

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР



ВИТР

## Оценка рудопроявлений олова

[методические рекомендации]



ЛЕНИНГРАД 1975

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

Научно-производственное объединение "Геотехника"

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
МЕТОДИКИ И ТЕХНИКИ РАЗВЕДКИ (ВИТР)

Одобрены Геофизической секцией  
Ученого Совета ВИТР  
26 сентября 1975 г.

550.83

УДК [550.83/84 : 553.45] .012

ОЦЕНКА РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ОЛОВА  
(методические рекомендации)

485/1

Ленинград  
ОНТИ ВИТР

1975



Составлены Всесоюзным научно-исследовательским институтом методики и техники разведки и изданы в соответствии с планом издания литературы ВИТР

Составители С.С. Мещеряков, Н.А. Пшпарева, Т.Г. Рыбакова,  
Л.Т. Исаев, И.В. Касьянова, А.И. Мельничук

Научный редактор Н.И. Сафронов

УДК [550.83/84:553.45].012

Оценка рудопроявлений олова (методические рекомендации). Составители Мещеряков С.С., Пшпарева Н.А., Рыбакова Т.Г., Исаев Л.Т., Касьянова И.В. Мельничук А.И. Л., ОНТИ ВИТР, 1975, 34 с.

Рассматривается комплексная методика оценки рудопроявлений олова при поисково-оценочных работах. Под оценкой понимается методика выделения из большого числа рудопроявлений, а также геофизических и геохимических аномалий тех, которые наиболее вероятно имеют промышленную ценность.

В комплекс оценочных работ рекомендуется включать геофизические методы (вызванной поляризации с определением временных и частотных характеристик, естественного электрического поля, радиоволнового просвечивания, индуктивные, сейсмoeлектрический, частичного извлечения металлов и другие), а также геохимические (изучение первичных ореолов, примесей в касситеритах и т.д.).

Для установления необходимого комплекса методов в каждом оловорудном районе необходимо проводить опытно-методические работы на характерных объектах, выбранных в качестве положительных и отрицательных эталонов. При обработке результатов этих работ рекомендуется использовать обобщенные геофизические и геохимические показатели, наиболее контрастно подчеркивающие различия между "рудными" и "безрудными" объектами, и приемы наглядного изображения пространственного распределения геофизических и геохимических параметров. Оценочные признаки следует выбирать на основании изучения пространственного распределения этих параметров.

Предлагаемая схема оценки предусматривает выделение рудоносных структур, оценку первых пересечений, определение масштаба оруденения и выбор участков для разведки.

Приводятся примеры, иллюстрирующие возможности комплексной оценки рудопроявлений олова при проведении поисково-оценочных работ.

Рисунков - 17. Таблиц - 6.



## В в е д е н и е

Обоснованное выделение объектов под разведку (поисково-оценочные работы) — одна из самых важных и трудных задач для оловорудных районов, где обычно известны многие сотни минерализованных зон, рудопроявлений, геофизических и геохимических аномалий, практическая ценность которых не ясна. В то же время различные организации разработали много специальных оценочных методов, и существует также ряд известных методов, оценочные возможности которых не исчерпаны. Решение указанной задачи с помощью отдельного метода не достаточно надежно. Поэтому ВИТР и ДВТУ в течение ряда лет проводили специальные работы для обоснования комплекса геофизических и геохимических методов оценки рудопроявлений олова. Результатом этих работ и являются настоящие методические рекомендации.

Изученные месторождения относятся, в основном, к наиболее промышленно важным месторождениям турмалинового и хлоритового типов, в рудных телах которых всегда присутствуют сульфиды. Мощность рыхлых отложений, во всех рассмотренных ниже примерах, незначительна, что весьма типично для горно-таежных районов восточной части страны, относящихся к Тихоокеанскому рудному поясу.

Большое участие в проведении упомянутых работ принимали сотрудники ДВТУ Ю.И. Бакулин, В.Н. Гагаев, Ф.Ф. Давыденко, Н.П. Емельянов, В.М. Иванов, В.И. Каменев, В.А. Кравцов, Г.Е. Медведева, Н.В. Огнянов, Г.А. Павлов, Н.П. Романовский, В.А. Савинцева, К.А. Шанцин и многие другие. Материалы работ неоднократно обсуждались с сотрудниками ВИТР (А.Н. Боголюбовым, Н.А. Ворошиловым, Н.З. Евзиковой) и других организаций. Основные результаты докладывались на различных всесоюзных совещаниях.

В сборе и обработке материалов принимали также участие сотрудники ВИТР И.И. Бок, А.Г. Винс, Г.М. Рыжикова, И.И. Неганов, М.В. Семенов, А.А. Утгоф.

Спектральный анализ геохимических проб выполнялся в лабораториях ДВТУ и ВИТР. Опытные-методические работы проводились Геофизической экспедицией ДВТУ под методическим руководством ВИТР. Практическая проверка рекомендаций проводилась на объектах работ ДВТУ.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Под термином "оценка" понимается комплекс работ на поисково-оценочной подстадии стадии поисков месторождений полезных ископаемых (приказ Министра геологии СССР № 595 от 6 ноября 1974 г.), позволяющий разделить уже известные рудопроявления (выделенные по геологическим данным минерализованные зоны, геофизические и геохимические аномалии и т.д.) на наиболее вероятно имеющие ("рудные" объекты) или не имеющие практической ценности ("безрудные" объекты). При этом предполагается, что подсчет даже прогнозных запасов может не производиться.

1.2. В настоящее время комплекс поисковых работ на оловорудные объекты включает: а) детальное геологическое изучение поверхности (обычно в масштабе 1:2000 - 1:10000), б) применение лито- и гидрогеохимических методов, в) геофизические исследования (методами естественного электрического поля, вызванной поляризации и др.), г) проходку горных выработок на перспективных участках, д) опробование всех вскрытых минерализованных пород, е) выделение рудных, по существующим кондициям, интервалов, ж) бурение скважин для изучения распространения оруденения на глубину.

Собственно оценка, при этом, заключается в ориентировочном определении геологических запасов. Из перечисленных методов только геологические заключения об общих закономерностях локализации оруденения в районе, технические и частично геохимические (гидрогеохимические при правильной организации работ, в частности, режимных наблюдений, и изучение вторичных ореолов с оценкой возможных запасов по ним со значительной вероятностью ошибки) позволяют дать оценку объекту в указанном выше понимании.

Таким образом, главным при оценке рудопоявлений является изучение распределения олова в минерализованных породах, которое, учитывая высокую неравномерность его распределения, требует большого объема горных и буровых работ.

Результаты геофизических и, в значительной мере, геохимических работ фактически используются только в поисковых целях для обнаружения перспективных объектов и вероятного определения их положения.



1.3. Для решения оценочных задач разработаны геофизические (метод частотных и временных характеристик ВП, нелинейных процессов, частичного извлечения металлов) и геохимические методы, основанные на изучении распределения фтора (В.Л. Барсуков), кристалломорфологических особенностей касситерита (Н.З. Евзикова), примесей в касситерите (Н.Н. Никулин). Каждый из них в отдельности часто эффективен при решении конкретных задач, но не позволяет провести оценку рудопроявления с требуемой точностью.

Поэтому наиболее правильным и перспективным является комплексный подход к решению этой задачи.

При рудообразовании происходит сложное перераспределение вещества и притягивает его, сопровождающиеся изменением физических свойств пород. Поскольку при формировании промышленных объектов эти процессы проявлялись наиболее интенсивно, существует возможность, всесторонне изучая геофизические и геохимические параметры объекта, охарактеризовать интенсивность рудного процесса, при этом, сумма параметров будет изменяться менее неравномерно, чем распределение олова. Усовершенствование принятой методики оценки путем включения в комплекс геофизических и геохимических методов позволит оценивать объекты не только более достоверно, но и с меньшими объемами горных работ и бурения.

1.4. Известные оловорудные месторождения, как правило, характеризуются единообразной минерализацией и сходным геологическим строением. В пределах одного района можно выделить обычно небольшое число типов месторождений олова. В то же время в разных районах геологические особенности и характер оруденения могут быть весьма различными. Кроме того, как в одном, так и в разных районах могут обнаруживаться различные факторы, осложняющие проведение геофизических и геохимических работ. Поэтому рекомендовать единый оценочный комплекс, пригодный для каждого оловорудного района было бы неверно. Можно лишь указать комплекс методов, который должен уточняться для каждого конкретного района.

1.5. Общая методика оценки должна включать два основных вида исследований: опытно-методические работы на характерных для каждого района эталонных рудных и безрудных объектах с целью обоснования оценочного комплекса геофизических и геохимических методов, выбора наиболее контрастно разделяющих эти объекты признаков и уточнения общей последовательности проведения указанных работ, а также изучения оцениваемых объектов.

1.6. Имеющиеся материалы свидетельствуют, что при проведении опытных работ важно разделять геофизические и геохимические особенности минерализованных и вмещающих пород, в связи с тем, что в процессе рудобразования существовали разные условия концентрации рудного вещества в рудоносных структурах и рассеяния его в породах, вмещающих рудные и безрудные объекты.

## 2. ОПЫТНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

2.1. Опытные-методические работы в районе, где предполагается проводить комплексную оценку рудопроявлений, должны начинаться с выбора эталонных объектов:

- среди характерных и наиболее хорошо изученных месторождений, на которых геофизические и геохимические работы уже проводились; в таком наиболее благоприятном но, к сожалению, редком случае можно уже по имеющимся материалам перейти к обоснованию оценочного комплекса, выбору оценочных признаков и обоснованию схемы оценки;
- по геологическим данным, когда наиболее характерные и хорошо изученные месторождения в районе могут быть выбраны, но необходимые для оценки геофизические и геохимические исследования на них не проведены или проведены не полностью; в этом случае необходимо проводить полевые опытные работы до начала оценки или параллельно с ней;
- по результатам предварительного изучения (наименее благоприятный случай) нескольких или даже многих месторождений района, для создания условного эталонного объекта;
- по литературным данным, если геофизические и геохимические данные по месторождениям района отсутствуют.

2.2. Наибольшие трудности обычно возникают при выборе эталонных безрудных объектов, поскольку они, как правило, изучены хуже и наименее доступны для исследования геофизическими и геохимическими методами, особенно на глубину.

В качестве такого объекта может рассматриваться наиболее мелкое из достаточно изученных рудных тел, находящихся на грани промышленных. При этом рекомендуется изучать промежуточные по величине объекты (мелкие или средние рудные тела) и устанавливать закономерности изменения оценочных признаков от крупного рудного объекта к среднему и мелкому.

Отрицательный эталонный объект можно также создать по геофизическим и геохимическим данным изучения законтурных выработок на хорошо изученном явно промышленном рудном теле.

