

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
ПРИ ПОИСКАХ РТУТНЫХ
И РТУТНО-СУРЬМЯНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

МОСКВА 1978

АКАДЕМИЯ НАУК
СССР

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ
СССР

ИНСТИТУТ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ
И КРИСТАЛЛОХИМИИ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

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

550.4+550.84:553.49

1017

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
ПРИ ПОИСКАХ РТУТНЫХ
И РТУТНО-СУРЬМЯНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ

МОСКВА 1973



*Главный редактор
член-корреспондент АН СССР*

Л. Н. ОВЧИННИКОВ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

С. В. ГРИГОРЯН, А. М. ЗНАМЕНСКИЙ, М. Ф. КУЗИН,
И. Н. РЕЗНИКОВ, В. З. ФУРСОВ

© Институт минералогии, геохимии
и кристаллохимии редких элементов

А. П. БОЛЬШАКОВ, С. И. КИРИКИЛИЦА, Л. И. ПТУШКО

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ РТУТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ДОНБАССЕ

Геохимические методы при поисках ртутных месторождений применяются в Донбассе с 1950 г. В настоящее время здесь прочно вошли в геологическую практику литохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния и первичным геохимическим ореолам. Гидрохимический метод используется лишь спорадически, а атмосферический и биохимический находятся на стадиях апробации и разработки. В целях дальнейшего развития геохимических методов в этом регионе уже около 10 лет проводятся специальные опытные работы, выполняемые Институтом минеральных ресурсов совместно с трестом «Артемгеология», а также Коммунарским металлургическим и Московским геологоразведочным институтами.

Широкому развитию литохимических методов поисков по вторичным ореолам в Донбассе благоприятствует локализация главных типов ртутных месторождений в верхнем структурном этаже, ровный рельеф и небольшая мощность, исключая южные окраины, рыхлых отложений. Использование этого метода неясно лишь в переходной зоне Донбасса к Днепровско-Донецкой впадине, где ртутное орудение расположено во втором этаже.

За истекший период литохимическими поисками по вторичным ореолам охвачена преобладающая часть открытого, т. е. сложенного каменноугольными отложениями, Донбасса. Это с учетом данных шлиховых поисков и анализа геологического строения позволило выделить новые ртутоносные зоны — северную и южную и определить Донбасс как самостоятельную ртутную провинцию. К недостаткам ранее выполненных литохимических поисков по вторичным ореолам

относится низкое и неодинаковое качество анализов, особенно на ртуть, полученные в разные годы, что затрудняет составление сводной карты, отвечающей современным требованиям.

Из результатов опытных работ по литохимическим поискам по вторичным ореолам наибольший интерес представляет установление контрастных вторичных ореолов на Константиновском участке, где рудные тела залегают на глубине около 450 м. Состав вторичных ореолов на ртутных, свинцово-цинковых и золоторудных рудопроявлениях осевой зоны Донбасса характеризуется большим сходством и представлен следующими элементами: ртуть, мышьяк, цинк, свинец, сурьма, висмут, таллий, олово, германий, галлий и серебро. Но значение этих элементов в ореолах разных рудопроявлений далеко неодинаково. Так, на ртутных месторождениях отношения продуктивностей ореолов мышьяка, цинка, свинца и сурьмы к продуктивности ореола ртути равно единицам, а на свинцово-цинковых — десяткам и сотням. Распределение элементов во вторичных ореолах является крайне неравномерным с концентрацией непосредственно подрудными, в том числе слепыми, залежами и зонами разрывных нарушений. Продуктивность вторичных ореолов, в общем случае прямо отражающая масштабы оруденения, сильно зависит от уровня эрозионного среза. Так, при сравнимых масштабах оруденения на участке, где рудная минерализация известна на поверхности, продуктивность вторичного ореола равна 0,3 м%, а на участках с глубиной залегания рудных тел 40 и 450 м — 0,22 и 0,08 м% соответственно.

Вышеприведенное показывает небольшие возможности литохимических поисков по вторичным ореолам с целью выявления глубоко залегающего ртутного оруденения в Донбассе. Полученные при их проведении данные представляют также интерес для расшифровки структуры участка, разбраковки разрывных нарушений и уточнения направления поисково-буровых работ. Возникающая при поисках задача определения типа оруденения легко решается по соотношениям продуктивностей ореолов различных элементов. Задачу же оценки масштабов оруденения пока нельзя считать удовлетворительно решаемой, так как используемая при этом продуктивность ореола ртути очень сильно зависит от уровня эрозионного среза, определение которого по геохимическим данным на основании рассматриваемых ниже критериев дает весьма большую ошибку. Поэтому, если поблизости имеются

хорошо изученные рудопроявления, уровень эрозийного среза следует принимать равным таковому на этих рудопроявлениях. Следует отметить, что при оценке ореолов необходимо учитывать ширину ореола, которая прямо зависит от мощности зоны нарушений, обуславливающей меру рассеяния металла в ореоле и концентрацию его в рудных залежах. При равных продуктивностях более перспективным считается более компактный ореол.

Проведение поисков по вторичным ореолам в Донбассе упрощается вследствие незначительного изменения распределения элементов по слабо дифференцированному профилю почв, что исключает получение резко различных результатов при несоблюдении одинаковой глубины отбора проб. Однако это не означает произвольной глубины опробования, так как в Донбассе приходится учитывать многочисленные значительные по величине техногенные ореолы, в которых поверхностный слой обогащен ртутью. Так, техногенный ореол вокруг ртутного завода имеет размер не менее 8 км. Содержание ртути в нем на расстоянии 2,5 км от завода, как правило, не опускается ниже $1 \cdot 10^{-4}\%$. Техногенный ореол вокруг цинкового завода достигает в поперечнике 3 км. Содержание ртути в нем превышает фоновое не меньше, чем в 3 раза. Безусловно, что в техногенных ореолах коксохимических заводов содержание ртути также повышено, так как угли Донбасса обогащены этим элементом [5]. Основная часть ртути концентрируется в техногенных ореолах до глубины 20 см, которую и следует считать минимальной при отборе проб.

Литохимические поиски по первичным ореолам поверхности вследствие плохой обнаженности в Донбассе применяются лишь в комплексе с поисками по вторичным ореолам. Эффективность поисков по первичным ореолам повышается при ориентировке профилей по простиранию структуры, так как в этом случае увеличивается вероятность обнаружения небольших ореолов, сопровождающих единичные поперечные жилы. Продольному профилированию способствует выделение в рельефе Донбасса рудовмещающих песчаников в виде протяженных гряд.

Более широкое развитие в Донбассе получили глубинные литохимические поиски с опробованием керна скважин, а также горных выработок угольных шахт. Специфической разновидностью глубинных поисков здесь являются поиски по ореолам рассеяния ртути в углях.

На практике литохимические пробы, отбираемые от керна

скважин, анализируются лишь на ртуть. Несмотря на оставшиеся производства анализов от бурения, данные литохимического опробования играют определенную роль при оценке ртутьности участка, выборе направления поискового бурения, оконтуривании рудных тел.

Исследовательскими работами установлено, что на всех ртутных месторождениях осевой зоны Донбасса, отличающихся простым составом руд, четкие и протяженные ореолы рассеяния образует лишь ртуть. Ореолы других элементов оконтуриваются лишь при 5—10%-ном уровне значимости. В Никитовском рудном поле это ореолы рассеяния мышьяка и сурьмы и ореолы выщелачивания цинка, серебра, олова и галлия, в Дружковско-Константиновском — ореолы рассеяния мышьяка, цинка, свинца, висмута и таллия [3, 4, 7].

Форма ореолов ртути прямо зависит от условий локализации руд и, следовательно, типа оруденения. На месторождениях внутрипластового типа оруденения она грибообразная одно- и двухярусная, на месторождениях надвигового типа — наклонно-столбообразная, и трещинного типа — очень сложная, обычно в виде нескольких полей. Ширина ореолов колеблется от 0,5 до 1,5 км, прослеженная протяженность вверх от рудных тел составляет 0,4 км и, видимо, ореолы продолжались в этом направлении еще на 0,5 км. Отношение запасов ртути в рудах к продуктивности ореола колеблется в зависимости от структуры от 2 до 0,1.

