, P'_9, P'_8, P'_{11}, P'_{13}$.

Северо-западную и юго-восточную границы рудного поля определяют русла с фоновыми содержаниями металла. Скопировав на кальку гидрографическую сеть, оконтуриваем рудное поле по этим точкам, штрихуем рудоносную площадь и указываем в ее контуре полученную оценку

$$q = \frac{80\,000 \text{ м}^2 \%}{40} = 2000 \text{ т/м Рв.}$$

Задача IV.19. Решить ту же задачу для значений продуктивностей потоков рассеяния серебра, указанных в табл. 106. Принять значение $k' = 1$.

Таблица 106

Значения продуктивностей потоков рассеяния серебра

№ потоков рассеяния	Продуктивность, м ² % Ag	Примечания	№ потоков рассеяния	Продуктивность, м ² % Ag	Примечания
P'_1	43,0	устойчивые значения	P'_8	74,0	устойчивые значения
P'_2	28,0	то же	P'_9	0,0	то же
P'_3	0,0	»	P'_{10}	70,0	»
P'_4	12,0	»	P'_{11}	0,0	»
P'_5	11,0	»	P'_{12}	50,0	значения растут
P'_6	36,0	значения растут	P'_{13}	62,0	устойчивые значения
P'_7	40,0	то же	P'_{14}	60,0	то же

Задача IV.20. Путем обмера площадей бассейнов денудации рассчитать теоретические содержания свинца в потоке рассеяния для точек x_1-x_{10} , исходя из положения вторичных ореолов рассеяния с продуктивностями $P_1=75\ 000\ \text{м}^2\%$ Рb, $P_2=500\ 000\ \text{м}^2\%$ Рb и $P_3=200\ 000\ \text{м}^2\%$ Рb, показанных на рис. 45.

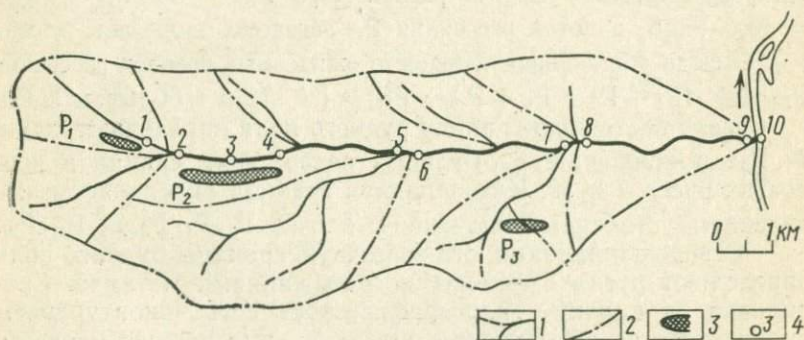


Рис. 45. План бассейнов водосбора со значениями продуктивностей вторичных ореолов рассеяния P_1 , P_2 и P_3 :
 1 — опробованные русла; 2 — границы водоразделов; 3 — контур вторичных ореолов рассеяния; 4 — точки пробоотбора

Построить графики $C'_x = f(x)$ и $P'_x = f(x)$.

Местные значения принять $k' = 1$; $C'_\Phi = 2 \cdot 10^{-3} \%$ Рb, $S_{10} > 1000\ \text{км}^2$.

Ход решения. С рис. 45 копируем на кальку гидрографическую сеть участка, точки x_1-x_{10} и линии водоразделов, определяющие бассейны денудации для точек опробования x_1-x_9 . На миллиметровой бумаге разбиваем сеть квадратов площадью $1\ \text{км}^2$, соответственно масштабу, показанному на рис. 45. Подложив этот миллиметровый трафарет под кальку, последовательно подсчитываем площади водосборов S_1, S_2, S_3 и т. д. Результаты этих обмеров (тыс. м^2) заносим в ведомость (табл. 107).

Заполняем графу 3 ведомости, указывая общую продуктивность вторичных ореолов рассеяния, лежащих внутри данного бассейна денудации. Для точек x_1 и x_2 это будет P_1 , для точки x_3 — сумма $P_1 + 1/2 P_2$ и т. д. Для водосборов S_8-S_{10} общая продуктивность ореолов рассеяния будет оставаться постоянной, определяясь суммой $P_1 + P_2 + P_3 = 775\ 000\ \text{м}^2\%$ Рb.

Производя деление P_x на S_x , получаем аномальную составляющую стока в $10^{-3}\%$ Рb (графа 4). Добавляя $C'_\Phi = 2 \cdot 10^{-3}\%$ Рb, заносим в графу 5 окончательный результат. Измеряем линейкой расстояния точек x_1, x_2, \dots, x_{10} от верши-

Ведомость расчета потока рассеяния

№ точек	Площадь денудации, тыс. м ²	Общая продуктивность вторичных ореолов рассеяния P, м ² % Pb	$\frac{P_x}{S_x}$	$C'_x = \frac{P_x}{S_x} + C'_\phi$	x, м
			в 10 ⁻³ % Pb	в 10 ⁻³ % Pb	
1	3 470	75 000	22	24	2500
2	...	75 000	...	...	...
3	...	325 000	...	...	...
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10	>1 000 000	...	...	...	...

ны водораздела вдоль русла главного потока и заносим эти результаты в метрах в последнюю графу ведомости.

По данным граф 5—6 и 3—6 строим условными знаками совмещенные графики C'_x и $P'_x = k' P_x$, где в нашем случае $k' = 1$. Вертикальные масштабы графиков принимаем: 1 см = $5 \cdot 10^{-3}$ % Pb и 1 см = 50 000 м² % Pb, горизонтальный — 1 см = 500 м.

Задача IV.21. По условиям предыдущей задачи рассчитать содержания серебра в потоке рассеяния для случая $P_1 = 400$ м² % Ag, $P_2 = 80$ м² % Ag, $P_3 = 200$ м² % Ag и построить соответствующие графики.

Местные значения принять $k' = 1$; $C'_\phi = 1,5 \cdot 10^{-5}$ % Ag.

Задача IV.22. По условиям задачи IV.20 рассчитать содержания меди для случая $P_1 = 200 000$ м² %, $P_2 = 400 000$ м² %, $P_3 = 250 000$ м² %. Местные значения принять $k' = 0,8$; $C'_\phi = 3 \cdot 10^{-3}$ % Cu.

Задача IV.23. По условиям задачи IV.20 рассчитать содержания в потоке рассеяния для случая $P_1 = 120 000$ м² % Cu, $P_2 = 250 000$ м² % Cu; $P_3 = 180 000$ м² % Cu. Местные значения принять $k' = 0,77$; $C'_\phi = 5 \cdot 10^{-3}$ % Cu.

Задача IV.24. Найти максимальное расстояние от вершины водораздела x_{\max} , на котором вторичный ореол рассеяния крупного месторождения с продуктивностью $q = 3000$ т/м Pb обусловит появление аномальных содержаний свинца $C'_x \geq 8 \cdot 10^{-3}$ % в потоке рассеяния. Принять, что возрастание площади бассейна денудации S_x с удалением от вершины водораздела 0 подчиняется зависимости $S_x = \frac{x^2}{3}$. Местные значения принять $k' = 1$; $C'_\phi = 2 \cdot 10^{-3}$ % Pb.

Ход решения. Решая выражение (IV.5) относительно S_x , после подстановки $S_x = \frac{x^2}{3}$ имеем

$$x_{\max} = \sqrt{\frac{3P}{C'_x - C'_\phi}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 40 \cdot 3000}{(8-2) \cdot 10^{-3}}} = 7,75 \text{ км.}$$

Задача IV.25. Решить ту же задачу для условий $q = 2000 \text{ т/м Pb}$, $S_x = \frac{x^2}{2}$.

Задача IV.26. Найти расстояние от вершины водораздела x_{\max} , на котором возможно обнаружение относительно крупного медного месторождения для условий: $q = 2000 \text{ т/м Cu}$; $k' = 0,8$; $S_x = \frac{x^2}{2}$; $C'_x = 10 \cdot 10^{-3} \% \text{ Cu}$; $C'_\phi = 3 \cdot 10^{-3} \% \text{ Cu}$.

Задача IV.27. Найти расстояние от вершины водораздела x_{\max} , на котором возможно обнаружение относительно крупного серебряного месторождения, для условий: $q = 10 \text{ т/м Ag}$; $k' = 1$; $S_x = \frac{x^2}{2}$; $C'_x = 5 \cdot 10^{-5} \% \text{ Ag}$; $C'_\phi = 1,5 \cdot 10^{-5} \% \text{ Ag}$.

Задача IV.28. Определить положение точки $C'_x = C'_{\max}$ в интервале поступления рудного элемента со склона в русло ручья при условии, что $S_x = \frac{x^2}{3}$.

Ход решения. Подставляя значение S_x в выражение (IV.8) имеем

$$C'_x = \frac{3P(x - R_0)}{x^2(R - R_0)} + C'_\phi = \frac{3P}{(R - R_0)} \cdot (x^{-1} - R_0 x^{-2}) + C'_\phi.$$

Дифференцируя это выражение и приравнявая производную нулю, найдем $x = 2R_0$.

По условию поступление металла ограничено интервалом $x \leq R$. Поэтому график $C'_x = f(x)$ имеет действительный максимум только при значениях $R_0 < 0,5R$.

Задача IV.29. Найти положение точки $C'_x = C'_{\max}$ в русле первого порядка при условии, что $S_x = x^2 - \frac{1}{6}x^3$ и $R \leq 4$.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ РАБОТ

Составление проекта поисковых геохимических работ на территории какого-либо рудного района или в пределах рудного поля конкретного месторождения в каждом отдельном случае представляет собой достаточно сложную задачу и требует значительных затрат труда и времени. Для обоснования методики и техники геохимических исследований, выбираемых для решения поставленной геологической задачи, необходимо детальное ознакомление с многочисленными фондовыми и литературными источниками, характеризующими геологическое строение и металлогению района, генезис, минералогию и условия залегания промышленных месторождений, орографическую, климат, геологическую и геофизическую изученность района проектируемых работ. В результате анализа всех этих данных составляется геолого-методическая и производственно-техническая части проекта и смета на выполнение работ.

Вместе с тем накопленный опыт многолетнего ведения в СССР геохимических поисков позволяет еще до перехода к детальной разработке проекта наметить возможную методику, ориентировочные объемы и примерную стоимость работ. В предлагаемых ниже задачах ставятся на разрешение вопросы именно такого предварительного, эскизного проектирования поисков.

В основе решения этих задач лежат твердо установленные принципы методики геохимических поисков рудных месторождений.

1. Последовательный переход от маршрутных и региональных мелкомасштабных геохимических съемок обширных территорий к выборочному, более детальному геохимическому изучению отдельных рудоносных участков.

2. Преобладающее применение при поисках и разведке рудных месторождений литохимических методов при резко подчиненной роли гидро-, атмо- и биогеохимических методов поисков.

3. Проведение литохимических съемок на первых этапах геологосъемочных и поисковых работ — путем выявления потоков рассеяния месторождений, с последующим переходом к поискам и оценке месторождений по их вторичным ореолам

рассеяния, а на завершающих стадиях предварительной и детальной разведки — путем изучения первичных ореолов месторождений. В зависимости от геологической изученности территории и ландшафтно-геохимических условий эта последовательность может нарушаться.

