

ИНСТИТУТ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И КРИСТАЛЛОХИМИИ  
РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОИСКИ  
ПЕРЕКРЫТЫХ СУЛЬФИДНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПО НАЛОЖЕННЫМ ОРЕОЛАМ**

Методические рекомендации

МОСКВА — 1975

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

МЕЖДУВЕДОМСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМЕ:  
«НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ  
МЕСТОРОЖДЕНИИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»

ИНСТИТУТ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И КРИСТАЛЛОХИМИИ  
РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

550.8.


2242

# ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОИСКИ ПЕРЕКРЫТЫХ СУЛЬФИДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО НАЛОЖЕННЫМ ОРЕОЛАМ

Методические рекомендации

(ОДОБРЕНО БЮРО МЕЖДУВЕДОМСТВЕННОГО СОВЕТА ПО ПРОБЛЕМЕ:  
«НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ  
МЕСТОРОЖДЕНИИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»)

МОСКВА — 1975



Ответственный редактор

**С. В. ГРИГОРЯН**

Составители:

**Н. И. НЕСВИЖСКАЯ, Ю. Е. САЕТ**



## ВВЕДЕНИЕ

Актуальнейшей задачей прикладной геохимии являются поиски перекрытых месторождений, т. е. погребенных под покровом более молодых рыхлых, преимущественно аллохтонных отложений. Эти месторождения наиболее сложны для поисков, так как не сопровождаются поисковыми признаками близ дневной поверхности. Вместе с тем, по расчетам А. П. Соловова (1968), наибольший резерв еще не выявленных запасов металлов заключен в перекрытых и скрыто-перекрытых месторождениях.

Применяемая ныне методика поисков перекрытых месторождений базируется на комплексировании геофизических исследований с поисково-картировочным разбуриванием геологически прогнозируемых площадей. Точность геологических прогнозов пока еще невелика и поэтому в разряд перспективных попадают огромные территории, опосковывать которые отмеченными выше методами экономически неэффективно и непроизводительно.

Исследования последних лет во многих рудных районах показывают, что над погребенными месторождениями или их первичными ореолами в перекрывающем аллохтонном чехле и современных почвах обычно устанавливаются отчетливые геохимические аномалии, в ряде случаев весьма контрастные даже при спектральном определении элементов-индикаторов. В других случаях по данным валового определения элементов они не выявляются, однако могут быть уверенно выделены по результатам фазового химического анализа, извлекающего наложенную эпигенетическую составляющую рассеяния (солевые ореолы) и, таким образом, повышающего контрастность аномалий.

Применение метода фазового химического анализа с целью изучения форм нахождения элементов и выявления слабых наложенных ореолов было начато в 1935 г. Н. И. Сафроновым. Это направление обосновывалось в трудах целого ряда наших ведущих исследователей — теорети-



ков геохимического метода поисков: И. И. Гинзбурга (1957), В. И. Красникова (1957), А. И. Перельмана (1966), А. П. Соловова (1959).

Развитие методики поисков с использованием тех или иных вариантов фазового химического анализа обязано исследованиям А. Д. Миллера, Г. А. Вострокнутова и др. (создателей частично-фазового метода), С. П. Албула и др. (сорбционно-солевой метод), Л. В. Антроповой и др. (последовательный дробный фазовый анализ).

В ходе апробации различных методов изучения форм нахождения элементов в наложенных ореолах рассеяния накоплен большой фактический материал, однозначно свидетельствующий, что такие ореолы образуются и достигают дневной поверхности даже в случае значительной мощности перекрывающего покрова (до 100 м).

Однако широкое практическое использование наложенных солевых ореолов для выявления перекрытых месторождений пока не начато. Это вызвано технологической сложностью исследований, требующих по большому числу разработанных методик трудоемкого и малопродуктивного химического определения большого круга элементов-индикаторов в вытяжках после фазового химического извлечения наложенной составляющей рассеяния. Технологические сложности в свою очередь резко ограничили объемы собиравшихся по наложенным ореолам материалов. В частности, особенно мало сведений о влиянии ландшафтно- и литолого-геохимической обстановки на особенности строения и состава наложенных ореолов и вариации геохимического фона. Поэтому первоочередной задачей представляется разработка экспрессных полевых методов выявления наложенных ореолов.

В настоящей работе эта задача решается на основе определения в вытяжках суммы тяжелых металлов, позволяющей заменить трудоемкий химический анализ на отдельные элементы экспрессным групповым определением основных элементов-индикаторов сульфидных месторождений.

На возможность решения поставленной задачи подобными методами указывали еще Блюм (Blum, 1955) и А. Д. Миллер (Миллер и др., 1959), настоящая работа является развитием идей этих исследователей. Кроме того, для ряда условий был проведен подбор наиболее эффективных фаз, что позволило при фазовом анализе отказаться от изучения части принципиально возможных для данной породы

или почвы форм нахождения элементов в ореоле и резко ускорило проведение исследований.

Как показали методические и опытно-производственные исследования, предлагаемые в работе приемы позволяют непосредственно в полевых условиях и с высокой производительностью выявлять ореолы перекрытых месторождений и, таким образом, оперативно направлять и локализовать дорогостоящие поисково-буровые работы.

Ограниченность имеющегося фактического материала по характеристикам и параметрам наложенных ореолов рассеяния погребенных месторождений не позволяет пока в общем случае детально осветить такие важнейшие вопросы методики поисков, как густота поисковой сети, принципы выделения и интерпретации аномалий, их полноценное решение в каждом конкретном регионе требует дополнительных методических исследований на эталонных объектах, характерных для района поисковых работ. Основными задачами этих исследований должны быть: выяснение зависимости характеристик наложенной составляющей рассеяния от минералого-геохимического типа месторождений, их размеров и условий расположения относительно древней эрозионной поверхности, литолого-геохимических особенностей перекрывающего покрова и типов геохимического ландшафта.

В связи со сказанным, вопросы интерпретации аномалий рассматриваются в данном пособии в самом общем виде. Тем не менее, в ряде районов вполне уже возможно проведение производственных поисковых работ, к ним относятся такие районы развития перекрытых полиметаллических и медноколчеданных месторождений как Центральный Казахстан, Мугоджары и Северо-Западный Алтай.

В сборе полевых и аналитических данных, приводимых в работе, помимо авторов участвовала группа сотрудников Центральной геохимической экспедиции ИМГРЭ: Р. И. Ефимова, Н. Я. Игумнов, Л. И. Кашина, Л. Н. Петрова, Н. Г. Цалкина.

Большую помощь в сборе материалов оказали главный геолог Жайремской ГРЭ А. А. Рожнов, ст. геолог Александровской геохимической экспедиции И. Ф. Мясников, начальник партии ЦГЭ ИМГРЭ А. А. Головин.

Авторы пользовались ценными советами кандидата химических наук А. Д. Миллера.

Всем названным товарищам выражается самая глубокая признательность.

## ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКСПРЕССНЫХ МЕТОДОВ ВЫЯВЛЕНИЯ НАЛОЖЕННЫХ ОРЕОЛОВ ПЕРЕКРЫТЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Для перекрытых месторождений возможны только наложенные (эпигенетические) вторичные ореолы рассеяния. Они образуются в результате миграции газов и вод, осуществляющих в той или иной степени геохимическую связь между коренными породами (вмещающими рудные тела и первичные ореолы рассеяния), перекрывающими рыхлыми аллохтонными толщами и современным ландшафтом.

При образовании наложенных ореолов закрепление элементов происходит в ходе эпигенетических преобразований перекрывающих аллохтонных толщ на геохимических барьерах. Оно обусловлено разнообразными процессами, важнейшими из которых являются:

- 1) сорбция и ионный обмен (на глинистых минералах, гидроокислах и органическом веществе);
- 2) осаждение на карбонатном барьере (при выпадении из растворов карбонатов или при их взаимодействии с карбонатными породами);
- 3) осаждение на окислительном барьере (соосаждение элементов с гидроокислами железа и марганца);
- 4) осаждение на восстановительном барьере (образование сульфидов в средах, обогащенных сероводородом);
- 5) осаждение на щелочно-кислотном барьере (соосаждение с гидроокислами алюминия и кремния);
- 6) осаждение в результате выпадения в осадок при испарительной концентрации;
- 7) биологическое накопление.

Исследования А. И. Перельмана (1968) показывают, что степень концентрации рудных элементов в ходе эпигенетических процессов может быть весьма значительной. Однако для наложенных ореолов в рыхлых аллохтонных толщах наиболее вероятно появление небольших абсолютных кон-



центраций элементов-индикаторов перекрытого оруденения. В результате, появление наложенного ореола может слабо отразиться на валовом содержании элементов (Сает и др., 1972; Сает, Несвижская, 1974).

Низкий уровень концентрации элементов-индикаторов в наложенных ореолах (как будет показано ниже, это содержания, составляющие 10—40% от кларковых величин, т. е. порядка  $n \cdot 10^{-5}$ — $n \cdot 10^{-4}\%$ ) приводит к резкому уменьшению количества возможных форм их нахождения в таких ореолах по сравнению с теоретически возможными при гипергенезе (например, в зонах окисления, корах выветривания, остаточных вторичных ореолах). Наиболее вероятные формы нахождения элементов-индикаторов оруденения в наложенных ореолах (микроэлементов) будут определяться составом эпигенетических новообразований (формами нахождения макроэлементов). В частности, наиболее распространенными формами нахождения являются воднорастворимые соединения (сульфаты и хлориды), сорбированный комплекс, карбонаты и воднонерастворимые сульфаты, органо-минеральные соединения, гидроокислы и окислы железа, марганца и алюминия, глинистые минералы.

Незначительные количества элементов-индикаторов в наложенных ореолах при достаточно высоких фоновых их содержаниях могут быть вообще не выявлены при спектральном анализе проб, либо выявлены в виде слабоконтрастной аномалии. В этих случаях используется фазовое химическое извлечение наложенной аномальной составляющей рассеяния, которое должно обеспечить обнаружение слабых аномалий, скрытых за уровнем помех при валовом анализе проб.

Современное состояние методики выявления наложенных ореолов характеризуется развитием исследований в следующих основных направлениях.

1. Почвенно-гидрохимический метод (Долуханова, 1957, 1963), заключающийся в извлечении из почв аномальной составляющей рассеяния, связанной с воднорастворимыми соединениями.

2. Частично-фазовый метод (Миллер и др., 1959, 1962, 1963; Юшков, 1967; Вострокнутов, 1968 и др.), заключающийся в эмпирическом подборе растворителей, извлекающих из пород и почв так называемые легкоподвижные формы. Эти формы не имеют точного минералого-геохимического определения и выделяются из пород и почв по принципу макси-

мального извлечения элемента в вытяжку или максимальной контрастности аномалии в каждом конкретном случае. В качестве экстрагента применяется, главным образом, соляная кислота различных концентраций.

3. Сорбционно-солевой метод (Албул и др., 1966), заключающийся в последовательном извлечении из пород и почв воднорастворимых соединений (водная вытяжка), сорбированных соединений (щелочная вытяжка) и карбонатов (уксуснокислая вытяжка).

4. Методы рационального (фазового) анализа пород и почв (Антропова и др., 1968, 1970; Сает и др., 1972; Сает, Несвижская, 1974), заключающиеся в детальном изучении минеральных форм нахождения отдельных элементов-индикаторов (или групп форм близких по характеру связи и типу соединений).

Схема фазового анализа, используемая авторами при изучении форм нахождения элементов во вторичных ореолах рассеяния составлена на основе сопоставления аналогичных схем, применяемых при изучении состава руд, литолого-геохимических и почвенно-геохимических исследованиях, а также в результате собственных экспериментальных разработок. Теоретической и, в ряде случаев, фактической основой послужили известные схемы, предлагавшиеся А. Д. Миллером с соавторами (1959), Л. В. Антроповой и др. (1970), С. П. Албулом и другими (1966), М. Л. Джексоном (Jackson, 1956).

Схема предусматривает обработку породы (или почвы) растворителями, последовательно извлекающими все более прочносвязанные соединения:

- 1) воднорастворимые соединения — извлечение водно-спиртовым раствором;
- 2) обменно-сорбированный комплекс — извлечение спиртовым раствором хлористого калия;
- 3) карбонаты и воднонерастворимые сульфаты — извлечение буферной ацетатной смесью ( $\text{pH} \approx 4,2$ );
- 4) органо-минеральные соединения — обработка перекисью водорода с последующим извлечением ацетатной смесью;
- 5) гидроокислы железа — обработка реактивом Честера (раствор гидроксиламина солянокислого и уксусной кислоты,  $\text{pH} = 1,7$ );
- 6) окислы железа (для пород кварц-каолинитового состава) — обработка раствором соляной кислоты;

7) глинистые минералы — водно-механическое выделение фракции менее 0,01—0,005 мм.

Детальная характеристика и критический анализ всех упомянутых выше методов приведены в обобщающей работе авторов (Сае, Несвижская, 1974).

Следует заметить, что изучение наложенных ореолов находится пока еще в самой начальной стадии развития. В этой связи, большинство исследователей совершенно справедливо основной своей задачей ставили разработку методики выявления и доказательство самого факта существования наложенных ореолов, оставляя на будущее задачу их всестороннего геохимического исследования. В большинстве случаев наложенные ореолы выявлены и изучены по какой-либо одной форме нахождения элементов. Разнообразие применяемых приемов анализа не дает возможности для однозначного сопоставления полученных данных. Тем не менее следует отметить, что в большинстве случаев эффективные результаты получены при использовании сравнительно слабых экстрагентов (растворы малой концентрации уксусной или соляной кислот), извлекающих так называемые легкоподвижные формы нахождения элементов. Последние, как показал проведенный нами анализ интенсивности воздействия различных растворителей на породы и минералы (Сае, Несвижская, 1974), обычно включают воднорастворимые соединения, сорбированные элементы, карбонаты, сульфаты и некоторую часть гидроокислов и окислов железа и марганца.

Данных по сводному балансу форм нахождения элементов в наложенных ореолах мало. Авторами такие материалы были получены по ореолам медноколчеданных месторождений в Мугоджарах и полиметаллических месторождений в Центральном Казахстане. Исходя из литолого-геохимических особенностей вмещающих ореолы пород, для исследования были выбраны следующие формы нахождения, извлекаемые фазовым химическим анализом: 1) солевая форма, группирующая воднорастворимые соединения, карбонаты и воднонерастворимые сульфаты; 2) органо-минеральная форма (только для почв); 3) гидроокислы и окислы железа; 4) глинистые минералы.

В фильтрах вытяжек проводилось либо раздельное определение основных элементов-индикаторов (медь, цинк, мышьяк, молибден, кобальт), либо определялись суммы тяжелых металлов. Общее содержание элементов и содержание



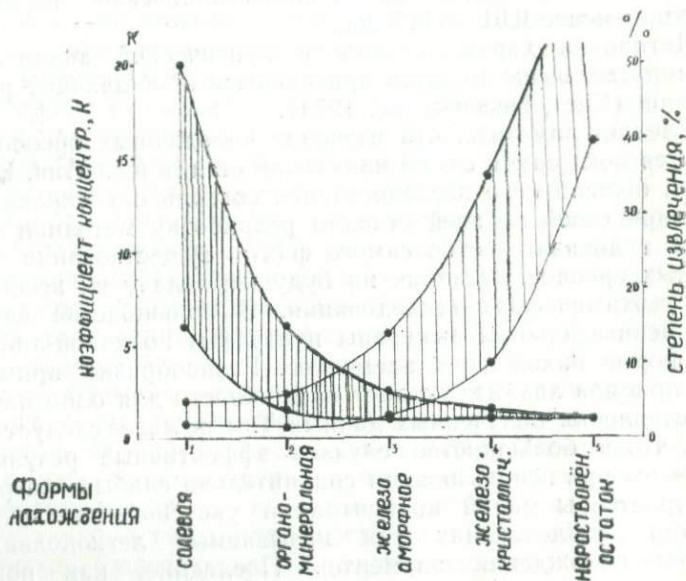


Рис. 1. Соотношения между формой нахождения тяжелых металлов и контрастностью наложенных ореолов в почвах над перекрытым месторождением Ушкатын-III (Центральный Казахстан)

в глинистых минералах определялось количественным спектральным методом.

Анализ распределения общего содержания элементов по формам их нахождения показывает, что более 80% как в условиях ореола, так и на фоне связано с глинистыми минералами, гидроокислами и окислами железа (рис. 1, табл. 1). Однако контрастность аномалий, связанных с этими формами нахождения, невелика (коэффициент накопления элементов 1,5—2,0, редко 2,5). Наиболее контрастные ореолы связаны с солевой и органо-минеральной формами нахождения (коэффициент накопления 3—5 до 18). Важно отметить, что абсолютные содержания элементов в этих формах невелики и их доля в общем балансе элементов также мала (0,5—7,0%). Таким образом, именно солевая и органо-минеральные формы нахождения элементов наиболее информативны для выявления наложенных ореолов рассеяния в рассматриваемых условиях.

Формы нахождения меди и цинка в рыхлых аллохтонных образованиях Северных Мугуджар

Характер распределения	Медь				Цинк			
	солевая форма	органо-минеральная	гидро-окислы и окислы	глинистые минералы	солевая форма	органо-минеральная форма	гидро-окислы и окислы	глинистые минералы
Среднее содержание элемента в фоновых пробах, $\text{п} \cdot 10^{-5}\%$	8	10	150	470	5	5	440	700
Средне-аномальное содержание элемента, $\text{п} \cdot 10^{-5}\%$	16—40	24—30	162—262	1000	12—21	15—90	522—720	1500
Коэффициент накопления	2,0—5,0	1,8—3,0	1,2—2,0	1,2—2,0	2,9—4,4	3,0—18,0	1,5	1,2—2,5
Относительная концентрация элемента, связанного с определенной формой его нахождения, %	1—7,0	1,5—7,0	20—80	18—65	0,5—2,5	0,6—3,0	28—90	11—65

Следует также отметить, что при детальной расшифровке наложенных ореолов в солевой форме для исследовавшихся и известных по литературным данным условий (карбонатсодержащие, иногда гипсоносные слабощелочные или нейтральные породы и почвы с поглощенным комплексом, насыщенным кальцием) воднорастворимые и обменно-сорбированные формы нахождения элементов оказались проявленными плохо.

Выводы о высокой эффективности сорбционных, карбонатных и органо-минеральных форм нахождения элементов для выявления наложенных ореолов следуют из анализа работ групп С. П. Албула (Университет дружбы народов им. П. Лумумбы) и Л. В. Антроповой (Всесоюзный институт методики и техники разведки).

С. П. Албулом с сотрудниками (1966), в частности, широко используется уксуснокислая вытяжка, извлекающая сорбированные и частично карбонатные формы. Л. В. Антроповой (1971) на значительном материале показана возможность выявления в почвах ореолов, связанных с гуматно-фульватным комплексом.

Следует заметить, что мы не отрицаем возможности практического использования для поисков по наложенным ореолам и других форм нахождения элементов. В частности, по теоретическим представлениям (Перельман, 1966) в условиях аридных ландшафтов и ландшафтов с многолетней мерзлотой представляется перспективным использование воднорастворимых форм и гидроокислов железа и марганца. Однако мы пока не располагаем фактическим материалом по контрастным наложенным ореолам в этих условиях.

Даже при небольших коэффициентах концентрации элементов в аномалиях, наложенные ореолы выявляются обычно с очень высокой достоверностью. Это обусловлено использованием фазового химического анализа, извлекающего из сложных и разнообразных по составу пород и почв некоторую стабильную минералого-геохимическую форму нахождения (приближающуюся к мономинеральной). В результате резко уменьшаются природные дисперсии содержаний в однородном объекте (тип почвы, ландшафт) и различия между сосуществующими природными объектами (сопряженные ландшафты). В качестве примера приведем данные по распределению суммы меди, свинца и цинка в ацетатно-буферных вытяжках из пространственно сопряженных типов почв в Центральном Казахстане и в перекисно-ацетатно-буферных вытяжках из почв Рудного Алтая (табл. 2).



Фоновое распределение суммы тяжелых металлов  
в вытяжках из почв гумусовых горизонтов

Район	Тип почв	Тип вытяжки	Среднее содержание $n \cdot 10^{-5}\%$	Дисперсия
Центральный Казахстан	Светлокаштановые, сухостепные	Ацетатно- буферная	24,0	9,0
	Солонцы	То же	32,0	11,0
	Солончаки	То же	18,0	7,0
Рудный Алтай	Черноземы обыкно- венные	То же	15,0	5,0
	То же	Перекисно- ацетатно- буферная	33,0	8,0

Подводя некоторые итоги, отметим следующие важнейшие выводы:

1. Выявление наложенных вторичных ореолов требует использования фазового химического анализа. При этом необходимо достаточно строгое избирательное извлечение наиболее информативных форм нахождения элементов, концентрирующих эпигенетическую наложенную составляющую рассеяния в ореоле. В некоторых случаях аналитическое смешение различных форм нахождения элементов в ходе фазового анализа может привести к снижению интенсивности выделяемых аномалий.