Ореолы рассеяния других элементов в Никитовском рудном поле вписываются в ореолы ртути с содержанием 5 г/т, в Дружковско-Константиновском — обнаруживают более тесную связь с зонами дробления, чем с ореолами ртути.

При изучении распределения элементов в песчаниках вскрывается зональное строение ореолов. В Никитовском рудном поле оно выражается в уменьшении отношений продуктивностей ореолов мышьяка и сурьмы к ртути: от единиц — десятых долей в надрудной части до сотых долей — в подрудной [5]. В Дружковско-Константиновском рудном поле отношения продуктивностей ореолов цинка, свинца и висмута к ртути в надрудной части больше, чем в подрудной в 5—1000 раз.

Приведенные выше данные по особенностям первичных ореолов показывают, что глубинные поиски по ним являются эффективным средством выявления скрытого ртутного оруденения в Донбассе. Попутно при их проведении могут решаться такие вопросы, как разбраковка разрывных нарушений и

пластов песчаников с выделением потенциально рудоносных, определение ожидаемого типа оруденения, выделение наиболее перспективных участков, ориентировочная оценка запасов металла в рудах. Кроме того, полученные геохимические данные представляют интерес для корректировки буровых работ и оконтуривания рудных тел.

Необходимым условием высокой эффективности геохимических исследований при поисковом бурении являются систематичность и оперативность их выполнения, обеспечивающая получение анализов проб через 5—7 дней. Это осуществляется при совмещении геохимического опробования с документацией керна и незамедлительной отправке проб на дробление и анализ. Другим условием высокой эффективности геохимических исследований является обязательная графическая обработка геохимических данных с определением по всем профилям продуктивностей ореолов, а также отношений продуктивностей ореолов разных элементов на выбранных уровнях.

Литохимические поиски по ореолам рассеяния ртути в углях представляют частный случай глубинных литохимических поисков. Выделение их в самостоятельную разновидность в Донбассе обусловлено тем, что здесь рудовмещающая толща включает многочисленные пласты каменных углей. Использование отбираемых при их разведке проб резко удешевляет проведение поисковых работ на ртуть [5]. Отрицательной стороной таких поисков является трудность интерпретации данных, так как ртуть в углях в основном связана с весьма неравномерно распределенным пиритом. Кроме того, сильно усложняется планомерное проведение поисковых работ.

Гидрохимические методы применяются в Донбассе ограниченно. К настоящему времени гидрохимические поиски в масштабе 1 : 50 000 выполнены на территории восточного Донбасса, что позволило детализировать его металлогенический облик [6]. Безусловно, что с подобной целью такие работы надо провести и в западном Донбассе. По-видимому, самостоятельное применение гидрохимического метода на этом исчерпывается, так как выполнение детальных поисков сильно затруднено из-за невозможности сгустить сеть опробования. Но очевидно, что в определенных условиях гидрохимический метод может способствовать решению многих задач.

Из различных вариантов атмосферических поисков в Донбассе, начиная с 1963 г., Институтом минеральных ресурсов совместно с трестом «Артемгеология» разрабатывается газортутный метод. К положительным сторонам этого метода сле-

дует отнести его большую глубину, достигающую 0,4 км, высокий коэффициент обнаружения скрытого оруденения, равный 0,7, и высокую оперативность [1]. Это позволяет считать, что газортутный метод получит широкое применение в практике поисковых работ на ртуть. Большие надежды при этом возлагаются на атомно-абсорбционную аппаратуру, применение которой позволит увеличить чувствительность анализов и скорость их выполнения.

Биохимические методы при поисках ртутных месторождений пока вообще не применяются. В последнее время установлено, что несмотря на токсические свойства, ртуть, также как и другие элементы, в процессе фитогенеза может достигать значительных концентраций. По нашим данным, концентрация ртути в высушенных травянистых растениях достигает $1 \cdot 10^{-4}\%$, а вблизи ртутного завода $2 \cdot 10^{-3}\%$ [2]. Это повышает интерес к разработке биохимического метода поисков ртутных месторождений. Характерно, что растения поглощают ртуть как из почвы, так и из воздуха.

Из приведенного обзора видно, что геохимические методы в Донбассе обладают большими возможностями, которые еще далеко не исчерпаны. Особенно ценным свойством этих методов является их большая глубинность, превышающая 500 м. Геохимические данные способствуют также объективному решению ряда других геологических задач.

Ведущая роль среди геохимических методов принадлежит литохимическому методу. Большие перспективы имеет газортутный метод, а в некоторых условиях — и гидрохимический. Основным условием высокой эффективности применения геохимических методов является их рациональное комплексирование с учетом конкретных геологических условий, степени изученности и поставленных задач. В общем случае при поисках в северной ртутной зоне ведущую роль имеют поиски по вторичным ореолам рассеяния и первичным геохимическим ореолам ртути в углях. В осевой зоне главное место принадлежит глубинным поискам по первичным ореолам, а на новых участках и поверхностным поискам по первичным и вторичным ореолам. В южной зоне должны получить дальнейшее развитие глубинные поиски по вторичным и первичным ореолам.

В связи с развитием геохимических методов в настоящее время встает вопрос о наиболее рациональной организации геохимических исследований, особенно на этапах поискового бурения и разведки. Представляется целесообразным создать

специализированные геохимические группы, обслуживающие буровые работы, и разработать для них методическое руководство. Все еще не решен вопрос о внедрении быстрых и точных методик спектрального определения типоморфных элементов ртутных месторождений, в первую очередь мышьяка и сурьмы. Все острее чувствуется отсутствие одноточности выполнения анализов в различных организациях, работающих в одном регионе, что не позволяет проводить широкие обобщения на количественной основе, без которых невозможно научное прогнозирование.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анищенко А. З., Большаков А. П., Карасик М. А., Кирикилица С. И., Морозов В. И., Радько В. И., Эдельман А. М. Результаты испытания газортутного метода поисков в Донбассе, Закарпатье, Крыму и на Северо-Западном Кавказе. В сб. «Геохимические методы при поисках и разведке рудных месторождений». Изд. ИМГРЭ, вып. 5, 1971.

2. Большаков А. П., Птушко Л. И., Савельева Н. Ю. Ртуть в растениях районов ртутного месторождения и ртутного завода в Донбассе. Биологическая роль микроэлементов и их применение в сельском хозяйстве и медицине, Л., «Наука», 1970.

3. Булкин Г. А., Лепилин О. М. О распределении некоторых элементов в Никитовском рудном поле. — Геохимия, 1964, № 11.

4. Карасик М. А., Большаков А. П., Булкин Г. А., Петров В. Я. Особенности распространения ртути, сурьмы и мышьяка в Никитовском рудном поле. — Сов. геология, 1964, № 10.

5. Карасик М. А., Дворников А. Г. Ртутоносность углей Донецкого бассейна и продуктов их переработки. — Геология месторождений полезных ископаемых, региональная геология, № 6, ОНТИ ВИЭМС, 1968.

6. Пономарев Е. А., Исакова И. В. Оценка перспектив Восточного Донбасса на ртутное и полиметаллическое оруденение гидрогеохимическим методом. В сб. «Новые данные о геологии и полезным ископаемым Ростовской и сопредельных областей (материалы конференции)». Ростов-на-Дону, 1970.

7. Проценко И. В. Новые данные по первичным ореолам рассеяния ртути, мышьяка и сурьмы Новозаводского рудопоявления в Донбассе. — Докл. АН УССР, 1972, № 7.

В. З. ФУРСОВ

О НОВОМ ПРИНЦИПЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОКОНЦЕНТРАЦИЙ РТУТИ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Содержание ртути в водах определяется известными химическими колориметрическими методами. Наиболее высокочувствительным из этих методов является способ, разработанный Н. Х. Айдиньян [4], с чувствительностью определения $p \cdot 10^{-7}$ г/л.