2.3. На выбранных эталонных объектах рекомендуется проводить, если они не были проведены раньше, опытные работы с использованием геофизических и геохимических методов, которые, по имеющемуся опыту,



литературным данным или физическим предпосылкам, могут использоваться как оценочные. К ним относятся следующие методы: сопротивлений и индуктивные, электрохимические, радиоволновые, радиоактивные, сейсмoeлектрический (пьезoeлектрический), электрогеохимические.

2.4. Методы сопротивлений и индуктивные (дипольное комбинированное и другие виды профилирования, вертикальное электрическое зондирование, методы заряда и электрической корреляции, дипольное электромагнитное профилирование, частотные зондирования, метод переходных процессов) позволяют при оценке уточнять положение рудоносных зон, устанавливать непрерывность минерализации между выработками, учитывать влияние осложняющих оценку геологических факторов (например, углефицированных образований), получать сведения о распределении минерализации за пределами выработок, и главное использовать различия в распределении удельного электрического сопротивления, диэлектрической проницаемости, коэффициента поглощения, индуктивного параметра для рудных и безрудных объектов.

2.5. К электрохимическим методам относятся основные оценочные методы - вызванной поляризации с измерением временных и частотных характеристик, а также нелинейных параметров ВП и метод естественного электрического поля. Эти методы позволяют определять положение рудоносных структур, учитывать влияние осложняющих геологических факторов, получать сведения о распространении минерализации за пределами выработок, использовать при оценке различия в распределении удельного электрического сопротивления, кажущейся поляризуемости или коэффициента частотной дисперсии для рудных или безрудных объектов.

Поскольку информация, получаемая с помощью методов, указанных в пп. 2.4 и 2.5, часто дублируется (например, методы сопротивлений и вызванной поляризации) применение электрохимических методов может частично, а в отдельных случаях полностью, заменять методы сопротивлений и индуктивные.

2.6. К радиоволновым методам относится радиоволновое просвечивание, возможности которого для оценки рудопроявлений олова достаточно скромные и ограничиваются констатацией наличия сульфидной минерализации между выработками.

2.7. Сейсмoeлектрический метод позволяет определять пространственное положение кварцсодержащих тел благодаря имеющемуся различию в распределении пьезомодуля для рудных и безрудных объектов.

2.8. Возможность использования при оценке радиоактивных методов определяется изменением радиоактивности пород, обусловленной главным образом присутствием радиоактивного изотопа калия.



2.9. Из геоэлектрохимических методов некоторое оценочное значение может иметь метод частичного извлечения металлов - ЧИМ (основанный на использовании миграции подвижных форм существования элементов под действием электрического тока), позволяющий определять положение рудоносных структур.

2.10. Основным методом оценки рудопроявлений олова в настоящее время следует считать метод вызванной поляризации в различных вариантах (в том числе изучение временных частотных и нелинейных параметров вызванной поляризации). В комплекс геофизических методов наиболее вероятно могут входить также методы заряда (включая вариант метода электрической корреляции), дипольного электромагнитного профилирования, естественного электрического поля и радиометрический или гаммаспектрометрический. Менее вероятно, но не исключено, использование при оценке методов переходных процессов, радиоволнового просвечивания, сейсмоэлектрического и частичного извлечения металлов. Именно эти перечисленные по их значимости методы должны применяться в указанной последовательности на выбранных эталонных объектах при проведении опытно-методических работ.

Основная особенность применения каждого метода - детальное изучение объектов (по площади - в масштабе 1:10000-1:2000 с расстояниями между точками наблюдений 10-20 м и измерения по профилям и в скважинах при расстояниях между точками наблюдений 2-5 м).

2.11. Геохимические методы, которые могут использоваться при оценке рудопроявлений олова, предусматривают изучение первичных и вторичных ореолов распределения олова и его элементов-спутников в минерализованных породах, а также проведение специальных геохимических исследований.

2.12. Вторичные ореолы (металлометрическая съемка) рекомендуется изучать по общепринятой методике (в масштабе оценочных работ). Оценочная роль этого вида работ скромная, и их следует проводить для определения положения рудоносной структуры только в случае достаточной изученности района, когда надежно определены переходные коэффициенты, по вторичным ореолам можно определять запасы руды.

2.13. Первичные ореолы рекомендуется изучать путем отбора геохимических проб (обычно сколовым методом с интервала, не превышающего 5 м) и спектрального анализа их (как правило высокочувствительного) для установления характера распределения олова и его элементов-спутников по всей ширине ореола. Эти работы имеют важное оценочное значение, поскольку различия в характере первичных ореолов рудных и безрудных объектов достаточно отчетливы.

2.14. Распределение элементов в минерализованных породах следует изучать путем высокочувствительного спектрального анализа дубли-

катов бороздовых или керновых проб (без дополнительного специального геохимического опробования) для оценки различия рудных и безрудных объектов, геохимической корреляции подсечений и определения распространения оруденения за пределами горных выработок и скважин.

2.15. Специально геохимические оценочные методы предусматривают изучение распределения фтора в рудных телах и вмещающих породах, кристалломорфологических особенностей касситерита и распределения в нем элементов-примесей. Оценочная роль их весьма существенна и при опытно-методических работах они должны быть опробованы. Методика проведения этих работ опубликована в специальных статьях и методических рекомендациях разработчиков этих методов В.Л. Барсукова, Н.З. Евзиковой, Н.Н. Никулина.

2.16. Все перечисленные геохимические методы должны быть опробованы (за исключением изучения вторичных ореолов) при проведении опытно-методических работ.

2.17. Важное значение при проведении опытно-методических работ имеет обработка результатов применения каждого из оценочных методов. Обработка должна предусматривать изучение объемного распределения геофизических и геохимических параметров в эталонных объектах; выявление на основе полученных данных оценочных признаков, по которым можно наиболее контрастно различить рудные и безрудные объекты.

2.18. Основные параметры, распределение которых необходимо изучать, следующие: удельное электрическое сопротивление ( $\rho_k$ ), кажущаяся поляризуемость ( $\eta_k$ ), коэффициент частотной дисперсии ( $K$ ) и другие поляризационные параметры, а также некоторые обобщенные показатели распределения этих величин (например, продуктивность  $P_{\eta_k}$  первичного ореола по кажущейся поляризуемости, рассчитываемая как произведение среднего значения  $\eta_k$  в ореоле на ширину ореола, коэффициент аномальности  $K_{\eta_k}$ , рассчитываемый как отношение суммарной ширины аномалий  $\eta_k$  к общей ширине ореола; для избежания влияния неравномерности изучения разных частей ореола из-за различной длины пересекающих его выработок эти два показателя могут рассчитываться на одну условно принятую ширину, например на 100 м).

Кроме того, рекомендуется изучать распределение: характеристик электромагнитного поля и эффективного удельного сопротивления (по данным ДЭМП), потенциала естественного электрического поля (по данным метода ЕП), суммарной естественной гаммаактивности или содержания калия, тория и урана (по данным радиоактивных методов), пьезомодуля и плотности пород (по данным лабораторных измерений).

Из геохимических показателей необходимо изучать распределение олова и его спутников (висмут, вольфрам, мышьяк, медь, свинец, цинк,



серебро, сурьма, фтор) в абсолютных содержаниях и продуктивностях, содержания в касситерите примесей (индий, ниобий и другие). Из обобщенных геохимических показателей рекомендуется рассчитывать: продуктивность по вышефоновым (продуктивность привноса  $P^+$ ) и нижефоновым (продуктивность выноса  $P^-$ ) содержаниям элементов в первичном ореоле, коэффициент аномальности (отношение суммарной ширины участков с вышефоновыми содержаниями элементов к общей ширине ореола  $K_a$ ), коэффициент, используемый для геохимической корреляции (отношение произведений содержаний или продуктивностей элементов внешней зоны к произведению содержаний или продуктивностей элементов внутренней зоны, например  $K = \frac{P_{Se} \cdot P_{Fe}}{P_{Cu} \cdot P_{As}}$ ), энергию рудообразования по формуле

$$E = \sum_{i=1}^n K_i \ln K_i$$
, где  $E$  - энергия рудообразования,  $K_i$  - концентрация каждого элемента по отношению к его кларку в кислых гранитоидах или к местному фону (энергия рудообразования может рассчитываться как суммарно  $E_0$ , так и отдельно по вышефоновым (энергия привноса  $E^+$ ) и нижефоновым (энергия выноса  $E^-$ ) содержаниям).

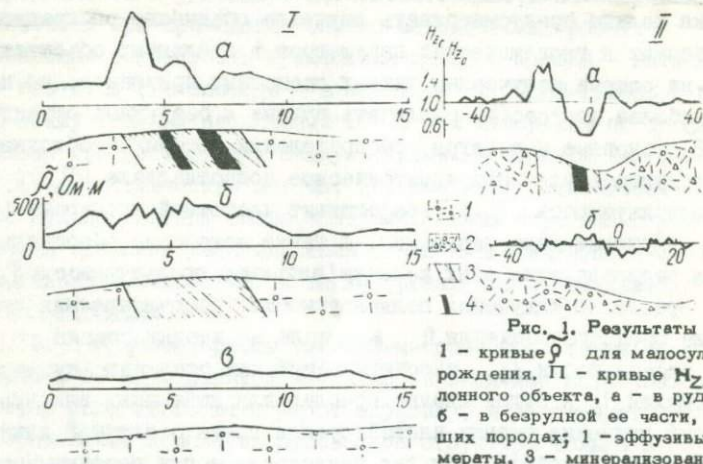


Рис. 3. Результаты ДЭМП:

1 - кривые  $\rho$  для малосульфидного месторождения, П - кривые  $N_{Zc}/N_{Z0}$  для эталонного объекта, а - в рудной части зоны, б - в безрудной ее части, в - во вмещающих породах; 1 - эффузивы, 2 - туфоконгломераты, 3 - минерализованная зона дробления, 4 - рудные тела

2.19. Распределение перечисленных величин и параметров следует изучать по отдельным линиям наблюдений, но обязательно пересекая - щим как рудную, так и безрудную части эталонного объекта (рис.1), по вертикальным разрезам (рис.2) или по горизонтным планам, в плоскости линейно вытянутых рудных тел (рис.3). При этом их распределение рекомендуется изображать в виде серии изолиний или в виде одной, выбранной в качестве граничной, изолинии (рис. 2 и 3), которая определяет возможность использования рассматриваемого параметра в качестве оценоч-