4. Необходимость сочетания поисковых геохимических съемок с оценкой выявленных аномалий, завершающейся вскрытием оруденения горными выработками и скважинами с подсчетом прогнозных (геологических) запасов металла в обнаруженных месторождениях и рудных телах.

Конкретные расчеты при эскизном проектировании должны исходить из принятых для территории СССР масштабов (табл. 108, 109) геологических и геохимических съемок, выполняемых в рамках трапеций международной разграфки, с учетом нецелесообразности проведения однотипных съемок в смежных масштабах.

Маршрутные (рекогносцировочные) геохимические съемки проводятся в геологически слабо изученных районах с неясными перспективами рудоносности или с целью решения частных вопросов, не получивших освещения при ранее проведенных исследованиях. Территории маршрутных съемок могут составлять от десятков тысяч до многих сотен тысяч квадратных километров, в зависимости от чего расстояние между маршрутами принимается от $l=5-10$ км до $l=20-50$ км. Шаг пробоотбора вдоль маршрутов может приниматься $\Delta x = 0,5-1,0$ км при поисках по потокам рассеяния и $\Delta x = 0,1-0,2$ км при поисках по вторичным ореолам рассеяния. В последнем случае большая величина $l/\Delta x$, достигающая до $50-100$, диктуется требованием максимальной надежности съемок вдоль профилей при заведомо допуская пропуске ореолов рассеяния месторождений, находящихся между маршрутами. Во всех районах с расчлененным рельефом маршрутные литохимические съемки следует вести по потокам рассеяния, которые при меньших затратах геологически более эффективны.

В целом каких-либо стандартных требований к плотности наблюдений при рекогносцировочных съемках не предъявляется, и нередко выбранная сеть маршрутов определяется размерами площади, подлежащей исследованию за определенный срок, с затратами в пределах выделенных ассигнований. Отчетные карты маршрутных геохимических съемок целесообразно представлять в масштабах $1:500\,000-1:1\,000\,000$, реже $1:200\,000$.

Собственно поисковые (площадные) и детальные литохимические съемки подчиняются требованию, согласно которому при равномерной сети на 1 см^2 отчетной карты должно приходиться не менее одной точки наблюдения. Однако в практике квадратные (шахматные) сети применяются крайне редко, и потому соответствие геохимических съемок конкрет-

ному масштабу целиком определяется расстоянием между профилями. В табл. 108, 109 приведены съемочные сети, отвечающие основным масштабам и видам литохимических съемок [14]. В масштабах крупнее 1:50 000 поиски по потокам рассеяния не проводятся.

Таблица 108

Литохимические поиски по потокам рассеяния

Масштаб съемки	Среднее расстояние между маршрутами, м	Шаг опробования, м	Плотность точек	
			на 1 км ²	на 1 см ² карты
1:200 000	2000	500	1	4
1:100 000	1000	500—250	2—4	2—4
1:50 000	500	250	8	2

Таблица 109

Литохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния

Масштаб съемки	Расстояние между профилями, м	Шаг опробования, м	Плотность точек	
			на 1 км ²	на 1 см ² карты
1:200 000	2000	100—200	5—2,5	20—10
1:100 000	1000	100—200	10—5	10—5
1:50 000	500	50—100	40—20	10—5
1:25 000	200—250	50—40	125—80	7,8—5
1:10 000	100	20—25	500—400	5—4
1:5 000	50	10	2000	5
1:2 000	25	10	4000	1,6

Основной является последовательность масштабов 1:200 000 — 1:50 000 — 1:10 000, съемки в масштабах 1:100 000 и 1:25 000 проводятся редко. Съемки масштабов 1:200 000—1:50 000 принято именовать поисковыми, съемки масштабов 1:10 000 и крупнее — детальными. Съемки по вторичным ореолам рассеяния крупнее масштаба 1:2000, как правило, не ведутся.

Поиски слепых рудных тел по их первичным ореолам на флангах и глубоких горизонтах рудных полей эксплуатируемых и разведываемых промышленных месторождений подчиняются имеющейся сети поисково-разведочных скважин и подземных выработок. При практикуемом шаге опробования от 1—2 до 10—20 м среднее расчетное расстояние между пробами при эскизном проектировании этих работ допустимо принимать 5 м. Отчетные карты и разрезы при литохимических поисках по первичным ореолам составляются обычно в масштабах от 1:10 000 до 1:2000—1:1000 и крупнее.

Маршрутные (рекогносцировочные) литохимические съемки и детальные поиски слепых рудных тел по их первичным ореолам допустимо рассматривать в качестве самостоятельных и законченных этапов геохимических исследований. Производство горно-буровых работ на выявленных литохимических аномалиях в первом случае является преждевременным, во втором случае эти работы в плановом порядке выполняются местной ГРП или ГРО комбината. Поисковые литохимические съемки от масштаба 1:200 000 до самых детальных работ в масштабе 1:10 000 и крупнее образуют единую последовательность и непосредственно сочетаются с горно-буровыми работами.

Объем детальных литохимических съемок при укрупненных расчетах можно проектировать в пределах 20—30% от площади работ предыдущего более мелкого (не смежного!) масштаба поисковых съемок. С другой стороны, объем детализационных съемок зависит от ожидаемой рудоносности территории и от задач поисковых работ. В экономически менее освоенных районах целью этих работ является открытие только крупных месторождений, имеющих самостоятельное народнохозяйственное значение. В горнопромышленных районах в задачу геохимических поисков может также входить не только выявление месторождений средних по масштабу запасов, но и всех или большей части мелких месторождений.

При эскизном проектировании поисковых съемок в слабо изученных рудных районах допустимо считать, что одно крупное месторождение в среднем приходится на 10 000 км².

Вероятные соотношения между численностью месторождений различных классов крупности, при десятичной классификации их по размерам промышленных запасов, были даны в табл. 1 (гл. I). При этом соотношения между линейными размерами мелких, средних и крупных однотипных месторождений (фигур подобия) с учетом их первичных ореолов можно приближенно оценивать цифрами 1:2:4, а площади их выходов соответственно 1:4:16.

Для ориентировочного подсчета затрат на производство поисковых литохимических работ могут быть приняты единичные расценки, приведенные в табл. 110. Прямые затраты на отбор, обработку и анализ проб ориентировочно составляют 50% от общих затрат на литохимические съемки.

Задачи, связанные с проектированием геохимических поисков (как и любых других геологоразведочных работ), не имеют однозначного решения и в каждом отдельном случае могут быть предложены различные варианты ведения работ. Каждый из этих рациональных вариантов может иметь свои преимущества и недостатки, однако вопросы оптимизации

Отбор и обработка проб*

Вид работ	Стоимость, руб.			
	потоки рассеяния	вторичные ореолы рассеяния		первичные ореолы
		масштаба 1:25 000 и мельче	масштаба 1:10 000 и крупнее	
Отбор проб	1,00	0,5—0,6**	0,24—0,34**	—
Обработка проб	—***	—***	—***	0,42

Анализ проб*

Вид анализа	Стоимость анализа одной пробы
Общий спектральный	0 р. 60 к.
Атомно-абсорбционный на Hg	0 р. 60 к.
Химико-адсорбционный на Au	0 р. 80 к.

Примечания:

* Данные Центральной геохимической экспедиции КазИМСа, 1974 г.

** Первая цифра — низкогорье, степь; вторая — горно-таежные условия.

*** Растирка проб входит в стоимость спектрального анализа.

проектов геологоразведочных работ к настоящему времени еще не разработаны.

Многозначность решения предлагаемых задач по эскизному проектированию поисковых геохимических работ позволяет одну и ту же задачу одновременно и независимо решать нескольким лицам. Последующее сопоставление конкурирующих решений по стоимости, трудоемкости, ожидаемой геологической отдаче и т. п. позволит отдать предпочтение одному из проектов. Соответственно этому приводимые ниже решения части задач следует рассматривать только в качестве ориентирующих.

Задача V.1. Составить эскизный проект поисковых литохимических съемок на площади 100 тыс. км² в горно-таежном рудном районе, опережающих групповую геологическую съемку масштаба 1:50 000. Район тяготеет к строящейся линии БАМ, ранее площадные литохимические съемки на этой территории не проводились.

Ход решения. По геолого-экономическим условиям в данном районе промышленное значение могут иметь только крупные и очень крупные месторождения с легко доказуемыми запасами (не слепые). Соответственно этому и с учетом хорошей расчлененности рельефа принимаем масштаб лито-

химических съемок 1:200 000, методику работ — поиски месторождений, выходящих на уровень современного денудационного среза, — по их потокам рассеяния в аллювиально-пролювиальных отложениях гидросети.

Основную съемочную сеть, согласно табл. 109, принимаем 2000×500 м, однако из практических соображений пробоотбор проектируем с шагом 250 м. На спектральный анализ первоначально будут направляться только пробы с нечетными номерами (1 проба на 1 км²), при обнаружении аномальных содержаний рудных элементов на анализ будут передаваться промежуточные пробы (с четными номерами). Этим будет достигнута детализация выявляемых аномалий без повторного посещения труднодоступных участков. Для расчета объем детализации принимаем 20% от сети основного пробоотбора. Повторно-контрольные съемки предусматриваем по «Инструкции» [14] в объеме 3% от числа проб, поступающих на анализ.

Помимо общего спектрального анализа предусматриваем атомно-абсорбционный анализ на ртуть — 100% проб. Учитывая, что в районе ранее была проведена шлиховая съемка масштаба 1:200 000, химико-адсорбционный анализ проб на золото предусматриваем в объеме 10% проб, в основном с аномальными содержаниями Ag, As, Вi и других элементов — спутников золота.

Топоработ не проектируем, документация пробоотбора будет вестись по топографическим картам ближайшего, более крупного масштаба и по контактной печати аэрофото-съемки. Стоимость работ определяем по табл. 110.

Основные объемы работ и прямые затраты на их проведение сводим в табл. 111.

Таблица 111

Расчет объемов и стоимости работ

Вид работ	Единица измерения	Объем	Цена		Сумма прямых затрат, тыс. руб.
			руб.	коп.	
Пробоотбор	проба	203 600	1	—	204
Спектральный анализ	то же	123 600	—	60	74
Анализ на ртуть	»	123 600	—	28	35
Анализ на золото	»	12 500	—	80	10
Итого					323
Районное удорожание × 1,5			—		485

Общая стоимость литохимической съемки 485 тыс. руб. × 2 = 1 млн. руб. (без учета стоимости транспорта, в частности аренды вертолетов, временного строительства и т. п.):

Работы выполняются в течение трех полевых сезонов тремя геохимическими партиями, производство анализов централизовано.

Задача V.2. Составить эскизный проект поисковых литохимических съемок масштаба 1:50 000 в рудном районе на площади 3000 км² с последующей оценкой выявленных гипертенных аномалий и выборочным проведением детальных литохимических съемок на обнаруженных рудопроявлениях. Район характеризуется среднегорным рельефом, ландшафты южной тайги (без мерзлоты). Ранее в районе была проведена литохимическая съемка масштаба 1:200 000 (поиски по потокам рассеяния), по результатам которой выбрана предлагаемая площадь.