2. Современное состояние методики изучения наложенных вторичных ореолов характеризуется большим разнообразием схем фазового извлечения элементов и использованием довольно трудоемких методов раздельного химического определения элементов-индикаторов. Это обуславливает невозможность сопоставления результатов различных исследователей и техническую сложность организации производственных поисков перекрытых месторождений.

3. Практические задачи по увеличению минерально-сырьевой базы во многих наиболее перспективных рудных районах СССР могут быть решены лишь при условии проведения широких поисковых работ на еще плохо изученных «закрытых» территориях. Это требует создания экспрессных полевых ме-

тодов выявления наложенных вторичных ореолов рассеяния.

4. Имеющиеся сведения по наложенным ореолам рассеяния показывают, что экспрессные методы их выявления могут быть основаны на комплексе приемов, включающем в себя: 1) использование унифицированной методики извлечения наиболее информативных форм нахождения элементов в ореоле; 2) применение групповых методов определения элементов-индикаторов (сумма тяжелых металлов). Ниже будут детально описаны эти методы, показана их высокая производительность и возможность организации исследований непосредственно в полевых условиях.

---

## **МЕТОДИКА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВАЖНЕЙШИХ МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ФОРМ НАХОЖДЕНИЯ, ФИКСИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТЫ- ИНДИКАТОРЫ В НАЛОЖЕННЫХ ОРЕОЛАХ**

Выше было показано, что во многих случаях при поисках перекрытых месторождений по наложенным вторичным ореолам рассеяния в почвах наиболее информативны органо-минеральная форма нахождения элементов-индикаторов и так называемая солевая форма, группирующая воднорастворимые соединения, сорбированные формы нахождения элементов, карбонаты и воднонерастворимые сульфаты.

Для извлечения этих форм были подобраны селективные растворители.

### **Извлечение солевой формы нахождения элементов-индикаторов**

В прикладной геохимии, литологии и почвоведении имеется значительное количество исследований, посвященных фазовому анализу соединений, условно объединенных нами в солевую форму нахождения элементов.

Имеющийся опыт показывает, что могут быть подобраны растворители, извлекающие лишь воднорастворимые соединения и обменно-сорбированные формы; карбонаты и воднонерастворимые сульфаты пока не удается разделить химически и обычно они извлекаются совместно.

Основным методом разложения пород с целью извлечения этих соединений являются кислотные вытяжки. В практике исследований почв для растворения карбонатных минералов широко используется 10% соляная кислота, однако она разрушает также окисные соединения и некоторые силикаты.

При литолого-геохимических исследованиях широко используется вытяжка 2N уксусной кислотой, проводимая при соотношении твердой и жидкой фаз 1:20 и двукратной об-



работке по 0,5 час при 100°С. Проведенная нами проверка этого растворителя показала недостаточную его селективность: уже при однократной обработке при 100°С в течение 20 мин частично разрушается пирит и окислы железа.

Слабая по концентрации уксусная кислота порядка 0,04N при условии холодной обработки карбонатных минералов является селективной лишь для кальцита и практически не разрушает доломит (Пельш, Власова, 1962), что используется рядом исследователей для разделения карбонатов. Такой же слабой реактивной способностью обладает буферный раствор ацетата аммония (Филиппова, 1963), который в течение 30 мин при 20°С при перемешивании полностью извлекает церуссит и англезит, не затрагивая практически доломит.

Хорошо известный реактив Джексона (Jackson, 1956) — буферный раствор ацетата натрия с  $pH=5,3$  при условии нагрева на водяной бане в течение 30 мин извлекает из пробы кальцит уже при однократной обработке. При нашей проверке селективности реактива Джексона получено, что лишь при пятикратной обработке таким раствором пробы, содержащей доломит, последний разрушается до 90%.

Из этого краткого обзора мы видим, что имеющиеся реагенты либо слишком реактивоспособны и затрагивают другие минеральные формы, либо слабореактивоспособны и не растворяют всех карбонатных минералов.

Растворимость карбонатов интересующих нас элементов-индикаторов обычно несколько лучше, чем растворимость доломита. В связи с этим для поставленной задачи достаточно подобрать растворитель, разлагающий доломит, но не затрагивающий другие минералогеохимические формы нахождения элементов (сульфиды, гидроокислы железа и марганца, силикаты). За основу экспериментов была взята предложенная М. Л. Джексоном буферная смесь, но с более кислым  $pH$ , равным 4,2. Экспериментально было установлено, что такая буферная смесь (1 объем 1N раствора ацетата натрия и 2 объема 1N раствора уксусной кислоты) является реактивоспособной на доломит уже при однократной обработке в условиях, рекомендуемых М. Л. Джексоном (нагрев на водной бане в течение 30 мин). При этой обработке совершенно не затрагиваются гидроокислы железа, сульфиды и силикаты, но извлекаются сульфаты (гипс).

При проверке этого экстрагента на пробах из пород и почв с различными литологическими характеристиками (содержание углекислоты карбонатов от 1 до 8%, сульфа-

тов от 0,3 до 2,5%) уже при однократной обработке полностью извлекались в вытяжку (всего было проведено 20 экспериментов).

Из всего сказанного следует, что выбранный растворитель — ацетатно-буферная смесь с  $\text{pH}=4,2$  — является селективным по отношению к карбонатным минералам и водонерастворимым сульфатам.

#### Пропись для извлечения солевой формы нахождения элементов-индикаторов

Навеска воздушно-сухой пробы весом 5 г, либо остаток пробы, при раздельном определении форм нахождения микроэлементов (после извлечения воднорастворимых соединений и обменно-сорбированной формы) заливается буферной уксуснокислой смесью в соотношении 1:10 твердой и жидкой фаз. Буферная смесь составляется из 2 объемов 1 N уксусной кислоты и 1 объема 1 N раствора уксуснокислого натрия. Обработка пробы смесью происходит в течение 20 мин на кипящей водяной бане, при условии погружения колбы в кипящую воду. Количество обработок лимитируется полным выходом карбонатов.

Проверка полноты извлечения карбонатов вытяжкой следующая: часть (0,5 г) уже обработанной пробы переносится в 200 мл колбу, приливается 30—40 мл дистиллированной воды и перемешивается в течение 30 сек. Затем в колбу добавляется несколько капель фенолфталеина и около 1—2 г кристаллического фтористого натрия. Суспензия взбалтывается и нагревается до кипения. После 5 минутного кипения суспензия охлаждается до  $20^{\circ}\text{C}$  и добавляется еще несколько капель фенолфталеина. Если окраска суспензии розовая, это означает, что в пробе взбалтывается и нагревается до кипения. После 5-минутного кипения рить; если фенолфталеин не дает окрашивания, то карбонаты из пробы извлечены и обработка буфером на этом заканчивается.

Эта качественная проверка на выход карбонатов основана на фиксации иона  $\text{CO}_3^{2-}$  в результате реакции неразложившихся карбонатов с фтористым натрием.

Исследования на количество повторностей карбонатной вытяжки проводятся перед началом работ из отдельной навески для 2—3 проб со сходными литолого-геохимическими особенностями. Часто бывает достаточно одной повторности. После обработки пробы на водяной бане проводится фильтрование в сухие колбы, либо в полиэтиленовые бутылочки емкостью не менее 100 мл. Остаток на фильтре высушивается и при необходимости направляется на следующую фазовую обработку (перекисную вытяжку). В фильтрате проводится определение микроэлементов.

#### Реактивы

Ацетатно-буферная смесь — 2 объема 1 N р-ра уксусной кислоты и 1 объем 1 N р-ра ацетата натрия.

Приготовление из расчета на 6 л смеси:

а) 228,6 мл уксусной кислоты доводится дистиллированной водой до 1 л и добавляется еще 3 л дистиллированной воды.

б) 164 г ацетата натрия растворяется в 2 л дистиллированной воды.

Приготовленная таким образом смесь подвергается очистке дитизо-



ном. К смеси добавляется 100 мл 0,01% р-ра дитизона и содержимое взбалтывается в течение 10—15 мин. После взбалтывания смесь отстаивается и сливается в другой сосуд, отработанный дитизон выбрасывается. Операция взбалтывания смеси с раствором дитизона повторяется до получения неизменяемой окраски прибавляемого дитизона. Очищенная смесь сливается в следующий сосуд и прибавляется 200 мл четыреххлористого углерода для растворения в смеси остатка дитизона. Содержимое взбалтывается, затем четыреххлористый углерод отстаивается; смесь сливается в рабочий сосуд. Смесь готова.

### Извлечение органо-минеральной формы нахождения элементов-индикаторов

Органическое вещество почвы по классификации М. М. Кононовой (1963) делится на группы: гуминовые кислоты, фульвокислоты и гумины (сложные минеральные соли гуминовых кислот).

Тюрин И. В. (Аринушкина, 1961) предлагает извлечение органических соединений щелочами и серной кислотой и считает, что фракция, извлекаемая щелочами, связана с кальцием и подвижными формами  $R_2O_3$ , а фракция, извлекаемая серной кислотой, — с минеральной частью почвы (силикатные формы). Эта методика, широко применяющаяся для изучения органического вещества, непригодна для рационального анализа форм нахождения элементов, так как используемые реагенты разлагают силикаты, окислы железа, сульфиды.

М. М. Кононова (1963) для извлечения из почвы гуминовых кислот и фульвокислот предлагает применение пиррофосфата натрия (0,1 N раствор  $Na_2P_2O_7 \cdot 10H_2O$  с добавлением 0,4% раствора NaOH). Экспериментально было установлено, что наибольшее количество гумусовых веществ извлекаемо при pH=13. М. М. Кононова считает, что при обработке почвы этой смесью извлекаются гумусовые вещества, связанные с кальцием и с несиликатными формами железа и алюминия.

На основе этого принципа Л. В. Антропова (1971) разработала метод определения микроэлементов, связанных с гумино-фульватными соединениями. Выделение аномалий производится по соотношению в вытяжках содержания микроэлементов и органического углерода. Метод требует определения  $C_{орг}$  в каждой вытяжке.

По методике М. Джексона (Jackson, 1956) разрушение органики проводится пергидролем. Перекись водорода, являясь сильным окислителем органических соединений и сульфидов,



не действует на окислы, силикаты и карбонаты. Этот метод неприменим при наличии в почвах сульфидов. Однако, последние практически не встречаются в почвах, характерных для наложенных ореолов.

На наш взгляд, этот метод — окисление органических соединений пергидролом — является достаточно селективным и технически несложным. Использование перекисной вытяжки требует экспериментального подбора числа обработок для каждого изучаемого типа почв. По нашим данным перекисная обработка проводится не менее трех раз. В процессе таких обработок почвы заметно осветляются и практически обработка заканчивается при максимальном осветлении почвы, не изменяющемся при последующей обработке пергидролом. Но даже многократная перекисная обработка почвы до полного ее осветления не разрушает целиком органических соединений: извлекается лишь 83—98% органики. В качестве примера приведем данные по двум экспериментам с черноземными почвами Рудного Алтая (табл. 3).

Таблица 3

Зависимость выхода микроэлементов, связанных с металлоорганическими формами, от количества перекисных обработок

Общее Сорг., %	Содержание суммы меди, цинка и свинца, связанных с органической формой нахождения, %	Кол-во обработок	Выход суммы меди, цинка, свинца, %	Выход Сорг., %
3,74	$90 \cdot 10^{-5}$	1	63,3	90,9
		3	100,0	94,9
		5	100,0	95,5
		7	100,0	98,1
		10	100,0	98,1
2,1	$75 \cdot 10^{-5}$	1	80,0	86,2
		3	100,0	93,3
		5	100,0	93,3
		7	100,0	98,1
		10	100,0	98,1

Из табл. 3 видно, что несмотря на неполное разрушение органического вещества, выход связанных с ним микроэлементов полный.

## Пропись для извлечения органо-минеральной формы нахождения элементов-индикаторов

Остаток пробы после извлечения карбонатов и сульфатов заливается пергидролом в соотношении 1:2 твердой и жидкой фаз и выпаривается на водяной бане до влажных солей. Следует обратить внимание на заливку пробы пергидролом, так как в первые минуты идет очень бурная реакция окисления органического вещества и колбу, в которой идет реакция, следует погружать в сосуд с холодной водой, который должен быть наготове. В случае очень большого количества органических соединений пергидроль следует приливать малыми порциями и не стремиться к полному смачиванию пробы. Операция обработки пергидролом повторяется до полного осветления пробы, что, как было показано выше, не является признаком полного разрушения органического вещества, но является достаточным для извлечения элементов-индикаторов, связанных с органо-минеральными соединениями.

Возможна обработка от 3 до 8 раз, что выясняется экспериментально перед началом работ для каждого изучаемого в данном районе типа почв.

После разрушения органических соединений производится вытяжка буферной смесью, описанной выше. Вытяжка необходима для извлечения вновь образованных карбонатов рудных металлов.

После проведения ацетатно-буферной вытяжки пробы отфильтровываются, в фильтрате определяют микроэлементы; остаток пробы на фильтре выбрасывается.

### Р е а к т и в ы

1. Пергидроль — используется продажный реактив.

2. Ацетатно-буферная смесь с  $pH=4,2-4,4$ .

Приготовление см. выше.

# МЕТОДЫ ГРУППОВОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ-ИНДИКАТОРОВ (СУММЫ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ) В УСЛОВИЯХ ФАЗОВОГО ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Основными элементами-индикаторами широкого круга сульфидных месторождений, в том числе и в наложенных ореолах, являются медь, цинк, свинец, никель, кобальт, серебро, мышьяк, молибден. Ныне не существует химической методики, позволяющей одновременно достаточно полно экстрагировать все перечисленные элементы. Существующие методы групповой экстракции, развитые преимущественно в практике гидрогеохимических работ для экспрессного определения суммы тяжелых металлов, рассматривают в основном различные варианты экстракции меди, цинка, свинца, никеля и кобальта.

Эти методы были нами апробированы для условий фазового химического анализа, применяемого при выявлении наложенных ореолов перекрытых месторождений. В частности, нами исследовалась применимость дитизионового метода (определение  $\Sigma \text{Zn} + \text{Pb} + \text{Cu}$ ) и ДДК-метода ( $\Sigma \text{Cu} + \text{Ni} + \text{Co}$ ). Кроме того, была отработана методика определения  $\Sigma \text{Cu} + \text{Zn}$ .

Все эти методы рассматриваются нами для условий буферных ацетатных растворов ( $\text{pH} = 4,2 - 4,4$ ), являющихся наиболее распространенной средой вытяжек.

## Дитизионовые методы определения суммы тяжелых металлов

Из перечисленных элементов-индикаторов сульфидных месторождений только медь, цинк и свинец образуют соединения с дитизионом — дитизонаты, экстрагирующиеся четыреххлористым углеродом. По литературным данным (Резников и др., 1963) известны следующие особенности экстракции дитизонатов четыреххлористым углеродом.



1. Медь экстрагируется из растворов минеральных кислот при  $pH=1-2$ . Также хорошо протекает экстракция и из щелочных растворов с образованием желтовато-зеленого дитизоната.

2. Цинк экстрагируется из слабоаммиачных растворов при  $pH=8-8,5$ , а также из ацетатных растворов при  $pH=4,5-4,8$ .

3. Свинец экстрагируется из аммиачных растворов при  $pH=8,5-9,0$ .

Особенности экстракции дитизонатов в кислых условиях хорошо изучены. Для используемых в работе кислых ацетатно-буферных растворов ( $pH=4,2-4,4$ ) нами была установлена высокая степень экстракции меди и цинка и очень низкая — свинца. Время экстракции не менее 2 мин.

Для определения чувствительности экстракции элементов в ацетатный буферный раствор вводились определенные количества стандартных растворов тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb) и затем определялся порог экстракции для каждого элемента.

В результате была установлена близкая и очень высокая чувствительность реакции на медь и цинк (соответственно 0,1 и 0,2 мкг). Для свинца же чувствительность реакции в тех же условиях в 8—15 раз ниже — 1,5 мкг.

Из макрокомпонентов только железо образует дитизонаты, как в кислой среде ( $pH=4,2-4,4$ ), так и в щелочной ( $pH=8,5-9,0$ ).

По данным нашего эксперимента в буферной кислой среде чувствительность экстракции железа определена в 8 мкг, что составляет при аликвоте вытяжек 10 мл —  $0,8 \cdot 10^{-3}\%$  железа в пробе, связанного с изучаемыми формами нахождения металлов. По имеющимся у нас данным содержания железа в буферных вытяжках из рыхлых отложений, перекрывающих колчеданные месторождения Казахстана, в подавляющем большинстве не превышают 0,0005% и редки содержания до  $0,6 \cdot 10^{-3}\%$ , т. е. эти содержания достаточно низкие, что позволяет исключить железо из мешающих компонентов в подобных условиях. Тем не менее полностью исключить возможности повышенных концентраций железа не следует. В частности, это возможно в породах и почвах восстановительного типа, где может образовываться гипергенный сидерит, также частично разлагающийся ацетатно-буферной смесью. В этих случаях железо может быть связано гидроксиламином солянокислым.

Чувствительность реакции железа с дитизином в щелочной среде нами не изучалась. В дальнейшем при описании прописи определения  $\Sigma \text{Zn} + \text{Cu} + \text{Pb}$  мы сохраняем рекомендуемое в работе А. А. Резникова и др. (1963) добавление в аликвоту сегнетовой соли, связывающей железо в этих условиях.

Имеющиеся материалы показывают возможность использования дитизинового метода определения сумм тяжелых металлов в двух вариантах: а) определение  $\Sigma \text{Zn} + \text{Cu} + \text{Pb}$ , что требует изменения кислой среды применяемых вытяжек на щелочную; б) определение  $\Sigma \text{Cu} + \text{Zn}$ , которое возможно проводить непосредственно в условиях среды вытяжек.

### Определение суммы меди, цинка и свинца

Метод определения суммы цинка, меди и свинца, основанный на экстракции металлов в щелочной среде растворенным в четыреххлористом углероде дитизином был разработан во ВСЕГЕИ (Резников и др., 1963) для экспрессного определения суммы тяжелых металлов в природных водах.

Этот метод был апробирован в условиях применяемых нами вытяжек. В ходе экспериментов было установлено, что основной трудностью является изменение рН буферной вытяжки с 4,2—4,4 до 8,5—9,0, поскольку буферная кислая система обладает способностью сохранять кислотные свойства.

Для сдвига кислого рН раствора и доведения до нужной щелочной среды может быть использован 0,2 М (7%) раствор буры, перекристаллизованной и приготовленной на бидистилляте. Первостепенное значение при проведении этого анализа имеет чистота реактивов. Чувствительность экстракции сумм тяжелых металлов составляет 0,5 мкг в аликвоте (та же, что и в условиях экстракции из природных вод). При оптимальной аликвоте в 10 мл для проб с фоновыми содержаниями металлов чувствительность определения суммы металлов составляет  $5 \cdot 10^{-5}\%$  в пробе. Соотношение цинка, меди и свинца при приготовлении эталонной шкалы сравнения 3:1:1. Это отношение является условным с учетом некоторого преобладания цинка в природных объектах. В случаях преобладания меди, учитывая почти одинаковую чувствительность экстракции этих элементов, значение суммы не изменится. Точность анализа контролируется двумя методами: оценкой воспроизводимости результатов (путем многократного повторения определения в одной пробе) и общеизвестным

«методом добавок», т. е. добавлением в пробу определенных содержаний цинка, меди и свинца. Оба эти метода контроля дали в наших условиях анализа удовлетворительные результаты. Наименьшая точность определения (относительная ошибка около 20%) характеризует небольшие содержания ( $10-15 \cdot 10^{-5}\%$ ). Как установлено в нашей практике при «ураганных» содержаниях микроэлементов (более 0,01%) точность анализа также падает из-за необходимости сильного разбавления пробы. В этом случае относительная ошибка возможна до 50% и более; но для оценки содержаний эта ошибка роли не играет, так как все эти пробы сразу же выявляются как резкоаномальные.

Для этого метода определения сумм микроэлементов характерна высокая производительность: за смену выполняется одним исполнителем до 80 определений.

#### Пропись метода определения $\Sigma \text{Cu} + \text{Zn} + \text{Pb}$

Аликвота вытяжки 10 мл вносится в делительную воронку на 100 мл, добавляется 0,5 мл 30% раствора сегнетовой соли (для связывания железа) и вносится около 15 мл 0,2 М раствора перекристаллизованной буры до изменения цвета желтого раствора на красный (по индикатору феноловый красный). Затем добавляется 2 мл 0,004% раствора дитизона в четыреххлористом углеороде и жидкость в воронке взбалтывают в течение 30 сек.