В последние годы для определения ртути в водных растворах стал применяться более эффективный атомно-абсорбционный анализ, разработанный Н. С. Полуэктовым, Р. А. Виткун, Ю. В. Зелюковой [2, 3] и усовершенствованный А. М. Игошиным и А. Н. Богусевичем [1]. Однако этот метод, как и колориметрический, требует добавления в пробу воды химических реактивов.

В исследуемую пробу добавляют 2,5 мл 2%-ного перманганата калия и 5 мл серной кислоты. После суточного отстоя берут 2,5 мл 15%-ного хлористого олова. Чувствительность атомно-абсорбционных методов составляет $p \cdot 10^{-5}$ — $p \cdot 10^{-6}$ г/л.

Однако, как показывает практика, перечисленные методы имеют не всегда достаточную чувствительность; не исключается влияние на результаты анализа летучих органических соединений и ртути, которая может содержаться в реактивах.

Нами предлагается новый принцип измерения малых концентраций ртути в воде [6].

Метод основан на полном выпаривании небольших количеств (1—100 мл) воды и избирательном поглощении ртути

из паров воды подогретым золотым струнным сорбентом и последующем измерении десорбированной ртути атомно-абсорбционным фотометром. При выпаривании водного раствора пары ртути, воды и других веществ проходят через золотой струнный сорбент, который подогрет до температуры 180—190°. Пары ртути сорбируются золотом, а все другие пары удаляются в атмосферу. После выпаривания температура сорбента повышается до 600°, ртуть возгоняется и поступает без мешающих паров и примесей в фотометр для измерения.

Избирательное поглощение подогретым сорбентом паров ртути, находящихся среди паров воды, было подтверждено экспериментами. Предварительный нагрев сорбента до температуры выше 100° необходим для того, чтобы исключить сорбцию паров воды на золотом сорбенте.

Экспериментальные исследования показали, что максимальная сорбция ртути золотым сорбентом происходит при температуре 180—190° [6]. Средняя относительная ошибка измерений концентрации ртути по трем пробам воды изменялась от ± 13 до $\pm 27\%$ (см. таблицу).

Результаты измерений содержания ртути в водных пробах (в 10^{-6} г/л)

Первая проба	Вторая проба	Третья проба
172	0,55	0,08
144	0,44	0,11
191	0,84	0,13
159	0,72	0,09
127	0,96	0,10
115	0,67	0,18
157	0,77	0,07
153	0,58	0,14
13%	19%	27%

На фигуре показана установка для определения содержания ртути в воде, работающая по предлагаемому принципу.

Проба воды заданного объема впрыскивается в кварцевый баллон (10) через штуцер (23) с помощью шприца (25). Нагревателем (16) вода доводится до кипения и пары воды, ртути и других веществ за счет разницы давлений через кран (9) направляются к подогретому струнному сорбенту (11). Температура на сорбенте (11) с помощью подогревателя (12) поддерживается постоянной и равна 190° , что достигается с помощью неуравновешенного четырехплечего моста постоянного тока (2), фотосопротивления (21) и реле (4, 5). Потенциометр (7) является плечом сравнения моста, а неизвестным сопротивлением — струнный сорбент (11), сопротивление кото-

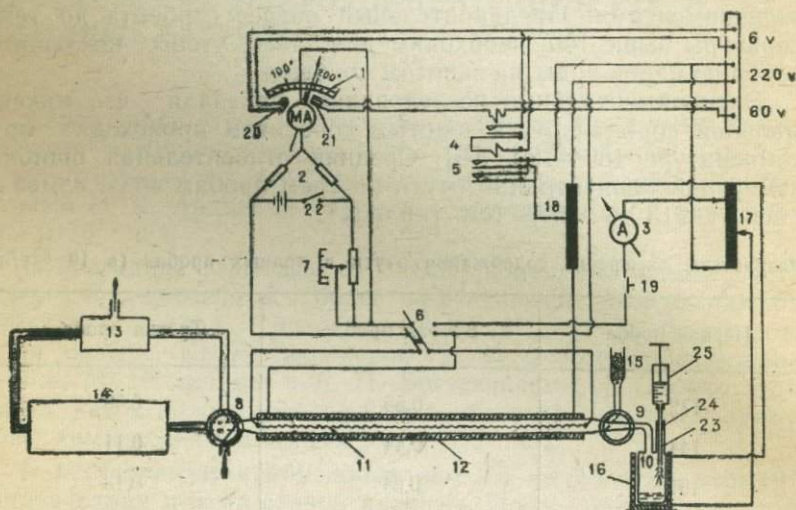


Схема установки для измерения концентрации ртути в воде

1 — двухпозиционный регулятор температуры, 2 — измерительный мост, 3 — амперметр для контроля тока нагрева сорбента, 4, 5 — реле в цепи регулирования температуры, 6 — переключатель, 7 — потенциометр для установки уровня регулируемой температуры сорбента, 8 — четырехходовой кран, 9 — трехходовой кран, 10 — кварцевый баллон с водой, 11 — золотой струнный сорбент, 12 — подогреватель сорбента, 13 — насос, 14 — фотометр, 15 — сорбент из гидроксида серебра, 16 — нагреватель испарителя, 17 — регулятор тока сорбента и нагревателя испарителя, 18 — регулятор тока подогревателя сорбента, 19 — выключатель подогревного устройства сорбента, 20 — лампа накаливания, 21 — фотосопротивление, 22 — выключатель батарей моста, 23 — кварцевый штуцер, 24 — уплотнитель из резины, 25 — шприц

рого зависит от температуры. Заданная температура (190°) устанавливается двухпозиционным терморегулятором (1) и потенциометром (7). Сорбент в форме спирали находится в кварцевом трубчатом подогревателе.

Золотой сорбент поглощает пары ртути, а пары воды и других соединений через кран (8) уходят в атмосферу. Для ликвидации потери ртути сухие остатки подогреваются в колбе (10) до температуры 800° с помощью нагревателя (16). При этом остатки ртути возгоняются и садятся на сорбенте (11). После испарения пробы краны (8 и 9) переключаются и с помощью насоса (13) удаляются остатки влаги из коммуникаций. Затем переключается кран (8), переключатель (6) и температура сорбента увеличивается с 190° до 600° . Контроль за величиной тока сорбента производится амперметром (3). Ртуть возгоняется с золотого сорбента и через кран (8) направляется с помощью насоса (13) в фотометр (14).

Расчетная чувствительность измерений для навески 1 г составляет $1 \cdot 10^{-7}$ г/л, для навески 10 г — $1 \cdot 10^{-8}$ г/л, для навески 100 г — $1 \cdot 10^{-9}$ г/л. Время анализа в основном определяется временем выпаривания, которое в свою очередь зависит от веса пробы. При использовании 3—5 испарителей (золотых сорбентов) время одного анализа пробы массой 10 г можно свести к 10 минутам.

Описанный принцип может быть использован для измерения ртути непосредственно у водных источников и в лабораторных условиях.

Реализация предложенного принципа в практике работ позволит с помощью ртутных фотометров и газоанализаторов типа КазРАФ [5] проводить определения ультрамалых содержания ртути в твердой, газовой и жидкой фазах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Игошин А. М., Богусевич Л. Н. Беспламенный атомно-абсорбционный метод определения ртути в водах. Сб. «Гидрохимические материалы», № 47, 1968.
2. Полуэктов Н. С., Вуткун Р. А. Атомно-абсорбционное определение ртути при помощи пламени. — Журнал аналитической химии, 1963, т. XVIII, № 1.
3. Полуэктов Н. С., Виткун Р. А., Зелюкова Ю. В. Определение ртути атомно-абсорбционным методом. Сб. «Спектральный анализ в геологии и геохимии», М., 1967.