Ход решения. С учетом доказанной рудоносности данной территории литохимические съемки планируем методом опробования элювио-делювиальных образований с целью оконтуривания вторичных ореолов рассеяния месторождений. При литохимических съемках масштаба 1:50 000 сеть проб-отбора принимается 500×50 м, т. е. 40 проб на 1 км² (см. табл. 109) или на всю площадь — 120 тыс. проб.

По имеющемуся опыту, съемки этого масштаба в широком диапазоне ландшафтно-геохимических условий обеспечивают выявление вторичных ореолов рассеяния крупных и средних месторождений с вероятностью, близкой к 1 (см. гл. I, задачи I.51—I.58). Исходя из этого вероятность выявления мелких месторождений принимаем 0,7 и непромышленных рудопроявлений — 0,3. С учетом соотношений между численностью объектов различных классов (см. табл. 1) подсчитываем вероятное число рудных литохимических аномалий, которое предположительно будет выявлено в результате съемок:

$$\frac{3000 \text{ км}^2}{10\,000 \text{ км}^2} (1 \cdot 1,0 + 7 \cdot 1,0 + 49 \cdot 0,7 + 343 \cdot 0,3) = \\ = 45 \text{ литохим. аномалий.}$$

Учитывая, что любая из этих аномалий может соответствовать крупному месторождению, предусматриваем геологический осмотр на местности всех аномалий, с контрольно-детализационным пробоотбором по сети 250×25 м, в среднем по 100 проб на каждую аномалию или всего 5000 проб¹.

Будем считать, что в результате оценки аномалий ориентировочно 20 из них будут отнесены к числу рудопроявлений, заслуживающих проведения детальных литохимических съемок масштаба 1:10 000. Площадь детальных съемок определим из расчета:

¹ Предполагается, что фиктивные аномалии, обязанные только статистическим колебаниям фона, отбраковываются при минимальном объеме пробоотбора.

- 4 участка по 10 км²,
- 12 участков по 3 км²,
- 4 участка по 1 км² или всего 80 км².

При сети 100×20 м это составит 40 тыс. проб или в сумме
 + 120 + 5 + 40 = 165 тыс. проб
 + 3 % контроль = 5 тыс. проб

 Всего 170 тыс. проб

Все эти пробы будут подвергаться общему спектральному анализу (ДФС-13). При литохимических съемках предыдущего этапа (1 : 200 000) проявления собственно ртутного оруденения были установлены только на 30% площади проектируемых работ, признаков золоторудных проявлений выявлено не было. Соответственно предусматриваем анализ на ртуть 30% проб и с ревизионными целями — анализ на золото 1% проб.

С учетом единичных расценок получаем данные, приведенные в табл. 112. Общая стоимость литохимических съемок

Таблица 112

Расчет объемов и стоимости работ

Вид работ	Единица измерения	Объем	Цена		Сумма прямых затрат, тыс. руб.
			руб.	коп.	
Пробоотбор в масштабе 1:50 000	проба	128 800	—	60	77,3
Пробоотбор в масштабе 1:10 000	то же	41 200	—	34	14,0
Спектральный анализ	»	170 000	—	60	102,0
Анализ на ртуть	»	51 000	—	28	14,3
Анализ на золото	»	1 700	—	80	1,4
Всего					209,0

209×2 ≈ 420 тыс. руб. (без учета стоимости геологических и горно-буровых работ, транспортных расходов, временного строительства и пр.).

Работы выполняются в течение трех лет одной геохимической партией.

Задача V.3. Составить эскизный проект поисковых литохимических съемок масштаба 1 : 25 000 в золоторудном районе на площади 500 км² с оценкой выявленных аномалий и выборочным производством детальных литохимических (в том числе золотометрических) съемок масштаба 1 : 5000. Район горно-таежный, с развитой золотодобычей. Ранее в районе были проведены литохимические поиски по потокам рассеяния в масштабе 1 : 100 000 и детальная шлиховая съемка, по результатам которых выбрана данная площадь.

Задача V.4. Произвести глубинные гидрохимические поиски экзогенных месторождений урана инфильтрационного типа, приуроченных к зонам пластового окисления. Район работ — полоса протяженностью 120 км в области погружения кровли кристаллических пород под отложения осадочного чехла. Ландшафт степной, поисковые работы ограничиваются глубиной до 300 м.

Ход решения. Оруденение этого типа формируется на восстановительном геохимическом барьере в местах выклинивания зон пластового окисления, на границе окисленных и неокисленных пород водоносных горизонтов [15]. Поисковым признаком этих месторождений является смена гидрохимической характеристики пластовых вод в направлении их движения от окислительной с повышенным фоновым содержанием урана со стороны кристаллического массива ($Eh \approx 200$ мв, $n \cdot 10^{-5}$ г/л U) до восстановительной с более низким фоновым содержанием урана (Eh до — 200 мв, $n \cdot 10^{-6}$ г/л U) в сторону погружения водоносного горизонта. В этой обстановке на участке смены окислительно-восстановительных условий можно ожидать образования эпигенетических рудных залежей, как это схематически показано на рис. 46.

Глубинные гидрохимические поиски проектируем в масштабе 1:200 000, опробованию подлежат межпластовые воды. Поисковые съемки проведем путем бурения скважин по профилям через 2 км, всего по 61 профилю. Глубину бурения примем до кровли кристаллических пород, от 60 м в начале профиля до 300 м; дальнейшее разбуривание профиля прекращается. По имеющимся данным картировочного бурения это соответствует средней длине поисковых профилей порядка 16 км.

Проходку скважин в пределах каждого профиля организуем на принципе дихотомии: первая скважина бурится на нулевом пикете в начале профиля, вторая — на пикете 16, нумерация пикетов — через 1 км. Если гидрохимические характеристики пластовых вод различаются и отвечают приведенным данным, третья скважина задается на пикете 8. Если эта скважина встречает окисленные породы водоносного горизонта, четвертая скважина бурится на пикете 12, если неокисленные породы — скважина задается на пикете 4 и т. д. до расстояния между скважинами 1 км. Очевидно, что для достижения такой детальности потребуется 6 скважин.

Смена окислительной обстановки восстановительной в породах водоносного горизонта обнаруживается уже «на глаз»: первой соответствует красновато-желтая окраска пород, связанная гидроокислам железа (Fe^{3+}), второй — серо-зеленые тона, свойственные закисным формам железа (Fe^{2+}) и обязанные наличию органического вещества, нередко здесь присутствует пирит. Эти визуальные признаки позволяют опера-

тивно направлять буровые работы еще до получения результата анализа водных проб. При отсутствии гидрохимических предпосылок для поисков инфильтрационных месторождений между первыми двумя скважинами ограничиваемся бурением одной контрольной скважины в интервале между ними.

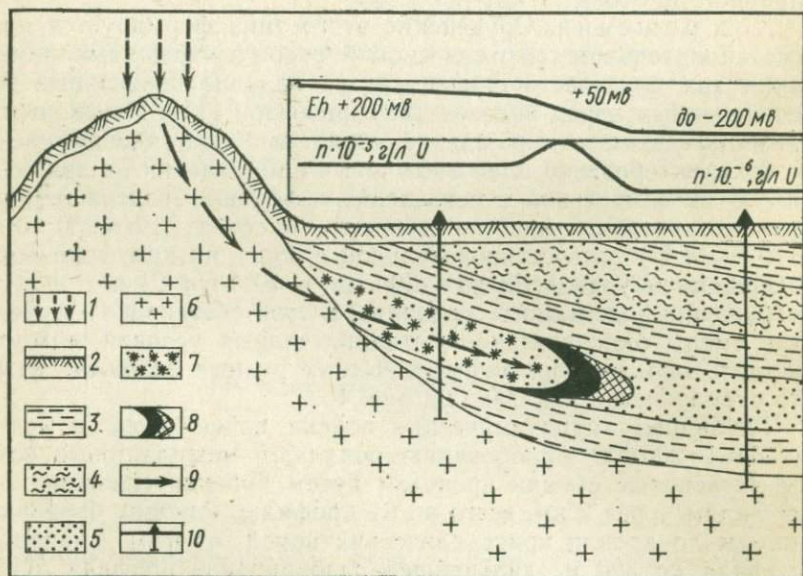


Рис. 46. Схема инфильтрационного месторождения с графиками Eh и содержаний урана в пластовых водах:

1 — атмосферные осадки; 2 — четвертичные отложения; 3 — глины; 4 — суглинки; 5 — пески; 6 — гранитоиды; 7 — окисленные породы; 8 — оруденение; 9 — направление движения пластовых вод; 10 — поисковые скважины

Будем считать, что на $\frac{1}{3}$ профилей благоприятные гидрохимические признаки будут встречены, на остальных профилях — нет. Тогда потребное число скважин основной съемки составит:

$$20 \text{ профилей} \times 6 \text{ скважин} = 120 \text{ скважин}$$

$$41 \text{ профиль} \times 3 \text{ скважины} = 123 \text{ скважины}$$

243 скважины или

0,5 скважины на 1 см² карты масштаба 1 : 200 000 (1920 км²).

В зоне ожидаемого оруденения поисковые скважины сгустим до сети 1000×100 м, что ориентировочно потребует проходки еще 200 скважин. Среднюю глубину скважин прини-

маем $\frac{60 \text{ м} + 300 \text{ м}}{2} = 180 \text{ м}$, по каждой скважине предусматриваем отбор двух проб воды на гидрохимический анализ, гамма-каротаж и по рудным интервалам опробование керна (200 проб) с последующими радиометрическим, спектральным и химическим анализами. Дополнительно предусматриваем по каждой скважине отбор двух литохимических проб из древней коры выветривания или из базального горизонта чехла с целью поисков коренного оруденения в породах фундамента (по вторичным остаточным ореолам рассеяния месторождений). Общий объем работ в физическом выражении, с учетом 3% повторно-контрольных операций, сводим в табл. 113.

Таблица 113

Расчет объемов работ

Вид работ	Единица измерения	Объем
Поисковое бурение	скважина	460
Гидрохимическое опробование	пог. м	83 000
Литохимическое опробование	проба	920
Гамма-каротаж	то же	1 120
Гидрохимический анализ	пог. м	80 000
Анализ литохимических проб	проба	920
	то же	1 120

Умножая объемы работ на единичные расценки, легко получить прямую стоимость поисковых гидрохимических съемок. Работы выполняются одной партией в течение двух полевых сезонов.

Задача V.5. Составить эскизный проект глубинных литохимических поисков погребенных медно-порфировых месторождений на площади 1000 км² в закрытом степном районе с мощностью дальнепринесных рыхлых отложений от 20 до 50 м.

Ход решения. Месторождения медно-порфировых (прожилково-вкрапленных) руд имеют промышленное значение при условии выхода на эрозионный срез (не слепые) и ориентировочной площади от 1 км² и более (в контуре первичного ореола и близкого к нему по площади вторичного ореола рассеяния). Учитывая возможную вытянутость залежей вдоль рудоконтролирующих структур (фиксируемых по геофизическим данным), выбираем прямоугольную поисковую сеть 1000×200 м. При такой сети вероятность попадания в контур ореола одной точки наблюдения (скважины), рассчитанная по формуле (I.21) при $S/\Delta S=5$, составляет 0,993, двух точек — 0,960.