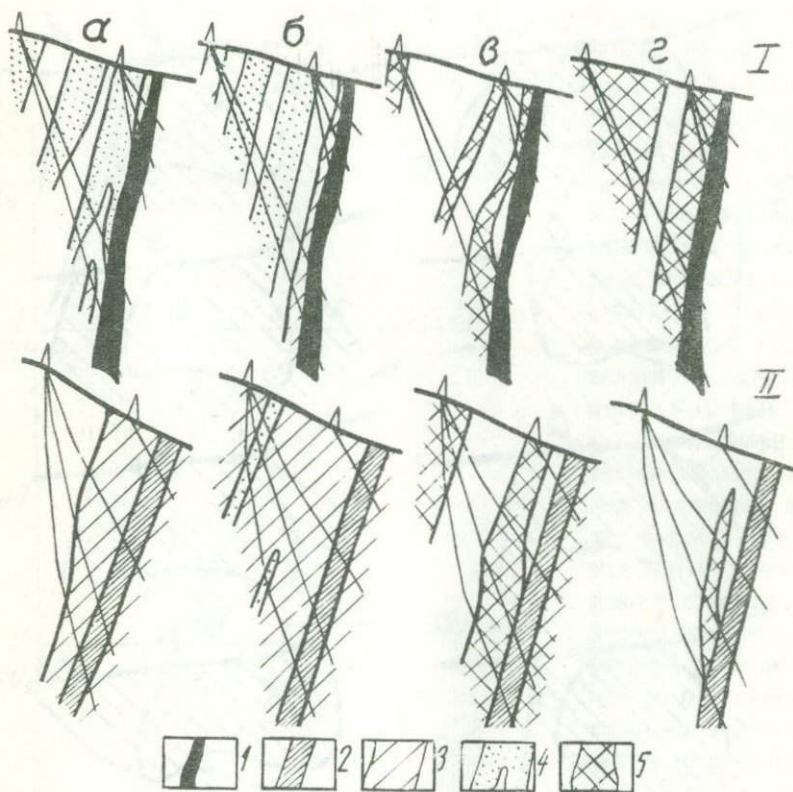


Рис. 2. Схема строения первичных ореолов на рудном (I) и безрудном (II) объектах:

Ореолы: а - олова, б - свинца, в - энергии привноса, г - энергии выноса;  
 1 - рудное тело, 2 - минерализованная зона, 3 и 4 - выше- и нижефоно-  
 вые содержания, 5 - аномалии энергии рудообразования

ного признака. В случае единичных линейных наблюдений в качестве оценочного признака может рассматриваться общая форма аномальной кривой.

Комплекс выбранных таким способом оценочных признаков позволяет дать общую геофизическую и геохимическую характеристику рудным и безрудным эталонным объектам. Ниже приводятся примеры схематической геофизической и геохимической характеристики некоторых объектов.

**Пример I.** На некоторых оловорудных месторождениях (Дальний Восток) промышленные рудные тела приурочены к крупным линейно вытянутым зонам кварцево-турмалиновых пород, залегающих в осадочных образованиях юрского возраста или меловых эффузивах. Зоны минерализации



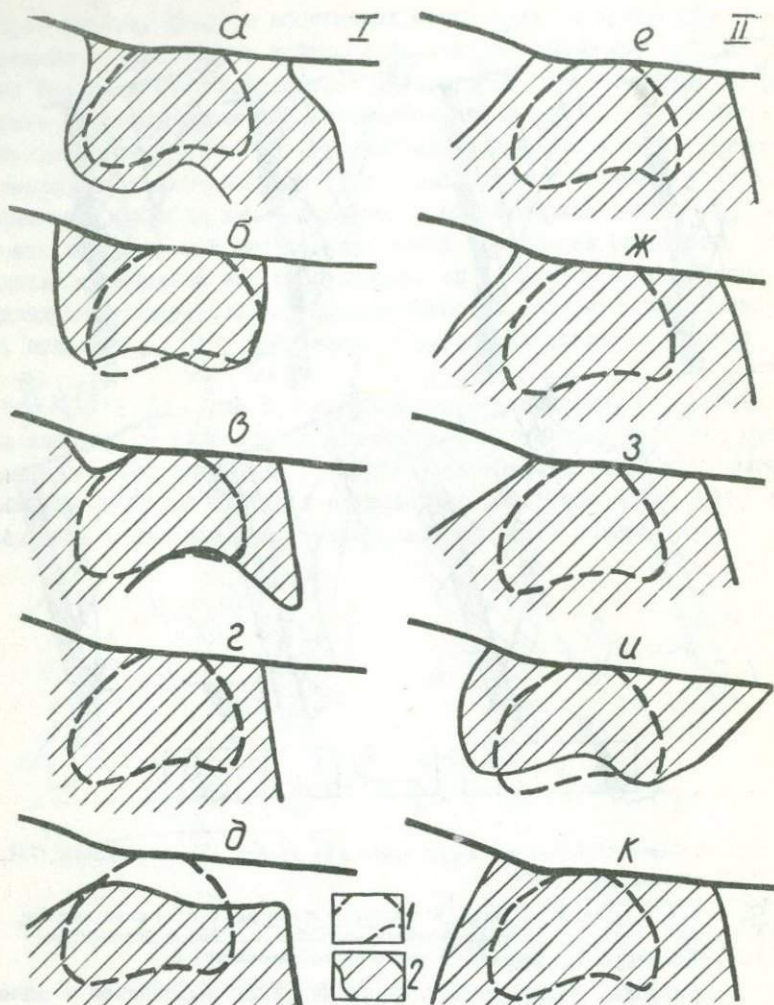


Рис. 3. Схематическая геофизическая (I) и геохимическая (II) характеристика эталонного объекта (в плоскости рудного тела):

Распределение параметров: а -  $\eta_k$ , б -  $\beta_k$ , в -  $P_{P_k}$ , г -  $K_{\eta_k}$ , д -  $\beta_k$ , е -  $S_{P_k}^-$ , ж -  $K_a$ , з -  $P^+$  - для первичного ореола;

1 - граница рудного тела, 2 - геофизическая или геохимическая аномалия

выделяются достаточно четко, рудные тела в пределах их устанавливаются по данным опробования. Изучение распределения геофизических и геохимических параметров на эталонных объектах позволило установить, что промышленно интересные части минерализованных зон дробления ха-

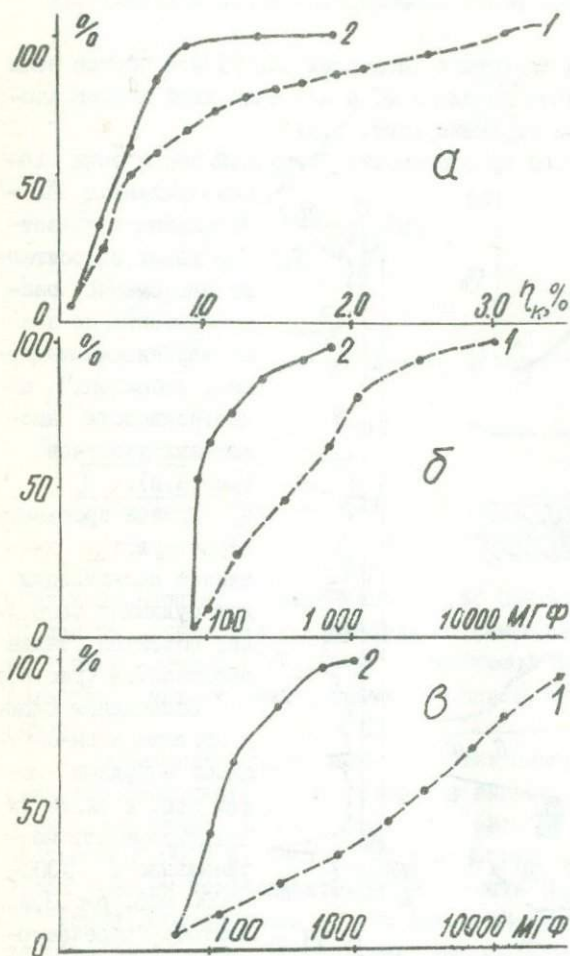


Рис. 4. Частота встречаемости различных значений  $\eta_k$  (а),  $\rho_k$  (б),  $P_{\gamma n}$  (в) в минерализованных породах на рудных (1) и безрудных (2) объектах

Вещающие породы вблизи рудных частей зоны характеризуются повышенными значениями  $\rho_k$  ( $> 3000$  Ом·м, рис. 3, д), высокой естественной гаммаактивностью  $\Gamma_{\gamma} (> 25$  мкР/час) и относительно низкой поляризуемостью ( $P_{\eta_k} < 500$  м.%,  $K_{\eta_k} < 0,3$ , рис. 3, в, г).

Кривая отношения суммарной компоненты магнитного поля к нормальной его составляющей для рудных объектов имеет характерный вид (минимальные значения — над рудным телом, максимальные — в стороны от

рактируются повышенной кажущейся поляризуемостью ( $> 10\%$ , рис. 3, а), большой частотой встречаемости высоких значений поляризуемости (рис. 4, а) наименьшим электрическим сопротивлением ( $< 100$  Ом·м, рис. 3, б) и наименьшей естественной гаммаактивностью ( $< 10$  мкР/час).

Неравномерность распределения указанных параметров приводит к тому, что в пределах рудной части зоны разные по промышленной значимости участки по этим параметрам различаются слабо, и вовсе не обязательно самая аномальная по какому-нибудь параметру часть зоны является наиболее промышленно интересной. Наоборот, центральные части рудных тел часто характеризуются их средними аномальными значениями.



него, а для безрудных она имеет равномерную слабую изрезанность (рис. I, II).

Кривые коэффициента частотной дисперсии над рудной частью зоны характеризуются отчетливым максимумом, а над безрудной частью аномальные участки их слабо выражены (рис. 5, б).

Кривая диэлектрической проницаемости безрудной части зоны ха-

рактеризуется значительным количеством узких относительно равномерно распределенных по всему изученному интервалу небольших по интенсивности аномальных участков (рис. 5, в).

Кривые временных характеристик вызванной поляризации для рудных и безрудных объектов также различаются (рис. 6, а).

Содержания олова и его элементов-спутников в рудных частях зон, а также их продуктивность максимальные (>300-1000 мгф, рис. 3, и,ж), частота встречаемости высоких содержания этих элементов также выше, чем в безрудных частях зон (рис. 4, б, в).