Окраска раствора дитизона в зависимости от содержания тяжелых металлов изменяется от зеленоватой до малиново-красной. Экстракт вместе с небольшим количеством вытяжки сливают в колориметрическую пробирку и сравнивают со стандартной шкалой, приготовленной в тех же условиях. Шкала состоит из серии эталонов с содержанием сумм металлов в эталонах 0—1—2—4—6 мкг. В качестве стандартного используют раствор, содержащий 1 мкг цинка, меди и свинца в соотношении 3:1:1. Шкала устойчива в течение нескольких часов. Если окраска экстракта будет соответствовать самому яркому эталону шкалы, повторяют экстракцию с меньшей аликвотой до тех пор, пока окраска экстракта не будет соответствовать окраске в пределах шкалы. Малые аликвоты разводят буферным раствором до объема 10 мл.

Содержание суммы металлов в пробе рассчитывают по формуле:

$$\Sigma \text{ металлов} = \frac{x \cdot a \cdot 100\%}{b \cdot P}, \text{ где}$$

$x$  — значение стандартной шкалы,  $b$  — аликвота вытяжки,  $a$  — общий объем вытяжки из пробы, мл,  $P$  — навеска пробы, мкг.

#### Реактивы

1. Стандартный раствор. Готовятся запасные растворы цинка, меди и свинца с содержанием каждого элемента 100 мкг/мл:

0,100 г чистого металлического цинка растворяют в 2 мл HCl (1:1). Раствор переносят в мерную колбу 1 л и доводят бидистиллированной водой до метки;



0,252 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  растворяют в 1 л бидистиллированной воды;  
0,1570 г  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  растворяют в 1 л бидистиллированной воды.

Далее готовят рабочий раствор, содержащий в 100 мл 60 мкг цинка, 20 мкг меди и 20 мкг свинца, со сроком хранения не более недели.

2. Сегнетова соль (30% раствор): 30 г соли растворяют в 70 мл дистиллированной воды. Раствор очищают дитизоном в четыреххлористом углеводе по общей методике очистки реактивов дитизоном.

3. Перекристаллизованная бура 0,2 М раствор — 7 г перекристаллизованной буры растворяют в 100 мл бидистиллированной воды. Очистка продажной буры проводится методом перекристаллизации: готовится перенасыщенный 20% раствор буры в бидистиллированной воде при сильном нагреве. В процессе охлаждения выпадают кристаллы буры, используемые при анализе.

4. Дитизон, 0,05 г очищенного дитизона помещают в мерную колбу на 500 мл и растворяют до метки в четыреххлористом углеводе. Получается запасной раствор с концентрацией 0,01%. Рабочий раствор дитизона готовят разбавлением запасного раствора в 2,5 раза четыреххлористым углеводом и получают раствор с концентрацией 0,004%.

Очистка дитизона: навеску растертого дитизона 0,1 г заливают 50—100 мл перегнанного хлористого углевода и оставляют в склянке из темного стекла с притертой пробкой на сутки, время от времени склянку встряхивают. Раствор дитизона в четыреххлористом углеводе переливают в делительную воронку и экстрагируют дитизон в водный слой, встряхивая четыреххлористый углевод со 100 мл аммиака (1:100), к которому был предварительно добавлен 1 мл 1% раствора аскорбиновой кислоты (предохраняет дитизон от окисления). Слой четыреххлористого углевода сливают, к водному слою добавляют 50 мл чистого четыреххлористого углевода, затем постепенно добавляют соляную кислоту к водному слою до отчетливо кислой реакции (по лакмусу) и снова экстрагируют, встряхивая делительную воронку. Очищенный дитизон переходит в слой четыреххлористого углевода.

## Определение суммы меди и цинка

Метод определения суммы меди и цинка основан на образовании дитизонатов этих металлов непосредственно в среде исследуемых буферных растворов. Как указывалось выше, в условиях нашей вытяжки железо определению суммы меди и цинка не мешает. Окраска стандартной шкалы всегда получается определенных оттенков, и в зависимости от содержания меди и цинка изменяется от зеленой до красной. Чувствительность экстракции меди и цинка в исследуемом буферном растворе составляет 0,2 мкг в аликвоте; при оптимальной аликвоте в 10 мл чувствительность определения меди и цинка составляет  $2 \cdot 10^{-5}\%$  исследуемой формы нахождения в пробе. Для получения сопоставимых результатов с определением  $\Sigma \text{Zn} + \text{Cu} + \text{Pb}$  в практике работы принимаем

порог экстракции меди и цинка  $0,5 \text{ мкг}$  в аликвоте и значимая стандартная шкала начинается с этого значения.

Точность анализов двух сумм металлов в разных химических средах очень близка. Наибольшая точность анализа лежит в пределах определяемых содержаний от 20 до  $200 \cdot 10^{-5}\%$ . При определении «ураганных» содержаний суммы меди и цинка, относительная ошибка возрастает до 50% и более, но также, как и при определении  $\Sigma \text{Zn} + \text{Cu} + \text{Pb}$ , это не влияет на конечные результаты.

Для рассматриваемого варианта определения суммы меди и цинка также характерна высокая производительность: за смену выполняется одним исполнителем 80—100 определений.

### Пропись метода определения $\Sigma \text{Cu} + \text{Zn}$

Аликвота вытяжки 10 мл вносится в делительную воронку на 100 мл, добавляется 2 мл 0,002% раствора дитизона в четыреххлористом углероде и смесь энергично встряхивается в течение 2 мин. Экстракт сливается в колориметрическую пробирку и сравнивается со шкалой стандартов.

Шкала состоит из серии эталонов с содержанием цинка 0—0,5—1—2—4—5—6 мкг. В качестве стандартного используется раствор, содержащий 1 мкг цинка (сумма меди и цинка может быть выражена в условных единицах цинка ввиду их одинаковой экстракции в этой среде).

Шкала устойчива в течение 3-х суток при хранении в темном месте. Если окраска экстракта будет соответствовать самому яркому эталону шкалы, повторяют экстракцию с меньшей аликвотой. Содержание суммы металлов цинка и меди рассчитывается по той же формуле, что и сумма цинка, меди и свинца.

#### Р е а к т и в ы:

1. Стандартный раствор. Готовится запасной раствор меди и цинка с содержанием 100 мкг/мл (см. выше).

Дитизон 0,002% рабочий раствор. Готовится разбавлением запасного раствора в пять раз.

Удобства использования этого варианта определения суммы меди и цинка следующие:

1. Экстракция меди и цинка четыреххлористым углеродом проводится непосредственно в среде вытяжек, чем упрощается анализ.

2. Метод исключительно прост в исполнении; производительность 80—100 определений за смену.

3. Чувствительность определения цинка и меди достаточно высокие (0,2 и 0,1 мкг).

4. Полная достоверность получаемых результатов, что выявилось при их сопоставлении с данными поэлементных химических определений меди и цинка.

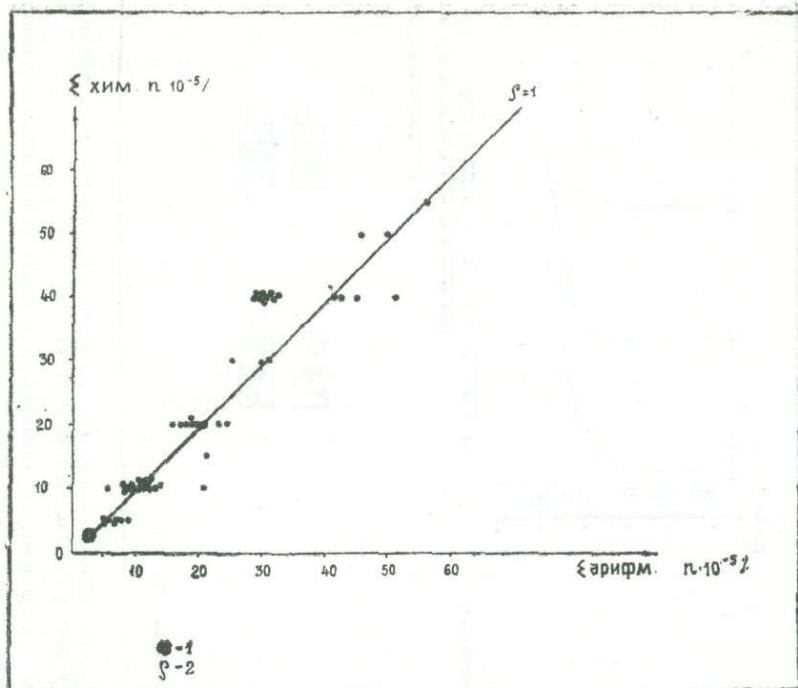


Рис. 2. Характер соотношений между  $\Sigma \text{Cu} + \text{Zn}$  по данным группового химического определения ( $\Sigma_{\text{хим}}$ ) и арифметической суммой отдельных определений ( $\Sigma_{\text{арифм.}}$ )

1 — условное изображение 86 отдельных и групповых определений меди и цинка с содержанием не менее  $4 \cdot 10^{-5}\%$ ; 2 — коэффициент корреляции

Для оценки достоверности рассматриваемого метода нами были использованы материалы по медноколчеданным месторождениям в Северных Мугуджарах. Для этих месторождений авторами были детально изучены наложенные ореолы Cu и Zn в форме, связанной с карбонатами и сульфатами, а также в форме органико-минеральных соединений.

Для оценки достоверности дитизионового метода в 144 вытяжках было произведено как групповое, так и отдельное химическое определение меди и цинка. При сравнении данных по сумме меди и цинка (химическая сумма) с данными химического поэлементного определения (арифметическая сумма) получены следующие результаты:

1. Доказана корреляционная связь между результатами



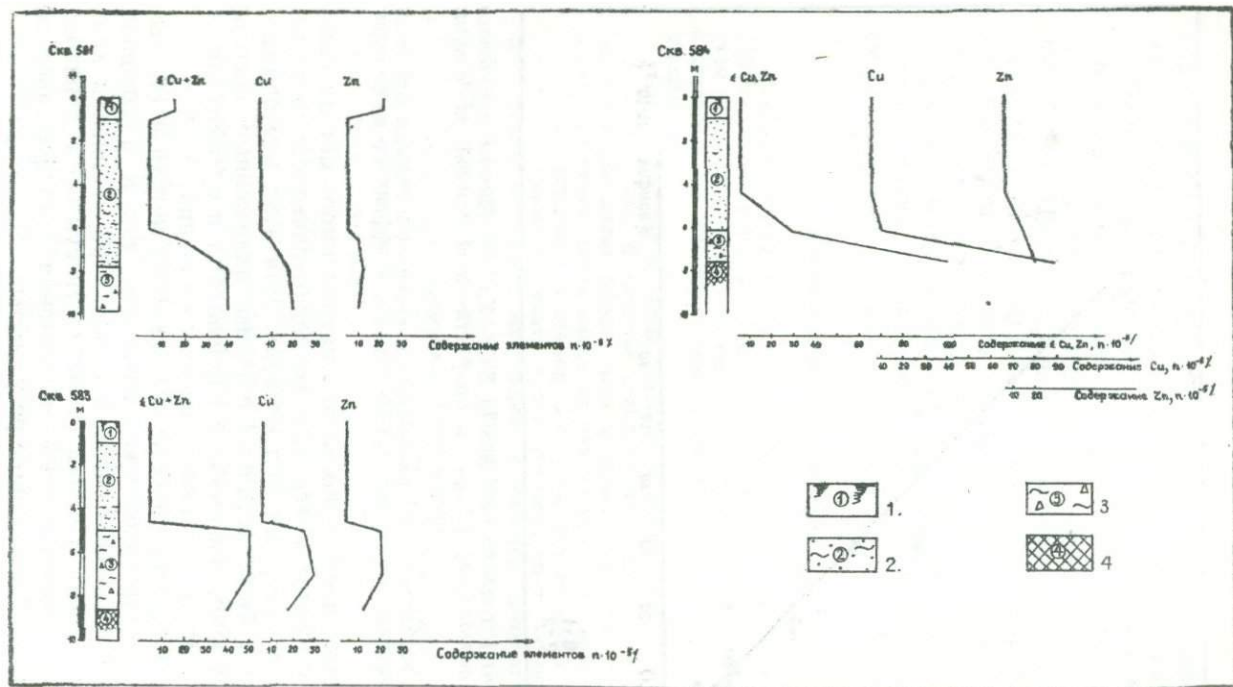


Рис. 3. Распределение меди и цинка в разрезе аллохтонного чехла (по данным группового и отдельного определений), месторождение Кизыл-Кибачи

1 — почвенные горизонты; 2 — песчано-глинистые отложения; 3 — глинистый делювий с обломками коренных пород; 4 — зона окисления

этих двух определений (рис. 2). В интервале содержаний сумм меди и цинка от 10 до  $60 \cdot 10^{-5}\%$  коэффициент ранговой корреляции  $\rho$  равен 0,87 и является достоверным при имеющемся количестве членов обсчета. Для содержаний меди и цинка, определяемых на пороге чувствительности анализа имеем полную корреляцию. На рис. 2 это изображено крупной точкой, в которой условно совмещаются 86 определений.

Для резко аномальных содержаний (порядка  $100 \cdot 10^{-5}\%$ ) также имеем полную сходимость определений (20 проб). На рис. 3 показаны распределения меди и цинка в разрезе аллохтонных отложений. На всех трех разрезах аллохтонных отложений на аномальном участке месторождения имеем резкое увеличение содержаний меди и цинка, связанных с карбонатами и сульфатами (как при групповом, так и раздельном определении) в нижних глинистых горизонтах аллохтонного чехла, залегающих непосредственно на рудоносных породах. Выводы о наличии наложенных ореолов рассеяния меди и цинка и об их пространственном положении получаются идентичными при обработке данных группового и элементного химического анализов. При анализе корреляционного графика (рис. 2) видно, что большинство результатов при содержаниях от 20 до  $40 \cdot 10^{-5}\%$   $\Sigma \text{Cu} + \text{Zn}$  лежит несколько выше прямой графика, где  $\rho = 1$ . Это указывает на несколько повышенные значения сумм цинка и меди, полученные дитизиновым групповым методом. В целом же это увеличение содержаний при оценке распространения наложенных ореолов значения не имеет.

Приведенные материалы показывают высокую достоверность группового определения меди и цинка и перспективность его использования для экспрессного полевого выявления наложенных ореолов.

### **Диэтилдитиокарбаминатный метод определения суммы меди, никеля и кобальта**

Методика определения суммы меди, никеля и кобальта описана (Миллер и др., 1959) для солянокислых вытяжек из почв и пород. Она основана на образовании в нейтральной и слабощелочной средах устойчивых внутрикислотных соединений меди, никеля и кобальта с диэтилдитиокарбаминатом натрия (ДДК), которые затем экстрагируются четыреххлористым углеродом.

По прописи А. Д. Миллера, сначала производится определение суммы меди, никеля и кобальта непосредственно в слое органического экстракта путем сравнения окраски с окраской шкалы стандартных экстрактов карбамината меди. Результат условно выражается в количестве меди. Затем никель и кобальт реэкстрагируют из четыреххлористого углерода царской водкой и определяют никель по реакции с диметилглиоксимом, а кобальт — по реакции с нитрозо-R-солью. После определения никеля в реэкстракте содержание меди определяется по разности, учитывая, что 5 мкг никеля или кобальта вызывают усиление окраски экстракта, эквивалентное приблизительно 1 мкг меди. Для наших исследований важна возможность определения по этой методике общей суммы меди, никеля и кобальта. В условиях анализа с диэтилдитиокарбаминатом натрия образуют соединения марганец и железо. В прописи метода для устранения влияния этих макрокомпонентов предложены пирофосфат натрия — для связывания марганца, и лимонная кислота — для связывания ионов железа.

Для этого метода определения суммы меди, никеля и кобальта характерна высокая точность, которая определена для содержаний суммы микроэлементов от  $10 \cdot 10^{-5}\%$  до  $400 \cdot 10^{-5}\%$  в пробе и составляет 15 относительных процентов при пятикратной повторности анализа. При резко аномальных содержаниях микроэлементов точность определения понижается за счет сильного разбавления пробы ацетатным раствором. Относительная ошибка здесь может достигать 50% и более. Чувствительность определения суммы меди, никеля и кобальта 1 мкг, что при аликвоте вытяжки в 10 мл составляет  $10 \cdot 10^{-5}\%$  в пробе (соотношение жидкой и твердой фаз 10 : 1).

#### Пропись метода определения $\Sigma \text{Cu} + \text{Ni} + \text{Co}$

Аликвота вытяжки 10 мл помещается в делительную воронку на 100 мл, добавляется 5 мл 4% раствора пирофосфата натрия и 10 мл 50% лимонной кислоты. Жидкость в воронке подщелачивают концентрированным раствором аммиака до фиолетовой окраски по индикатору феноловому-красному ( $\text{pH} = 8,5 - 9,0$ ). В случае эмульгирования аликвоту вытяжки предварительно промывают четыреххлористым углеродом для удаления органических примесей. Далее добавляют 1 мл 1% ДДК и 5 мл четыреххлористого углерода и энергично встряхивают в течение 5 мин. Если экстракт имеет малиновую окраску (вместо желтоватой или бесцветной), то это указывает на наличие избыточных ионов марганца: в этом случае анализ переделывается с добавлением еще 5 мл 5%



раствора пирозфосфата натрия. Если экстракт имеет дополнительную буроватую окраску, то в этом случае необходимо переделать определение с избытком лимонной кислоты (до 15 мл) для связывания ионов железа.

После встряхивания и минутного отстаивания экстракт сливают в колориметрическую пробирку и окраску сравнивают с серией стандартов на медь. Шкала состоит из серии эталонов с содержанием меди 0—1—2—5—10—30—40 мкг. В качестве стандартного используют раствор, содержащий 10 мкг меди в 1 мл. Шкала устойчива в течение 10—15 суток при условии хранения в темном месте.

Если окраска будет соответствовать самому яркому эталону шкалы (40 мкг), то повторяют экстракцию с меньшей аликвотой.

Содержание суммы металлов в условных единицах меди рассчитывают по уже упомянутой формуле.

#### Реактивы:

1. Стандартный раствор. Готовится запасной раствор меди с содержанием 100 мкг Си в 1 мл (см. выше).

2. 4% раствор пирозфосфата натрия — 40 г пирозфосфата натрия растворяется в 1 л дистиллированной воды.

3. 50% раствор лимонной кислоты — 50 г лимонной кислоты вносят в 100 мл мерную колбу и заливается до метки дистиллированной водой.

4. 1% раствор диэтилдитиокарбамината натрия — 1 г соли растворяют в 100 мл дистиллированной воды при слабом нагревании; возможен осадок.



## ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДИКИ ЭКСПРЕССНОГО ВЫЯВЛЕНИЯ НАЛОЖЕННЫХ ВТОРИЧНЫХ ОРЕОЛОВ РАССЕЯНИЯ

Возможности использования методики экспрессного выявления наложенных вторичных ореолов рассеяния были апробированы на Рудном Алтае, в Центральном Казахстане и на Кольском полуострове, которые представляют собой примеры сильно закрытых районов со сложным строением рыхлого чехла.

Во всех случаях широкое развитие аллохтонного покрова на огромных площадях делает невозможным проведение геохимических поисков общепринятыми методами, так как по данным спектральных анализов ореолы на дневной поверхности или не выявляются, или слабоконтрастны.

Исследования проводились методом эталонных буровых профилей, вскрывающих разрез почв, рыхлой перекрывающей толщи и коренной породы как над рудными телами и сопровождающими их первичными ореолами, так и на заведомо фоновых участках. На ряде объектов было проведено также площадное изучение ореола на поверхности.

Приводимые материалы рассматриваются нами лишь как подтверждение эффективности рекомендуемых экспрессных методов, позволяющих выявлять наложенные ореолы даже над глубокопогребенными месторождениями. Сам факт выявления ореолов в подобных условиях несомненно очень интересен и принципиально важен. Однако данных для развернутой характеристики методики поисков в различных природных обстановках пока недостаточно и многие вопросы должны быть уточнены в ходе производственной апробации и дополнительных методических исследований.

## Рубцовское колчеданно-полиметаллическое месторождение на Рудном Алтае<sup>1</sup>

Рубцовское месторождение расположено в одноименном рудном районе в области сопряжения структур Рудного и Горного Алтая. Оно залегает среди палеозойских образований, представленных девонскими осадочно-вулканогенными отложениями (шипуновская, давыдовская, каменевская свиты) и несогласно перекрывающими их осадочными породами нижнего карбона (бухтарминская свита).

Гидротермально-метасоматические изменения пород выражены образованием кварцитов по алевролитам и кислым эффузивным породам, а также серицитизацией, хлоритизацией, карбонатизацией, в меньшей степени каолинизацией.

Руды месторождения полиметаллические прожилково-вкрапленные. Сложены они, главным образом, сфалеритом, галенитом, халькопиритом и пиритом.

Основное рудное тело месторождения имеет пластообразную форму и согласное с вмещающими породами (низы каменевской свиты) залегание. Рудное тело выходит под перекрывающий чехол. Максимальная мощность его 20 м, в местах пережимов — 4—5 м, обычно 10—12 м; длина по простиранию около 650 м.