Представительным горизонтом для литохимических поисков погребенных месторождений по их вторичным (палеоклиматическим) остаточным ореолам рассеяния являются верхние пестроцветные горизонты древней коры выветривания [7, 8]. Соответственно этому скважины шнекового бурения, из которых ведется пробоотбор, должны пробуривать дальнеприносные отложения (в среднем 35 м) и на 3—5 м углубляться в глинистую кору выветривания. Из расчета 5 скважин на 1 км² и средней глубины скважин 40 м имеем основной объем 5000 скважин и 200 тыс. пог. м шнекового бурения ориентировочно по цене 1 р. за 1 м. Из каждой скважины основной сети предусматривается отбор двух проб. Считаю, что в результате съемок будет выявлено 10 литохимических аномалий, предусматриваем их детализацию со сгущением сети до 500×100 м, в среднем по 20 скважин на аномалию или еще 200 скважин. Бурение этих скважин предусматриваем до свежих коренных пород, на всю мощность древней коры выветривания, в среднем до 60 м, со сплошным опробованием через 1,5 м или 40 проб на скважину, а всего 8000 проб¹. С целью уточнения геологического разреза предусматриваем гамма-каротаж скважин.

Пробы подвергаются общему спектральному анализу (ДФС-13), производится определение содержаний ртути (100% проб) и выборочно — содержаний золота (10% проб).

Основные объемы работ, с учетом 3% контроля, и прямые затраты приведены в табл. 114. В зависимости от числа самоходных буровых станков и длительности полевого сезона работы могут быть выполнены за 3 или 4 года.

Задача V.6. Составить эскизный проект детальных литохимических исследований в пределах промышленного оловорудного (золоторудного, полиметаллического) месторождения с целью поисков слепых рудных тел на флангах и глубоких горизонтах рудного поля. Месторождение относится к типу гидротермальных и представлено серией линзообразных (жильных) крутопадающих рудных тел, часть из них находится в слепом залегании. Основные рудные тела разведаны до выклинивания скважинами и на верхних горизонтах подземными горными выработками, часть рудных тел отработана. Обычная протяженность рудных тел по падению 400—500 м, общая глубина разведки достигает 1000 м.

Ход решения. Задача распадается на два самостоятельных раздела: а) изучение известных рудных тел с целью выявления их эндогенной геохимической зональности и установ-

¹ Выбранный интервал пробоотбора увязан с длиной шнеков (1,5 м). Опробование отложений чехла в зоне аномалий имеет своей целью исследование вторичных наложенных ореолов рассеяния, при наличии которых наземные литохимические съемки могли бы заменить дорогостоящие и трудоемкие глубинные съемки.

Расчет объемов и стоимости работ

Вид работ	Единица измерения	Объем	Цена		Сумма прямых затрат, тыс. руб.
			руб.	коп.	
Шнековое бурение	пог. м.	220 000	1	—	220,0
Литохимическое опробование . .	проба	18 540	—	60	11,1
Гамма-каротаж	пог. м	200 000	—	10	20,0
Спектральный анализ	проба	18 540	—	60	11,1
Определение ртути	то же	18 540	—	28	5,2
Анализ на золото	»	1 850	—	80	1,5
Итого					268,9

Общая стоимость глубинных литохимических поисков 540 тыс. руб., без учета стоимости бурения поисково-разведочных (колонковых) скважин и прочих видов работ.

ления различий между надрудными и подрудными первичными ореолами; б) собственно поисковые геохимические работы.

Первую половину задачи решаем путем тщательного погоризонтного литохимического опробования хорошо разведанных рудных тел с последующей обработкой геохимических данных на ЭВМ по программе «064-МГУ» с целью установления зонального ряда отложения элементов и выбора геохимических показателей зональности (v), монотонно убывающих с глубиной (см. задачи II.19—II.32). Намечаем провести опробование 4—5 разведочных профилей по 5—6 уровням (горизонтам) на каждом профиле, всего по 25 сечениям, включая надрудные, рудные и подрудные горизонты. Расстояние по падению рудной зоны между опробуемыми уровнями выбираем порядка 100 м, в каждом сечении в среднем предусматриваем отбор по 30 проб или всего 750 проб. Опробование должно охватывать всю мощность рудной зоны, включая интервал промышленных руд и первичный ореол с выходом в обе стороны в область фоновых содержаний химических элементов.

Все пробы по известным рудным зонам намечаем получить путем отсыпки 20—50 г порошка из дубликатов геологоразведочных проб, хранящихся в архивах местной ГРП или ГРО комбината. Длины интервалов разведочного опробования обычно лежат в пределах от 1—2 м в рудной зоне до 5—10 м во вмещающих породах.

По результатам анализа этих проб для выявления зональности оруденения подсчитываем линейную продуктивность каждого из элементов в сечениях (M м%). Для обработки

геохимических данных на ЭВМ по программам «МГУ-012, -064» и другим предусматриваем 50 ч машинного времени.

Решение второй половины задачи во всех случаях должно начинаться с анализа вторичных ореолов рассеяния рудных тел и любых, самых слабых гипергенных литохимических аномалий, выявленных в результате детальной литохимической съемки рудного поля. Если такие съемки своевременно проведены не были, проектом следует предусматривать их производство на всей площади рудного поля — наземных в масштабе не мельче 1 : 10 000 на открытой площади с опробованием элювие-делювия рудовмещающих пород и глубинных в масштабе до 1 : 25 000 на закрытых участках, с проботбором из верхних горизонтов древней коры выветривания или из базального горизонта чехла. В последнем случае целесообразно одновременное опробование коренных пород.

В нашем случае будем считать, что детальные карты гипергенных литохимических аномалий рудного поля в наличии имеются и преобладающая часть этих аномалий разведана с поверхности канавами. Выявленные при этом промышленные интервалы оруденения разведаны на глубину, а непромышленные проявления рудной минерализации оставлены без внимания или разбурены одиночными скважинами, не давшими ощутимых результатов.

Руководствуясь имеющимися геологическими и геохимическими картами поверхности, погоризонтными маркшейдерскими планами месторождения, проектом работ местной ГРП (ГРО) на ближайшие 2 года и прочими геологическими данными, проектируем объем геохимических исследований с целью поисков слепых рудных тел:

а) литохимическое опробование всех ранее пройденных канав, с особым вниманием к проявлениям непромышленной («ореольной»?) рудной минерализации;

б) опробование керна всех ранее пройденных поисково-разведочных скважин за пределами их промышленных интервалов и безрудных, с особым вниманием к проявлениям непромышленной рудной минерализации и к их концевым (призобойным) интервалам;

в) опробование стенок всех разведочных и подходов (квершляжных) подземных горных выработок, с учетом замечаний к пункту «б». Штреки и подходы выработки, пройденные по простиранию рудных тел, не опробуются;

г) опробование всех поисково-разведочных, в том числе подземных, горных выработок и скважин, проектируемых проходкой в текущем и следующем году.

Суммируя линейную протяженность всех интервалов, подлежащих опробованию по пунктам «а»—«г», принимаем среднюю длину проб 5 м и определяем число проб. Учитывая отсутствие части дубликатов проб, неполную сохранность керна

и недоступность для переопробования значительной части канав и некоторых подземных выработок, уменьшаем результаты подсчета на 30% (50%). Из этого количества проб 50% (70%) предполагаем получить путем отсыпки из дубликатов геологоразведочных проб, 50% (30%) — путем переопробования пунктирной бороздой стенок выработок и керна скважин.

Для дальнейших расчетов, из опыта подобных работ, примем проектируемый объем поискового опробования по пунктам «а»—«г» 20 000 проб.

Все эти пробы, как и отвечающие первой половине задачи, подлежат общему спектральному анализу на содержание максимального числа элементов. В пробах предусматривается определение Hg (100%), содержаний K и Na (10% проб), F (20% проб), высокочувствительный анализ на As, Bi, Sb, при работах на золоторудных месторождениях, естественно, анализ на золото (100% проб).

Общие объемы работ, с учетом 3% контрольно-повторного пробоотбора, в физическом и денежном выражении для оловорудного месторождения показаны в табл. 115.

Таблица 115

Расчет объемов и стоимости работ

Вид работ	Единица измерения	Объем	Цена		Сумма прямых затрат, тыс. руб.
			руб.	коп.	
Отсыпка проб из дубликатов	проба	11 000	—	64	7,0
Опробование керна и выработок	то же	10 300	2	40	24,7
Дробление проб	»	10 300	—	42	4,3
Спектральный анализ	»	21 300	—	60	12,8
Определение Hg	»	21 300	—	28	6,0
Анализ на K и Na	»	2 300	1	—	2,3
Анализ на F (активационный)	»	4 000	—	30	1,2
Обработка на ЭВМ	час	50	30	—	1,5
Итого					59,8

Полная стоимость геохимических исследований — порядка 120 тыс. руб. Работы выполняются одним отрядом в течение двух лет.

Задача V.7. Составить эскизный проект опытно-производственных работ в закрытом рудном районе на площади 300 км² с целью сопоставления эффективности различных геохимических методов поисков.

Оруденение на участке проектируемых работ приурочено к породам домезозойского фундамента и представлено несколькими генетическими типами медных и полиметалличе-

ских месторождений среднего масштаба. По ландшафтно-геохимическим условиям район относится к зоне сухих степей с полынно-злаковой растительностью. От восточной рамки площади мощность рыхлых неоген-четвертичных отложений постепенно возрастает, характеризующаяся следующими цифрами:

Мощность чехла, м	% площади
2—10	20
10—50	15
50—100	25
100—200	40

Ход решения. С учетом геологических и ландшафтных условий для сопоставления выбираем 5 геохимических методов: 1) биогеохимическую съемку масштаба 1:50 000 по сети 500×50 м на 35% площади с мощностью чехла до 50 м; 2) наземную литохимическую съемку того же масштаба на 60% площади с мощностью чехла до 100 м, с последующей

Таблица 116

Расчет объемов и стоимости работ

Вид работ	Единица измерения	Объем	Цена		Сумма прямых затрат, тыс. руб.
			руб.	коп.	
Биогеохимическая съемка масштаба 1:50 000	проба	4 326	—	60	2,6
Озолнение биогеохимических проб	то же	4 326	—	30	1,3
Литохимические съемки масштаба 1:50 000	»	7 416	—	60	4,45
Литохимическая съемка масштаба 1:50 000 методом уксуснокислых вытяжек	»	742	4	—	3,0
Атмохимическая съемка масштаба 1:100 000	»	4 944	2	50	12,36
Бурение шнековых скважин (3 м) для отбора атмохимических проб	пог. м	14 832	1	—	14,83
Глубинная литохимическая съемка масштаба 1:100 000	то же	74 160	1	—	74,16
Колонковое бурение	»	2 400	10	—	24,0
Опробование керна колонковых скважин	проба	280	2	40	0,67
Дробление проб	то же	280	—	42	0,12
Спектральный анализ	»	20 180	—	60	12,1
Определение ртути	»	20 180	—	28	5,65
Хроматографический анализ атмохимических проб	»	4 944	5	—	24,7
Обработка на ЭВМ	час	50	30	—	1,5
Итого					181,4

обработкой геохимических данных на ЭВМ методами осреднения и мультипликации для выявления слабых наложенных ореолов рассеяния; 3) на 10% этой же площади на заведомо рудоносных участках наземную литохимическую съемку проектируем с частично-фазовым анализом проб на сумму металлов (Cu+Pb+Zn) методом уксуснокислых вытяжек; 4) газовую (атмохимическую) съемку масштаба 1:100 000 по сети 1000×50 м на 80% всей площади с мощностью чехла от 10 до 200 м¹; 5) площадную глубинную литохимическую съемку [7] масштаба 1:100 000 по сети 1000×100 м на 40% всей площади с мощностью чехла от 10 до 100 м (среднюю глубину шнековых скважин принимаем 60 м, из каждой скважины отбираем две пробы). Дополнительно предусматриваем проверку выявленных геохимических аномалий всех типов методом выборочного бурения 20 колонковых скважин со средней глубиной 120 м. Отбор проб ведем с глубины 50 м, средний интервал опробования колонковых скважин принимаем 5 м с учетом категорий пород II—IV.