4. Сауков А. А., Айдиньян Н. Х., Озерова Н. А. Очерки геохимии ртути, М., 1972.

5. Фурсов В. З., Степанов И. И. Новые типы ртутных атомно-абсорбционных фотометров для геохимических поисков. — Разведка и охрана недр, 1971, № 10.

6. Фурсов В. З. Изобретение: «Способ определения ртути в водных растворах». Решение комитета по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР о выдаче авторского свидетельства от 28/II 1972 г. Заявка за № 1498760/23—26 от 4/XII 1970 г. № 369490. Бюл. № 10. 1973.

В. П. ТЕПЛОВ, А. К. АВГИТОВ

**ОПЫТ ИНТЕРПРЕТАЦИИ
РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ
РТУТНОГО ОРУДЕНЕНИЯ
НА ВЫШКОВСКОМ РУДНОМ ПОЛЕ
(ЗАКАРПАТЬЕ)**

Геохимические поиски ртутного оруденения по вторичным ореолам рассеяния носят специфический характер. Это обусловлено широким распространением ртути на гидротермальных рудных месторождениях, благодаря чему этот элемент приобретает черты универсального геохимического индикатора эндогенного оруденения.

Особенно сложной оказывается интерпретация результатов геохимических поисков на площадях с комплексным, многокомпонентным составом эндогенной минерализации. В связи с этим при интерпретации результатов геохимических поисков необходимо использование методов, позволяющих исключить влияние ореолов элементов, не являющихся ведущими для данного типа оруденения.

Для Вышковского рудного поля, характеризующегося развитием сложного по составу полиметаллического и ртутного оруденения, задача состояла в том, чтобы на основании изучения вторичных ореолов разграничить области развития ртутной и полиметаллической минерализаций.

Следует подчеркнуть, что такого рода работы возможны только при наличии сведений о составе и количественных соотношениях между элементами в эндогенных ореолах конкретных типов оруденения. Для рассматриваемого рудного поля в составе эндогенного ореола ртутного месторождения (Боркут) участвуют ртуть, барий, свинец, цинк, медь, молибден. Из них наиболее интенсивные ореолы образует только ртуть. Так, в надрудной части ореолов ртуть составляет более 80% от суммы ореолообразующих элементов, тогда как на долю всех остальных элементов приходится менее 20%. На

ртутно-полиметаллическом месторождении (Грендеш) в составе общего ореола участвуют примерно равной интенсивности частные ореолы ртути, свинца, цинка и заметно уступающие им — меди и молибдена. В области же развития полиметаллической минерализации отмечаются весьма слабые ореолы ртути, но более контрастные — свинца, цинка, меди и молибдена. В целом для всех месторождений характерна четко выраженная зональность, заключающаяся в том, что с глубиной в различной степени уменьшается роль бария, ртути и свинца при одновременном увеличении концентраций цинка, меди и молибдена.

Площадные геохимические поиски в пределах Вышковского рудного поля заключались в проведении металлотметрических съемках масштаба 1:10 000 на отдельных участках, выделенных по результатам этих работ, а также на основании имевшихся данных шлиховых поисков — масштаба 1:2 000. Обработка данных среднемасштабных (1:10 000) поисков преследовала цель выявления закономерностей размещения и зональности вторичных ореолов в пределах рудного поля для поисков и прогнозирования ртутного оруденения.

Выделение зон ореолов производилось по аналогии с составом эндогенных ореолов и с учетом количественных соотношений между элементами в них. В частности, к собственно ртутным относились системы ореолов, в которых ртуть количественно резко преобладала (более 80% от «веса» системы).

Вторичные ореолы рудного поля рассматриваются как пятиэлементные системы, так как они включают частные ореолы ртути, свинца, цинка, меди и молибдена. На картах ореолов, отстроенных в единицах относительной энтропии, выделены области развития одно-, двух-, трех-, четырех- и пятиэлементных ореолов. Размещение этих областей отражает зональность вторичных ореолов рудного поля.

Анализ закономерностей размещения вторичных ореолов позволил в пределах рудного поля выделить три геохимические зоны: одна из них — ртутная, характеризуется широким развитием моноэлементных собственно ртутных вторичных ореолов; вторая — ртутно-полиметаллическая, сменяющая указанную ртутную в юго-западном направлении, характеризуется сложными ореолами, в состав которых входят ртуть, свинец, цинк и медь, и третья — полиметаллическая, в пределах которой отсутствуют контрастные ореолы ртути, но широко развиты ореолы свинца, меди, цинка и молибдена. В пределах отдельных геохимических зон распределение орео-

лов отмеченных элементов различно. Наиболее сложными являются ореолы ртутно-полиметаллической зоны. Для последней характерно, что ртутно-свинцово-цинковые ореолы сопровождаются повышенными концентрациями ртути, тогда как с ртутно-свинцово-цинково-медными совпадают весьма слабые ореолы ртути. Подобный характер распределения элементов в ореолах, соответствующий изменению состава эндогенных ореолов с глубиной, обусловлен различным уровнем эрозионного среза в пределах данной зоны: малокомпонентный состав ореола свидетельствует о высоком эрозионном срезе. Это подтверждается тем, что области проявления ртутно-свинцово-цинковых ореолов совпадают с положительными формами рельефа. Напротив, в пониженной части рельефа широко развиты ореолы ртутно-свинцово-цинково-медного состава с низким содержанием в них ртути.

Таким образом, в пределах рудного поля устанавливается два типа зональности вторичных ореолов. Один из них отражает геохимическую зональность рудного поля и заключается в развитии ореолов, свойственных различным типам эндогенной минерализации, то есть ореолов ртутного и полиметаллического оруденения.

1017
Второй тип зональности вторичных ореолов отражает вертикальную зональность эндогенных ореолов и оруденения, обусловлен различным уровнем эрозионного среза и проявляется в пределах каждой геохимической зоны.

Основными задачами обработки и интерпретации материалов детальных поисков (1:2000) являлись разбраковка аномалий с выделением вторичных ореолов и потоков рассеяния, установление типа ореола (остаточный, наложенный) и местоположения его коренного источника. Решение этих задач производилось путем статистического анализа данных опробования (изучение закономерностей и характера распределения содержаний элемента) с учетом геоморфологических и геологических особенностей участка проявления аномалии.

Детальными поисковыми работами, проведенными на отдельных участках, выявлены обширные аномалии ртути.

Изучение этих аномалий с учетом характера рельефа местности позволило предположить, что большинство из них является вторичными ореолами рассеяния, образовавшимися за счет разрушения и переноса материала коренной ртутной минерализации. При этом источники большинства ореолов располагаются в верхней части склонов, а иногда и в водораздельной части являются по типу остаточными, открытыми



и фиксируются на месте ореолами высокой контрастности. Основная же масса ореолов, развитых в нижней части склонов, является оторванной и смещенной далеко вниз по склону от источника. Для таких ореолов характерны постепенные переходы в потоки рассеяния, развитые в речных долинах. Об этом свидетельствует и форма ореолов — вытянутые вниз по склону, причем обогащенные участки их также выделяются в виде узких зон, вытянутых в направлении сноса материала. Анализ карт ореолов, на которых отображены данные статистической обработки материалов (карты средних содержаний, дисперсий, относительной энтропии) позволил более уверенно наметить местоположение источника ореола и рекомендовать его к проверке.

Проведенные проверочные работы на ряде участков по выяснению природы аномалий подтвердили сделанные предположения о характере и типе ореола и местоположении его коренного источника.

О. В. МАТОРИНА

ПРИМЕНЕНИЕ И ПОТРЕБЛЕНИЕ РТУТИ ЗА РУБЕЖОМ

Одной из основных задач перспективного развития цветной металлургии СССР является обеспечение роста объемов производства металлов до уровня суммарной потребности всех отраслей народного хозяйства, потребляющих металлы, в том числе и ртуть. Зарубежная ртутная промышленность характеризуется резкими скачками производства, обусловленными значительными вариациями применения и потребления металла, цен и других конъюнктурных факторов.