Четко выражена концентрическая зональность в распределении рудных элементов, которая соответствует единому

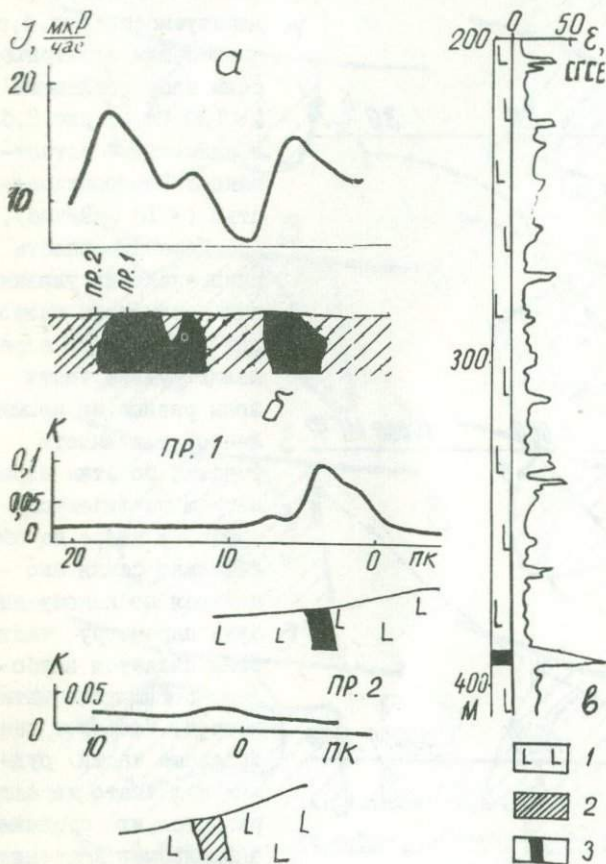


Рис. 5. Естественная гаммаактивность вмещающих пород (а), коэффициент частотной дисперсии над рудной (пр. 1) и безрудной (пр. 2) частями зоны (б) и диэлектрическая проницаемость безрудной части зоны (в):

1 - диоритовые порфиры, 2 и 3 - безрудные и рудные части зон

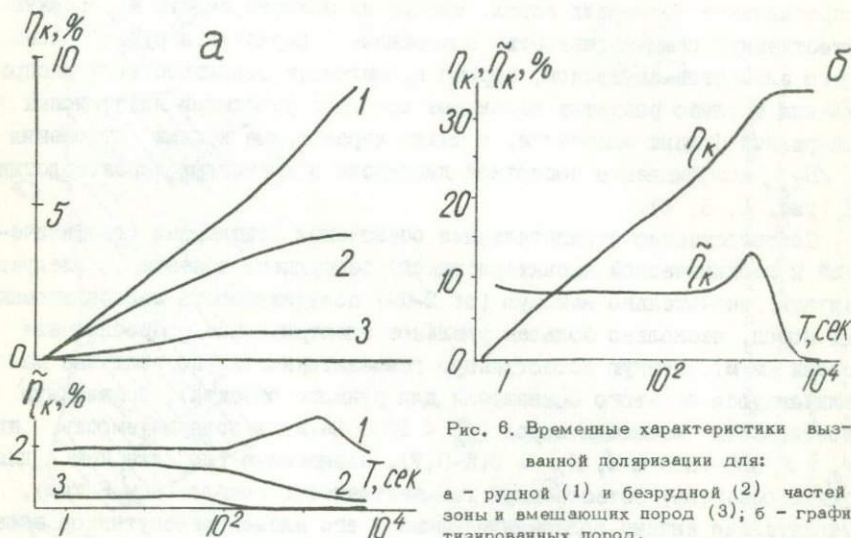


Рис. 6. Временные характеристики вызванной поляризации для:  
 а - рудной (1) и безрудной (2) частей зоны и вмещающих пород (3); б - графитизированных пород.

ряду зональности, установленному Л.Н. Овчинниковым и С.В. Григорьяном. От центра рудных тел к периферии со смещением вверх повышенные концентрации элементов сменяются в следующей последовательности: олово, вольфрам - мышьяк, медь, висмут - свинец, цинк, индий - сурьма (ртуть).

Во вмещающих породах рудные участки минерализованных зон характеризуются наибольшей продуктивностью выноса ( $P^+ > 100$  м.%, рис. 3, е, в) и энергией выноса ( $E^+ > 100$  усл. ед., рис. 2, г), небольшими продуктивностью ( $P^+ < 100$  м.%, рис. 3, з) и энергией ( $E^+ < 25$  ед., рис. 2, в) привноса и малым коэффициентом аномальности ( $K_A < 0,3$ , рис. 3, ж).

Такая геофизическая и геохимическая характеристика рудного объекта объясняется тем, что в момент рудообразования места локализации существующих рудных тел были наиболее благоприятны для концентрации вещества, в то время как вмещающие породы были относительно мало трещиноваты и инфильтрационный первичный ореол проявлялся слабо (рис. 2, а, б), тогда как диффузионные процессы, вследствие общей интенсивности оруденения, проявлялись достаточно широко, приведя к окварцеванию и серицитизации вмещающих пород.

Исходя из указанной общей характеристики эталонного рудного объекта, положительными оценочными признаками следует считать высокую проводимость и поляризуемость минерализованных пород и их низкую естественную гаммаактивность, а также высокое удельное электрическое



сопротивление вмещающих пород, низкую их поляризуемость и высокую естественную гаммаактивность, повышенные содержания в рудах олова и его элементов-спутников, хорошо проявленную зональность их распределения и слабо развитые первичные ореолы с участками нижефоновых содержаний рудных элементов, а также характерные кривые отношения  $N_{zc}/N_{zo}$ , коэффициента частотной дисперсии и временных характеристик ВП (рис. 1, 5, 6).

Соответственно отрицательными оценочными признаками (геофизической и геохимической характеристикой) безрудного объекта следует считать: значительно меньшую (до 2-5%) поляризуемость минерализованных пород, несколько большее удельное электрическое сопротивление (сотни Ом·м), низкую естественную гаммаактивность (по величине мало отличающуюся от этого показателя для рудного объекта), повышенную проводимость вмещающих пород ( $\rho_k < 1000$  Ом·м) и поляризуемость их ( $P_k > 500-1000$  м.%,  $K_p = 0,5-0,7$ ), повышенную (но ниже, чем для рудных объектов) естественную гаммаактивность (около 10 мкР/час), относительно низкие содержания олова и его элементов-спутников в минерализованных породах ( $< 100$  мг/т), слабое проявление зональности в распределении элементов, высокую продуктивность (больше 100 м.%) и энергию ( $E^+ > 25-100$  усл. ед.) привноса, низкую продуктивность ( $P < 100$  м.%) и энергию ( $E^- < 25$  усл. ед.) выноса, высокий коэффициент аномальности (0,5-0,7), характерный вид кривых отношения  $N_{zc}/N_{zo}$ , коэффициента частотной дисперсии и временных характеристик ВП (рис. 1, 5, 6).

Такая характеристика безрудного объекта объясняется наличием во вмещающих породах во время рудообразования значительного количества трещин, оперяющих основную рудоносную структуру и соизмеримых с ней по размеру, что приводило к преобладанию рассеяния рудного вещества во вмещающих породах над концентрацией его в рудах или преобладанию процессов инфильтрации над диффузией при образовании первичного ореола.

Пример 2. На другом оловорудном месторождении промышленные оловорудные тела приурочены к минерализованным зонам существенно кварцево-хлоритового состава. Вмещают орудение эффузивы мелового возраста. Границы рудных тел в пределах минерализованных зон устанавливаются по данным опробования. Геофизическая и геохимическая характеристика рудных и безрудных объектов в этом районе оказывается сходной с описанной в примере 1.

Для рудных частей зон отмечается увеличение значений поляризуемости  $P_k$  (до 10-15%), уменьшение электрического сопротивления пород  $\rho_k$  ( $< 500$  Ом·м, рис. 7, д) и естественной гаммаактивности  $J_\gamma$

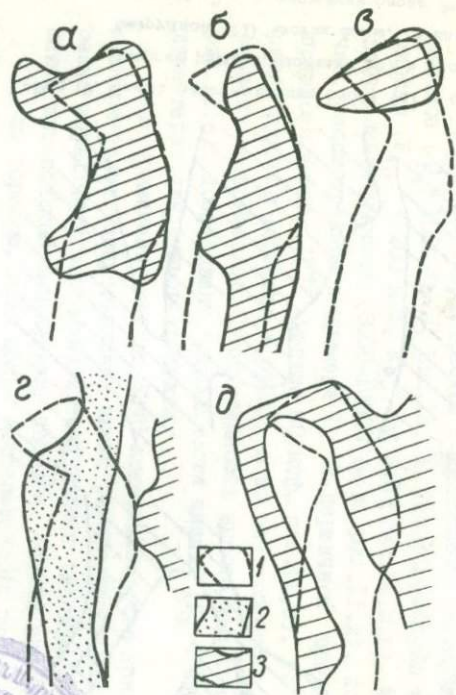


Рис. 7. Распределение меди (а), олова (б), свинца (в),  $J_{\gamma}$  (г),  $\rho_K$  (д) в вертикальной плоскости:  
 1 - контур рудного тела, 2 - участок со значениями  $J_{\gamma} < 10$  мкР/час, 3 - геофизические и геохимические аномалии

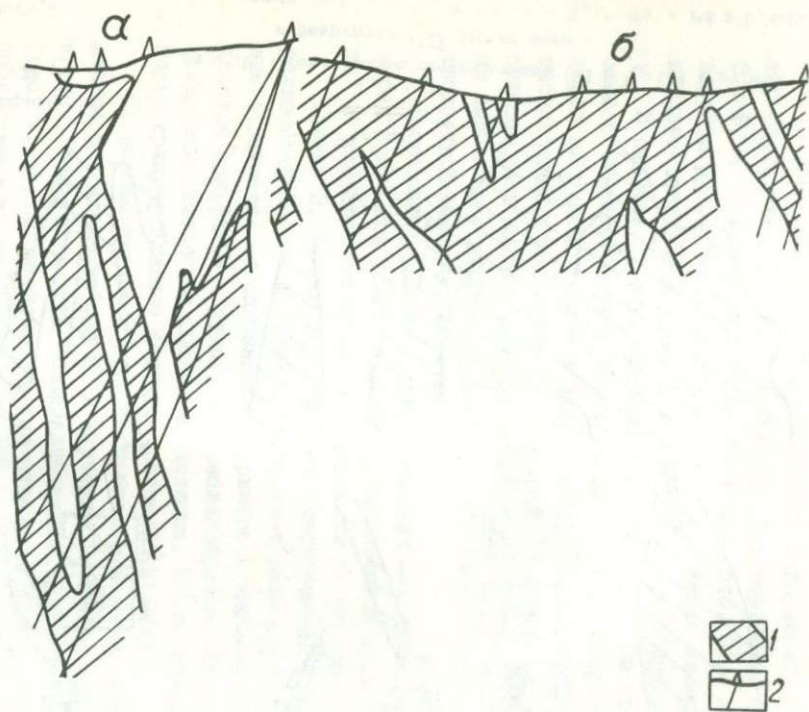


Рис. 8. Строение первичных ореолов олова в рудной (а) и безрудной (б) частях минерализованной зоны (поперечные разрезы)  
 1 - содержания олова  $> 0,001\%$ , 2 - скважины