Общие объемы этих работ с учетом 3% контрольно-повторного пробоотбора в физическом и денежном выражении приведены в табл. 116.

Общая стоимость комплексных геохимических работ определяется ориентировочно суммой 360 тыс. руб. Работы выполняются в течение двух лет одной геохимической партией.

¹ Для отбора атмохимических проб предусматривается бурение шнековых скважин глубиной 3 м с отбором литохимических проб с забоя.

ОТВЕТЫ К ЗАДАЧАМ

Глава I

Общая обработка геохимических данных

Задача I.1. $\delta_{\text{сист}}=1,0$; $\delta_{\text{случ}}=1,42^{\pm 1}$.

Задача I.2 решается по аналогии с задачей I.1 $\delta_{\text{сист}}=1,24$; $\delta_{\text{случ}}=1,25^{\pm 1}$.

Задачи I.3 и I.4 решаются в соответствии с указаниями к задачам I.1 и I.2.

Задача I.3. $\delta_{\text{сист}}=0,54$; $\delta_{\text{случ}}=1,44^{\pm 1}$.

Задача I.4. $\delta_{\text{сист}}=0,65$; $\delta_{\text{случ}}=1,33^{\pm 1}$.

Задача I.5. $C_{\phi}=8,9 \cdot 10^{-4}\%$ Pb; $\varepsilon=1,35$; $C_{A,1}=25$; $C_{A,2}=20$; $C_{A,3-A,7}=15$ и $C_{A,8-A} \geq 9=12$ (все в $10^{-4}\%$ Pb).

Задачи I.6—I.14 решаются по аналогии с задачей I.5 (табл. 117).

Задача I.15. $C_{\phi}=0,8 \cdot 10^{-3}\%$ W; $\varepsilon=1,35$; н. о. = $0,6 \times 10^{-3}\%$ W.

Задачи I.16 и I.17 решаются по аналогии с задачей I.15.

Таблица 117

№ задачи	I.6	I.7	I.8	I.9	I.10	I.11	I.12	I.13	I.14
$C_{\phi}, 10^{-4}\%$ Pb	8,8	9,2	9,1	9,1	9,1	9,1	9,3	9,0	9,2
ε	1,36	1,33	1,29	1,32	1,35	1,29	1,30	1,29	1,30
n в $10^{-4}\%$	121	122	121	121	120	121	121	120	121
$C_{A,1}$	25	25	20	25	25	20	25	20	25
$C_{A,2}$	20	20	20	20	20	20	20	20	20
$C_{A,3}$	20	20	20	15	20	20	15	15	15
$C_{A,4}$	15	15	15	15	15	15	15	15	15
$C_{A,5}$	15	15	15	15	15	15	15	15	15
$C_{A,6}$	15	15	15	15	15	15	15	15	15
$C_{A,7}$	15	15	15	15	15	15	15	12	15
$C_{A,8}$	12	15	12	15	15	12	15	12	15
$C_{A,9}$	12	15	12	12	15	12	15	12	12

Задача I.16. $C_{\text{ф}}=1,26 \cdot 10^{-2}\%$ Р; $\varepsilon=1,55$; н. о. $=0,8 \times 10^{-2}\%$ Р.

Задача I.17. $C_{\text{ф}}=0,9 \cdot 10^{-3}\%$ В; $\varepsilon=1,24$; н. о. $=0,6 \cdot 10^{-3}\%$ В.

Задача I.18. $\delta_{\text{сист}}=0,61$; $\delta_{\text{случ}}=1,39^{\pm 1}$.

Задачи I.19—I.20 решаются по аналогии с задачей I.18.

Задача I.19. $\delta_{\text{сист}}=0,60$; $\delta_{\text{случ}}=1,24^{\pm 1}$.

Задача I.20. $\delta_{\text{сист}}=0,98$; $\delta_{\text{случ}}=1,43^{\pm 1}$.

Задачи I.22 и I.23 решаются по аналогии с задачей I.21.

Задача I.22. $\gamma_1=13,3$; $\gamma_2=6,5$.

Задача I.23. $\gamma_1=10,7$; $\gamma_2=4,63$.

Задачи I.24 и I.25 решаются в логарифмах с учетом зависимостей (I.8) и (I.9).

Задача I.24. Новые значения $\gamma_1=8,8$; $\gamma_2=3,6$; $\varepsilon_A=1,31$; $\varepsilon_B=2,15$. Обратить внимание на малое изменение γ_2 с увеличением точности анализа, обусловленное большой величиной $S_{\text{прир}}$.

Задача I.25. Новые значения $\gamma_1=9,1$; $\gamma_2=3,61$; ε_A и ε_B см. в ответе к задаче I.24.

Задача I.28. С учетом близких значений дисперсий оценку значимости различий средних ведем с помощью t -критерия: $t=4,3 > t_{5\%} \cong 2,0$.

Задачи I.30—I.35 решаются по аналогии с задачей I.29.

Задача I.30. $r_{\text{PbMn}}=0,63$, значим на 5%-ном уровне. Наличие положительной корреляции между содержаниями свинца и марганца указывает на возможную роль сорбционных процессов в образовании свинцовой аномалии. Однако ее принадлежность к типу вторичных остаточных ореолов рассеяния свинцового оруденения несомненна, и более ранняя оценка аномалии подложит пересмотру.

Задача I.31. $r_{\text{MnSr}}=-0,08$, незначим. На участке установлено марганцевое оруденение, вторичным остаточным ореолом рассеяния которого и является марганцевая аномалия.

Задача I.32. $r_{\text{CuSr}}=0,21$, незначим. Испарительная аккумуляция в образовании медной аномалии роли не играла.

Задача I.33. $r=-0,28$, незначим.

Задача I.34. $r=-0,51$, незначим.

Задача I.35. $r=-0,52$, значим на 5%-ном уровне. Указывает на существенно разные условия образования аномалий Cu и Sr.

Задачи I.37—I.44 решаются по аналогии с задачей I.36 (табл. 118).

Задачи I.46—I.48 решаются в соответствии с указаниями к задаче I.45.

Задача I.46. Аномалия на пикете 89, $C_{\text{max}}=722 \cdot 10^{-16}(\%)^5$.

Задача I.47. Аномалия на пикете 17, $C_{\text{max}}=682 \cdot 10^{-16}(\%)^5$.

Задача I.48. Аномалия на пикете 11, $C_{\text{max}}=581 \cdot 10^{-16}(\%)^5$.

Задачи I.51—I.56 решаются по аналогии с задачей I.50 с использованием формулы (I.21) и указаний к задачам I.51

Таблица 118

№ задачи	Исходные данные		Осредненные данные	
	пикет x_{\max}	$\gamma_{\text{исх}}$	пикет x_{\max}	$\gamma_{\text{осред}}$
I.37	7/II	2,6	23/III	3,4
I.38	21/IV	2,5	21/V	4,6
I.39	20/VIII	2,6	21/VII	4,3
I.40	20/X	2,7	22/IX	5,2
I.41	7/II	2,6	24/II	5,2
I.42	7/II	2,6	24/IV	4,9
I.43	20/VIII	2,6	21/VI	6,1
I.44	20/X	2,7	21/VIII	5,8

и I.52 (табл. 119). Численные значения показательной функции e^{-x} следует брать по таблицам, имеющимся в справочниках [2].

Таблица 119

№ задачи		$R_{\text{крупн}}$	$R_{\text{средн}}$	$R_{\text{мелк}}$	$R_{\text{непром}}$
1.51	$P^{(1)}$	1,0	0,958	0,629	0,0769
1.52	$P^{(2)}$	0,919	0,421	0,115	0,00316
1.53	$P^{(1)}$	1,0	0,9996	0,917	0,181
1.54	$P^{(2)}$	1,0	0,996	0,457	0,0176
1.55	$P^{(1)}$	1,0	0,998	0,926	0,181
1.56	$P^{(2)}$	1,0	0,915	0,489	0,0176

Задача I.58 решается по аналогии с задачей I.57. На одно крупное месторождение в этих условиях следует ожидать выявления 147 литохимических аномалий.

Глава II.

Оценка первичных ореолов и прогноз скрытого оруденения

Задачи II.2—II.3 решаются по аналогии с задачей II.1.

Задачи II.5—II.6 решаются по аналогии с задачей II.4.

Задачи II.8—II.10 решаются по аналогии с задачей II.7.

Задача II.8. $(1/\lambda)_{\text{Zn}}=18,0$ м; $\Delta z=10$ м от скв. 30.

Задача II.9. $(1/\lambda)_{\text{Cu}}=60$ м; $\Delta z=64$ м от скв. 10.

Задача II.10. $\Delta z=31,5$ м.

Задачи II.12—II.15 решаются по аналогии с задачей II.11.

Задачи II.17—II.18 решаются по аналогии с задачей II.16.

Задачи II.20—II.22 решаются по аналогии с задачей II.19.

Задачи II.24—II.25 решаются по аналогии с задачей II.23.

Задачи II.27—II.31 решаются по аналогии с задачей II.26.

Задача II.27. $3,59 \pm 0,14$. Задача II.28. $2,49 \pm 0,11$.

Задача II.29. $1,3 \pm 0,3$.

Задача II.30. $1,5 \pm 0,3$.

Задача II.31. $3,7 \pm 0,3$.

Задачи II.33—II.36 решаются по аналогии с задачей II.32.

Задача II.33. $r=0,88$; $\Sigma\Delta^2=16 < \Sigma\Delta^2_{\text{крит}}=40$; (Sn, W)—Zn—As—Cu—Pb—Ag—(Sb, Bi).

Задача II.34. $r=0,70$; $\Sigma\Delta^2=36,5 < \Sigma\Delta^2_{\text{крит}}=40$; W—Sn—As—Sb—Cu—(Pb, Bi, Ag)—Zn.

Задача II.35. $r=0,82$; $\Sigma\Delta^2=27 < \Sigma\Delta^2_{\text{крит}}=61$; As—Mo—Sn—(Co, Ni)—Cu—Mn—Pb—Zn—Ag.

Задача II.36. $r=0,69$; $\Sigma\Delta^2=51 < \Sigma\Delta^2_{\text{крит}}=61$; Bi—Ag—Cu—Cd—(Pb, Zn)—Sn—(Mn, Sb)—Sr.

Задачи II.38—II.41 решаются по аналогии с задачей II.37.

Задача II.38. $r_1 = -0,02 < r_{5\%} = -0,55$; $r_2 = 0,8 > r_{5\%} = 0,4$. Отличие r_1 от r_2 значимо.

Задача II.39. $r_1 = -0,69 > r_{5\%} = -0,55$; $r_2 = |0,01 < r_{5\%} = 0,4$. Отличие r_1 от r_2 значимо.