По данным А. А. Головина и В. И. Савинкова, рудное тело месторождения сопровождается первичным геохимическим ореолом цинка, свинца, серебра, бария, меди, кобальта и молибдена.

На уровне рудного тела развиты комплексные ореолы цинка, свинца, серебра (в меньшей степени меди), приуроченные к алевролитам, туффитам и кварцитам по кислым эффузивам каменевской свиты. Интенсивность этого поля развития ореолов наибольшая для изученного разреза. Содержания всех указанных элементов здесь значительно выше минимально-аномальных содержаний уровня  $\bar{x}_\phi + 3s$ , где  $\bar{x}_\phi$  — среднефоновое содержание, а  $s$  — среднеквадратичное отклонение (содержания  $Zn \geq 120 \cdot 10^{-3}\%$ ;  $Pb \geq 15 \cdot 10^{-3}\%$ ;  $Ag \geq 0,04 \cdot 10^{-4}\%$ ; коэффициенты концентрации, соответственно, 9, 7 и 4). Установленная ширина ореола на поверхности фундамента под покровом рыхлых отложений 140 м.

Висячем боку рудной зоны к полюсе комплексных орео-

<sup>1</sup> Материалы по Рубцовскому месторождению собраны совместно с М. Г. Цалкиной, И. Ф. Мясниковым.



лов цинка, свинца и серебра примыкает полоса развития ореола цинка высокой интенсивности ( $\bar{x}_{ан} \geq x_{\phi} + 3s$ , содержание более  $120 \cdot 10^{-3}\%$ ; коэффициент концентрации более 9). Видимая мощность выхода под рыхлые отложения 50 м. Приурочена она к породам каменевской свиты. Выше в породах бухтарминской свиты ореолы либо отсутствуют, либо резко подавлены.

В лежачем боку к рудной зоне и сопутствующей ей полосе ореолов цинка, свинца и серебра примыкает полоса развития интенсивных ореолов меди, кобальта и молибдена. Содержания типоморфных элементов здесь больше  $x_{\phi} + 3s$  (Cu более  $25 \cdot 10^{-3}\%$ ; Co более  $8 \cdot 10^{-3}\%$ ; Mo более  $1,2 \cdot 10^{-3}\%$ ; коэффициенты концентрации более 8—9). Ширина выхода под чехлом рыхлых отложений (к северо-западу от рудного тела) 25 м.

В целом, первичные ореолы в плоскости рассматриваемого разреза прослеживаются по поверхности палеозойских пород на 220 м, причем большая часть зоны ореолов (130 м) расположена юго-западнее выхода рудного тела.

Рубцовский рудный район относится к числу закрытых. Палеозойский фундамент здесь почти повсеместно перекрыт чехлом молодых рыхлых отложений мощностью до 150 м.

Рыхлый чехол на Рубцовском месторождении имеет общую мощность в пределах 65—100 м. Исследований по детальному стратиграфическому расчленению этих отложений не проведено. Поэтому на основании данных по геологической позиции подобных толщ, обобщенных для региона И. С. Чумаковым (1958), Н. А. Росляковым (1970) и другими, мы относим их к нерасчлененному неоген-четвертичному покрову.

Разрез рыхлых отложений (рис. 4) начинается с горизонта пестроцветных глин (el—dl), содержащих в разной степени выветрелые плохоокатанные обломки коренных пород. Горизонт имеет резко изменчивую мощность 6—25 м, что обусловлено участием этих пород в заполнении местных депрессий рельефа фундамента. Кровля горизонта также имеет отчетливый наклон, ориентированный субпараллельно наклону поверхности фундамента. Все это позволяет предположить, что рассматриваемые породы являются переотложенными продуктами выветривания палеозойских пород. Возможно они синхронизируются с павлодарской свитой, выделяемой И. С. Чумаковым (1958) и относимой им к верхнему миоцену — нижнему плиоцену.

Породы толщи гипсоносны, особенно в верхней части, где отмечаются пропластки крупнокристаллического гипса. В нижней части горизонта в больших количествах наблюдаются железистые конкреции. Вся толща слегка карбонатизирована. Карбонаты распределены довольно равномерно. Содержание углекислоты карбонатов в пределах 2—3%.

Выше по разрезу несогласно залегает отчетливо аллохтонная толща, средней мощностью 70 м. По наблюдаемым литолого-геохимическим особенностям она может быть разделена на четыре выдержанных в изученном разрезе горизонта.

Нижний горизонт (Q—Ng)<sub>1</sub> представлен серыми, реже зеленовато- или буровато-серыми светлыми глинами. Для горизонта характерна высокая степень загипсованности (многочисленные пропласты и друзы гипса) и карбонатизации (мучнистые стяжения, общее содержание углекислоты карбонатов 4%). В верхних частях горизонта в большом количестве распространены конкреции марганцевых стяжений — бобовин размером от долей до целых миллиметров. По всей толще глин развиты окислы марганца в виде пятен и прожилков. В целом для этого глинистого горизонта характерно широкое развитие новообразований. Средняя мощность горизонта около 25 м.

На осветленных зеленоватых глинах согласно залегает горизонт темно-красных шоколадных тяжелых глин (Q—Ng)<sub>2</sub> мощностью 7—10 м. Он отличается резким уменьшением интенсивности развития новообразований. Наблюдается слабое омарганцование и огипсование, лишь карбонатизация проявлена столь же широко.

Выше согласно залегает толща легких коричневатобурых и бурых глин, переходящих местами в суглинок (Q—Ng)<sub>3</sub>. Для этого горизонта характерна тонкая слоистость, обусловленная чередованием легких и средних глин и суглинков, более темных и светлых прослоев. Из новообразований интенсивно развита карбонатизация, особенно в непосредственной близости от границы с шоколадными глинами. Содержание карбонатов в среднем 4%. Для всего горизонта характерно включение редкой хорошо окатанной гальки и обломков озерных ракушек, что указывает на мелководный режим образования осадков. В верхней части горизонта ясно выделяется древнее русло реки шириной до 100 м, сложенное галечником с глинистым бурым цементом. Мощность горизонта 24—25 м.

На всей исследуемой площади Рубцовского месторожде-

ния речные и озерные отложения перекрыты маломощной (3—4 м) толщей покровных лессовидных суглинков (Q—Ng)<sub>4</sub>, содержащих мелкие друзы гипса, включения карбонатов (5—6% CO<sub>2</sub> в среднем). Эти лессовидные покровные суглинки являются почвообразующей породой.

Ландшафт Рубцовского месторождения относится к степному типу, к семейству типчаково-ковыльных степей. В пределах этого семейства здесь выделяется один класс ландшафта — кальциевый.

Рельеф месторождения представляет собой плоский слабо наклоненный с севера на юг водораздел. Здесь повсеместно развит один тип почв — южные черноземы, среднемощные и среднегумусовые.

Профили почв характеризуются развитием трех горизонтов: А<sub>0</sub> — маломощная (2 см) дернина; А<sub>1</sub> — гумусово-аккумулятивный горизонт (30—65 см) и В — иллювиальный горизонт (30—40 см). Содержание гумуса в горизонте А<sub>1</sub> — 5,5—7,0%, в горизонте В оно резко сокращается до 0,6—2,0%.

Наложённые ореолы в аллохтонных отложениях и почвах, связанные с солевой и с органо-минеральной формой их нахождения выделены по сумме цинка, меди и свинца, т. е. по основным элементам-индикаторам данного типа месторождений.

Ниже приводится характеристика фонового распределения суммы этих металлов (табл. 4), определенного для каждого литологического горизонта аллохтонных отложений и каждого почвенного горизонта.

Данные табл. 4 показывают, что среднефоновые содержания как в солевой форме, так и в органо-минеральной, довольно близкие. Исключение составляют средние значения суммы элементов, связанных с солевой формой в почвах, где фоновые значения очень низкие и определены на пределе чувствительности анализа. Коэффициенты вариации фоновых содержаний в литологических разностях аллохтонных отложений в почвах также близки и составляют 22—33%.

В 19 пробах с фоновыми содержаниями были проанализированы различные варианты набора суммы тяжелых металлов. Это позволяет расчетным путем быстро оценить удельную роль отдельных элементов. В результате анализов установлено, что сумма меди, никеля и кобальта в вытяжках отсутствует, сумма меди, свинца и цинка содержится в количестве  $45 \cdot 10^{-5}\%$ , а сумма меди и цинка — в количестве  $30 \cdot 10^{-5}\%$ .



Характеристика фонового распределения ( $n \cdot 10^{-5}$ ) суммы цинка, меди и свинца для аллохтонных отложений и почв Рубцовского месторождения

Форма нахождения элемента	Горизонт	Число проб	$\bar{x}_\phi$	$s^{**}$	$\bar{x}_{a_1} = \bar{x}_\phi + s$	$\bar{x}_{a_2} = \bar{x}_\phi + 2s$	$\bar{x}_{a_3} = \bar{x}_\phi + 3s$	Коэффициент вариации, %
Органо-минеральная	A <sub>1</sub>	11	33	7,5	40,5	48	55,5	22,8
	B	15	28	9,0	37	46	55	32,0
Солевая	A <sub>1</sub>	11	10	—	—	—	—	—
	B	15	10	—	—	—	—	—
	(Q—Ng) <sub>4</sub>	8	35	11,0	46	57	68	31,4
	(Q—Ng) <sub>3</sub>	20	35	8,5	43,5	52	60,5	24,6
	(Q—Ng) <sub>2</sub>	7	20	7,0	27	34	41	33,5
	(Q—Ng) <sub>1</sub>	19	30	9,0	39	48	57	30
el-dl	18	30	8,5	38,5	47	55,5	28,7	

Здесь и далее:

\*  $\bar{x}_\phi$  — среднефоновые содержания;

\*\*  $s$  — среднеквадратичное отклонение.

Как видно из приведенных данных, основная доля участия в сумме металлов падает на цинк. Содержания свинца обычно в 1,5—2 раза ниже. Медь практически не обнаружена.

В рыхлых отложениях, перекрывающих Рубцовское колчеданно-полиметаллическое месторождение, выявлен контрастный наложенный ореол суммы цинка, меди и свинца (см. рис. 4). Ореол развит на всю мощность перекрывающего покрова (около 100 м) и особенно широко в его основании в переотложенных продуктах коры выветривания, непосредственно перекрывающих рудную зону, и в верхней части чехла, в почвах. Это придает ему своеобразную «гантелеобразную» форму. Центральная суженная часть ореола приурочена к аллохтонным образованиям, составляющим основную часть рыхлого чехла, и расположена строго над выходом окисляющегося рудного тела на поверхность палеозойских пород фундамента. Ореол выделяется с высокой степенью надежности. В большей его части (по площади сечения разреза) развиты содержания, значительно превышающие уровень

минимально-аномальных содержаний с 99% вероятностью ( $\bar{x}_\phi + 3s$ ). Они окаймляются относительно меньшими по размеру полями содержаний, превышающими минимально-аномальные с вероятностью 95% ( $\bar{x}_\phi + 2s$ ) и 80% ( $\bar{x}_\phi + s$ ). Аномальные участки пространственно и по уровню содержаний четко ограничиваются от фоновых, слагающих большую часть площади изученного разреза.

В табл. 5 приведены основные параметры выявленного нами наложенного ореола.

Таблица 5

Параметры наложенного ореола в перекрывающих рыхлых отложениях и почвах на Рубцовском месторождении

Литологический горизонт (снизу вверх)	Мощность, м	Число проб	Среднеаномальное содержание в контуре ореола $\Sigma Zp + Cu + Pb$ $n \cdot 10^{-5}\%$	Коэффициент концентрации	Протяженность ореола в плоскости разреза по контуру $\bar{x}_\phi + s$	Форма нахождения
Переотложенные продукты коры выветривания — пестроцветные глины со щебнем (el—dl)	6—25	20	1690	565	320	солевая
Сероцветные или зеленоцветные глины (Q—Ng) <sub>1</sub>	25	25	250	8	200—60	»
Шоколадные тяжелые глины (Q—Ng) <sub>2</sub>	10	16	78	4	150	»
Бурые легкие глины и суглинки (Q—Ng) <sub>3</sub>	25	44	95	3	40	»
Лессовидные покровные суглинки (Q—Ng) <sub>4</sub>	4	7	117	3,5	90	»
Почвы:	горизонт В	15	30	3,5	350	»
		9	53	2,0	350	
горизонт А <sub>1</sub>	0,6	9	37	4,0	350	органо-минеральная солевая
		16	83	2,5	700	

В переотложенных продуктах коры выветривания ореол наиболее контрастен (коэффициент концентрации 565!). Он распространен здесь на 320 м, т. е. выходит далеко за пределы проекции выхода рудного тела и шире проекции выхода первичного ореола (шириной 220 м). Особенно далеко за контуры эндогенного ореола наложенный ореол в рассматриваемом горизонте распространяется в северо-западном направлении.

В перекрывающем горизонте аллохтонного чехла (сероцветные и зеленоцветные глины) интенсивность ореола уменьшается (средний коэффициент концентрации в горизонте 8). В приподошвенной части ореол достаточно широкий (200 м). В средней и верхней части горизонта он резко сужается до 60 м. Ореол здесь расположен точно над проекцией окисляющегося рудного тела.

В залегающих выше по разрезу шоколадных тяжелых глинах коэффициент концентрации еще уменьшается (до 4). Ореол здесь, в целом (контур  $\bar{x}_\phi + s$ ), распространен на 150 м, но контур высокоаномальных содержаний ( $\bar{x}_\phi + 3s$ ) локален и развит всего на 70 м, фиксируя проекцию рудного тела.

В перекрывающих бурых легких глинах ореол еще локальнее (40 м в контуре  $\bar{x}_\phi + s$  и 20 м в контуре  $\bar{x}_\phi + 3s$ ). Средний коэффициент концентрации здесь 3.

В покровных лессовидных суглинках наблюдается некоторое расширение ореола (до 90 м в общем контуре и до 40 м в контуре содержаний больших, чем  $\bar{x}_\phi + 3s$ ). Несколько возрастает здесь и средняя контрастность аномалии (3,5).

Для выяснения зональных особенностей ореолов в разрезе отдельно изучено распределение цинка, меди и свинца (см. рис. 4). Как следует из приведенных данных, ореолы меди характерны почти исключительно для переотложенных продуктов выветривания, где они очень широки и контрастны. Контрастный и широкий ореол свинца развит в верхней части разреза переотложенных продуктов выветривания и приподошвенной части перекрывающих сероцветных глин. Выше по разрезу, вплоть до почв, ореолы свинца весьма контрастны, но локальны. Они расположены в виде отдельных, часто несвязанных между собой небольших аномальных полей, развитых в узком (15—30 м) столбе разреза над проекцией рудного тела. В почвах ореол свинца несколько шире. Он развит здесь на 120 м как непосредственно над рудным



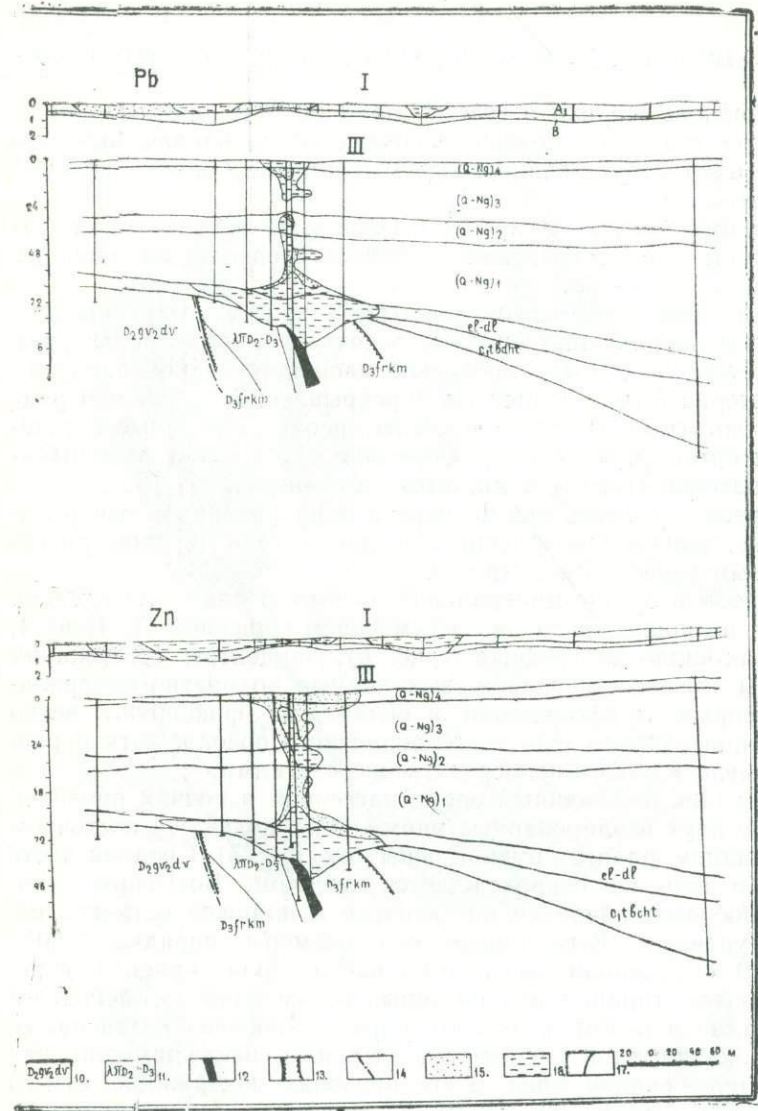
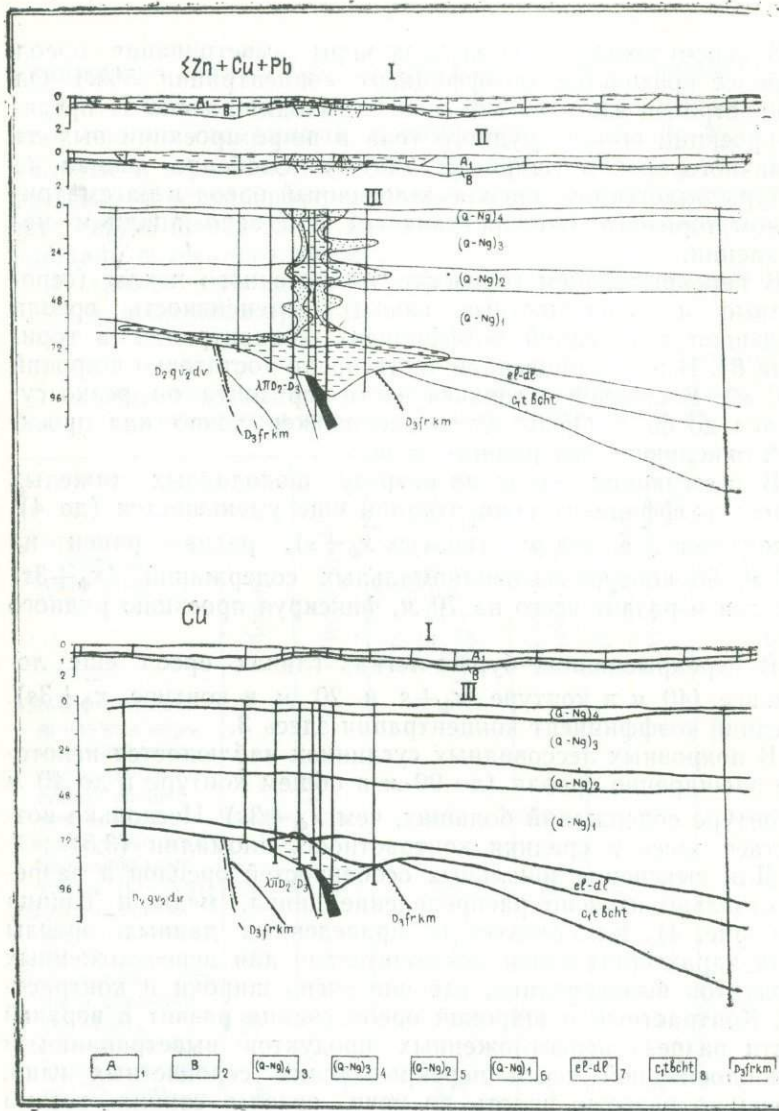


Рис. 4. Наложенные экзогенные ореолы в перекрывающих толщах Рубцовского месторождения, Рудный Алтай

I—II—ореолы в почвах (I—в органо-минеральной форме, II—солевые), III—то же в перекрывающей оруденение толще рыхлых отложений (солевые)

1—гумусовый горизонт почв; 2—минеральный горизонт почв; 3—лесовидный покровный суглинок; 4—бурые легкие глины; 5—шоколадные тяжелые глины; 6—сирцовые и зеленоцветные глины, загипсованные; 7—перетолженные пестроцветные глинистые продукты коры выветрива-

ния; 8—бухтарминская свита, известняки, алевролиты, песчаники, гравелиты; 9—каменевская свита, глинистые алевролиты с прослоями песчаников, туфов и туффитов кислого состава; 10—давидовская свита, кварцевые альбитофиры, лавобрекчии и вулканические брекчии альбитофиров, туфы кислого состава; 11—верхнеживетский—нижнефранский субвулканический комплекс; кварцевые альбит-порфиры; 12—окисленное рудное тело; 13—зона развития первичных ореолов; 14—тектонические нарушения; 15—наложенные ореолы с 85% вероятностью; 16—то же с 99% вероятностью; 17—скважины

телом, так и несколько в стороне (к северу) от его проекции.