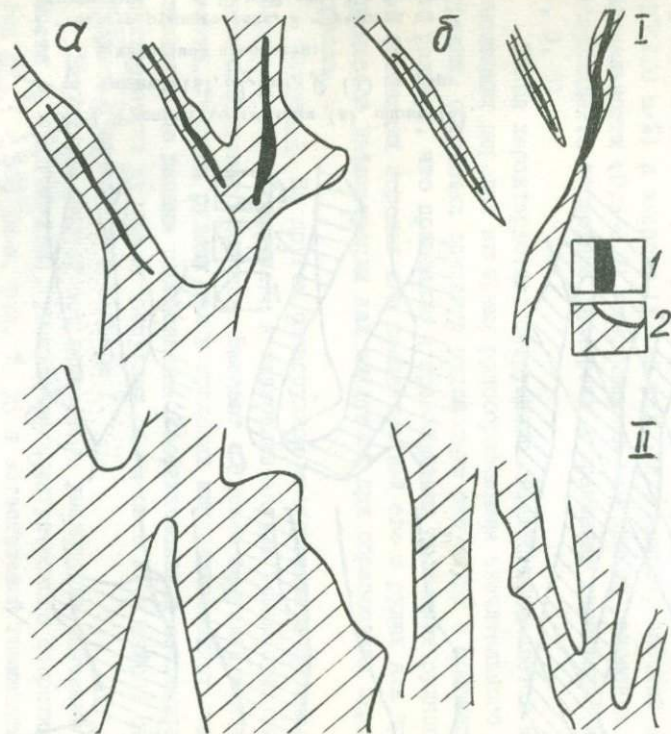


Рис. 9. Схема распределения олова (а) и суммарной энергии рудообразования (б) в рудной (I) и безрудной (II) частях зоны, (в плане)

1 - рудные тела, 2 - содержания олова  $> 0,001\%$  и значения энергии  $> 25$  усл. ед.

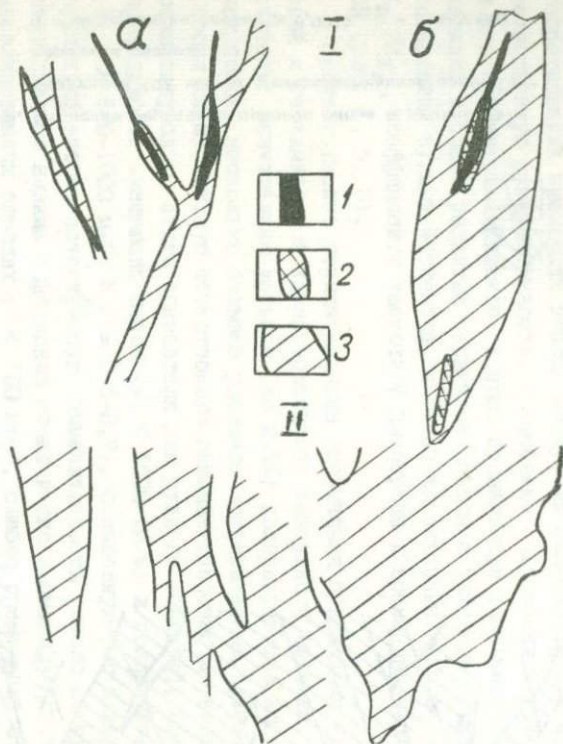


Рис. 10. Схема распределения свинца (а) и  $\eta_{\kappa}$  (б) в рудной (I) и безрудной (II) частях зоны

1 - рудные тела, 2 -  $\eta_{\kappa} > 10\%$ , 3 -  $\eta_{\kappa} > 5\%$  и  $P\& > 0,001\%$

(  $< 10$  мкР/час, рис.7,г), увеличение содержаний олова и его элементов-спутников (  $> 0,01\%$ , рис.7,а,б,в); первичные ореолы олова (рис. 8 и 9, а ) и его элементов-спутников (рис.10, а ) и суммарной энергии рудообразования (рис.9,б. ), а также аномалии кажущейся поляризуемости пород (рис.10,б, ) уже, чем в безрудных частях зон.

В отличие от зон, описанных в примере I, на этом месторождении слабее отмечается увеличение электрического сопротивления вмещающих пород на рудных участках зон и более явно выражена зональность в распределении элементов (рис.7). При этом внешние зоны, обогащенные свинцом, мышьяком и другими элементами, характеризуются минимальными значениями удельного электрического сопротивления и высокой естественной гаммаактивностью.

Указанные различия в распределении величин и параметров в примерах I и 2 при общем сходстве распределений можно объяснить меньшей интенсивностью процесса оруденения во втором случае.

Пример 3. Рудное тело третьего месторождения приурочено к минерализованной зоне дробления кварцево-турмалинового состава. Оруденение отличается от описанного в примере I значительно меньшим количеством сульфидов в рудах, что неблагоприятно для применения рекомендуемого комплекса оценочных методов. Таким образом, этот пример характеризует влияние факторов, осложняющих оценку.

На рассматриваемом рудном объекте оценочные признаки, установленные с помощью метода ВП и изучения первичных ореолов, менее конкретны. Поляризуемость минерализованных пород редко превышает  $10\%$  (рис. II,а), продуктивность (по отдельным элементам) -  $30-100$  мгф., продуктивность привноса  $< 50$  мгф (рис.II,з), энергия привноса  $25-100$  усл. ед. Электрическое сопротивление минерализованных пород высокое ( $\rho_k > 1000$  Ом·м, рис.II,б). Поляризуемость вмещающих пород низкая ( $R_{\eta k} < 200$  м.%,  $K_{\eta k} < 0,3$ ; рис.II,в,г), электрическое сопротивление высокое ( $3000-10000$  Ом·м, рис.II,д), но ниже, чем в случае, рассмотренном в примере I. В первичном ореоле продуктивность привноса низкая ( $P^+$  меньше  $50$  мгф, рис.II,з), но не из-за концентрации рудного вещества в рудах, а за счет общего обеднения ореолов элементами-примесями. Продуктивность выноса высокая ( $P^- > 100$  мгф, рис.II,е), коэффициент аномальности низкий ( $K_a < 0,3$ , рис.II,ж), что характерно для рудного объекта.

Опыт применения метода ДЭМП показывает, что кривые эффективного электрического сопротивления имеют разную форму для рудной (один резко выраженный максимум) и безрудной (с широким, более изрезанным и менее интенсивным аномальным участком) частей зон (рис.I, а).

Таким образом, хотя общие закономерности распределения геофизических и геохимических параметров сохраняются, оценка объектов с низ-



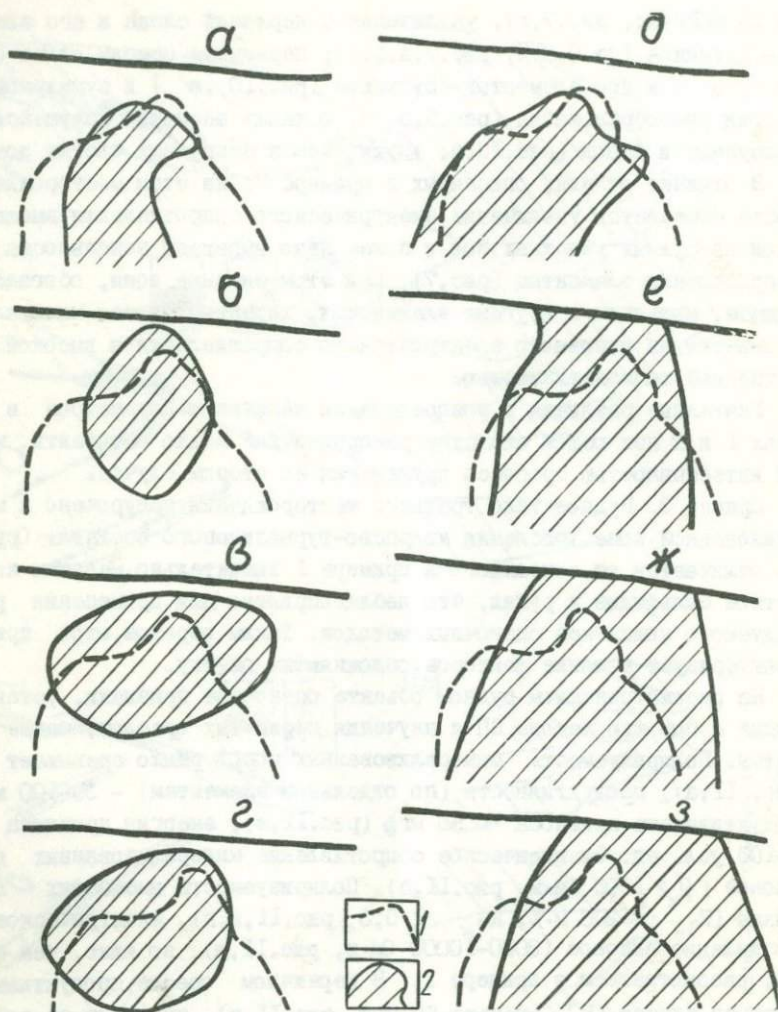


Рис. 11. Схема распределения параметров для малосульфидного месторождения: в минерализованных породах: а -  $\rho_{\kappa}$ , б -  $\rho_{\kappa}^{\prime}$ ; в первичном ореоле: в -  $P_{\eta_{\kappa}}$ , г -  $K_{\eta_{\kappa}}$ , д -  $\beta_{\kappa}$ , е -  $P^+$ , ж -  $K_{\alpha}$ , з -  $P^+$ ;

1 - граница рудного тела, 2 - геофизическая или геохимическая аномалия

ким содержанием сульфидов довольно затруднительные, так как по своим свойствам они занимают промежуточное положение между описанными в примере I рудными и безрудными объектами. При оценке таких объектов из комплекса следует полностью исключать индуктивные методы и радиоволновое просвечивание. В то же время, видимо, большее значение,

чем в случае, рассмотренном в примере I, будут иметь измерения частотных, временных и нелинейных характеристик ВП и сейсмоэлектрический метод.

2.20. Нередкое присутствие углистых образований на оловорудных месторождениях затрудняет применение геофизических методов. В данном случае методами ВП, ЕП, МПП фиксируются сильные аномалии, связанные с углистыми образованиями; и поэтому каждый из этих методов не может быть рекомендован для оценки. Однако комплексирование методов ВП (обеспечивает выделение углистых образований и рудных тел) и МПП (в присутствии углистых образований рудные тела выделяются слабо) позволяет определить природу аномалий.