Наиболее древней отраслью, потребляющей ртуть, является *медицина*, где ее используют в качестве медицинского препарата. В народной китайской медицине ртуть начали применять с 200 г. до н. э. В настоящее время медицинская промышленность использует этот металл при производстве лекарственных препаратов, косметических средств, зубных амальгам и медицинской аппаратуры.

К 77 г. до н. э. относятся первые упоминания о применении ртути в металлургии при амальгамации золота, в V в. н. э. начинают амальгамировать с помощью ртути и серебро. Наиболее интенсивное развитие эта отрасль применения ртути приобретает в XVI в. в связи с началом развития испанской золотопромышленности (из боливийских и перуанских руд) и в середине XIX в., когда были открыты золоторудные месторождения в Соединенных Штатах Америки и в Австралии. В настоящее время методом амальгамирования производится выщелачивание цветных и редких металлов из отходов металлургического производства с образованием амальгам каждого из получаемых металлов. Чистота кадмия, индия, свинца, олова и цинка электролизной очисткой доводит-

ся с 6 до 9 знака. В современной металлургии используются специальные решетки, изготовленные для точного литья с помощью ртути.

К I в. до н. э. относятся упоминания о применении ртути в *химической промышленности*. Ртуть использовали в качестве растворителя для золота при позолоте, для создания стойкого красителя при изготовлении фресок. В настоящее время на ртутной основе создаются коррозиестойкие краски для защитных покрытий.

С 90-х годов прошлого века химическая промышленность стала значительным потребителем ртути в связи с тем, что был предложен ртутный способ получения хлора и каустической соды путем электролиза поваренной соли. Ртуть при этом способе идет на изготовление электродов. В настоящее время разработаны рациональные конструкции электродов, позволяющие получать продукты высокой чистоты и с большой производительностью. Зарубежными фирмами Японии и США предложены оригинальные конструкции электродов, позволяющие строить заводы по производству хлора мощностью до 1 тыс. т в сутки.

В последнее десятилетие потребление ртути хлорпроизводящими фирмами Соединенных Штатов Америки, Японии, ФРГ и Финляндии постоянно возрастает. В 1970 г. из-за токсичности ртути во многих зарубежных странах были введены ограничения на ее применение в химической промышленности. Ограничение было вызвано загрязнением водных бассейнов, в которые попадают отходы производства, содержащие ртуть. В США ряд крупнейших заводов вынужден был перейти на безртутный способ производства хлора и каустической соды. Однако снижение потребления ртути в этой отрасли химической промышленности следует рассматривать как временное явление, так как вопрос очистки отходов производства от ртути в ряде стран уже решен. Японские хлорпроизводящие предприятия, применяя несколько измененную технологию, на ближайшее будущее планируют по-прежнему рост потребления ртути. Увеличение спроса на хлор и каустическую соду объясняется потребностью этих компонентов для производства пластмасс и органических соединений — ацетальдегида, винилхлорида и ртутно-органических протравителей — гранозана и мериурана. В небольших количествах ртуть используют для получения фунгицидов и бактерицидов, в будущем следует ожидать замену ртути менее токсичными веществами для производства этих продуктов.

Потребление хлора в японской химической промышленности в последние два года составляло 2,0—2,4 млн. т, а каустической соды — 2,3—3,1 млн. т.

По мере общего роста культуры, науки и техники в XVII—XIX вв. расширяются области применения ртути, ее используют в *электропромышленности, военном производстве* и т. д.

В последнее десятилетие используют ртуть при производстве батареек, электроламп, дающих повышенную светоотдачу с ртутным наполнением (лампы дневного света, газоразрядные источники света), ртутных выпрямителей, выключателей, аккумуляторов сухих и щелочных. В будущем предполагается использовать заменители ртути при изготовлении выпрямителей и выключателей, а для производства батареек и электроламп применение ртути значительно возрастает.

Приборостроительная промышленность использует ртуть для наполнения приборов контроля и регулирования технологических процессов, в производстве электронизмерительных приборов, катализаторов, жидких электродов в электронике и прочей продукции (термометры, манометры, дифрактометры и др.).

Самыми современными (но не самыми емкими) областями потребления ртути за рубежом являются *космическая техника*, атомная и военная промышленность. Ртуть используют в конструкциях маховиков ионообменных двигателей, которые служат стабилизаторами летательных аппаратов для дальних космических полетов. *Атомная промышленность* применяет ртутные экраны против атомной радиации. Детонаторы из гремучей ртути начали создавать еще в 1799 г., в настоящее время военные ведомства по-прежнему применяют ртуть для изготовления современных взрывателей и боеголовок.

На протяжении истории развития зарубежной ртутной промышленности XX в. ежегодное потребление ртути составляло в среднем 4 тыс. т.

Перед I мировой войной наиболее активными потребителями ее были Германия, Великобритания (900 и 600 т) и Соединенные Штаты Америки (625 т). Во время I мировой войны США и Франция увеличивают потребление металла почти вдвое и оно составляло соответственно 1200 и 550 т. В Германии в результате сокращения производства в ряде отраслей уменьшается потребление ртути до 400 т. В настоящее время на долю США приходится 30—40% от потребления

Потребление ртути (т) в США по областям

Области применения	1954— 1958 (ср.)	1959	1960	1961	1962
ВСЕГО	1791,4	1893,9	1765,3	1923,8	2252,9
в том числе в производстве:					
Хлора и каустической соды	118,5	200,9	214,3	208,9	252,3
Электроаппаратуры	333,6	207,2	319,8	353,8	399,0
Контрольно-измерительн. приборов	200,2	212,7	225,1	194,1	178,9
Ядохимикатов	259,3	110,5	102,6	88,1	145,8
Красок на ртутной основе	св. нет	121,2	111,1	229,1	161,4
Катализаторов	26,7	33,3	35,1	24,4	30,2
Зубоврачебных препаратов	48,5	63,0	61,5	74,3	70,1
Лабораторных препаратов	34,2	38,3	44,9	51,2	60,4
Бумаги	св. нет	150,4	120,1	106,7	89,7
Фармацевтических товаров	56,6	59,2	59,6	86,8	116,5
Амальгам	7,9	9,1	8,8	9,6	7,9
Вторичный металл	327,8	321,9	333,9	310,9	310,0
Военно-стратегических материалов	189,7	265,9	128,5	205,9	430,7

¹ Оценка.

² Перспективная оценка.

основных видов минерального сырья и продуктов его переработки во всех капиталистических странах. По потреблению ртути США стоят на первом месте.

За последние 10 лет среднегодовое потребление ртути в США было 2,5 тыс. т, на втором месте — Япония, ее годовая потребность в ртути — 1,2—1,4 тыс. т, на третьем — Англия. Значительно увеличили свои потребности в ртути ФРГ и Финляндии. Максимальное потребление ртути в капиталистических странах приходилось на 1969 г. и составляло 7 тыс. т.

В 1971 г. Горным отделом Министерства внутренних дел США была дана оценка перспектив потребления ртути в стране. Предполагаемое потребление в 1975 г. составит примерно 3 тыс. т, в 2000 г. — 3,5—5,0 тыс. т. Следовательно, можно ожидать, что в капиталистическом мире в целом потребность в ртути к 1975 г. может составить примерно 8 тыс. т и к 2000 г. — 10—15 тыс. т. Распределение потребляемой ртути в США по областям применения с 1954 по 1971 гг. и перспективное приведены в табл. 1.

Для военных целей в атомной и космической технике (см. графу: военно-стратегические области применения) значитель-

Таблица 1

применения с 1954 по 1971 гг.