Наиболее широки и стабильны в разрезе ореолы цинка. Он особенно широко развит в почвах, обуславливая большую часть охарактеризованных выше параметров ореола по сумме металлов.

Таким образом, намечается некоторая вертикальная зональность распространения элементов в ореоле, выраженная рядом  $Cu \rightarrow Pb \rightarrow Zn$ .

Для практики поисков наиболее важны и интересны особенности наложенных ореолов в почвах. С этой целью над месторождением было проведено площадное опробование на территории  $5 \text{ км}^2$ , полностью перекрывающее проекцию рудной зоны (рис. 5). Были изучены ореолы, связанные с солевой и органо-минеральной формами нахождения элементов-индикаторов (суммы меди, цинка и свинца).

Ореол в солевой форме оказался проявленным очень локально, только над проекцией рудного тела и лишь по отдельным пересечениям (рис. 6).

Ореол в органо-минеральной форме развит значительно шире, но проявлен только в гумусовом горизонте  $A_1$  (рис. 4, 6). Как видно из графика (рис. 6), эпицентры содержаний суммы тяжелых металлов, выявляемые по органо-минеральной форме их нахождения в почвах, не фиксируют четко проекции рудного тела и его первичного ореола, хотя и расположены в общем непосредственно над ними.

В плане наложенный ореол рассеяния в почвах проявлен в виде двух изолированных аномальных полей: на восточном и западном флангах рудной зоны (см. рис. 5). Средняя часть рудной зоны не сопровождается ореолом. Восточное аномальное поле наиболее интенсивное и широкое осталось неоконтуренным. Выявленные его размеры порядка  $500 \times 1000 \text{ м}$ . Длинная ось аномального поля ориентирована вкрест простирания рудной зоны, что связано со смещением аномалии в целом к югу от зоны. Наиболее интенсивный участок аномалии расположен тем не менее примерно над проекцией рудной зоны. В его пределах содержание суммы металлов порядка  $60-75 \cdot 10^{-5} \%$ , что выше минимально-аномального с  $99\%$  вероятностью. Размер этого участка  $400 \text{ м}$  (по простиранию зоны) на  $100 \text{ м}$  (вкрест простирания).

Имеющиеся данные показывают, что наложенные ореолы, выявленные в аллохтонных образованиях большой мощности, связаны главным образом с вертикальной инфильтрацией



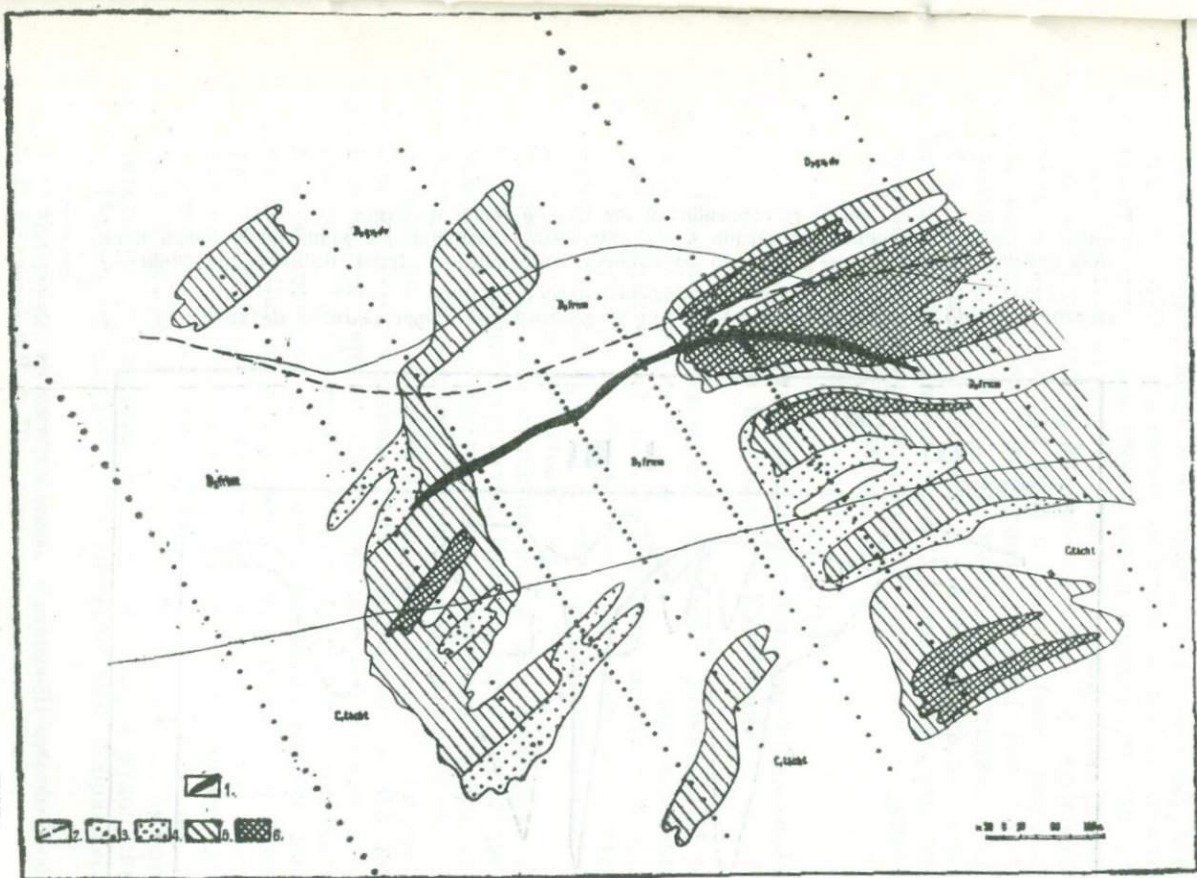


Рис. 5. Наложённые ореолы суммы свинца, цинка и меди в органо-минеральной форме в почвах; Рубцовское месторождение, Рудный Алтай

1 — рудное тело; 2 — тектонические нарушения; 3 — точки почвенного опробования по профилю; 4 — наложённый ореол суммы металлов с 85% вероятностью, содержания элементов  $(45-49) \cdot 10^{-5}\%$ ; 5 — то же с 99% вероятностью, содержания элементов  $(50-60) \cdot 10^{-5}\%$ ; 6 — то же с содержанием элементов более  $60 \cdot 10^{-5}\%$ .

Остальные усл. обозн. см. рис. 4



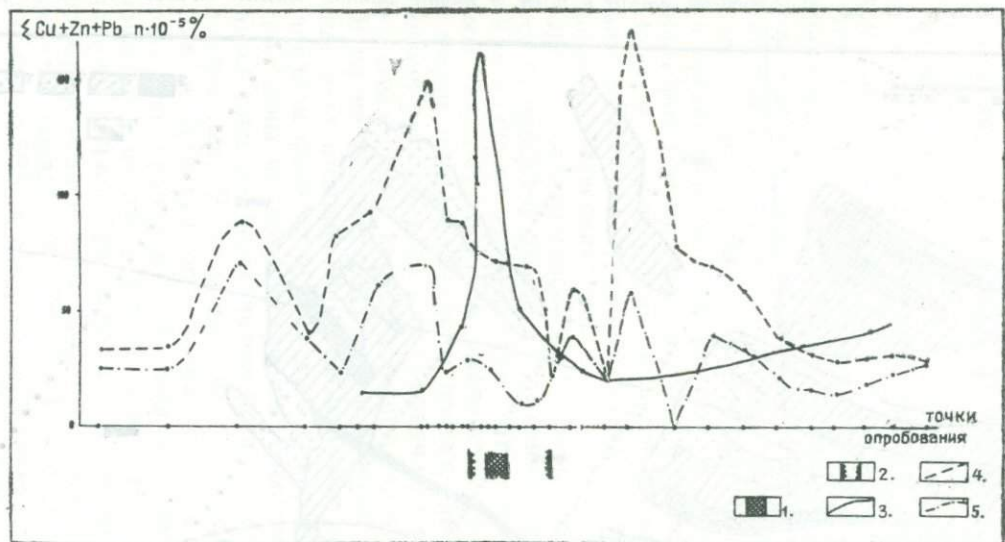


Рис. 6. Характер распределения содержаний  $\Sigma \text{Zn} + \text{Cu} + \text{Pb}$  в наложенном ореоле в почвах над Рубцовским месторождением

1 — проекция рудного тела; 2 — проекция первичного ореола; 3 — элементы в солевой форме в почвообразующих лессовидных суглинках; 4 — в органо-минеральной форме в горизонте  $A_1$  почв; 5 — то же в горизонте  $B$  почв

растворов, промывающих окисляющееся рудное тело. Об этом свидетельствует, в частности, локальный характер наложенного ореола, развитого в аллохтонной толще только в сравнительно узком столбе пород непосредственно над рудным телом. Вместе с тем, данные по широкому развитию наложенных ореолов в почвах в форме органо-минеральных соединений свидетельствуют о наличии более широкого (чем выявленный ореол в аллохтонной толще) потока слабоаномальных вод, из которых происходит биогенная концентрация в гумусовом горизонте. В частности, это подтверждается данными Г. А. Голевой (1972), демонстрирующими гидрогеохимические ореолы, связанные с перекрытыми сульфидными месторождениями Алтая.

### Полиметаллическое месторождение Ушкатын-III в Центральном Казахстане<sup>1</sup>

Полиметаллическое месторождение Ушкатын-III расположено в Атасуйском рудном районе, входящем в состав Успенской тектонической зоны (Геология и металлогения..., 1968).

Месторождение приурочено к морским осадочным отложениям фаменского яруса, верхнефаменского подъяруса, разделяющегося в свою очередь на пачки.

По имеющимся представлениям месторождение залегает в синклинальной структуре. Крылья структуры сложены образованиями так называемой продуктивной пачки, представленными оруденелыми глинисто-кремнисто-карбонатными отложениями. В западном крыле синклинали наблюдаются пласты железо-марганцевых руд мощностью от 0,5 до 25 м; к западному крылу приурочено полиметаллическое оруденение (рис. 7). Центральная часть структуры сложена образованиями промежуточной пачки, представленными массивными слоистыми неоруденелыми известняками. С востока рудоносная структура ограничена полосой развития красноцветных песчаников и алевролитов франского яруса. Западное ограничение пока еще изучено плохо и здесь, по данным А. А. Рожнова, В. Я. Середы и В. И. Щибрика, имеются значительные перспективы на выявление новых рудоносных зон.

Полиметаллические руды образуют пластообразные и лин-

<sup>1</sup> Материалы по месторождению Ушкатын-III собраны совместно с Р. И. Ефимовой и Л. А. Петровой.

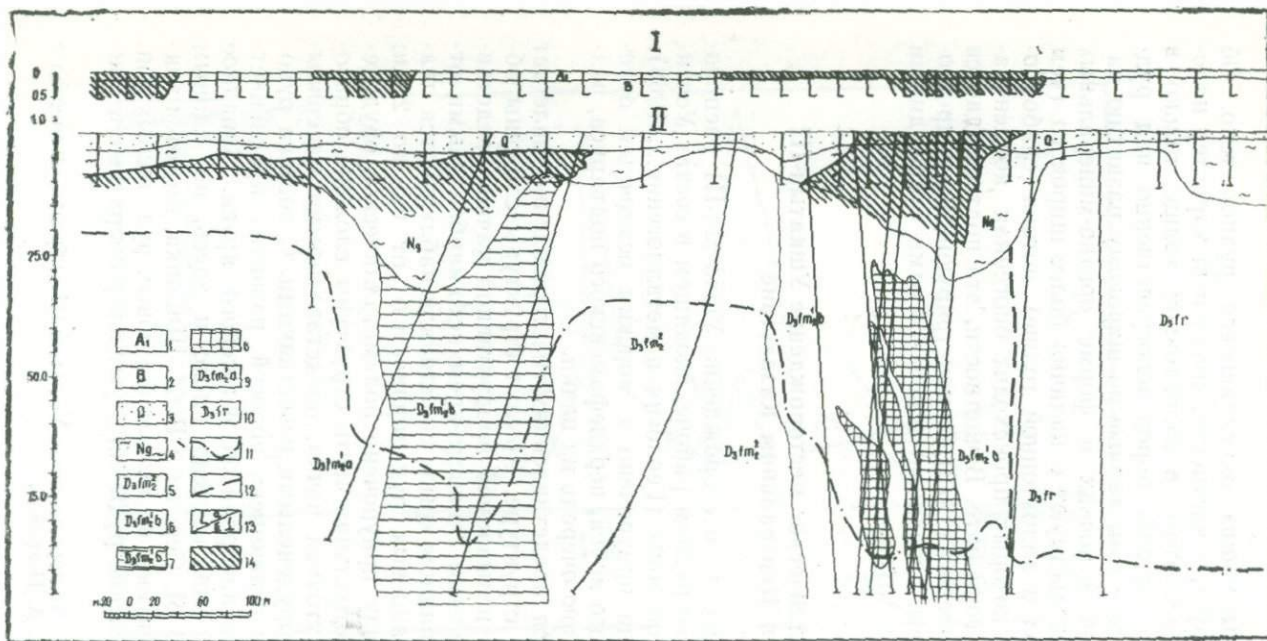


Рис. 7. Наложенные экзогенные ореолы суммы свинца, цинка и меди в разрезе перекрывающей толщи (профиль V, рис. 8) месторождения Ушкатын-III, Центральный Казахстан

I — почвы, солевые ореолы; II — перекрывающая толща рыхлых отложений, солевые ореолы  
 1 — гумусовый горизонт почв; 2 — минеральный горизонт почв; 3 — пески; 4 — пестроцветные глины; 5 — верхний фамен, промежуточная пачка, серые кремнистые слоистые известняки; 6 — верхний фамен, продуктивная пачка, кремнистые известняки и алевролиты; 7 — верхний фамен, продуктивная пачка, кремнистые известняки с пластами железных и марганцевых руд; 8 — верхний фамен, продуктивная пачка, полиметаллические руды; 9 — верхний фамен, продуктивная пачка, углисто-кремнисто-карбонатные породы; 10 — франкий подъярус, вишневые алевролиты и кварцевые порфиры; 11 — граница коры выветривания; 12 — тектонические нарушения; 13 — горные выработки (а — шурфы; б — скважины); 14 — ореолы суммы металлов с 85% вероятностью, содержания в почвах  $(40-400) \cdot 10^{-5}\%$ , в песках  $(15-200) \cdot 10^{-5}\%$ , в глинах  $(15-125) \cdot 10^{-5}\%$ .



зобразные залежи, субсогласные с залеганием вмещающих глинисто-кремнисто-карбонатных пород. Рудоносные зоны прослежены по простиранию на 900 м при мощности рудных тел 5—25 м. Общая мощность зоны с проявленным в той или иной степени полиметаллическим оруденением порядка 150 м.

Первичные руды месторождения представлены галенитовыми и галенит-баритовыми типами. В качестве второстепенных и редких минералов отмечаются халькопирит, пирит, сфалерит, блеклая руда, полибазит, бурнонит, арсенопирит. Рудные минералы образуют неравномерную вкрапленность, гнезда, прожилки.

На месторождении развита мощная (50—100 м) зона гипергенеза, которая дифференцируется на верхнюю — окислительную и нижнюю — восстановительную. Верхняя часть окислительной зоны интенсивно выщелочена и практически не содержит оруденения. В нижней части развиты промышленные руды, представленные пироморфитовым и церусситовым типами.

Район месторождения относится к полностью закрытым. Палеозойский фундамент здесь перекрыт палеогеновыми, неогеновыми и четвертичными отложениями мощностью до 40—50 м.

По данным А. А. Рожнова, перекрывающие отложения представлены следующим разрезом (снизу вверх).

1. Бетпақдалинская свита верхнего палеогена — пестроокрашенные песчанистые глины с линзами кварцевых песков и скоплениями обугленного растительного детрита.

2. Аральская свита нижнего неогена — серозеленые гипсоносные монтмориллонитовые глины с бобовинами гидрокислов марганца. Характерно однообразие и выдержанность состава на огромных территориях.

3. Павлодарская свита нижнего-верхнего неогена — ржаво-бурые и вишнево-красные карбонатные, местами гипсоносные глины.

4. Нижнеплейстоценовые отложения — пылеватые лессовидные суглинки с линзами грубых водоносных речников.

5. Среднеплейстоценовые и голоценовые отложения — суглинистые золотые пески, пятнами оглеенные и карбонатизированные.

Стратиграфия рыхлого покрова на территории месторождения Ушкатын-III не вполне ясна. Вероятнее всего, его

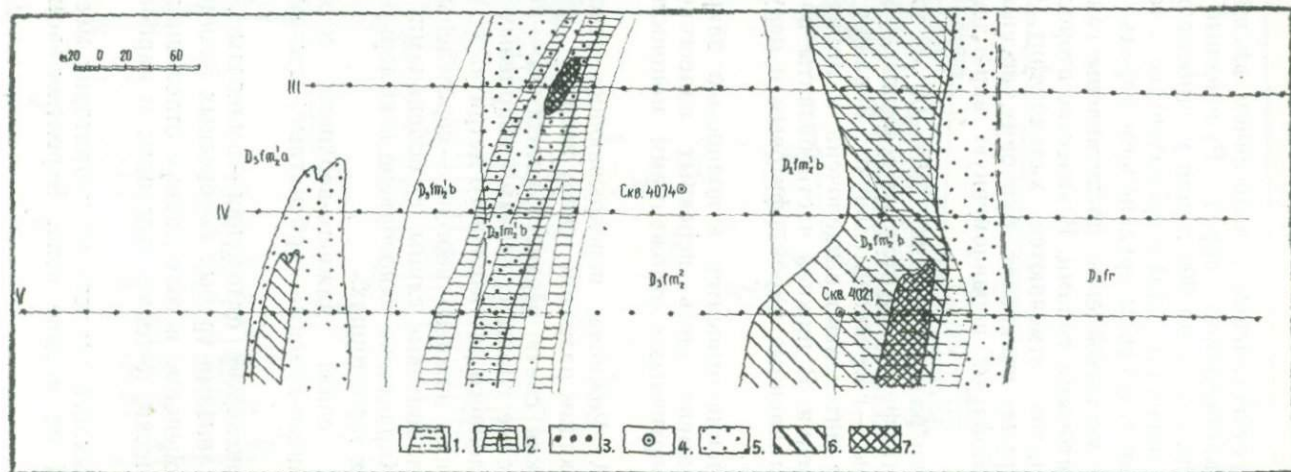


Рис. 8. Наложенные ореолы суммы свинца, цинка и меди в солевой форме в почвах: месторождение Ушкатын-III, Центральный Казахстан

1 — проекция на поверхность палеозойского фундамента зоны с полиметаллическим оруденением в пород продуктивной пачки; 2 — то же, с железо-марганцовым оруденением; 3 — точки почвенного опробования по профилю; 4 — поисково-кюртировочные скважины; 5 — ореолы суммы металлов с 85% вероятностью, содержания элементов  $(40-50) \cdot 10^{-5}\%$ ; 6 — то же, с 99% вероятностью, содержания  $(51-100) \cdot 10^{-5}\%$ ; 7 — то же, с содержанием более  $100 \cdot 10^{-5}\%$ .

Остальные усл. обозн. см. рис. 7.

разрез начинается с павлодарских глин, мощность которых здесь 15—20 м. Для них характерна пестрая окраска с преобладанием бурых и красных тонов и, эпизодически, наличие щебнистых включений кремнистых пород и аргиллитов, иногда интенсивно ожелезненных. Последнее свидетельствует об участии местного материала в составе глин. Глины перекрываются водоносными средне- и крупнозернистыми песками мощностью до 8 м с пропластками лессовидных суглинков.

Для территории месторождения характерен равнинный, участками мелкобугристо-равнинный рельеф. Преобладающий тип ландшафта — сухая полынно-типчаковая степь со светлокштановыми малогумусными почвами и кальциевым классом водной миграции. Именно такой ландшафт развит над изученным участком месторождения. Западнее месторождения (перспективная для поисков территория) выявлена сложная субширотно ориентированная ландшафтно-геохимическая структура, выраженная в чередовании солончаков, обрамляющих их лугово-степных и луговых ландшафтов с солонцеватыми и солонцовыми почвами и сухостепных ландшафтов.