Достаточно четкую характеристику углистых образований можно получить и по временным параметрам ВП (рис. 12).

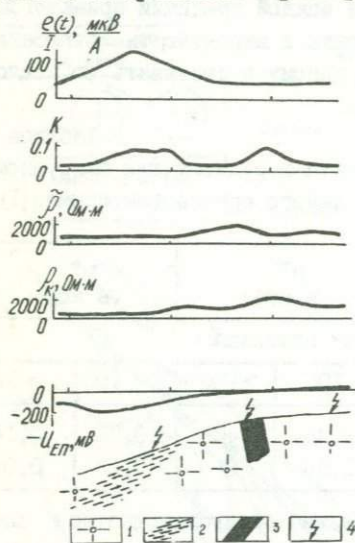


Рис. 12. Кривые геоэлектрохимических параметров:

1 - вмещающие и 2 - графитизированные породы, 3 - рудное тело, 4 - пункты наблюдений ВХ ВП

или градациям признаков. Основным при этом будет расчет частоты встречаемости каждой градации признака. Результаты расчета частоты встречаемости определенных соотношений  $\eta_k$  и  $\rho_k$  для минерализованных пород эталонного объекта, рассмотренного в примере I, показаны на рис. 13. В подобных диаграммах рассматривается сумма двух свойств как единый оценочный показатель.

2.21. При наличии даек кислого состава вблизи оцениваемых минерализованных пород устанавливаются также аномалии  $\int_y$ , по форме и интенсивности напоминающие аномалии от рудных частей зон; поэтому радиоактивные методы применять в таких случаях не рекомендуется.

2.22. Кроме качественной разбраковки при использовании оценочных геофизических и геохимических признаков (см. примеры I, 2, 3) возможна и количественная оценка вероятности отнесения изучаемого объекта к рудному и безрудному типу. Для этого при опытно-методических работах на эталонных объектах должен быть собран достаточный статистический материал, чтобы охарактеризовать их по выбранным признакам



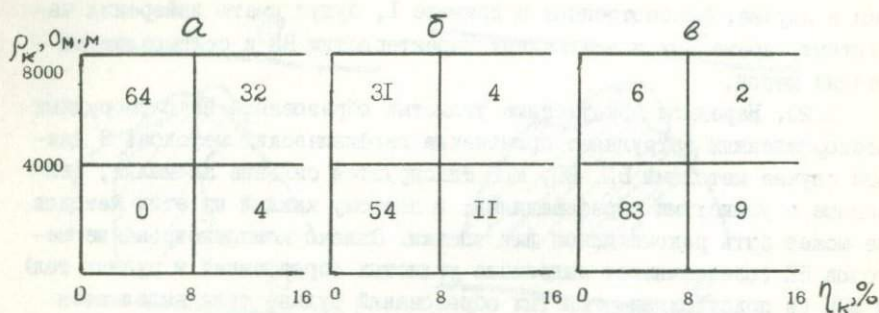


Рис. 13. Частота встречаемости (в %)  $\eta_k$  и  $\rho_k$  для объектов:

а - крупного, б - мелкого, в - безрудного

После расчета частоты встречаемости каждой градации признака для каждого оценочного класса легко рассчитать и вероятность отнесения оцениваемого объекта к рудному или безрудному и составить по каждому признаку оценочные таблицы (см. табл. I).

Таблица I

Вероятность отнесения оцениваемого объекта к рудному или безрудному по геохимическим характеристикам первичного ореола (см. пример I)

Объект	$K_a$			$P^-$ (в мгф)		$P^+$ (в мгф)	
	Градации признака						
	< 0,3	0,3-0,5	> 0,5	< 100	> 100	< 100	> 100
Рудный	1,0	0,82	0	0,46	1,0	0,71	0,14
Безрудный	0	0,18	1,0	0,54	0	0,29	0,86

2.23. Опытнo-методические работы должны предусматриваться специальным проектом, который составляют геофизические подразделения и обязательно согласовывают его с главным геологом ГРП (ГРЭ). Результаты опытнo-методических работ следует оформлять в виде специального отчета.

### 3. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ОЛОВА

3.1. Выбранные в результате опытнo-методических работ оценочные геофизические и геохимические методы должны использоваться в сочетании с геологическими методами и проходкой горных выработок и скважин. При этом должна быть определена рациональная последовательность применения разных методов для решения отдельных задач, в зависимости от геологических особенностей месторождений и выявленных оценочных возможностей каждого метода.

3.2. Общая последовательность оценочных работ следующая (рис.14): а) локализация рудоносной структуры, б) оценка пересечений, в) оценка масштаба оруденения, г) выбор участка под разведку.

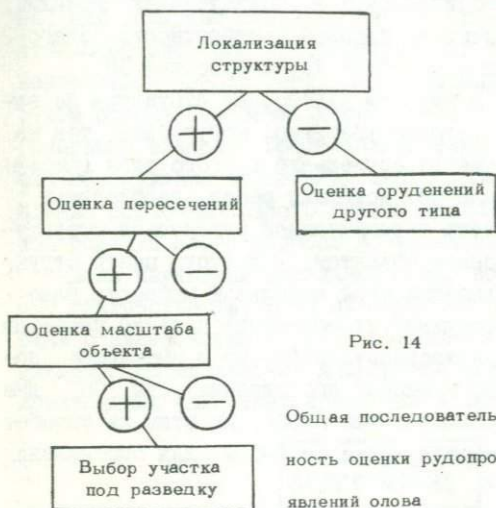


Рис. 14

Общая последовательность оценки рудопроявлений олова

3.3. При локализации рудоносных структур основными являются детальные поиски в масштабе 1:10000-1:5000 (визуальные поиски, металлотрическая съемка и геофизические исследования методами ВП (в варианте срединного градиента), ЕП, МПШ и радиометрия -при небольшой мощности наносов.

Более детальное изучение выявленных аномальных участков следует проводить методами ВП (комбинированное профилирование) и ДЭМП в масштабе 1:5000-1:2000 с

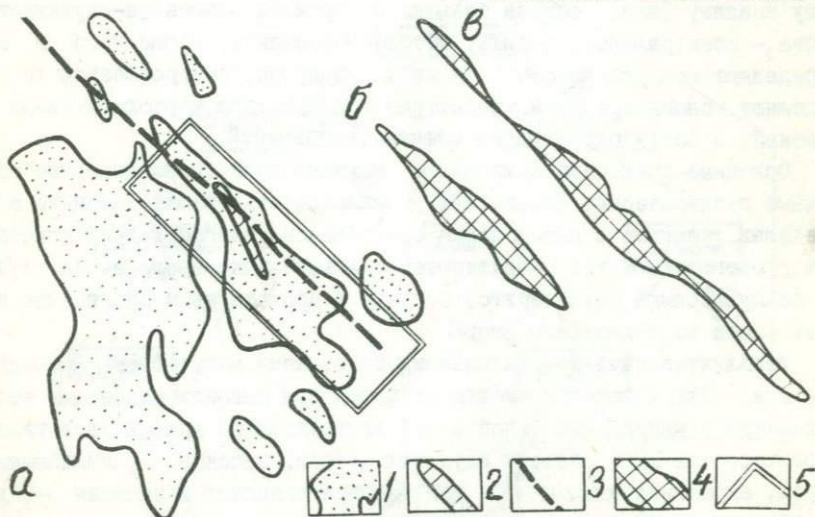


Рис. 15. Пример выделения оловоносной структуры по данным метода ВП (а) и изучения ореолов олова (б), меди и свинца (в):

аномалии  $\eta_k$  (срединный градиент): 1 -  $> 5\%$ , 2 -  $> 10\%$ , 3 - оси пересечения кривых  $\eta_k$  (КП), 4 - ореолы, 5 - перспективный участок



измерением содержания рудных элементов по профилям методом ЧИМ и определением временных, частотных и нелинейных характеристик ВП.

Положительными оценочными признаками при этом являются линейно-вытянутая форма совпадающих геофизических и геохимических аномалий, небольшая ширина их при относительно высокой контрастности, благоприятные временные частотные и нелинейные характеристики ВП.

Площади, где по указанным признакам рудоносная структура не выделяется или выделяется не достаточно уверенно, могут быть тем не менее перспективными на обнаружение оруденений другого типа (рис.14).

3.4. Оценка пересечения включает комплекс работ, необходимых для того, чтобы центральную часть перспективной рудоносной структуры можно было сравнить с эталонным объектом. Для этого центр структуры необходимо вскрыть 1-3 канавами (при небольшой мощности напоя) или скважинами (при значительной их мощности) с таким расчетом, чтобы пересечь не только минерализованную зону, но и вмещающие породы на протяжении не менее 100 м вкост простирания зоны. Со дна канав или из керна отбирают геохимические пробы. По этим же выработкам проводят геофизические измерения с шагом 2-5 м для определения  $\eta_k, \rho_k, U_{ep}, J_y$ .

Геохимические пробы подвергают высокочувствительному спектральному анализу (или, в случае больших содержаний элементов-спутников олова, - спектральному анализу методом просыпки). Кроме того в них определяют содержание фтора, а из части пробы, раздробленной до 1 мм, выделяют мономинеральный касситерит для кристалломорфологических измерений, а затем определения элементов-примесей.

Основные оценочные признаки - геохимические (положительные обобщенные геохимические показатели, комплексность ореола, наличие в его пределах участков с нижефоновым содержанием, благоприятный кристалломорфологический тип касситерита, положительные прогнозы на глубину по примесям в касситерите, близкие к промышленным прогнозные запасы олова по содержанию фтора).

Дополнительными положительными признаками могут быть средние значения поляризуемости вмещающих пород при высоких значениях этого параметра в минерализованной зоне, экстремумы на кривых частотных характеристик ВП в области звуковых частот, высокое  $\rho_k$  вмещающих пород, аномально низкая  $J_y$  для минерализованных и высокая - для вмещающих пород.

В случае совпадения указанных положительных признаков пересечение оценивают положительно. Однако возможны случаи, когда часть признаков свидетельствует о сходстве исследуемого объекта с рудным, а другая часть - с безрудным объектом. В этом случае признаки рассматривают последовательно (рис.16).

Например, когда по ряду признаков, в частности геофизическим, пересечение оценено положительно, следует определять геохимическую характеристику первичного ореола, в первую очередь его комплексность. В случае, когда ореол не содержит типичных элементов-спутников олова, или содержит один-два из них (некомплексный ореол), рекомендуется проверять его контрастность по отдельным элементам. При неконтрастном ореоле пересечение оценивают отрицательно. При контрастном ореоле пересечение проверяют на наличие руды другого типа (например, свинца). После положительного решения вопроса о возможности обнаружения оруденения иного типа необходимо проводить специальные оценочные работы другим комплексом методов. При отрицательном решении этого вопроса пересечение оценивают как безрудное.