1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	2000 ^а	
									мини- мум	максимум
2689,7	2415,0	2539,2	2500	2415	2601,3	2729,0	2121,8	1811	3500	5200
276,0		303,6		490	586,5	714,2	517,5	416	1380	2070
383,5		555,5		460	690,0	645,2	545,1	416	860	1380
170,5		158,7		129,6	134,5	241,5	138,0	91	350	580
87,6		107,0		129,6	103,5	93,2	62,1	44	170	340
229,6		293,2		220	379,5	327,5	303,6	254	500	690
21,1		31,0		86,4	69,0	103,5	69,0	—	170	340
81,0		55,2		43,2	74,2	107,0	62,1	—	—	—
71,9		37,9		50 ¹	51,7	44,8	—	—	—	—
97,7		20,7		15 ¹	13,8	20,7	10,4	—	—	—
140,8		13,8		64,8	13,8	24,2	20,7	—	—	—
10,6		10,4		10 ¹	10,4	6,9	6,9	—	—	—
318,3		417,4		255,0	286,3	327,3	265,6	—	—	—
801,1		255,4		471,4	189,8	72,7	121,1	—	—	—

ный рост потребления отмечается с 1962 г. в связи с началом войны во Вьетнаме и интенсивным развитием научно-исследовательских и конструкторских работ по созданию космических летальных аппаратов. С 1961 по 1963 г. потребление ртути для этих целей ежегодно удваивалось. В последующие годы приведенное потребление явно занижено, по-видимому, заинтересованные фирмы получали ртуть из стратегических запасов, что не нашло отражения в цифрах общего потребления ртути в стране.

С 1954 по 1965 гг. применение ртути в производстве хлора и каустической соды в США в целом возрастало. За четыре последующие года, в связи с массовым переводом хлорпроизводящих заводов на ртутный способ, наблюдается резкое увеличение потребности в ртути. В 1946 г. на ртутном методе в США работало только 4% предприятий, в 1961 г. — 21%, в 1968 г. — 28%, к 1975 г. предполагается, что 38% хлора, т. е. 4 млн. т в США будет произведено ртутным способом. Максимальное потребление ртути для производства хлора и каустической соды было в 1969 г. и составляло 714,2 т.

В связи с ограничениями на применение ртути ее потребление в этой отрасли в США в 1970 г. снизилось на 27,6%,

а в 1971 г. еще на 20% и составляло соответственно 517 и 416 т.

В электропромышленности США потребление ртути с 1954 по 1970 г. колебалось в пределах 300—550 т и только в отдельные годы возросло до 690,0 и 645,2 т (1968—1969 г.). К 1980 г. потребление ее в электропромышленности для изготовления батареек и электроламп удвоится, в целом оно составит 860—1380 т.

Четыре отрасли промышленности, изготавливающие контрольно-измерительные приборы, краски, катализаторы и зубо-врачебные препараты, в настоящее время используют 25% от общего потребления ртути в США. К 2000 г. они удвоят свои потребности в металле, а возможно, утроят, на их долю будет приходиться 30—35% от потребления ртути в США. Начиная с 1969 г. потребление ртути в США в целом уменьшилось и характеризуется следующими данными: 1969 г. — 2729 т; 1970 г. — 2121,8 т; 1971 г. — 1811 т.

Потребление ртути в 1972 г. составило 1825 т, а в первом полугодии 1973 г. — 928 т.

Перспективное потребление ртути в США в 2000 г., по-видимому, будет меньше приведенного в табл. 1, в связи с компанией по ограничению применения ртути.

Потребление ртути в Японии и распределение его по отраслям производства приведено в табл. 2, согласно данным Министерства внешней торговли и промышленности Японии.

Таблица 2

Потребление ртути в Японии по областям применения

Области применения	1969		1970		1971	
	т	%	т	%	т	%
ВСЕГО	925		876		1097	
в том числе в производстве:						
Хлора и каустической соды	538	58	515	58,8	770	70,2
Неорганических химикатов	212	22,9	246	28	св. нет	—
Контрольно-измерительных приборов	88	9,5	50	5,8	»	—
Ядохимикатов	64	7	37	4,1	»	—
Медикаментов	6	0,6	9	1,0	»	—
Катализаторов	—	—	5	0,5	»	—
Красителей	1	0,1	—	—	»	—

Годовое потребление Италии и Испании в последние годы стабильно и равно примерно 350 и 100 г.

Максимальное потребление ртути за рубежом в будущем будет приходиться на хлорпроизводящую отрасль химической промышленности, электропромышленность (батареи и лампы дневного света) и отрасли стратегического значения. Меньшее — на производство контрольно-измерительных приборов, красок, катализаторов и зубоврачебных препаратов. В целом следует ожидать увеличение потребления ртути в наиболее развитых капиталистических странах, несмотря на кампанию по борьбе с загрязнением окружающей среды. В Японии, США, ФРГ, Финляндии и других странах на промышленных предприятиях, применяющих в производственных циклах ртуть, создаются очистительные сооружения.

Несмотря на сужение рынков сбыта в последние 2 года, производители ртути пока не изыскивают новых областей ее применения, так как из-за низких цен большинство фирм не имеет финансовых возможностей проводить подобные исследования. По-видимому, после некоторого повышения цен на ртуть такие исследования будут проводиться.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берлинг Н. И. — Л. Изд-во Геол. Ком., 1927, 76 с. (Геол. Ком. Обзор минеральных ресурсов СССР, вып. 37).
2. БИКИ, 1971, № 39—40.
3. БИКИ, 1971, № 68.
4. БИКИ, 1971, № 125.
5. БИКИ, 1971, № 138.
6. БИКИ, 1972, № 32.
7. БИКИ, 1972, № 72.
8. Мельников С. М. Металлургия ртути. — М., «Металлургия», 1971, 470 с.
9. Almaden-world's largera mercury mins. — Mining Mag., 1968, v. 118, N 2, p. 80—81, 83, 85—87, 89—91.
10. Alvarez Ros F. El mercurio de las minas de Almaden. — Minería y metalurgia, 1957, an 17, N 189, p. 21—24.
11. Callot F. Production et consommation mondiales des minerais en 1968. — Ann mines, 1971, janvier, p. 5—112.
12. Commodity data summaries. Washington, 1971. — 168 p. (U. S. Dept Interior Bur. Mines. January).
13. Cook D. Mercury. — Engng and Mining J., 1972, v. 173, N 3, p. 104—106.
14. Janssen W. A. Story of Almaden; Spain's mercury mine. — Foreign Commerce Weekly, 1945, v. 20, p. 8—9.
15. Johnson J. H. The story of quicksilver. Pt 2. Its uses. — Mines Mag., 1943, v. 33, N 4, p. 165—168.

16. Hewitt A. S. A century of mining and metallurgy in the United States commencement of mining in New Almaden quicksilver mine California. — Trans. AIME, 1877, v. 5, p. 175—176.
17. Mercury optimism. — Mining J., 1971, v. 277, N 7094, p. 121.
18. Mercury potential of the United States. — Inform. Circ. Bur. Mines U. S., 1965, v. 8252, N 3, 376 p. — C. A., 1965, v. 62, N 11, p. 12785d.
19. Shishko I Mercury — an economist's viewpoint. — Engng and Mining J., 1968, v. 169, N 3, p. 121—122.
20. Teixeira De Medeiros. Las antiguas minas romanas de mercurio en Portugal. — Minería y metalurgia, 1956, v. 16, N 182, p. 19—23.
21. Trends in usage of mercury. — Journal of metas, 1970, v. 22, N 5 (May), p. 28—38.