Наложенные ореолы рассеяния изучались по сумме свинца, цинка и меди. Ореолы в аллохтонном чехле исследовались по одному из разрезов, пересекающих свинцоворудную и марганцеворудную зоны (см. рис. 7). Ореолы в почвах исследовались по трем профилям, что позволило проследить их более чем на 300 м по простиранию рудных зон (рис. 8). Кроме того, с целью апробации методики были проведены поисковые работы на одной из наиболее перспективных площадей на западном фланге месторождения. Фоновое распределение изучалось в ландшафтах над заведомо безрудными отложениями франского яруса.

Во всех случаях исследовалось распределение суммы металлов, находящихся в солевой форме, группирующей воднорастворимые соединения, сорбированные элементы, карбонаты и сульфаты, извлекаемые ацетатно-буферной вытяжкой.

В табл. 6 приводится характеристика фонового распределения суммы тяжелых металлов. Мы видим, что содержание суммы свинца, цинка и меди очень малы и резко повышаются лишь в гумусовом горизонте почв, проявленном слабо и маломощном (5—10 см). Отметим также равномерный характер распределения суммы металлов, отличающийся низкой дисперсией.

Изучение разреза над месторождением показало, что на-



Таблица 6

Характеристика фонового распределения суммы свинца, цинка и меди ( $n \cdot 10^{-5} \%$ ) для толщи аллохтонных отложений почв Ушкатынского месторождения

Горизонт	Число проб	$\bar{x}_f$	s	$\bar{x}_{2s} = \bar{x}_f + 2s$	$\bar{x}_{3s} = \bar{x}_f + 3s$	Коэффициент вариации, %
Почвы:	42	25	7	39	46	28
гумусовый	17	8	2	12	14	25
минеральный	10	7	4	15	19	57
Пески	20	7	4	15	19	57
Глины						

ложенные ореолы развиваются на всю его мощность и контрастно проявлены в почвах (рис. 7, табл. 7).

Таблица 7

Параметры наложенного ореола в перекрывающих аллохтонных отложениях и почвах на Ушкатынском месторождении

Горизонт	Мощность, м	Число проб	$\Sigma Zp + Cu + Pb$ , $n \cdot 10^{-5} \%$	Коэффициент концентрации	Протяженность ореола в плоскости разреза, м
Гумусовый	0,1	12	100	4,0	200
Пески	2,0—8,0	6	23	3,0	70
Глина	9 (вскрытая)	33	54	8,0	более 700

В аллохтонных отложениях наложенные ореолы особенно широки в глинах, которые на очень большой площади содержат повышенные концентрации элементов, прослеживающиеся над полиметаллической и железо-марганцевой зонами и вмещающими породами. Здесь содержания суммы металлов в ореоле варьируют в пределах  $15 \cdot 10^{-5} \%$ — $90 \cdot 10^{-5} \%$  (коэффициент концентрации 2—11).

Значительно локальнее наложенные ореолы в песках и почвах. В песках они проявлены почти исключительно над зоной с полиметаллической минерализацией, образуя столбо-

образную аномалию непосредственно над проекцией скрытых рудных тел на поверхность палеозойского фундамента. Содержания суммы металлов здесь невелики, до  $40 \cdot 10^{-5}\%$  (коэффициент концентрации до 6).

Ореолы в почвах также исключительно четко увязываются с рудоносными зонами (см. рис. 8). Ширина ореолов варьирует в пределах 120—200 м, что примерно в два раза больше видимой мощности рудоносной зоны (вернее ее проекции на дневную поверхность). Однако наиболее контрастные ореолы определяют положение рудоносной полиметаллической зоны очень четко. Содержания суммы металлов в почвенных ореолах варьируют в пределах  $(50—400) \cdot 10^{-5}\%$  (коэффициент концентрации от 2 до 16). Слабая аномалия (коэффициент концентрации 2—3) установлена и над железо-марганцовой зоной.

Особенности строения наложенных ореолов связаны, вероятно, с историей их формирования. Широкое развитие ореолов в глинах обусловлено значительным участием в их составе местного материала, в том числе и переотложенных продуктов кор выветривания и зон окисления. Ореолы в песках и почвах современны. Основной механизм их образования — фиксация металлов в ходе вертикальной фильтрации ореольных вод. В связи с этим именно ореолы в почвах, где условия фиксации наиболее благоприятны, лучше всего выявляют рудоносные зоны.

Интересные данные были получены в 1973 г. при апробации методики в пределах перспективной геологической структуры на западном фланге месторождения. Площадное геохимическое опробование по гумусовому горизонту выявило здесь ряд очень контрастных аномалий с четко выраженными центрами, что позволило рекомендовать эти участки для последующей оценки с помощью бурения. Характерно, что аномалии вытянуты в субмеридиональном направлении, совпадающим с простиранием геологических структур, и являются секущими по отношению к субширотным ландшафтно-геохимическим структурам (рис. 9). Это подтверждает рудогенный характер выявленных аномалий. Рудоносность аномалий подтверждается также данными о глубинных ореолах рассеяния, выявленных Жайремской ГРЭ в керне картировочных скважин. Однако все скважины были пробурены до проведения работ по наложенным ореолам и оказались заданными на флангах аномалий, т. е. далеко не в самых перспективных местах.

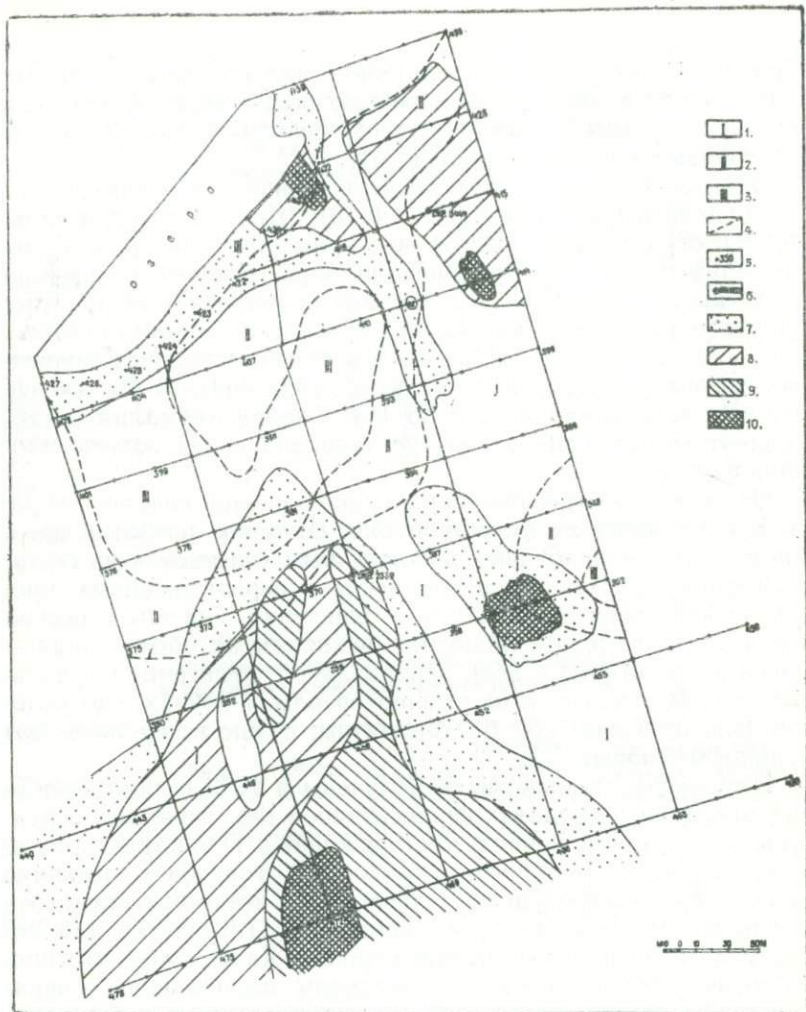


Рис. 9. Карта наложенных геохимических ореолов в почвах; участок Ушкатын Западный, Центральный Казахстан

1 — сухостепенные ландшафты со светлокаштановыми почвами; 2 — луго-степенные ландшафты с солончеватыми и солонцовыми почвами; 3 — солончачковые ландшафты; 4 — граница ландшафтов; 5 — точки ландшафтно-геохимического наблюдения и почвенного опробования; 6 — картировочные скважины; 7 — ореолы суммы тяжелых металлов с 95% вероятностью, содержания  $(70-90) \cdot 10^{-5}\%$ ; 8 — то же с 99% вероятностью, содержания элементов  $(99-110) \cdot 10^{-5}\%$ ; 9 — то же с содержаниями  $(110-130) \cdot 10^{-5}\%$ ; 10 — то же с содержаниями более  $130 \cdot 10^{-5}\%$



В 1974 г. были продолжены совместные работы ИМГРЭ и Жайремской ГРЭ по оценке этого участка. В результате выявлен ряд новых весьма контрастных наложенных ореолов над перспективными в геологическом отношении толщами. В эпицентрах трех ореолов были пробурены поисково-картировочные скважины, которые вскрыли видимую полиметаллическую минерализацию, с содержаниями цинка до 4%, свинца — до 1%.

### Медно-никелевое сульфидное месторождение Восток на Кольском полуострове<sup>1</sup>

Месторождение Восток находится в Алла-Аккаярвинском рудном поле и приурочено к Хутоярвско-Алла-Аккаярвинскому антиклинорию.

По Г. И. Горбунову (1968), линзообразные межпластовые тела основных и ультраосновных пород месторождения Восток располагаются двумя параллельными рядами, образуя поле протяженностью свыше 2 км. Интрузии падают согласно с вмещающими породами на запад — юго-запад под углом 30—60°. Длина отдельных тел колеблется от 100 до 1000 м, мощность 5—15 м. В глубину они прослеживаются на 100—300 м.

Вмещающими породами являются интенсивно мигматизированные сланцеватые полевошпатовые амфиболиты, биотитовые и биотит-амфиболовые гнейсы. Имеются также межпластовые тела плагиоклазмикроклиновых гранитов.

Состав руд халькопирит-пирротин-пентландитовый.

В верхней части зоны наблюдаются массивные и брекчиевые руды, приуроченные к интенсивно мигматизированным городам. С глубиной они сменяются вкрапленными и прожилково-вкрапленными, приуроченными к приконтактовым частям метаперидотитов. В центральной части рудных тел преобладают пирротин и пентландит, в краевых — халькопирит и пирит. Содержание никеля варьирует в пределах 1,1—9,8%; меди — 0,6—3,7%.

По данным Т. И. Ньюпенена (1966), в толще мигматитов, вмещающих рудное тело, на участке его выхода на поверхность пород фундамента в зоне общей шириной 40 м в висячем и лежащем боку развиты первичные ореолы никеля.

<sup>1</sup> Материалы по месторождению Восток собраны совместно с В. И. Лобовым.

По предварительным данным В. В. Рябова и Ф. Н. Борчалинского, на основании результатов проведенного ими опробования горизонта 130 м (40 м от поверхности) только в вишачем боку на 50 м от рудного тела прослеживаются достаточно интенсивные ореолы меди (коэффициент концентрации 1,5—5,0), цинка (6,0), кобальта (5,0), никеля (20,0). Эпизодически проявлены ореолы серебра (коэффициент концентрации 2,5).

Ландшафт участка — мокрое моховое болото, поверхность ровная, но отчетливо наклоненная к северу, что обуславливает сток вод в этом направлении. Поверхностный сток выражен в виде серии мелких ручейков, стекающих в озеро, расположенное в северной части участка.

Рудные тела расположены в днище болота и перекрыты аллохтонными и болотными образованиями, мощностью 8—10 м.

<p><sup>м</sup> 0—0,2 0,2—2,4</p>	<p>Мох — сфагнум, в нижней части полуразложившийся. Торф темнобурого цвета, в верхней части слабо-разложившийся. Содержит много полуразложившихся растительных остатков (мхов) и незначительное количество илестых частиц, Q<sub>3</sub>.</p>
<p>2,4—3,6</p>	<p>Торф — сапрпель темнобурого с красноватым оттенком цвета. Неразложившихся растительных остатков не сохраняется, Q<sub>3</sub>.</p>
<p>3,6—5,6 (8,6)</p>	<p>Глина серовато-сизая, слюдястая, вязкая, жирная на ощупь, без включений и новообразований. Иногда в нижней части горизонта появляется примесь песка и гальки, Q<sub>2</sub>.</p>
<p>5,6 (8,6)—9 (12)</p>	<p>Песок серый, пятнами ожелезненный, разнозернистый с включениями гальки, валунчиков и дресвы в основном гнейсов и гранитоидов. Близ рудного тела в песках отмечены зерна полуокисленных сульфидов. Пески водоносные. Воды слабонапорные со стоком в северные румбы, Q<sub>1</sub>. В одной из скважин вскрыты массивные, слегка окисленные медно-никелевые руды.</p>

Наложённые ореолы в аллохтонных отложениях выделены по сумме цинка и меди и сумме меди, никеля, кобальта, находящихся в солевой форме.

Характеристика распределения содержаний суммы элементов-индикаторов рассчитывалась отдельно для песков и глин (в обчетах использованы анализы по 12 пробам, табл. 8).

В глинах и песках северной части участка выделены комплексные ореолы по суммам  $Cu+Ni+Co$  и  $Cu+Zn$ .

Таблица 8

Характеристика фонового распределения ( $n \cdot 10^{-5}\%$ )  
 солевой формы элементов-индикаторов  
 в рыхлом чехле медно-никелевого месторождения Восток

Элементы	Индекс литологического горизонта	$\bar{x}_\phi$	$s$	$\bar{x}_{a_1} = \bar{x}_\phi + s$	$\bar{x}_{a_2} = \bar{x}_\phi + 2s$	$\bar{x}_{a_3} = \bar{x}_\phi + 3s$	Коэффициент вариации, %
$\Sigma \text{Cu} + \text{Zn}$	$Q_2$	54	17	71	88	105	31,4
$\Sigma \text{Cu} + \text{Ni} + \text{Co}$	$Q_1$	22	10	32	42	52	45,4
	$Q_2$	40	11	51	52	73	27,5
	$Q_1$	15	7	22	29	36	46,6

Таблица 9

Параметры наложенных солевых ореолов  
 в рыхлом чехле  
 медно-никелевого  
 месторождения Восток

Элементы	Индекс литологического горизонта	Число проб	Среднеаномальное содержание в кон-туре ореола, $n \cdot 10^{-5}\%$	Коэффициент концентрации	Протяженность ореола в плоскости разреза, м
$\Sigma \text{Cu} + \text{Zn}$	$Q_2$	21	100	2,0	130
	$Q_1$	8	48	2,2	180
$\Sigma \text{Cu} + \text{Ni} + \text{Co}$	$Q_2$	17	91	2,3	110
	$Q_1$	8	31	2,1	180

Ореолы  $\Sigma \text{Cu} + \text{Ni} + \text{Co}$  и  $\Sigma \text{Cu} + \text{Zn}$  практически совпадают (рис. 10, табл. 9). Характерной особенностью этих ореолов является накопление элементов в глинах (ореол на уровне содержаний  $\bar{x}_\phi + 3s$ ) и относительно пониженное содержание в песках (ореол на уровне содержаний  $\bar{x}_\phi + 2s$ ).

На уровне  $\bar{x}_\phi + 2s$  площади развития ореолов по  $\Sigma \text{Cu} + \text{Ni} + \text{Co}$  и  $\Sigma \text{Cu} + \text{Zn}$  практически совпадают, а на уровне содержаний  $\bar{x}_\phi + 3s$  ореол  $\Sigma \text{Cu} + \text{Zn}$  имеет несколько большую площадь. Это объясняется большей по сравнению с никелем и кобальтом ролью цинка в образовании ореола.



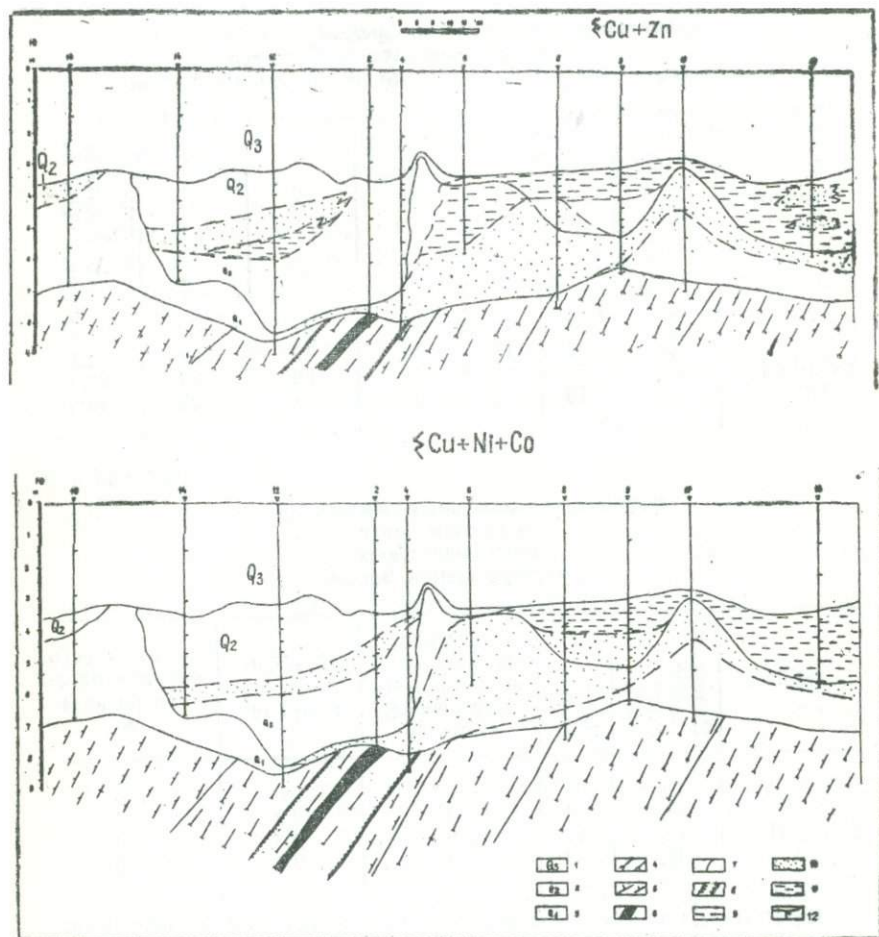


Рис. 10. Наложенные экзогенные ореолы в перекрывающихся толщах; месторождение Восток, Кольский полуостров

1—торф; 2—глина синяя; 3—песок с гравием и валунами, водовосный; 4—плаггио-микроклиновые граниты и гнейсо-граниты; 5—амфиболиты; 6—медно-никелевые руды; 7—геологические границы; 8—контур первичного ореола; 9—скважины и интервалы опробования; 10—наложенные ореолы с 95% вероятностью; 11—то же с 99% вероятностью; 12—скважины и интервалы опробования

Наложенные ореолы начинаются непосредственно у выхода рудного тела и протягиваются в песках и глинах (на 180 и 130 м соответственно) к северу от рудоносной зоны.

По-видимому, залегающие на песках глины являются хорошим водоупором и барьером, накапливающим элементы в рассматриваемой форме нахождения.

Развитие ореола в стороне от рудного тела объясняется наличием здесь мощного напорного горизонта грунтовых вод, обеспечивающего интенсивный вынос элементов-индикаторов из рудоносной зоны и концентрацию их на глинистом барьере в некотором удалении от него.

Материалы, полученные нами по месторождению Восток, не позволяют пока делать сколько-нибудь широкие обобщения о методике поисков в этих условиях. В частности, есть основания считать, что в подобных условиях месторождения могут быть выявлены менее трудоемким способом: комплексированием биогеохимического и гидрогеохимического опробования (Л. И. Грабовская, устное сообщение). Кроме того, у нас пока отсутствуют надежные данные по торфяникам — образованиям, наиболее удобным для опробования. Вместе с тем, для целей настоящего исследования важно то, что в подобных условиях гумидного района с отсутствием литогенного соленакпления в породах, наложенные ореолы проявлены достаточно интенсивно и уверенно выявляются с помощью предлагаемой методики.