Если изучаемый первичный ореол комплексный, следует определять его контрастность. Если он окажется неконтрастным (отсутствуют участки с нижефоновым и резко повышенными содержаниями элементов) оценивают соседние пересечения по простиранию в обе стороны. Наличие положительных оценочных признаков в каком-либо из двух новых пересе-

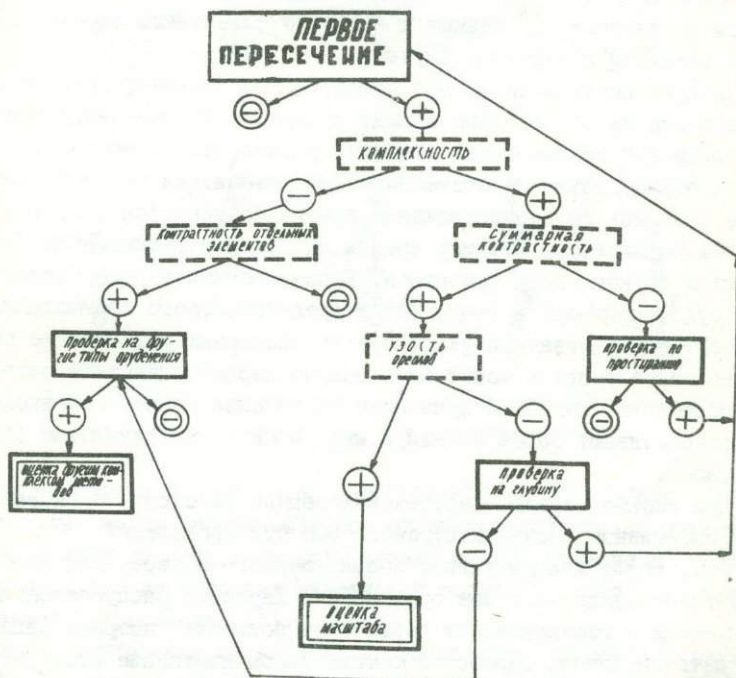


Рис. 18. Схема оценки первого пересечения



чений позволяет рассматривать его как первое и вновь проводить оценку уже этого пересечения. При отсутствии положительных оценочных признаков в новых пересечениях все пересечения оцениваются отрицательно.

Если комплексный ореол оказывается контрастным, учитывается его ширина. Узкий контрастный ореол позволяет оценить первое пересечение положительно и перейти к оценке масштаба оруденения. Если же этот ореол окажется широким, необходимо проверить его на глубину путем бурения скважины глубиной 80-160 м. Если ширина ореола (по скважине) уменьшается, то это пересечение рассматривается как I-ое, и оценку проводят снова по описанной схеме. Если ширина ореола не уменьшается, необходимо проверить пересечение на оруденение другого типа.

Указанная схема иллюстрирует лишь общий принцип последовательной оценки первого пересечения. Для каждого конкретного района наиболее эффективными могут оказаться иная схема оценки первого пересечения и иной набор положительных оценочных признаков, но последовательное их рассмотрение позволит наиболее полно учесть разные варианты соотношения признаков и наиболее объективно оценить пересечение в каждом конкретном случае.

Следует иметь в виду, что положительно оцененное первое пересечение вовсе не обязательно должно содержать промышленные концентрации олова при промышленной мощности рудных тел, и наоборот, в оцененном отрицательно пересечении могут находиться кондиционные руды. Такие казалось бы парадоксальные выводы объясняются тем, что пересечение оценивается с точки зрения сходства с рудным эталонным объектом по комплексу признаков. Неравномерность распределения олова в рудах приводит к тому, что в пределах любого промышленного тела могут обнаруживаться участки некондиционных руд (мелкие окна) и именно такой участок может быть вскрыт первой оценочной выработкой. Распределение комплекса признаков значительно менее неравномерно, и оно обеспечивают более надежную информацию, чем единичные определения олова.

При оценке первого пересечения обычно удается отбраковать, как неперспективные (безрудные), около 60% рудопоявлений.

3.5. После положительной оценки первого пересечения необходимо перейти к оценке масштаба оруденения. Характер распределения геофизических и геохимических параметров позволяет выбрать рациональную сеть оценочных выработок с тем, чтобы изменение этих параметров определялось наиболее контрастно и достоверно. По имеющемуся опыту можно проходить выработки и скважины (по прострианию и падению рудоносной структуры) через 80-160 м. Именно на таком расстоянии

от границы рудного тела могут устанавливаться положительные оценочные признаки даже в случае наиболее мелкого промышленного тела. Если вызывают интерес только наиболее крупные промышленные объекты, то указанные расстояния могут быть увеличены.

Оценка масштаба оруденения предполагает последовательную проходку оценочных выработок, определение по ним тех же оценочных признаков, что и в первом пересечении, и получение данных о непрерывности оруденения между выработками.

По данным таких работ можно либо полностью оконтурить рудное тело (с подсчетом запасов по категории  $C_2$  и прогнозных), либо определить, что изученная часть его по масштабу уже является промышленной.

После положительной оценки (рис. 17, а) первого пересечения (I) каждое последующее пересечение (канавы II, III и т.д.) по комплексу признаков может быть оценено либо положительно, либо отрицательно.

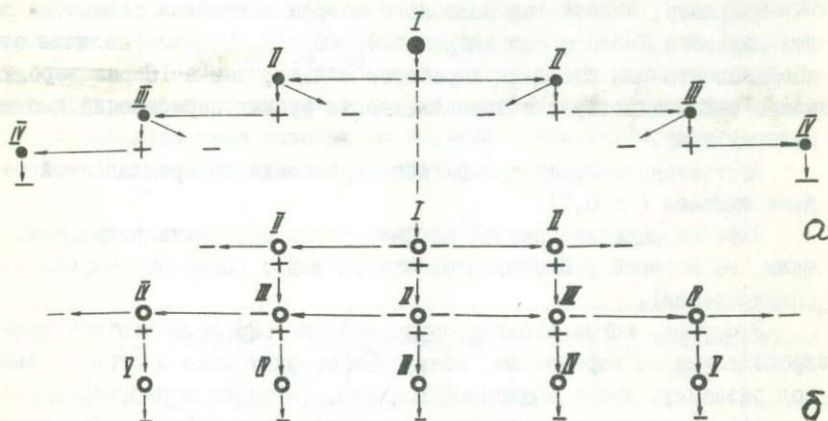


Рис. 17. Схема оценки масштаба оруденения: по канавам (а) и скважинам (б) (последовательность работ показана цифрами)

При положительной оценке (например, пересечения II) с обеих сторон проходят две новые канавы (III). При отрицательной оценке пересечения II с какой-либо стороны следующую канаву с этой стороны не проходят. Канавы проходят до вскрытия участков с отрицательными оценочными признаками (пересечение IV).

Оценку оруденения на глубину проводят путем бурения скважин (рис. 17, б). Первая скважина должна пересечь рудное тело в 80-160 м ниже первой канавы (первого пересечения). В случае положительной оценки пересечения (скв. I) бурят три скважины (II) в стороны по про-



стиранию и ниже по падению от скв. I. Положительная оценка пересечений (по скв. II) определяет необходимость бурения скв. III и т.д. до выхода на участки, где будут определены отрицательные оценочные признаки.

При отрицательной оценке пересечений (скв. I) скв. II бурят только в стороны по простиранию, с учетом возможного склонения рудного тела. Со стороны, где по скв. II рудное тело оценивается положительно, ниже ее и дальше по простиранию бурят скв. III и т.д.

Бурение скважин прекращают при отрицательной оценке пересечений по двум соседним скважинам по простиранию и одной - по падению.

Непрерывность оруденения между выработками устанавливают по данным МЭК, РВП, корреляции по ВП и геохимическим. При корреляции пересечений по геохимическим данным рассчитывают специальный геохимический коэффициент (отношение произведений содержаний рудных элементов в минерализованной зоне).

Например, в качестве подобного коэффициента для одного из районов Дальнего Востока был выбран  $K = C_{Pb} \cdot C_{Zn} / C_{Cu} \cdot C_{Ag}$ . Различие этого коэффициента для соседних выработок меньше, чем в 10 раз вероятнее всего свидетельствует о принадлежности рудных пересечений к одному рудному телу.

Достоверность оценки масштаба оруденения по предлагаемой методике высокая ( $> 0,7$ ).

3.6. Разведочные работы рекомендуется проводить в пределах площади, на которой располагаются положительно оцененные выработки (пересечения).

В случае, когда граница оруденения не определяется контуром, проведенным по выработкам, оцененным положительно и отрицательно, под разведку, кроме изученной площади, выделяют и перспективные участки за пределами положительно оцененных выработок. Эти перспективные участки могут быть выделены по данным их изучения методами заряда, ЕП, ВП (с использованием МУСГ), сейсмoeлектрического, а также с помощью специальных геохимических методов, каротажа и изучения распределения олова и его элементов-спутников в рудном теле.

3.7. Роль разных методов в общей схеме оценки рудопроявлений олова различна. Так, при локализации структур определяющими являются геофизические методы (в основном метод ВП), при оценке пересечений - геохимические методы, при оценке масштаба оруденения - в равной степени - геохимические (для оценки каждого пересечения) и геофизические (МЭК, РВП и др. для установления непрерывности оруденения между выработками) и, наконец, при выборе участка под разведку - геофизические методы (заряда, ЕП и др.).

3.8. При проведении оценочных работ очень важна правильная их организация, так как различные их виды часто выполняются разными подразделениями геологической службы. Поэтому при проектировании этих работ следует составлять календарные планы, учитывающие все виды работ и сроки их проведения. Кроме того, необходимо предусматривать возможность изменения видов и объемов работ в зависимости от полученных в процессе оценки результатов.

#### 4. ПРИМЕРЫ ОЦЕНКИ

Пример I. На одном из поисковых участков по свалам была прослежена зона кварцево-турмалиновых пород. Положение ее было определено по пространственно совпадающим аномалиям ВП и ЕП. В пределах этих аномалий по данным металлометрической съемки были установлены разобщенные, малококонтрастные ореолы свинца, олова и меди. Пройденные каналы позволили установить, что это зона по минералогическим и геологическим особенностям весьма сходна с зонами, содержащими небольшие по запасам промышленные рудные тела. В каналах промышленных содержаний олова не установлено. Для поисков скрытого оруденения было пробурено 6 скважин, две из которых пересекли промышленные руды. 4 скважины были оценены по геофизическим (качественно, табл. 2) и геохимическим (вероятности, табл. 3) параметрам.