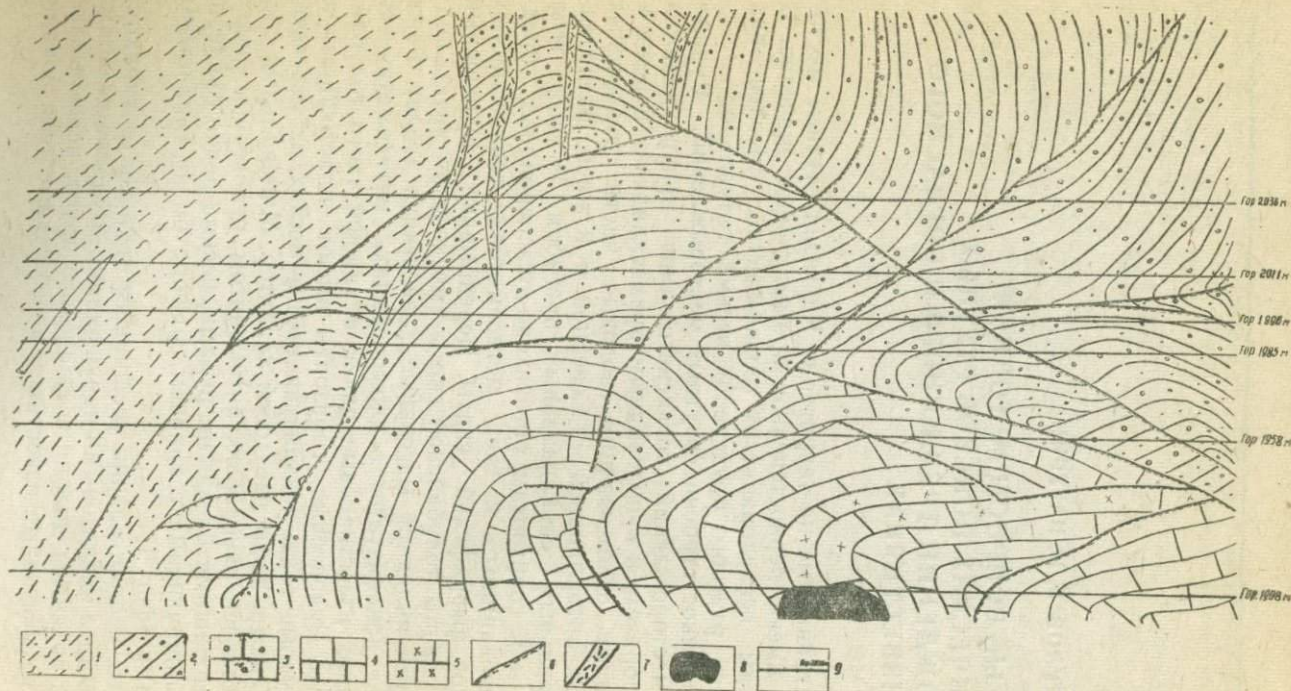
Э. А. СУЕРКУЛОВ, В. И. НАТУРИН

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МЕТОДИКИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ РТУТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТРЕЩИННОГО И СОГЛАСНОГО ТИПА В ИЗВЕСТНЯКАХ

Рассматриваемые на территории Киргизии ртутные месторождения имеют первостепенное промышленное значение. В связи с этим исследование их геохимических ореолов как индикаторов ртутного оруденения весьма актуально.

Геологическое строение ртутных месторождений. Рудные участки месторождений согласного типа приурочиваются главным образом к куполовидным брахискладкам и реже к моноклиналям, осложняющим сводовые части рудоносных продольных антиклиналей — Северной и Южной, разделенных центральным синклинальным прогибом. Рудные тела приурочены к горизонтам роговиково-джаспероидных брекчий, образовавшихся за счет метасоматоза тонкослоистых известняков пыркафской свиты. Перекрывают рудоносный горизонт сланцы толубайской свиты (московский ярус), подстилающими являются массивные известняки (визе). Реже оруденение локализуется в джаспероидах, метасоматически замещающих известняковые пачки в нижней части толубайской свиты. Рудоносные горизонты имеют пластообразную форму; рудные тела, локализующиеся в местах их пересечения трещинами, носят гнездовой характер. Минеральный состав представлен киноварью, антимонитом, реальгаром, редко ртутьсодержащими блеклыми рудами, весьма редко сфалеритом, ассоциирующими с кварцем, флюоритом и глинистыми минералами (фиг. 1).

Ртутные месторождения трещинного типа контролируются взбросовыми и надвиговыми нарушениями. Рудовмещающими породами являются доломиты франского яруса, перекрывают оруденение массивные известняки визе. Рудные тела локали-



Фиг. 1. Схема геологического строения рудного участка Кара-Арча

1 — сланцы с линзами известняков (силурийская система, пульгонская свита); 2 — сланцы, алевролиты, песчаники (средний карбон, московский ярус, толубайская свита); 3 — конгломераты толубайской свиты; 4 — известняки толубайской свиты; 5 — джаспериты; 6 — разрывы; 7 — зоны дробления; 8 — рудное тело; 9 — уступы карьера, горизонты опробования.

зуются в оперяющих трещинах северо-восточного и широтно-го направлений. Минеральный состав весьма прост: киноварь, редко реальгар и аурипигмент, ассоциирует с кальцитом и доломитом.

Первичные ореолы ртутных месторождений. Вокруг рудных тел ртутных месторождений обнаруживаются первичные ореолы ртути, сурьмы, мышьяка, фтора, бария, никка, свинца, олова, висмута, галлия и таллия. Естественно, что морфология первичных ореолов рассеяния на месторождениях первого типа обусловлена как складчатыми, так и разрывными нарушениями, а на месторождениях второго типа — исключительно трещинами. На ртутных месторождениях трещинного типа ореолы сурьмы, мышьяка, фтора менее контрастны, чем на месторождениях согласного типа. Весьма слабые аномалии образуют олово, висмут, галлий и таллий, однако их максимальные концентрации существенно превышают кларк в известняках.

Большинство из халькофильных элементов обнаруживается в рудообразующих минералах с применением обычной методики спектрального анализа, характеризующейся сравнительно низкой чувствительностью (табл. 1).

Таблица 1

Статистические параметры распределения элементов-примесей в рудообразующих минералах ртутного месторождения согласного типа

Элементы	Киноварь			Антимонит			Флюорит		
	τ	ϵ	n	τ	ϵ	n	τ	ϵ	n
Кадмий	$8,2 \cdot 10^{-3}$	2,8	43	$1 \cdot 10^{-3}$	—	—	$1 \cdot 10^{-3}$	—	—
Медь	$6 \cdot 10^{-3}$	2,8	42	$6 \cdot 10^{-3}$	—	—	$1,2 \cdot 10^{-3}$	—	—
Свинец	$3,2 \cdot 10^{-3}$	2,7	42	$20 \cdot 10^{-3}$	1,7	8	$1,7 \cdot 10^{-3}$	2,5	35
Серебро	$1,2 \cdot 10^{-3}$	2,7	47	$9,7 \cdot 10^{-3}$	2,5	17	$1 \cdot 10^{-3}$	—	—
Сурьма	$4,8 \cdot 10^{-2}$	2,8	37	$1 \cdot 10^{-2}$	—	—	$3,1 \cdot 10^{-2}$	2,9	35
Висмут	$1 \cdot 10^{-3}$	—	—	$2 \cdot 10^{-3}$	2,8	20	$1 \cdot 10^{-3}$	—	—
Мышьяк	$3,4 \cdot 10^{-2}$	2,5	45	$10 \cdot 10^{-2}$	2,2	20	$1 \cdot 10^{-2}$	—	—
Цинк	$5 \cdot 10^{-2}$	2,8	29	$1,1 \cdot 10^{-2}$	2,2	12	$1 \cdot 10^{-2}$	—	—

Цинк и кадмий концентрируются в киновари, мышьяк, висмут — в антимоните. Таким образом, намечаются сообщества элементов — полных аналогов, имеющих однотипную структуру внешних электронных оболочек при любой валентности (Hg, Zn, Cd и Sb, Bi, As).

Ореолы ртути являются наиболее широкими и протяженными, наибольший вертикальный их размах (1 км) устанавливается на месторождении трещинного типа.