### **Медноколчеданное месторождение им. 50 лет Октября в Северных Мугуджарах**

Медноколчеданное месторождение им. 50 лет Октября на исследованном участке представлено залежью массивных и густовкрапленных руд, залегающих на глубине 50—60 м. На уровне древней эрозионной поверхности пород фундамента наблюдаются лишь первичные ореолы и, таким образом, месторождение является скрыто-перекрытым. В разрезе рыхлых отложений здесь выделяется толща древней коры выветривания мощностью 30—40 м и молодые (четвертичные) аллохтонные аллювиальные образования мощностью 10—15 м. Аллохтонные отложения имеют песчано-супесчаный состав и характеризуются развитием карбонатов эпигенетического типа. По ним развиты темнокаштановые почвы. Разрез слабо-

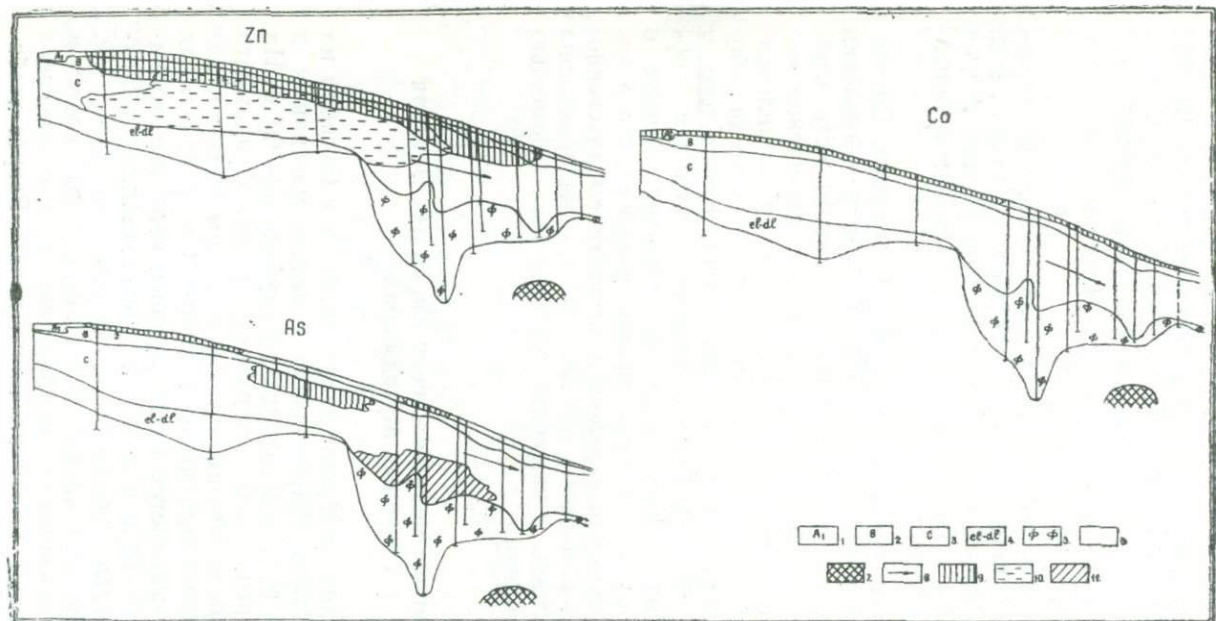


Рис. 11. Наложенные экзогенные ореолы в перекрывающих толщах месторождения им. 50 лет Октября, Северный Казахстан

1 — гумусовый горизонт почв; 2 — минеральный горизонт почв; 3 — рыхлые песчано-глинистые аллохтонные отложения; 4 — переотложенная щебнистая кора выветривания; 5 — остаточные коры выветривания; 6 — палеозойские вулканогенные породы фундамента; 7 — окисленное рудное тело; 8 — направление движения грунтовых вод; 9 — наложенные ореолы элементов-индикаторов, связанные с органо-минеральными соединениями, с 99% вероятностью; 10 — то же, связанные с карбонатами; 11 — то же, связанные с окислами и гидроксидами железа



обводнен. Направление современного стока совпадает с погружением современного рельефа (рис. 11).

В аллохтонных отложениях и почвах с помощью охарактеризованных выше методов фазового химического анализа были изучены наложенные ореолы меди, цинка, кобальта, молибдена и мышьяка, связанные с карбонатами, органо-минеральными соединениями, окислами и гидроокислами железа, глинистыми минералами, т. е. основными формами нахождения, характеризующими эпигенетические преобразования пород в рассматриваемых условиях.

Медь, цинк, кобальт и мышьяк образуют наложенные ореолы в формах, связанных с карбонатами и извлекаемых ацетатными вытяжками. Как правило, эти ореолы контрастны в разрезе аллохтонных образований (коэффициент концентрации 5—10), особенно в его нижней части, но хуже проявлены в почвах (коэффициент концентрации 2—4).

Медь, цинк, мышьяк образуют довольно контрастные ореолы, связанные и с органо-минеральными соединениями. Эти ореолы проявлены преимущественно в гумусовых горизонтах почв. Особенно контрастны ореолы цинка (коэффициент концентрации до 18).

Для молибдена, мышьяка, меди довольно характерна форма нахождения, связанная с окислами железа и извлекаемая лишь сильноокислотной (6N соляная кислота) вытяжкой. Эти ореолы чаще развиваются в нижних частях разреза аллохтонных образований.

Ореолы элементов, связанных с органо-минеральными соединениями и карбонатами, развиты значительно шире проекции первичного ореола. При этом они смещены в направлении, не совпадающем с современным стоком в долину сравнительно молодого ручья — притока более древней долины р. Ори. Как показали детальные исследования, смещение ореолов было вызвано палеопотоком, направлявшимся в сторону основного водотока (р. Орь), отложения которого и составляют всю мощность аллохтонной части рыхлого чехла.

#### **Общие выводы по особенностям наложенных ореолов и возможностям экспрессных методов их выявления**

Многочисленные публикации последних лет и опыт работ Центральной геохимической экспедиции ИМГРЭ показывают, что во многих рудных районах над глубоко погребен-

## Примеры наложенных ореолов

Тип месторождения	Ландшафт и район	Характер перекрывающего покрова	Мощность покрова, м
Полиметаллическое, эродированное	Степной, Рудный Алтай	Существенно-глинистые палеоген-четвертичные отложения	120
Полиметаллическое, эродированное	Сухостепной, Рудный Алтай	»	100
Медноколчеданное, эродированное	Горно-лесной, юго-восточная Грузия	Аллювиально-пролювиальные отложения	100
Медноколчеданное скрытое	Горно-таежный, Средний Урал	Карбонатно-глинистые и терригенные отложения мела и палеогена	55
Полиметаллическое, эродированное	Степной, Рудный Алтай	Суглинисто-глинистые неоген-четвертичные отложения	40
Свинцово-цинковое, эродированное	Сухостепной, Центральный Казахстан	Песчано-глинистые неоген-четвертичные отложения	35
То же	То же	То же	30
»	»	»	30
Золото-сульфидное, эродированное	Таежный, Забайкалье	Современный аллювий	30
Медно-молибденовые, эродированные	Сухостепной, Узбекистан	Лессовидные суглинки	25

## перспективных месторождений

Исученная часть разреза рыхлого покрова	Метод выявления ореола	Комплекс элементов в ореоле	Верхний горизонт выявления ореола	Контрастность ореола	Источник
почва	Пирофосфатная вытяжка	свинец, цинк	гумусовый горизонт почв	до 10	Антропова, 1971
весь разрез	Ацетатно-буферная вытяжка	медь, свинец, цинк	То же	6	по автору
почва	Валовый анализ	медь	»	2,5	Пурик и др., 1972
весь разрез	Солянокислая вытяжка	медь, цинк	минеральный горизонт почв	2	Вострокнутов, Юшков, 1972
почва	То же	то же	гумусовый горизонт почв	2,5	Баранов и др., 1972
почва	Пирофосфатная вытяжка	свинец, молибден	»	до 20	Антропова, 1971
почва и верхняя часть рыхлого разреза	Солянокислая вытяжка	медь, цинк, марганец, йод, барит	испарительный барьер верхнего водоносного горизонта, глубина 1,5—2,0 м	до 5	Ларионов, Виноградов и др., 1972
весь разрез	Ацетатно-буферная вытяжка	свинец, цинк	гумусовый горизонт почв	до 16	по автору
»	Валовый анализ	мышьяк, цинк	почва	2	Заворотных, 1972
почва	Уксуснокислая вытяжка	медь, молибден, цинк	почва	до 20	Албул и др., 1966, Баденков, 1970

Тип месторождения	Ландшафт и район	Характер перекрывающего покрова	Мощность покрова, м
Медноколчеданное, скрытое	Сухостепной, Мугоджары	Переотложенные продукты глинистой коры выветривания, осадочные глины и пески	25
Медноколчеданное, скрытое	Горно-таежный, Средний Урал	Четвертичные глины и суглинки	20
Ртутное, скрытое	Пустынный, Узбекистан	Четвертичные суглинки	20
Медно-никелевое, эродированное	Таежно-болотный, Кольский полуостров	Морена	17
Полиметаллическое, эродированное	Эстония	»	15
Олово-сульфидное	Таежно-мерзлотный, Якутия	Мерзлый аллювий	15
Медноколчеданное, скрытое	Горно-таежный, Средний Урал	Глинистые рыхлые образования	12
Медно-никелевое эродированное	Таежно-болотный	Песчанистая морена	10
То же	То же	Горф, озерная глина	10
Золото-сульфидное, эродированное	Сухостепной, Казахстан	Четвертичные суглинки	10
Свинцово-цинковое	Нигерия	Аллювий	8
Молибденовое	Армения	Базальты	10

Изученная часть разреза рыхлого покрова	Метод выявления ореола	Комплекс элементов в ореоле	Верхний горизонт выявления ореола	Контрастность ореола	Источник
весь разрез	Перекисно-ацетатно-буферная и ацетатно-буферная вытяжки	медь, цинк, мышьяк, кобальт, молибден	гумусовый горизонт	до 18	по автору
почва	Валовый анализ	цинк, медь, молибден	почва	2	Баранов и др., 1972
»	Уксуснокислая вытяжка	ртуть	почва		Баденков и др., 1973
»	Пирофосфатная вытяжка	никель, медь	гумусовый горизонт	4	Антропова, 1971
»	Солянокислая вытяжка	цинк	почва	2	Миллер, Судов, 1963
весь разрез	То же	сульфат-ион	»	4	Иванов, 1969
» »	»	медь, цинк	минеральный горизонт	8	Вострокнутов, Юшков, 1972
весь разрез	Валовый анализ глинистой фракции	медь, никель, сульфатная сера	то же	до 10	Майоров, 1972
» »	Ацетатно-буферная вытяжка из осадочных отложений и валовый анализ золы торфа	медь, свинец, цинк, никель, кобальт	озерные глины на глубине 4 м	до 6	по автору
почва	Солянокислая вытяжка	медь, мышьяк, молибден	почва		Иванова, 1968
разрез	Кислотная вытяжка из глинистой фракции	свинец, цинк	верхняя часть разреза	4	Фултон (Хокс, Узбб, 1964)
почва	Водная вытяжка	молибден	почва		Капланян, 1962



ными месторождениями или их первичными ореолами в рыхлых отложениях и, что особенно важно, в почвах устанавливаются отчетливые геохимические аномалии. В большей своей части имеющиеся данные характеризуют ореолы в почвах и не касаются особенностей их развития во всем разрезе перекрывающей толщи. Но хорошая пространственная увязка выявленных аномалий с перекрытыми рудными зонами, в ряде случаев высокая контрастность повышения содержания в пределах аномалий, отсутствие подобных аномалий на заведомо фоновых площадях однозначно свидетельствуют об их рудной природе (табл. 10).

Наиболее общий вывод из имеющихся материалов заключается в том, что наложенные вторичные ореолы рассеяния в аллохтонных толщах и почвах являются закономерным и широко распространенным геохимическим признаком перекрытых месторождений.

Изложенные данные позволяют также сделать ряд более частных, но исключительно важных выводов по особенностям наложенных ореолов и возможностям экспрессных методов их выявления.

1. Наложённые ореолы наблюдаются в весьма широком диапазоне стратиграфических характеристик рыхлых образований, перекрывающих месторождение, и во всех случаях проявлены в современных почвах. Таким образом, достаточно контрастные ореолы успевают сформироваться за весьма ограниченное время.

2. Наложённые ореолы фиксируются при разнообразных литолого-фациальных особенностях перекрывающего покрова: песчаный аллювий, супесчано-суглинистая морена, существенно глинистые осадочные образования (озерные, лагунные и морские), сложнопостроенные разрезы с переслаиванием осадочных пород различного литологического типа, пострудные четвертичные базальты.

3. Наложённые ореолы выявлены в разнообразных ландшафтно-геохимических условиях и соответственно в различных типах почв: от тундровых и таежных (мерзлотных и немерзлотных) до степных, сухостепных и пустынных.

4. Наложённые ореолы развиваются и устанавливаются в почвах при весьма значительных мощностях перекрывающих месторождение толщ. Максимальная известная цифра мощности (130 м), вероятно, не предел, так как не ограничена какими-либо естественными геолого-геохимическими барьерами. Везде, где проводились исследования наложенных орео-

лов над перекрытыми месторождениями, они были выявлены.

5. В наложенных ореолах установлен очень широкий спектр химических элементов, включающий для сульфидных месторождений большую часть их элементов-индикаторов и, во всяком случае, все важнейшие элементы исследованных типов руд: медь, свинец, цинк, никель, кобальт, молибден, мышьяк, сульфат-ион. Большинство ореолов полиэлементны.

6. Морфологические особенности наложенных ореолов рассеяния определяются литологическими особенностями перекрывающих толщ, условиями обводненности и гидродинамического режима подземных и грунтовых вод и, вероятно, условиями залегания рудных зон. Большинство имеющихся материалов характеризует частично эродированные крутопадающие месторождения. Ореолы скрыто-перекрытых и пологозалегающих рудных зон пока почти не изучены.

Для месторождений, перекрытых чехлом слабообводненных рыхлых образований глинистого или существенно глинистого типа характерны столбообразные наложенные ореолы, развивающиеся непосредственно в пределах вертикальной проекции рудной зоны.

Для месторождений, перекрытых чехлом обводненных рыхлых образований, преимущественно песчаного характера, морфология ореолов целиком контролируется направлением стока подземных вод (современным или более древним).

7. При современном состоянии изученности наложенные ореолы позволяют решать только задачу выявления рудогенных геохимических аномалий, но не дают возможности производить сколько-нибудь детальную оценку (в частности, оценивать формационную принадлежность перекрытых рудонесных зон, уровень их эрозийного среза и масштаба оруденения). Здесь, пожалуй, можно привести вполне обоснованное мнение А. П. Соловова, что наложенные ореолы могут быть проявлены лишь в связи с достаточно крупными скоплениями, что требует проверки каждого надежного наложенного ореола рассеяния. Как было показано, использование того или иного варианта суммы тяжелых металлов также позволяет выделять геохимические аномалии и отделять рудогенные концентрации от безрудных. Таким образом, замена трудоемких определений широкого круга элементов-индикаторов экспрессным определением суммы важнейших элементов-индикаторов не ухудшает качества получаемой информации.

8. Имеющийся, хотя и небольшой опыт производственной апробации рекомендуемой методики выявления наложенных

вторичных ореолов рассеяния показывает, что она позволяет резко ускорить поисковые работы. При достаточно хорошей организации за один полевой сезон возможно проведение полного цикла поисковых исследований: выявление ореолов, их интерпретация и проверка поисково-картировочным бурением.

9. Можно предположить, что методы поисков по наложенным ореолам найдут применение не только в районах, перекрытых аллохтонными отложениями. В частности, в Сибири и на Дальнем Востоке, в условиях распространения склоновых отложений солифлюкционно-дефлюкционного типа за последние годы установлено широкое развитие погребенных вторичных ореолов, не выявляемых по результатам валового анализа проб почв.

---



## ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ЭКСПРЕССНОМУ ВЫЯВЛЕНИЮ НАЛОЖЕННЫХ ОРЕОЛОВ

Широкое развитие эпигенетических наложенных ореолов, наблюдаемых на дневной поверхности даже у месторождений, перекрытых рыхлым аллохтонным чехлом большой мощности, свидетельствует, что они могут явиться надежным геохимическим критерием при поисках сульфидных месторождений в закрытых районах.

В практическом отношении наиболее интересна возможность проведения поисков путем опробования почв. Исследования наложенных ореолов в разрезе аллохтонных отложений (связанные с необходимостью проведения буровых работ) требуются лишь в некоторых случаях, при детализации и интерпретации аномалий в почвах. Таким образом, проведение геохимических поисков перекрытых месторождений по наложенным ореолам рассеяния в почвах позволяет резко сократить объемы дорогостоящих буровых работ.

Имеющиеся материалы показывают, что наложенные ореолы достаточно локальны и по площади развития сопоставимы с размерами рудоносных зон. В связи с этим геохимические методы выявления наложенных ореолов могут быть использованы прежде всего для выявления и пространственной локализации рудоносных зон. Такие задачи ставятся обычно на стадии крупномасштабных поисков, проводимых на геологически перспективных структурах, выявленных в ходе съемочных и специализированных прогнозных работ.

Эффективным также может быть выявление наложенных ореолов с целью подтверждения рудной природы и детализации геофизических, гидрогеохимических и биогеохимических аномалий, широко используемых при поисках в закрытых районах.

Как было показано, наложенные ореолы легко могут быть выявлены путем фазового химического анализа. Для решения

практических задач нет необходимости изучать всю гамму элементов-индикаторов, встречающихся в ореолах, и все возможные формы их нахождения. Вполне достаточно лишь основных рудных элементов в единичных, наиболее эффективных в данной ландшафтно-геохимической ситуации формах нахождения. Для халькофильных элементов, в частности, в большинстве случаев надежные результаты получаются при определении суммы тяжелых металлов в ацетатно-буферных вытяжках из почв. Эта методика позволяет экспрессно в полевых условиях выявлять наложенные ореолы и локализовать участок для более детальных работ.

### Организация полевых работ

Организация полевых работ при проведении геохимических поисков по наложенным ореолам с помощью экспрессной методики их выявления в общем не отличается от общепринятой схемы (Инструкция..., 1965). Исключение представляет необходимость проведения аналитических работ в полевой лаборатории, которые будут подробно охарактеризованы ниже.

Полевые работы включают разбивку сети наблюдений, отбор и обработку геохимических проб.

Поиски по наложенным ореолам проводятся в закрытых районах, характеризующихся чаще всего равнинным или слабонаклонным рельефом. В этих условиях ориентировка поверхностного стока мало влияет на морфологию ореолов.

Вместе с тем, как было показано, наложенные ореолы достаточно хорошо трассируют простиранье рудных зон и смещаются обычно в направлении стока подземных вод. Высказанные соображения показывают, что в рассматриваемых условиях наиболее эффективна будет поисковая сеть опробования, ориентированная вкрест простиранья рудоконтролирующих структур. Плотность сети опробования обусловлена масштабом исследования, который, в свою очередь, связан с предполагаемыми размерами рудоносных зон, требующих выявления. Имеющиеся, хотя и немногочисленные, данные по параметрам наложенных ореолов показывают, что даже для довольно крупных месторождений ширина ореолов в плане порядка 100—150 м, а протяженность по простиранью рудных зон не менее 300—400 м.

Таким образом, рекомендуемая «Инструкцией...» плотность опробования при масштабе 1 : 25000 ( $250 \times 50$  м) обеспечивает выявление ореола всего лишь одним профилем и не более чем двумя—тремя аномальными точками. Следовательно, для локализации ореола и выявления центров наиболее контрастных аномалий необходимы более детальные работы в масштабе 1 : 10000 (сеть  $100 \times 25$  м) или 1 : 5000 ( $50 \times 10$ — $20$  м).

При изучении флангов известных месторождений, опосковании мелких потенциально-рудноносных структур, проверке геофизических, гидрогеохимических и биогеохимических аномалий, когда важно выявить все, даже небольшие, рудные зоны, исследования по наложенным ореолам следует проводить сразу в крупном масштабе.

Опробование почв проводится по гумусовым горизонтам общепринятыми методами. Важно точно отбивать границы горизонта, который в ряде случаев весьма невелик по мощности (первые сантиметры) и залегает на разной глубине в зависимости от типа почв, ландшафтно-геохимической обстановки. Так, например, в сухостепных ландшафтах Центрального Казахстана гумусовый горизонт в светлокаштановых почвах часто прикрыт современной эоловой присыпкой мощностью 3—10 см.

При документации проб необходимо хотя бы кратко отмечать ландшафтно-геохимическую обстановку на каждой точке опробования. В частности, в степных, сухостепных и пустынных ландшафтах очень важно выявление солонцовых и солончаковых ландшафтов, легко отличающихся по растениям и почвам.

Обработка проб производится отситыванием фракции —1 мм, истирание проб не требуется, вес пробы не менее 150 г.

## Организация лабораторно-аналитических работ

### *Организация полевой лаборатории*

Лабораторное изучение наложенных ореолов проводится главным образом в полевых условиях. Опыт показывает, что полевую лабораторию нетрудно организовать даже в палатке. Однако удобнее и по большей части практически возможно устраивать лабораторию в помещении, где можно пользо-



ваться электрическими нагревательными приборами и легко организовать производство дистиллята.

Как указывалось выше, основными изучаемыми формами нахождения элементов-индикаторов в наложенных ореолах являются солевая и органо-минеральная.

Выбор конкретной формы нахождения при проведении поисков зависит от ландшафтно-геохимической обстановки, определяющей особенности проявления наложенных ореолов. В степных ландшафтах Рудного Алтая с черноземными почвами более контрастные и широкие наложенные ореолы были выявлены при извлечении органо-минеральной формы нахождения элементов. В сухостепных ландшафтах Центрального Казахстана со светлокаштановыми почвами для выявления ореолов оказалось достаточным технологически более простое извлечение солевой формы нахождения элементов. В тех случаях, когда исследования проводятся в малоизученных в этом отношении ландшафтах, следует на эталонном объекте провести выбор наиболее эффективной формы нахождения.