Таблица 2

Положительная (+) и отрицательная (-) оценка пересечений по геофизическим параметрам

№ скв.	$\eta_K$ зоны, %	$\rho_K$ зоны, Ом·м	$\rho_{\eta_K}$ вмещ. п., м. %	$K_{\eta_K}$ вмещ. п.	$\rho_K$ вмещ. п., Ом·м	Общая оценка
1	I6(+)	I43(+)	63(+)	0,1(+)	5900(+)	+
2	I3(+)	34(+)	233(+)	0,2(+)	5900(+)	+
3	I6(+)	380(-)	I000(-)	0,5(-)	3I00(+)	-
4	57(+)	5(+)	5I5(+)	0,3(+)	4500(+)	+

Таблица 3

Вероятность положительной оценки объекта по геохимическим параметрам первичного ореола

№ скв.	$K_a$	$P^-$	$P^+$	Средняя вероятность
1	I,0	0,82	0,75	0,86
2	I,0	0,82	0,75	0,86
3	I,0	0,22	0,75	0,66
4	I,0	0,22	0,75	0,66



Приведенные данные свидетельствуют о принадлежности изученных пересечений к зонам рудного типа. Участку в целом дана положительная оценка.

Наиболее интересна по изменению значений признаков северная часть зоны (скв. I и 2). Данные метода заряда, МЭК и геохимической корреляции свидетельствуют о непрерывности рудной минерализации между выработками и вытянутости оруденения к северу (далее последних скважин). Эта часть зоны рекомендуется для разведки.

Пример 2. Другая зона, находящаяся в сходных геологических условиях, выявлена по свалам турмалиновых пород и совпадающим аномалиям ВП и ЕП. С поверхности она вскрыта канавами, не установившими промышленного оруденения. Для поисков оруденения на глубине пробурены (в районе канавы с наиболее благоприятными признаками оруденения) две скважины, результаты геофизических и геохимических оценочных работ по которым приведены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Положительная (+) и отрицательная (-) оценка пересечений по геофизическим параметрам

№ скв.	$\eta_K$ зоны, %	$\rho_K$ зоны, Ом·м	$R_{\eta_K}$ вмести. п., м·%	$K_{\eta_K}$ вмести. п.,	$\rho_K$ вмести. п., Ом·м	Общая оценка
I	10(-)	10(+)	3800(-)	0,55(-)	8500(+)	-
2	10(-)	10(+)	1000(-)	0,40(-)	3500(+)	-

Таблица 5

Вероятность положительной оценки объекта по геохимическим параметрам первичного ореола

№ скв.	$K_a$	$P^+$	$P^-$	Средняя вероятность
I	0	0,50	0,78	0,43
2	0	0,75	0,82	0,52

В целом участок оценен отрицательно, хотя параметры улучшаются по направлению от первой скважины ко второй. Для большей уверенности заключения следует пробурить еще одну скважину в 160 м от скв. 2 по простиранию зоны и провести в ней полный комплекс оценочных работ.

Пример 3. Третий участок слабо изучен с поверхности геофизическими методами. Он находится на продолжении крупной рудоносной структуры, в которой известны промышленные рудные тела кварцево-турмалинового состава. Зона, вскрытая канавами с поверхности, по геологи-

ческим данным и содержанию олова оценивается отрицательно. Для поисков скрытого оруденения через 160 м по простиранию пробурено шесть скважин. Полный комплекс оценочных работ удалось провести не во всех скважинах из-за плохой устойчивости их стенок (табл.6).

Таблица 6

Положительная (+) и отрицательная (-) оценка пересечений по геофизическим и геохимическим параметрам

№ скв.	$\rho_{\text{к}}$ ЗОНЫ, %	$\rho_{\text{к}}$ ЗОНЫ, Ом·м	$R_{\text{к}}$ Вмещ. П., м·%	$K_{\text{лк}}$ Вмещ. П.	$\rho_{\text{к}}$ Вмещ. П., Ом·м	$K_{\alpha}$	$R^+$ , мгф	$R^-$ , мгф	Общая оценка
1			800(-)	0,5(-)		0,6(-)	150(-)	70(-)	-
2			800(-)	0,5(-)		0,8(-)	130(-)	90(-)	-
3			800(-)	0,5(-)		0,6(-)	110(-)	80(-)	-
4			800(-)	0,5(-)		0,7(-)	140(-)	60(-)	-
5	25(+)	3(+)	700(-)	0,6(-)	2000(+)	0,6(-)	80(+)	100(+)	+/-
6	30(+)	10(+)	380(+/-)	0,3(+)	2000(+)	0,3(+)	20(+)	150(+)	+

В целом по геофизическим и геохимическим параметрам южная часть участка (скв.1-4) оценена отрицательно, а северная его часть рекомендуется для продолжения оценочных работ далее к северу и на глубину.

Пример 4. Четвертый рудный участок расположен в другом оловорудном районе, где небольшие рудные тела, выявляемые по данным опробования, обнаруживаются в пределах крутопадающих зон, сложенных серицито-кварцевыми и кварцевыми метасоматитами по кислым эффузивным породам. Изучаемая зона выявлена по геологическим данным. Методом ВП по схеме срединного градиента обнаружена широкая аномалия, в пределах которой трудно установить положение этой зоны. Детализация методом ВП по схеме комбинированного профилирования позволила достаточно точно проследить положение зоны. Дополнительная информация о положении зоны и связи аномалий ВП с оруденением получена методом ЧИМ (установлены повышенные содержания олова, меди и свинца в пробах). Поляризуемость пород зоны - около 5%, что несколько меньше поляризуемости пород рудного объекта (площадь аномалий составляет 0,3, 0,05, 0,03 км<sup>2</sup> в разных частях зоны (1, 2, 3 тела), тогда как на эталонном объекте она составляет 0,15 км<sup>2</sup>. При этом ширина аномалий и на эталонном и на изучаемых объектах не превышает 100-200 м (за исключением 3-го тела, где она достигает 250 м). Небольшая площадь аномалий объясняется малой их протяженностью по простиранию; ширина их непропорционально велика, что является отрицательным оценочным признаком.

Зона была вскрыта канавами для отбора бороздовых и геохимических проб из коренных пород. 1-ое и 2-ое тела сопровождаются комп-



лексными, узкими, контрастными ореолами. 3-е рудное тело отмечается только по малоконтрастному ореолу олова, и по сумме всех признаков оно оценено отрицательно. По геохимическим данным 1-ое и 2-ое тела с поверхности были оценены положительно, хотя промышленных содержаний олова в них не установлено.

Для оценки на глубину 1-го и 2-го тел было пробурено несколько скважин. По данным скважинных геофизических исследований  $\eta_k$  вмещающих пород значительно выше, чем на эталонном объекте;  $\rho_k$  пород зоны минерализации близко к эталонному, вмещающих пород — ниже его. Область минимальных значений  $J_y$  в два раза меньше, чем на эталонном объекте.

В целом по геофизическим данным трудно ожидать выявление на участке промышленного объекта или такой объект по размерам должен быть меньше эталонного.

Размеры геохимических аномалий с глубиной сохраняются неизменными, но контрастность их резко уменьшается; признаки зонального распределения элементов в рудных телах отсутствуют. Таким образом, по геохимическим данным эти тела следует оценивать отрицательно. В целом участок не рекомендуется для проведения разведки.

Пример 5. Пятый участок расположен в том же районе, что и четвертый. Площадь его перекрыта четвертичными отложениями значительной мощности. Как перспективный он был выделен по аномальным значениям  $\eta_k$ , однако большая площадь и малая контрастность аномалий вызвала сомнение в сходстве тел участка с рудными объектами. Методом ВП с установкой комбинированного профилирования в пределах аномалии  $\eta_k$  были отчетливо прослежены вытянутые зоны.

Пробуренные скважины встретили минерализованные породы по составу сходные с эталонными, но не несущие промышленного оловянного оруденения. Все скважины исследовались геофизическими и геохимическими методами. В самих зонах отмечено пониженное значение  $\rho_{kk}$  и повышенное  $-\eta_k$ , близкое, но меньшее, чем для эталонного объекта. Во вмещающих породах наблюдалась широкая малоконтрастная аномалия  $\eta_k$  и относительно низкие значения  $\rho_k$ . В зоне отмечались пониженные значения  $J_y$  (до 15 мкР/час), но характерных областей повышенных значений  $J_y$  во вмещающих породах не наблюдалось.

По геохимическим данным установлены широкие, малоконтрастные некомплексные ореолы олова и некоторых его элементов-спутников.

Все геофизические и геохимические данные позволили оценить этот участок отрицательно.

Приведенные примеры показывают, что вследствие геологических, но чаще технических и организационных причин, оценочные работы не всег-

да удается проводить в соответствии с указанной схемой. Так, в первых трех примерах оценка начиналась с определения масштаба оруденения преимущественно по скважинам, тогда как в четвертом и пятом примерах в силу непромышленного характера объектов она по существу заканчивалась оценкой пересечений. Объемы бурения были несколько большими, чем это требуется при правильной организации комплексных оценочных работ, что объясняется одновременным проведением оценки и обработки ее методики.

Наконец, в приведенных примерах рассмотрены три варианта сравнения оцениваемого объекта с эталонным: вероятностная оценка по геохимическим данным (примеры 1 и 2), сравнение численных значений параметров (примеры 1-3) и качественная оценка по общему характеру распределения признаков (примеры 4 и 5).

Указанное подчеркивает необходимость, с одной стороны, более правильно организовывать оценочные работы и проводить их по возможности наиболее комплексно, а с другой стороны, свидетельствует о возможности проведения геофизических и геохимических исследований на любом этапе поисково-оценочных работ.

Характер обработки данных (качественная или количественная оценка) зависит от степени изученности эталонного объекта и общего объема опытно-методических работ. В каждом районе по мере накопления материала можно будет переходить от качественной к количественной оценке.



## С о д е р ж а н и е

	стр.
В в е д е н и е . . . . .	3
1. Общие положения . . . . .	4
2. Опытнo-методические работы . . . . .	6
3. Методика оценки рудопроявлений олова . . . . .	22
4. Примеры оценки . . . . .	29

Вып. № 201

Оценка рудопроявлений олова (методические рекомендации)

Ведущий редактор Н.Н. Алексеев

Художник Ю.Г. Галинский

---

М-31895 Подписано к печати 31/X 1975

60 x 90 1/10

2,3 печ. л.

Тираж 500 экз.

Заказ № 1054

Цена 23 коп.

---

ОНТИ ВИТР, 199106, Ленинград, Весельная ул.,6

Ротапринт ВИТР, 199111, Ленинград, Кожевенная линия,23,а



Цена 23 коп.

1484