Задача II.40. $r_1 = 0,7 > r_{5\%} = 0,55$; $r_2 = 0,81 > r_{5\%} = 0,4$. Отличие r_1 от r_2 незначимо.

Задача II.41. $r_1 = -0,12 < r_{5\%} = -0,55$; $r_2 = 0,62 > r_{5\%} = 0,4$. Отличие r_1 от r_2 значимо.

Задачи II.43—II.45 решаются по аналогии с задачей II.42.

Задача II.46. $E_{\text{Cu}}=869,1$; $E_{\text{S}}=1175,8$; $E_{\text{Fe}}=0,55$; $E_{\text{Co}}=14,26$; $E_{\text{Zn}}=226,41$; $E_{\text{надр}}=2286,12$; S—51,43%; Cu—38,02%; Zn—9,91%; Co—0,62%; Fe—0,02%.

Задача II.47 решается по аналогии с задачей II.46. $E_{\text{Cu}}=73,76$; $E_{\text{S}}=2968,4$; $E_{\text{Fe}}=2,47$; $E_{\text{Co}}=30,61$; $E_{\text{Zn}}=2,10$; $E_{\text{подр}}=3077,34$; S—96,46%; Cu—2,4%; Co—0,99%; Fe—0,08%; Zn—0,07%.

Глава III

Количественная интерпретация вторичных литохимических ореолов рассеяния и оценка выявленного оруденения

Задачи III.2—III.6 решаются по аналогии с задачей III.1 (табл. 120).

Задачи III.8—III.10 решаются по аналогии с задачей III.7 (табл. 121).

Задачи III.12—III.13 решаются по аналогии с задачей III.11 (табл. 122).

Задачи III.15—III.19 решаются по аналогии с задачей III.14.

Таблица 120

№ задачи	C _ф	2a, м	M, м%	σ, м	Δ X _{рац.} м	Длина канавы, м
III.2	0,9·10 ⁻⁵ % Ag	37	0,0305	4,9	10	12
III.3	2·10 ⁻³ % Pb	74	8,16	11,3	25	28
III.4	4·10 ⁻³ % Cu	186	34,28	23,2	50	58
III.5	3·10 ⁻³ % Cu	82	36,13	15,1	25	38
III.6	3·10 ⁻² % Ni	120	67,8	29,6	50	74

Таблица 121

№ задачи	σ, м	M _{теор}	M, м%	2a, м
III.8	4,8	0,96 м% Pb	0,80	20
III.9	7,4	6,47 м% Pb	6,42	45
III.10	8,9	3,89 м% Zn	3,20	37

Таблица 122

№ задачи	σ, м	2p, м	C _p
III.12	11	49,5	0,054% Cu
III.13	5,6	2,8	7,11% Pb

Задача III.15. $k=1,16$.

Задача III.16. $k=1,79$.

Задача III.17. $k=0,11$.

Задача III.18. $k_{Pb}=0,97$; $k_{Zn}=1,58$.

Задача III.19. $k=1,23$.

Задача III.20. $1,23 \cdot 1,44^{\pm 1}$.

Задача III.21. Подсчет $P_{p,t}$ вести по формуле

$$P = \sum M_i \frac{l_{i-1} + l_{i+1}}{2},$$

где l_{i-1} и l_{i+1} — расстояния от данной канавы до ближайших двух канав по простиранию рудной зоны. Для крайних канав принять $l_{i-1} = l_{i+1}$; $k=1,51$.

Задача III.22. $0,21 \cdot 1,4^{\pm 1}$.

Задачи III.24—III.25 решаются по аналогии с задачей III.23.

Задача III.24. $A=0,57$ (см⁻¹).

Задача III.25. Определение A_i вести для средних значений h , S_α и a ; $\bar{A}=2,92$ (см⁻¹).

Задачи III.27—III.28 решаются по аналогии с задачей III.26.

Задача III.27. $Q_{300}^* \approx 300$ тыс. т Cu.

Задача III.28. $Q_{200} \approx 10$ тыс. т Cu.

Задача III.29. $Q_{100} \approx 1,2$ млн. т Pb.

Задача III.31 решается по аналогии с задачей III.30. $2,74 \pm 0,13$.

Задачи III.33—III.35 решаются по аналогии с задачей III.32.

Задача III.33. $2a = 28$ м.

Задача III.34. $2a = 39$ м.

Задача III.35. $2a = 32$ м.

Задачи III.37—III.38 решаются по аналогии с задачей III.36.

Задачи III.40—III.43 решаются по аналогии с задачей III.39.

Задача III.45 решается по аналогии с задачей III.44. $M = 0,315$ м% Me.

Задача III.46. $t_{I-II Zn} = 2,49 > t_{5\%} = 2,31$.

Задачи III.47—III.56 решаются по аналогии с задачей III.46 (табл. 123).

Задача III.47. $t_{I-IV Pb} = 0,93 < t_{5\%} = 2,18$; $t_{I-IV Zn} = 1,22 < t_{5\%} = 2,18$.

Задача III.48. $t_{II-III Pb} = 2,62 > t_{5\%} = 2,26$; $t_{II-III Zn} = 2,10 < t_{5\%} = 2,26$.

Задача III.49. $t_{II-IV Pb} = 2,0 < t_{5\%} = 2,23$; $t_{II-IV Zn} = 1,92 < t_{5\%} = 2,23$.

Задача III.50. $t_{III-IV Pb} = 0,77 < t_{5\%} = 2,16$; $t_{III-IV Zn} = 1,02 < t_{5\%} = 2,16$.

Таблица 123

№ задачи	t_{Pb}	t_{Zn}	t_{Ag}	t_{As}
III.51	$3,5 > t_{5\%} = 2,03$	$0,63 < t_{5\%} = 2,07$	$4,65 > t_{5\%} = 2,06$	$0,15 < t_{5\%} = 2,23$
III.52	$8,67 > t_{5\%} = 2,03$	$1,02 < t_{5\%} = 2,18$	$6,19 > t_{5\%} = 2,23$	$5,46 > t_{5\%} = 2,09$
III.53	$4,92 > t_{5\%} = 2,12$	$6,23 > t_{5\%} = 2,14$	$8,06 > t_{5\%} = 2,26$	$5,37 > t_{5\%} = 2,2$
III.54	$6,0 > t_{5\%} = 2,01$	$0,74 < t_{5\%} = 2,16$	$1,29 < t_{5\%} = 2,07$	$3,09 > t_{5\%} = 2,16$
III.55	$3,68 > t_{5\%} = 2,05$	$6,47 > t_{5\%} = 2,13$	$4,81 > t_{5\%} = 2,07$	$3,80 > t_{5\%} = 2,57$
III.56	$1,32 < t_{5\%} = 2,05$	$2,97 > t_{5\%} = 2,77$	$3,92 > t_{5\%} = 2,36$	$1,46 < t_{5\%} = 2,14$

Глава IV

Расчеты потоков рассеяния

Задачи IV.2—IV.8 решаются по аналогии с задачей IV.1.

Задача IV.2. Цинк $\psi=48,0$, медь $\psi=666,6$, преобладает твердый сток.

Задача IV.3. Фтор $\psi=3,85$, свинец $\psi=482,0$, преобладает твердый сток.

Задача IV.4. Ванадий $\psi=38,5$, никель $\psi=970,0$, преобладает твердый сток.

Задача IV.5. Йод $\psi=26,8$, бор $\psi=1,94$, преобладает растворимый сток.

Задача IV.6. Значения ψ :

	F	Ag	Pb
Яна	6,09	86,7	761,0
Индигирка	13,5	193,5	1697,0

Преобладает твердый сток.

Задача IV.7. Значения ψ :

	B	V	Cu	Ni
Лена	13,8	5,49	92,4	137,5
Витим	2,76	302,0	460,0	693,0

Для бора преобладает растворимый сток, для остальных элементов — твердый сток.

Задача IV.8. Значения ψ :

	Pb	Zn
Амур	393,0	39,2
Буряя	144,0	14,4
Камчатка	338,0	33,7

Преобладает твердый сток.

Задачи IV.10—IV.12 решаются по аналогии с задачей IV.9.

Задача IV.10. Свинец $\psi=9,0$, цинк $\psi=9,35$, преобладает твердый сток.

Задача IV.11. Молибден $\psi=2,3$, олово $\psi=37,5$ преобладает твердый сток.

Задача IV.12. Никель $\psi=108,0$, медь $\psi=46,0$, преобладает твердый сток.

Задачи IV.14—IV.17 решаются по аналогии с задачей IV.13, в отличие от нее в этих задачах площади водосборов для точек опробования приведены в исходных данных.

Задача IV.14. $R_0=14,5$; $R=9,5$; $P'=5000 \text{ м}^2\%$ Pb; $Q_{200} \approx 20$ тыс. т. Pb.

Задача IV.15. $R_0=10,5$; $R=6,8$; $P'=8000 \text{ м}^2\%$ Pb; $Q_{300} = 60$ тыс. т. Pb.

Задача IV.16. $R_0=10$; $R=7,5$; $P'=75\,000$ м²% Cu; $q=2680$ т/м Cu; $Q_{300}=1,0$ млн. т Cu.

Задача IV.17. $R_0=0(>14)$; $R=10,5$; $P'=12\,000$ м²% Pb; $Q_{300}=90$ тыс. т Pb.

Задача IV.19 решается по аналогии с задачей IV.18. $q=5,8$ т/м Ag.

Задачи IV.21—IV.23 решаются по аналогии с задачей IV.20.

Задачи IV.25—IV.27 решаются по аналогии с задачей IV.24.

Задача IV.25. $x_{\max}=5,167 \approx 5,2$ км.

Задача IV.26. $x_{\max}=4,276 \approx 4,3$ км.

Задача IV.27. $x_{\max}=4,781 \approx 4,8$ км.

Задача IV.29 решается по аналогии с задачей IV.28.

График $C'_x = f(x)$ имеет действительный максимум только при значениях $R_0 < 0,35$.

Глава V

Проектирование геохимических работ

Задачи V.1—V.7 не имеют единственного решения, и в тексте главы приводятся только возможные варианты решений.

Задача V.3 решается по аналогии с задачей V.2.

Задача V.7. Приведенные единичные расценки на озонение биогеохимических проб и газовый (хроматографический) анализ проб являются ориентировочными.