Выше была показана возможность использования нескольких методов группового определения элементов-индикаторов в вытяжках.

Для каждого генетического типа месторождения существует свой набор элементов-индикаторов. В зависимости от этого следует выбирать и определяемые суммы металлов. Так, для свинцово-цинковых месторождений рационально определение суммы цинка, меди и свинца, для медноколчеданных — меди и цинка, для медно-никелевых — меди, никеля и кобальта. Во всех этих случаях суммы других металлов могут быть использованы как контрольные, позволяющие независимым путем проверить правильность выделения аномалий. Кроме того, как показано на примере Рубцовского месторождения, применение совместно всех трех вариантов группового определения элементов дает возможность оценки доли участия в ореоле отдельных элементов.

Вся лабораторная работа, таким образом, сводится к проведению либо непосредственно ацетатно-буферной вытяжки (для солевых форм), либо с предварительной обработкой пробы пергидролом (для органо-минеральных форм).

Лабораторные исследования удобно проводить бригадой минимум в два человека: техник-химик и техник-лаборант. Первый занимается главным образом определением суммы тяжелых металлов, руководит и помогает лаборанту по про-

изводству вытяжек, особенно при обработке проб пергидролом. Последний производит вытяжки и подготавливает необходимую химическую посуду.

Производительность работы находится в прямой зависимости от организации рабочего места и особенностей применяемого оборудования.

Основной элемент, определяющий производительность — время проведения вытяжки ацетатным буфером с подогревом пробы на водяной бане. Рекомендуется самодельная водяная баня, позволяющая погружать колбы с пробой в кипящую воду. При этом условии обработка продолжается 20 мин.

После обработки пробы на водяной бане содержимое колбы фильтруется. Следует иметь отдельный стол для фильтрации, большой запас чистых полиэтиленовых бутылочек (лучше на 200—250 мл) с закручивающимися пробками. Фильтрование, как правило, проводится в горячем состоянии, что ускоряет процесс.

Как показывает опыт, в день такая бригада может произвести не менее 96 вытяжек при частичном определении в них выбранной для исследования суммы металлов. Удобны партии по 24 пробы, что позволяет пользоваться водяными банями на 24 гнезда (под колбы 200 мл).

В начале работы отбирается 48 навесок весом 5 г (что позволяет получить необходимые 50 мл фильтрата). Все пробы перед анализом предварительно растираются в фарфоровой ступке.

Каждый исполнитель производит вытяжку из своей партии проб (20-минутное кипячение и фильтрование в полиэтиленовые бутылки). Далее техник-химик переходит к определению суммы тяжелых металлов, а лаборант продолжает производство вытяжек из остальных проб. На следующий день оба исполнителя занимаются определением сумм тяжелых металлов как по основному (лаборант), так и по необходимым вспомогательным (химик) методам. Производительность определения сумм металлов до 60—80 анализов в смену для одного исполнителя.

#### *Необходимое лабораторное оборудование и реактивы*

Для выделения органо-минеральной и солевой составляющих наложенных ореолов и определения в них сумм тяжелых металлов всеми рекомендуемыми нами методами необходи-

мо следующее оборудование (для двух исполнителей) и реактивы (на 1000 определений):

### I. Химическое оборудование

1. Конические колбы на 200 мл для проведения в них буферных ацетатных вытяжек и обработки пергидролем	— 100 шт.
2. Стеклянные воронки	— 100 шт.
3. Фильтры белая лента	— 4 пачки
4. Полиэтиленовые бутылки на 0,25—0,500 л для сбора фильтрата	— 300 шт.
5. Водяные бани на 24 гнезда	— 2 шт.
6. Колориметрические пробирки	— 40 шт.
7. Штатив для колориметрических пробирок	— 2 шт.
8. Делительные воронки на 100 мл	— 10 шт.
9. Делительные воронки на 1 л	— 2 шт.
10. Штатив для делительных воронок	— 2 шт.
11. Колба мерная на 100 мл для приготовления стандартных растворов металлов	— 5 шт.
12. Колба мерная на 500 мл	— 2 шт.
13. Колба мерная на 50 мл	— 2 шт.
14. Бутыль полиэтиленовая 5 л с закручивающейся пробкой и прокладкой, для разведения и очистки буферного раствора вытяжки	— 2 шт.
15. Ступки фарфоровые	— 3 шт.

### II. Химические реактивы

1. Дитизон	— 1 г
2. Четыреххлористый углерод	— 50 л
3. Уксусная кислота, концентрир.	— 3 л
4. Ацетат натрия	— 4 кг
5. ДДК натрия	— 0,010 кг
6. Сегнетова соль	— 0,3 кг
7. Аммиак 25%	— 0,5 л
8. Лимонная кислота	— 5,0 кг
9. Пирофосфат натрия	— 0,4 кг
10. Пергидроль	— 100 л
11. Бура	— 5 кг



## 12. Реактивы для приготовления стандартных растворов:

- а) сульфат меди — 2 навески по 0,252 г
- б) ацетат свинца — 2 навески по 0,157 г
- в) цинк металлический х/ч — по 0,100 г

### Выделение, детализация и оценка аномалий

Для выделения наложенных ореолов необходимо иметь статистически обработанные данные по характеристике фонового распределения суммы тяжелых металлов во всех изучаемых геохимических типах опробуемых объектов. Следует отметить, что в нашей практике пока не встречалось значительных колебаний параметров фонового распределения. Резче всего отличались данные по гумусовым горизонтам почв, где содержания суммы тяжелых металлов в исследуемых формах нахождения всегда значительно выше, чем в минеральных горизонтах или подстилающих почвы аллохтонных образованиях. Более того, во всех исследованных случаях для фонового распределения были характерны крайне низкие коэффициенты вариации. Это связано с двумя обстоятельствами: 1) количественным характером результатов анализов и 2) использованием фазового анализа при выделении ореолов. Первое приводит к снижению аналитической дисперсии. Второе обуславливает изучение на широких площадях однородного в минералого-геохимическом отношении материала и, таким образом, исключает литогенную неравномерность, во многом определяющую природную дисперсию содержаний. В результате вероятность обнаружения нерудных аномалий при использовании рекомендуемой методики много ниже, чем других вариантов геохимических методов поисков.

При локализации аномалий важно все же учитывать ландшафтно-геохимические особенности исследуемой территории. Аномалии, строго локализующиеся в каком-то одном ландшафте, не могут быть пока однозначно интерпретированы как рудогенные. Аномалии, секущие ландшафтно-геохимическую структуру, значительно надежнее.

Задача геохимических поисков по наложенным ореолам рассеяния, решаемая на данной стадии их изученности, — это выявление аномалий на закрытых территориях и их интерпретация, заключающаяся в разбраковке рудных и безрудных аномалий и в оценке местонахождения рудного источника.

При интерпретации аномалии, в частности, следует учитывать возможность их смещения в направлении потока подземных вод. Вместе с тем, для степных ландшафтов центры максимальных содержаний в аномалиях (если она оконтурена) довольно четко фиксируют проекцию погребенной рудной зоны. Если аномалии обширны по площади и эпицентры четко не выделяются, то рационально проведение буровых работ легкими станками (типа шнековой установки УГБ-50) для подсечения и опробования глинистой части аллохтонного разреза (на Рудном Алтае, например, глины вскрываются на глубине 5—10 м). В этих случаях наложенные ореолы в глинах значительно локальнее и более четко, чем в почвах, определяют местонахождение рудной зоны. Необходимо, однако, хорошо представлять характер разреза рыхлой толщи и быть уверенным в аллохтонном характере глин. Так, например, в Центральном Казахстане, где в глинах значительную долю составляет местный материал, ореолы в них не дают возможности для локализации рудных зон.

Поиски по наложенным ореолам рассеяния рационально комплексировать с другими методами, позволяющими по независимым от этих ореолов признакам выявлять перекрытые месторождения. Такие комплексы пока еще не апробированы, но, вероятнее всего, здесь эффективно будет использование газовых методов (по ореолам ртути, кислорода и углекислого газа), а также, несомненно, геофизических методов (для сульфидных месторождений методы МПП и ВП). Создание таких комплексов — неотложная задача предстоящих исследований. Необходимо подчеркнуть, что комплексировать следует прежде всего экспрессные методы, позволяющие получать результаты непосредственно в полевых условиях выделенных для поисков перспективных территорий.

Конечная цель исследований по наложенным ореолам — локализация на перспективной территории участков для проведения горнобуровых работ. Лишь с их помощью может быть произведена всесторонняя интерпретация аномалий, требующая оценки их формационной принадлежности, определения уровня эрозионного среза и оценки масштабов оруденения.

Здесь необходимо применять богатый арсенал геохимических приемов изучения первичных ореолов, который следует включать в общий комплекс работ на этапе оценки выявленных наложенных ореолов.

Албур С. П., Горьковец В. Г., Спилов Г. Г. и др. Гидрогеологический и сорбционно-солевой методы поисков рудных месторождений в предгорных и горных районах Узб. ССР. — Методическое руководство. «Книжная летопись», № 19, 1966.

Антропова Л. В., Недригайлова М. В., Шуралева А. З. Определение форм нахождения свинца и молибдена в пробах из ореолов рассеяния (методические рекомендации). ОНТИ ВИТР, 1968.

Антропова Л. В., Недригайлова М. В., Шуралева А. З. Определение форм нахождения меди в горных породах (методические указания). ОНТИ ВИТР, 1970.

Антропова Л. В. Поиски рудных месторождений по металлоорганическим формам нахождения элементов. — В сб. «Методика и техника разведки», № 76, 1971.

Арифушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. Изд-во МГУ, 1961.

Баденков Ю. П. Исследование гипергенных ореолов рассеяния в связи с поисками меди в аридных условиях (на примере Алмалыка). Автореф. канд. дисс. М., 1970.

Баденков Ю. П., Постаногов А. Е., Смирнов Г. Г., Фролов Л. В. Влияние ландшафтно-геохимической обстановки на формирование сорбционно-солевых ореолов рассеяния ртутного оруденения в Западном Узбекистане. — В сб. «Вопросы применения геохимии ландшафта при поисках рудных месторождений». Алма-Ата, 1973.

Баранов Э. Н., Голдин А. С., Лазарев В. Н., Поливанов В. С., Сагит Ю. Е. К вопросу о глубинности поверхностных геохимических поисков перекрытых месторождений. — В сб. «Литогеохимические методы при поисках скрытого оруденения». М., 1972.

Вострокнутов Г. А. Геохимические методы поисков скрытых месторождений колчеданных руд. — В сб. «Проблемы геохимии и космологии». М., «Наука», 1968.

Вострокнутов Г. А., Юшков Ю. Н. Применение методов частично-фазового анализа при литохимических поисках в условиях Урала. — В сб. «Литохимические поиски рудных месторождений по их гипергенным ореолам и потокам рассеяния». Алма-Ата, 1968.

Вострокнутов Г. А., Юшков Ю. Н. Опыт применения частично-фазового анализа при литохимических поисках на Среднем Урале. — В сб. «Литохимические поиски рудных месторождений». Алма-Ата, 1972.

Виноградов Б. П., Ларионов Г. Ф., Свешников Г. Б., Тененбаум П. Я., Иванова И. А. Теоретические и методические основы сорбционно-солево-



го метода поисков сульфидных месторождений (на примере Центрального Казахстана). — В сб. «Литохимические поиски рудных месторождений». Алма-Ата, 1972.

Геология и металлогения Успенской тектонической зоны. Алма-Ата, «Наука», 1968.

*Гинзбург И. И.* Опыт разработки теоретических основ геохимических методов поисков. Госгеолтехиздат, 1957.

*Голева Г. А.* Геохимия водных ореолов скрытого оруденения. Докторская диссертация, ИМГРЭ, 1972.

*Горбунов Г. И.* Геология и генезис сульфидных медно-никелевых месторождений Печенги. «Недра», 1968.

*Долуханова Н. И.* Опыт применения почвенно-гидрохимической съемки для поисков месторождений молибдена. — В сб. «Геохимические поиски рудных месторождений». Госгеолтехиздат, 1957.

*Долуханова Н. И., Ванцян Г. М., Кюрегян Э. А. и др.* Опыт разработки геохимических и геофизических методов поисков рудных месторождений на территории Армянской ССР. — Тр. ин-та геол. наук АН Арм. ССР, Ереван, 1963.

*Елпатьевский Н. В.* О формах нахождения тяжелых металлов во вторичных ореолах рассеяния. — В сб. «География почв и геохимия ландшафтов». Изд-во МГУ, 1967.

*Заворотных И. Р.* Глубинные литохимические поиски золоторудных месторождений в пониженных частях рельефа (долинах рек, падах). — В сб. «Литохимические поиски рудных месторождений». Алма-Ата, 1972.

*Иванов О. П.* О возможности обнаружения скрытых сульфидных рудных тел по криогенным солевым ореолам рассеяния. — «Геохимия», № 3, 1969.

*Иванова И. А.* Особенности поисков по вторичным наложенным литохимическим ореолам рассеяния в условиях Центрального Казахстана. — В сб. «Литохимические поиски рудных месторождений по их гипергенным ореолам и потокам рассеяния». Алма-Ата, 1968.

*Илювицева Г. В.* Метод определения содержания окисных и карбонатных минералов в осадочных горных породах. — В кн.: «Методические исследования терригенных осадочных пород», том 86. М., Госгеолтехиздат, 1956.

Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М., «Недра», 1965.

*Капляня П. М.* Опыт применения почвенно-гидрохимической съемки на базальтах. — Изв. АН Арм. ССР. Геология и география, № 4, 1962.

*Кононова М. М.* Органическое вещество почвы. М., Изд-во АН СССР, 1963.

*Красников В. И.* Современное состояние и ближайшие задачи прикладной геохимии. — В кн.: «Геохимические поиски рудных месторождений». М., Госгеолтехиздат, 1957.

*Ларионов Г. Ф.* Солевые ореолы рассеяния и их роль при геохимических поисках глубокозалегающего оруденения в условиях Центрального Казахстана. Материалы II сессии Сибирской секции СГПИ по проблеме «Научные основы геохимических методов поисков полезных ископаемых», Улан-Удэ, 1972.

*Майоров Н. Ф.* Методика поисков медно-никелевых месторождений по наложенным солевым ореолам рассеяния в коренных отложениях на Кольском полуострове. — В сб. «Литохимические поиски рудных месторождений». Алма-Ата, 1972.

*Миллер А. Д., Сахаров А. А., Тюрина Н. И.* Определения микроколи-

чества меди, цинка, свинца в вытяжках из рыхлых отложений, горных пород и в природных водах. ОНТИ ВИТР, вып. 29, 1959.

*Миллер А. Д., Мохов А. А., Гурылева Л. В.* Метод определения микроколичеств молибдена в наложенном солевом ореоле.— *Геохимия*, № 7, 1961.

*Миллер А. Д.* Применение ускоренного частично-фазового анализа при геохимических поисках.— *Бюлл. научно-технической информации. М-во геол. и охраны недр СССР*, № 1, 1962.

*Миллер А. Д., Судов Б. А.* Опыт применения слабокислых вытяжек при металлометрической съемке на территории развития моренно-ледниковых отложений Эстонской ССР.— В кн. «*Геохимические поиски и методы анализа проб*». ОНТИ ВИТР, № 43, Л., 1963.

*Нюппенен Т. И.* О первичных ореолах одного из сульфидно-медно-никелевых месторождений Кольского полуострова.— *Зап. ЛГИ*, т. 51, вып. 2, 1966.

*Пельш Г. К., Власова И. В.* К вопросу приближенно-количественной характеристики фазового состава карбонатов методом селективного растворения.— В кн.: «*Фазовый химический анализ руд и минералов*», Изд-во ЛГУ, 1962.

*Перельман А. И.* Геохимия ландшафта. «*Высшая школа*», 1966.

*Перельман А. И.* Геохимия эпигенетических процессов, «*Недра*», 1968.

*Пурик Н. В., Поливанов В. С., Баранов Э. Н., Беляева А. В.* Поиски скрытого медно-колчеданного и сульфидно-касситеритового оруденения по вторичным геохимическим ореолам рассеяния.— В сб. «*Литохимические поиски рудных месторождений*». Алма-Ата, 1972.

*Резников А. А., Муликовская Е. П., Соколов И. Ю.* Методы анализа природных вод. М., Госгеолтехиздат, 1963.

*Росляков Н. А.* Зоны окисления сульфидных месторождений Западно-го Алтая. «*Наука*», 1970.

*Сагет Ю. Е., Несвижская Н. И., Ефимова Р. И.* Геолого-геохимические предпосылки и методика изучения форм нахождения элементов в наземных геохимических ореолах.— В сб. «*Литогеохимические методы при поисках скрытого оруденения*».

*Сагет Ю. Е., Несвижская Н. И.* Изучение форм нахождения элементов во вторичных ореолах (критический обзор методов, применяемых при геохимических поисках). Изд. ОЦНТИ ВИЭМС. Серия: геология, методы поисков и разведки месторождений металлических полезных ископаемых, М., 1974.

*Соколов И. Ю.* Методическое руководство по определению микрокомпонентов в природных водах при поисках рудных месторождений. Госгеолтехиздат, 1961.

*Соловов А. П.* Основы теории и практики металлометрических съемок. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1959.

*Соловов А. П.* Поисковые сети и вероятные резервы оруденения в ползукрытых районах.— В сб. «*Глубинные поиски рудных месторождений*». М., 1968.

*Спиров Г. Г.* О геохимических поисках сульфидных месторождений, перекрытых лессовидными породами, по сорбционно-солевым ореолам рассеяния.— Докл. и тезисы I научной конференции по геологии и геохимии. Изд-во УДН, 1965.

*Филлипова Н. А.* Фазовый анализ руд цветных металлов и продуктов их переработки. М., 1963.

*Хокс Х. Е., Уэбб Дж. С.* Геологические методы поисков минеральных месторождений. М., «*Мир*», 1964.

Чумаков Н. С. О стратиграфии континентальных третичных отложений северо-западной части Рудного Алтая. — Тр. МГРИ, т. 32, 1958.

Юшков Ю. Н. О методике геохимических поисков скрытых медноколчеданных месторождений по солевым ореолам в почвах и рыхлых отложениях. — В сб. «Материалы по вопросам геологии и полезных ископаемых Урала». Свердловск, 1967.

Bloom H. A field method for the determination of ammonium citrate-soluble heavy metals in soils and alluvium. — Econ. Geol., 50, 1955.

Jackson M. L. Soil chemical analysis. Dept. of soils. University of Wisconsin, Madison. Wisconsin, 1956.



## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Геохимические основы экспрессных методов выявления наложенных ореолов перекрытых месторождений	6
Методика извлечения важнейших минералого-геохимических форм нахождения, фиксирующих элементы-индикаторы в наложенных ореолах	15
Извлечение солевой формы нахождения элементов-индикаторов	15
Извлечение органо-минеральной формы нахождения элементов-индикаторов	18
<b>Методы группового определения элементов-индикаторов (суммы тяжелых металлов) в условиях фазового химического анализа</b>	<b>21</b>
Дитизионовые методы определения суммы тяжелых металлов	21
Определение суммы меди, цинка и свинца	23
Определение суммы меди и цинка	25
Диэтилдитиокарбаминатный метод определения суммы меди, никеля и кобальта	29
<b>Примеры использования методики экспрессного выявления наложенных вторичных ореолов рассеяния</b>	<b>32</b>
Рубцовское колчеданно-полиметаллическое месторождение на Рудном Алтае	33
Полиметаллическое месторождение Ушкатын-III в Центральном Казахстане	45
Медно-никелевое сульфидное месторождение Восток на Кольском полуострове	53
Медноколчеданное месторождение им. 50 лет Октября в Северных Мугоджарах	57
Общие выводы по особенностям наложенных ореолов и возможностям экспрессных методов их выявления	59
<b>Общая технология и организация работ по экспрессному выявлению наложенных ореолов</b>	<b>67</b>
Организация полевых работ	68
Организация лабораторно-аналитических работ	69
Выделение, детализация и оценка аномалий	73
Литература	75

СОДЕРЖАНИЕ

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОИСКИ  
ПЕРЕКРЫТЫХ СУЛЬФИДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПО НАЛОЖЕННЫМ ОРЕОЛАМ**

*Утверждено к печати Институтом минералогии, геохимии  
и кристаллохимии редких элементов*

*Редакторы: Т. И. Нефелова, Т. С. Барина  
Технический редактор Е. А. Хазанова*

Т-21508

Подписано к печати 15/XI 1975 г.

Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>

Объем 5 п. л.

Заказ 117

Цена 35 коп.

Тираж 400

Типография ХОЗУ Миннефтепрома

Цена 35 коп.

2242