Приложение I

Средние содержания элементов в земной коре (вес. %)
(по А. П. Виноградову, 1962)

Элемент	Кларк	Элемент	Кларк
Li	$3,2 \cdot 10^{-3}$	Sr	$3,4 \cdot 10^{-2}$
Be	$3,8 \cdot 10^{-4}$	Y	$2,9 \cdot 10^{-3}$
B	$1,2 \cdot 10^{-3}$	Zr	$1,7 \cdot 10^{-2}$
C	$2,3 \cdot 10^{-2}$	Nb	$2 \cdot 10^{-3}$
N	$1,9 \cdot 10^{-3}$	Mo	$1,1 \cdot 10^{-4}$
O	47,0	Pd	$1,3 \cdot 10^{-6}$
F	$6,6 \cdot 10^{-2}$	Ag	$7 \cdot 10^{-6}$
Na	2,50	Cd	$1,3 \cdot 10^{-5}$
Mg	1,87	In	$2,5 \cdot 10^{-5}$
Al	8,05	Sn	$2,5 \cdot 10^{-4}$
Si	29,0	Sb	$5 \cdot 10^{-5}$
P	$9,3 \cdot 10^{-2}$	Te	$1 \cdot 10^{-7}$
S	$4,7 \cdot 10^{-2}$	I	$4 \cdot 10^{-5}$
Cl	$1,7 \cdot 10^{-2}$	Cs	$3,7 \cdot 10^{-4}$
K	2,50	Ba	$6,5 \cdot 10^{-2}$
Ca	2,96	La	$2,9 \cdot 10^{-3}$
Sc	$1,0 \cdot 10^{-3}$	Ce	$7 \cdot 10^{-3}$
Ti	$4,5 \cdot 10^{-1}$	Hf	$1 \cdot 10^{-4}$
V	$9 \cdot 10^{-3}$	Ta	$2,5 \cdot 10^{-4}$
Cr	$8,3 \cdot 10^{-3}$	W	$1,3 \cdot 10^{-4}$
Mn	$1 \cdot 10^{-1}$	Re	$7 \cdot 10^{-8}$
Fe	4,65	Os*	$5 \cdot 10^{-6}$
Co	$1,8 \cdot 10^{-3}$	Ir*	$1 \cdot 10^{-6}$
Ni	$5,8 \cdot 10^{-3}$	Pt*	$2 \cdot 10^{-5}$
Cu	$4,7 \cdot 10^{-3}$	Au	$4,3 \cdot 10^{-7}$
Zn	$8,3 \cdot 10^{-3}$	Hg	$8,3 \cdot 10^{-6}$
Ga	$1,9 \cdot 10^{-3}$	Tl	$1 \cdot 10^{-4}$
Ge	$1,4 \cdot 10^{-4}$	Pb	$1,6 \cdot 10^{-3}$
As	$1,7 \cdot 10^{-4}$	Bi	$9 \cdot 10^{-7}$
Se	$5 \cdot 10^{-6}$	Ra**	$7,9 \cdot 10^{-10}$
Br	$2,1 \cdot 10^{-4}$	Th**	$9,6 \cdot 10^{-4}$
Rb	$1,5 \cdot 10^{-2}$	U**	$2,7 \cdot 10^{-4}$

* По А. Е. Ферсману (1933—1939).

** По С. Р. Тейлору (1964).

Значения функций нормального распределения $f(x)$
и интеграла вероятностей $\Phi(x)$

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}; \quad \Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

x	$f(x)$	$f(x):f(0)$	$\Phi(x)$	$\frac{1}{\Phi(x)}$
0,0	0,3989	1,000	0,0000	∞
0,1	0,3970	0,995	0,0797	12,54
0,2	0,3910	0,980	0,1585	6,31
0,3	0,3814	0,959	0,2358	4,24
0,4	0,3683	0,923	0,3108	3,22
0,5	0,3521	0,883	0,3829	2,61
0,6	0,3332	0,835	0,4515	2,21
0,7	0,3123	0,783	0,5161	1,93
0,8	0,2897	0,726	0,5763	1,74
0,9	0,2661	0,667	0,6319	1,58
1,0	0,2420	0,607	0,6827	1,46
1,1	0,2179	0,546	0,7287	1,37
1,2	0,1942	0,487	0,7699	1,30
1,3	0,1714	0,430	0,8064	1,24
1,4	0,1497	0,375	0,8385	1,19
1,5	0,1295	0,325	0,8664	1,15
1,6	0,1109	0,278	0,8904	1,12
1,7	0,0940	0,236	0,9109	1,10
1,8	0,0790	0,198	0,9282	1,08
1,9	0,0656	0,164	0,9426	1,06
2,0	0,0540	0,135	0,9545	1,05
2,2	0,0355	0,089	0,9722	близок к 1,0
2,4	0,0224	0,0561	0,9836	то же
2,5	0,0175	0,0433	0,9876	»
2,6	0,0136	0,0349	0,9907	»
2,8	0,0079	0,0197	0,9949	»
3,0	0,00443	0,0111	0,99730	»
3,5	0,00087	0,0022	0,99953	»
4,0	0,0001378	0,000335	0,99994	»
5,0	0,0000015	0,00000376	$\approx 1,0$	»
∞	0,0	0,0	1,0	1,0

Примечание. В графе 3 даны значения $f(x):f(0) = C_x : C_{\max}$, в графе 5 — значения поправочного множителя $\frac{1}{\Phi(x)}$, применяемого при подсчете M и оценке коэффициента $K = \frac{1}{\Phi(p/\sigma)}$ (палетки Дубова).

Приложение III

Значения t -критерия Стьюдента для 5%-ного уровня значимости

Число степеней свободы f	$t_{5\%}$	Число степеней свободы f	$t_{5\%}$
1	12,71	18	2,10
2	4,30	19	2,09
3	3,18	20	2,09
4	2,77	21	2,08
5	2,57	22	2,07
6	2,45	23	2,07
7	2,36	24	2,06
8	2,31	25	2,06
9	2,26	26	2,06
10	2,23	27	2,05
11	2,20	28	2,05
12	2,18	29	2,04
13	2,16	30	2,04
14	2,14	40	2,02
15	2,13	60	2,00
16	2,12	120	1,980
17	2,11	∞	1,960

Примечание. $f = n_1 + n_2 - 2$.

Приложение IV

Значения F -критерия Фишера для 5%-ного уровня значимости

$f_1 \backslash f_2$	1	2	3	4	5	6	12	24	∞
1	164,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	244,9	249,0	254,3
2	18,5	19,2	19,3	19,3	19,3	19,3	19,4	19,5	19,5
3	10,1	9,6	9,3	9,1	9,0	8,9	8,7	8,6	8,5
4	7,7	6,9	6,6	6,4	6,3	6,2	5,9	5,8	5,6
5	6,6	5,8	5,4	5,2	5,1	5,0	4,7	4,5	4,4
6	6,0	5,1	4,8	4,5	4,4	4,3	4,0	3,8	3,7
7	5,6	4,7	4,4	4,1	4,0	3,9	3,6	3,4	3,2
8	5,3	4,5	4,1	3,8	3,7	3,6	3,3	3,1	2,9
9	5,1	4,3	3,9	3,6	3,5	3,4	3,1	2,9	2,7
10	5,0	4,1	3,7	3,5	3,3	3,2	2,9	2,7	2,5
11	4,8	4,0	3,6	3,4	3,2	3,1	2,8	2,6	2,4
12	4,8	3,9	3,5	3,3	3,1	3,0	2,7	2,5	2,3
13	4,7	3,8	3,4	3,2	3,0	2,9	2,6	2,4	2,2
14	4,6	3,7	3,3	3,1	3,0	2,9	2,5	2,3	2,1
15	4,5	3,7	3,3	3,1	2,9	2,8	2,5	2,3	2,1
16	4,5	3,6	3,2	3,0	2,9	2,7	2,4	2,2	2,0
17	4,5	3,6	3,2	3,0	2,8	2,7	2,4	2,2	2,0
18	4,4	3,6	3,2	2,9	2,8	2,7	2,3	2,1	1,9
19	4,4	3,5	3,1	2,9	2,7	2,6	2,3	2,1	1,9
20	4,4	3,5	3,1	2,9	2,7	2,6	2,3	2,1	1,8
22	4,4	3,4	3,0	2,8	2,7	2,6	2,2	2,0	1,8
24	4,3	3,4	3,0	2,8	2,6	2,5	2,2	2,0	1,7
26	4,2	3,4	3,0	2,7	2,6	2,5	2,2	2,0	1,7
28	4,2	3,3	3,0	2,7	2,6	2,4	2,1	1,9	1,7

$f_2 \backslash f_1$	1	2	3	4	5	6	12	24	∞
30	4,2	3,3	2,9	2,7	2,5	2,4	2,1	1,9	1,6
40	4,1	3,2	2,9	2,6	2,5	2,3	2,0	1,8	1,5
60	4,0	3,2	2,8	2,5	2,4	2,3	1,9	1,7	1,4
120	3,9	3,1	2,7	2,5	2,3	2,2	1,8	1,6	1,3
∞	3,8	3,0	2,6	2,4	2,2	2,1	1,8	1,5	1,0

Примечание. $f_1 = n_1 - 1$ — число степеней свободы для большей дисперсии; $f_2 = n_2 - 1$ — число степеней свободы для меньшей дисперсии.

Приложение V

Множитель β_n для вычисления стандарта s по размаху R

$$R = x_{\max} - x_{\min}, s = \beta_n R$$

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	—	0,886	0,591	0,486	0,430	0,395	0,370	0,351	0,337
10	0,325	0,315	0,307	0,300	0,293	0,288	0,283	0,279	0,274	0,271
20	0,268	0,265	0,262	0,259	0,257	0,254	0,252	0,250	0,248	0,246
30	0,245	0,243	0,242	0,240	0,239	0,237	0,236	0,235	0,234	0,233
40	0,231	0,230	0,229	0,228	0,227	0,226	0,226	0,225	0,224	0,223
50	0,222	0,221	0,221	0,220	0,219	0,219	0,218	0,217	0,217	0,216
60	0,216	0,215	0,214	0,214	0,213	0,213	0,212	0,212	0,211	0,211
70	0,210	0,210	0,210	0,209	0,209	0,208	0,208	0,207	0,207	0,206
80	0,206	0,206	0,205	0,205	0,205	0,204	0,204	0,203	0,203	0,203
90	0,202	0,202	0,202	0,201	0,201	0,201	0,201	0,200	0,200	0,200
	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	0,199	0,197	0,194	0,192	0,190	0,189	0,187	0,186	0,184	0,183
200	0,182	0,181	0,180	0,179	0,178	0,177	0,176	0,176	0,175	0,174
300	0,174	0,173	0,173	0,172	0,171	0,171	0,170	0,170	0,169	0,169
400	0,168	0,168	0,168	0,167	0,167	0,166	0,166	0,166	0,165	0,165
500	0,165	0,164	0,164	0,164	0,163	0,163	0,163	0,163	0,162	0,162
600	0,162	0,161	0,161	0,161	0,161	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160
700	0,159	0,159	0,159	0,159	0,159	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158
800	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,156	0,156	0,156	0,156
900	0,156	0,156	0,155	0,155	0,155	0,155	0,155	0,155	0,155	0,154
1000	0,154									

Критические значения коэффициентов корреляции r_{xy}
для 5%-ного уровня значимости

Число степеней свободы f	5%-ный уровень значимости	Число степеней свободы f	5%-ный уровень значимости
1	0,997	17	0,456
2	0,950	18	0,444
3	0,878	19	0,433
4	0,811	20	0,423
5	0,754	25	0,381
6	0,707	30	0,349
7	0,666	35	0,325
8	0,632	40	0,304
9	0,602	45	0,287
10	0,576	50	0,273
11	0,553	60	0,250
12	0,532	70	0,232
13	0,514	80	0,217
14	0,497	90	0,205
15	0,482	100	0,195
16	0,468		

Примечание. $f = n - 2$.

Критические значения суммы квадратов разностей порядковых номеров
для оценки значимости ранговых коэффициентов корреляции

Число данных	5%-ный уровень значимости	Число данных	5%-ный уровень значимости
5	0—40	23	1187—2861
6	4—56	24	1370—3230
7	12—100	25	1570—3630
8	22—146	26	1789—4061
9	40—200	27	2028—4524
10	61—269	28	2287—5021
11	88—352	29	2569—5551
12	121—451	30	2873—6117
13	163—565	31	3199—6721
14	213—697	32	3550—7362
15	272—848	33	3926—8042
16	342—1018	34	4328—8762
17	423—1209	35	4757—9523
18	515—1423	36	5213—10327
19	621—1659	37	5698—11174
20	740—1920	38	6213—12065
21	873—2207	39	6758—13002
22	1022—2520	40	7334—13086

Верхние и нижние пределы r_2 , незначимо отличающиеся от r_1 , при данных n_1 и n_2 (5%-ный уровень) (по А. В. Гаранину, 1970)

n_1 n_2	r_2									
15	-0,66	-0,60	-0,54	-0,45	-0,36	-0,25	-0,11	0,07	0,29	0,59
15	0,66	0,72	0,76	0,80	0,84	0,87	0,90	0,93	0,96	0,98
15	-0,63	-0,56	-0,49	-0,40	-0,31	-0,19	-0,05	0,13	0,34	0,63
20	0,63	0,69	0,74	0,78	0,82	0,86	0,89	0,92	0,95	0,98
15	-0,61	-0,54	-0,46	-0,37	-0,27	-0,15	-0,01	0,16	0,38	0,65
25	0,61	0,67	0,72	0,77	0,81	0,85	0,88	0,92	0,95	0,97
15	-0,59	-0,52	-0,44	-0,35	-0,23	-0,13	0,01	0,19	0,40	0,66
30	0,59	0,65	0,71	0,76	0,80	0,84	0,88	0,91	0,94	0,97
15	-0,56	-0,49	-0,41	-0,31	-0,21	-0,08	0,06	0,23	0,43	0,68
50	0,56	0,63	0,68	0,74	0,78	0,83	0,87	0,91	0,94	0,97
15	-0,54	-0,46	-0,38	-0,28	-0,17	-0,05	0,09	0,26	0,46	0,70
100	0,54	0,60	0,67	0,72	0,77	0,82	0,86	0,90	0,94	0,97
20	-0,59	-0,52	-0,44	-0,35	-0,24	-0,12	0,02	0,19	0,40	0,66
20	0,59	0,65	0,70	0,75	0,80	0,84	0,88	0,91	0,94	0,97
20	-0,56	-0,49	-0,41	-0,31	-0,21	-0,08	0,06	0,23	0,43	0,69
25	0,56	0,63	0,68	0,74	0,78	0,83	0,87	0,91	0,94	0,97
20	-0,54	-0,47	-0,38	-0,29	-0,18	-0,06	0,09	0,25	0,46	0,70
30	0,54	0,61	0,67	0,72	0,77	0,82	0,86	0,90	0,94	0,97
20	-0,50	-0,43	-0,34	-0,24	-0,13	-0,01	0,14	0,30	0,50	0,72
50	0,50	0,58	0,64	0,70	0,75	0,80	0,85	0,89	0,93	0,97
20	-0,47	-0,39	-0,30	-0,20	-0,09	0,03	0,18	0,34	0,53	0,74
100	0,47	0,55	0,62	0,68	0,73	0,79	0,84	0,88	0,92	0,96
25	-0,53	-0,45	-0,37	-0,27	-0,17	-0,04	0,10	0,27	0,47	0,71
25	0,53	0,60	0,66	0,72	0,77	0,81	0,86	0,90	0,93	0,97
25	-0,51	-0,43	-0,35	-0,25	-0,14	-0,01	0,13	0,30	0,49	0,72
30	0,51	0,58	0,64	0,70	0,76	0,80	0,85	0,89	0,93	0,97
25	-0,47	-0,39	-0,29	-0,19	-0,08	0,04	0,18	0,35	0,53	0,75
50	0,47	0,54	0,61	0,67	0,73	0,78	0,83	0,88	0,92	0,96
25	-0,43	-0,35	-0,25	-0,15	-0,04	0,09	0,23	0,38	0,56	0,77
100	0,43	0,51	0,58	0,65	0,71	0,77	0,82	0,87	0,92	0,96
30	-0,49	-0,41	-0,32	-0,22	-0,11	0,02	0,16	0,32	0,51	0,73
30	0,49	0,56	0,63	0,69	0,74	0,79	0,84	0,89	0,93	0,96
30	-0,44	-0,36	-0,26	-0,16	-0,05	0,08	0,22	0,37	0,55	0,76
50	0,44	0,52	0,59	0,65	0,71	0,77	0,82	0,87	0,92	0,96
30	-0,40	-0,32	-0,22	-0,12	-0,00	0,12	0,26	0,41	0,59	0,78
100	0,40	0,48	0,56	0,63	0,69	0,75	0,81	0,86	0,91	0,96
50	-0,38	-0,29	-0,20	-0,09	0,02	0,14	0,28	0,43	0,60	0,79
50	0,38	0,47	0,54	0,61	0,68	0,74	0,80	0,85	0,91	0,95
50	-0,33	-0,24	-0,14	-0,04	0,08	0,20	0,33	0,48	0,64	0,81
100	-0,33	0,42	0,50	0,58	0,65	0,72	0,78	0,84	0,90	0,95
100	-0,27	-0,18	-0,08	0,03	0,14	0,26	0,39	0,53	0,67	0,83
100	0,27	0,36	0,45	0,53	0,61	0,68	0,75	0,82	0,88	0,94
$r_1 \rightarrow 0,0$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	

ЛИТЕРАТУРА

1. Боголюбов А. Н. Количественное выражение связи ореолов и механических потоков рассеяния в горных районах. В сб.: «Литохимические поиски рудных месторождений». Алма-Ата, 1972.
2. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров. М., «Наука», 1967.
3. Вальпетер А. П. Характер современных процессов выветривания на Северо-Востоке СССР. В сб.: «Актуальные проблемы геологии золота на Северо-Востоке СССР». «Тр. СВКНИИ», вып. 44. Магадан, 1972.
4. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М., «Наука», 1969.
5. Вернадский В. И. Парагенезис химических элементов в земной коре. Избр. соч., т. 1. М., Изд-во АН СССР, 1954.
6. Виноградов А. П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных пород земной коры. «Геохимия», 1962, № 7.
7. Глубинные поиски рудных месторождений. М., Гостеолтехиздат, 1963.
8. Глубинные поиски рудных месторождений. вып. 2. М., изд. ВИМС, 1968.
9. Григорян С. В., Янишевский Е. М. Эндогенные геохимические ореолы рудных месторождений. М., «Недра», 1968.
10. Досанова Б. А., Соловов А. П. Опыт количественной оценки вторичных ореолов рассеяния в Казахстане. В сб.: «Литохимические поиски рудных месторождений». Алма-Ата, 1972.
11. Дубов Р. И., Соловов А. П. Линейка и круговая палетка для расчета вторичных ореолов рассеяния. «Разведка и охрана недр», 1974, № 4.
12. Дубов Р. И. Количественные исследования геохимических полей для поисков рудных месторождений. Новосибирск, 1974.
13. Зорин Е. С., Малечник Д. Н. Использование зональности оруденения при поисках и оценке месторождений прожилково-вкрапленных свинцово-цинковых руд. В сб.: «Геология и разведка месторождений твердых полезных ископаемых Казахстана». Алма-Ата, 1968.
14. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М., «Недра», 1965.
15. Каширцева М. Ф., Михайлов Н. А. Исследование пространственного распределения урана и продуктов его распада в экзогенных рудах методом осколкордиографии. «Разведка и охрана недр», 1973, № 9.
16. Очерки по гидрографии рек СССР. М., Изд-во АН СССР, 1953.
17. Поликарпочкин В. В. Оценка рудопроявлений по их литохимическим потокам рассеяния. В сб.: «Литохимические поиски рудных месторождений». Алма-Ата, 1972.
18. Сафронов Н. И., Мещеряков С. С. Энергетический принцип оценки потенциальной рудоносности рудных районов. В сб.: «Литохимические поиски рудных месторождений». Алма-Ата, 1972.
19. Соловов А. П. Основы теории и практики металлометрических съемок. Алма-Ата, 1959.
20. Соловов А. П. Параметры первичного ореола эндогенного месторождения. «Геология рудных месторождений», 1966, т. 8, № 3.

21. Соловов А. П., Гаранин А. В., Голушев В. С., Матвеев А. А. Теоретические основы геохимических методов поисков слепых рудных тел. В сб.: «Научные основы геохимических методов поисков глубокозалегающих рудных месторождений». Иркутск, 1971.
22. Соловов А. П., Гаранин А. В. Геохимические спектры аномалий и установление различий между сходными объектами. В сб.: «Литохимические поиски рудных месторождений». Алма-Ата, 1972.
23. Соловов А. П., Гаранин А. В., Виль Л. С. Исследование зональности рудных месторождений с помощью ЭВМ. Алма-Ата, 1973.
24. Удодов П. А. и др. Методическое руководство по гидрохимическим поискам рудных месторождений. М., «Недра», 1973.
25. Шурыгин А. М. Расчет оптимальных сетей для поисков эллиптических залежей. М., «Недра», 1972.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие	3
Глава I. Общая обработка геохимических данных	5
Глава II. Оценка первичных ореолов и прогноз скрытого оруденения	42
Глава III. Количественная интерпретация вторичных литохимических ореолов рассеяния и оценка выявленного оруденения	86
Глава IV. Расчеты потоков рассеяния	134
Глава V. Проектирование геохимических работ	151
Ответы к задачам	168

Приложения

Приложение I. Средние содержания элементов в земной коре	176
Приложение II. Значения функции нормального распределения $f(x)$ и интеграла вероятностей $\Phi(x)$	177
Приложение III. Значения t -критерия Стьюдента	178
Приложение IV. Значения F -критерия Фишера	178
Приложение V. Множитель β_n для вычисления стандарта s по размаху R	179
Приложение VI. Критические значения коэффициентов корреляции	180
Приложение VII. Критические значения суммы квадратов разностей порядковых номеров	180
Приложение VIII. Верхние и нижние пределы r_2 , незначимо отличающиеся от r_1 , при данных n_1 и n_2 (5%-ный уровень)	181
Литература	182

Соловов Александр Петрович,
Матвеев Алексей Алексеевич,
Ряховский Владимир Михайлович
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
ПОИСКОВ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Тематический план 1977 г. № 98
ИБ № 215

Зав. редакцией *И. И. Шехура*
 Редактор *Н. В. Баринова*
 Обложка художника *В. С. Казакевича*
 Художественный редактор *Б. С. Вехтер*
 Технический редактор *Е. Д. Захарова*
 Корректоры *Л. А. Костылева, С. Ф. Будаева*

Сдано в набор 17.02.77. Подписано к печати 10.03.78.
 Л-79407. Формат 60×90^{1/16}. Бумага тип. № 3. Гарнитура
 литературная. Высокая печать. Усл. печ. л. 11,5+2 вкл.
 (0,75) Уч.-изд. л. 11,13. Тираж 3620 экз. Заказ 67.
 Цена 40 коп. Изд. № 3040.

Издательство Московского университета.
 Москва, К-9, ул. Герцена, 5/7.
 Типография Изд-ва МГУ. Москва, Ленинские горы.

40 коп.

2728