Для поисков скрытого ртутного оруденения большое значение имеют данные о распределении элементов как в перекрывающих (экранирующих) породах, так и по восстанию и падению рудной зоны. Для изучения первой модели опробование проводилось вдоль уступов карьера, во втором случае — в подземных горных выработках вкостр простирания рудных тел. В покрове месторождения согласного типа развиваются контрастные ореолы мышьяка, продуктивность которых уменьшается с приближением к рудному горизонту. Ореолы ртути прослеживаются по трещинам далеко вверх от рудовмещающего горизонта. В аллохтонных силурийских сланцах, слагающих центральный синклиальный прогиб, обнаруживаются аномальные концентрации ртути на удалении 100—300 м от рудных зон. На верхних горизонтах ореолы мышьяка и ртути пространственно совпадают, а на нижних они разобщены, что подтверждается подсчетом коэффициентов корреляции в пределах определенного геологического блока, приуроченного к рудоконтролирующему нарушению (табл. 2).

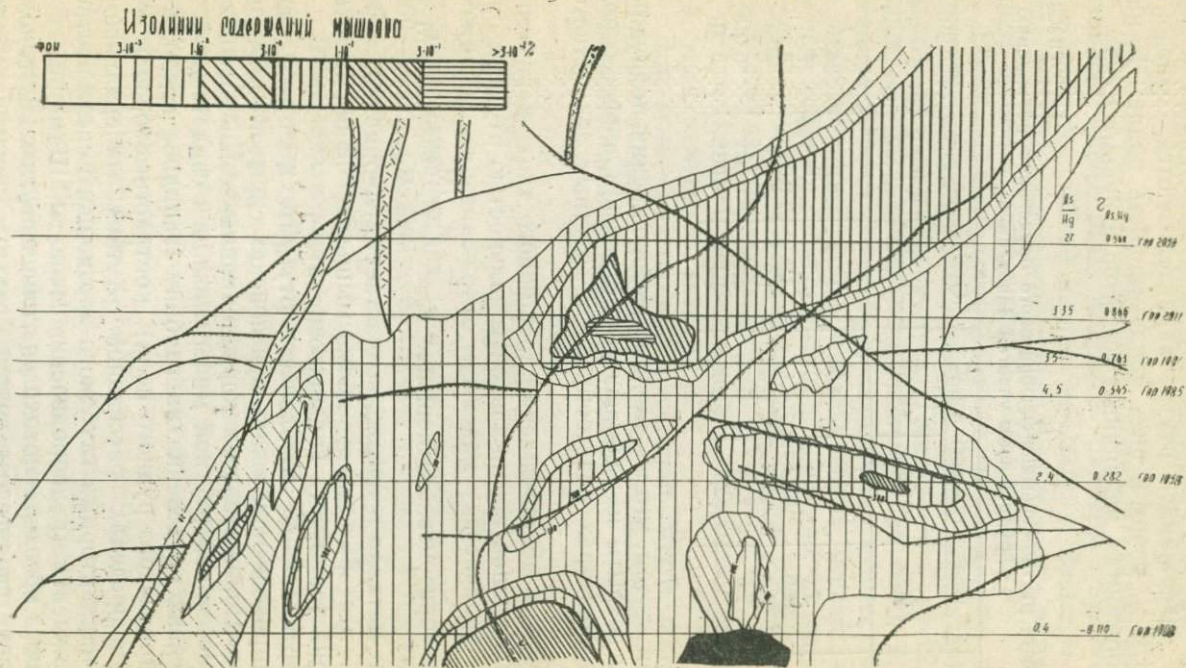
Таблица 2

Зональность мышьяково-ртутного оруденения в экранирующих породах месторождения Кара—Арча.

№ уступа	Абсолютные отметки, м	Продуктивность, м%		$\nu = \frac{As}{Hg}$	Коэффициенты корреляций	Число проб
		ртуть	мышьяк			
III	2036	0,0029	0,8	276	0,560	28
V	2011	0,013	4,35	335	0,866	16
VI	1996	0,067	2,3	35	0,763	26
VII	1985	0,045	0,20	4,5	0,545	24
VIII	1958	0,37	0,895	2,4	0,282	13
X	1908	0,695	0,276	0,4	0,119	23

В пределах контура мышьяковой минерализации обнаружены слабоконтрастные ореолы таллия. От рудоносного горизонта вверх таллий удален меньше, чем мышьяк (фиг. 2).

На одном из участков рудная зона прослеживается по падению и восстанию на расстояние 115 м, от горизонта



Фиг. 2. Ореолы рассеяния мышьяка в покровных отложениях

1770 м до горизонта 1885 м, и изучение на 6 горизонтах. Наибольшим содержанием ртути характеризуются горизонты 1830 и 1810 м, вверх и вниз продуктивность падает. В надрудных горизонтах накапливаются фтор и сурьма (табл. 3).

Таблица 3

Зональность ртутно-сурьяно-флюоритового оруденения по падению рудной зоны участка Заводского

Горизонты в м	Продуктивность в м%			Отношение продуктивностей		
	ртуть	фтор	сурьма	фтор ртуть	сурьма ртуть	фтор·сурьма ртуть·ртуть
1885	5,4	170,1	4,3	31,1	0,8	24,9
1855	7,6	81,6	3,0	10,7	0,4	4,3
1830	22,0	108,3	1,1	4,9	0,05	0,25
1810	18,3	22,6	0,3	1,2	0,016	0,02
1785	7,6	23,4	0,5	3,1	0,006	0,018
1770	2,0	2,2	0,002	1,1	0,001	0,001

В связи с тем, что на данном месторождении подрудные интервалы вскрыты на небольшом протяжении, вопрос о подрудных индикаторах пластообразных ртутных зон остается открытым.

На ртутном месторождении трещинного типа, характеризующемся большой вертикальной зональностью ртутных ореолов, устанавливается максимум отложения свинца, цинка на нижних горизонтах. Отношение $v = \frac{M_{Pb} \cdot M_{Zn}}{M_{As} \cdot M_{Hg}}$, где M — количество металла в ореоле, возрастает с глубиной. В верхней части месторождения, кроме мышьяка, накапливается также барий (данные С. Г. Саратовцева).

Ряд вертикальной зональности ртутных месторождений следует широко использовать при поисках скрытого ртутного оруденения. Положительная корреляционная связь мышьяка, фтора с рассеянной ртутной минерализацией свидетельствует о перспективах оруденения на глубину (западное продолжение Хайдарканского рудного поля), контрастные ореолы Pb, Zr, Sr, Ag в пределах рассеянной ртутной минерализации являются индикаторами глубокого эрозийного среза ртутного месторождения (рудопроявления Черекты, Шамиши).

Вторичные ореолы и потоки рассеяния ртутных месторождений. В зоне гипергенеза вокруг ртутных месторождений

образуются контрастные вторичные ореолы и слабые аномалии ее элементов-спутников — мышьяка, сурьмы, фтора, цинка и т. д.

Для ртутных вторичных аномалий характерна также сложная морфология, большие размеры, наличие «окон» фоновых содержаний внутри их контура. Размеры обогащенных интервалов вторичных ореолов рассеяния обычно составляют 30—60 м в ширину и 70—150 м в длину.

Наиболее контрастные ореолы наблюдаются в условиях эродированных или сероземных почв, характеризующихся малым содержанием гумуса. Подвижность ртути, устанавливаемая по величине коэффициента рассеяния δ , растет с усилением роли почвообразовательного процесса. Например, в эродированных почвах субальпийских степей, где содержание гумуса не превышает 3,3, величина δ равна 5,2, а в условиях коричневато-каштановых почв (содержание гумуса 4—6,4) она увеличивается до 8,5 м.

В глинистой фракции рыхлых отложений содержания ртути выше, меньше их дисперсия.

Для выявления потоков рассеяния ртути, образующихся на путях твердого и жидкого стока, использованы параметры распределения ее в аллювии и воде:

	C	ϵ	C _A
аллювий	$6 \cdot 10^{-6}\%$	1,9	$4 \cdot 10^{-5}\%$
вода	$2 \cdot 10^{-8}\%$	1,39	$5,3 \cdot 10^{-8}\%$

Длина механических потоков рассеяния 2—7 км, солевых 600—700 м. Совместно со ртутью в водных потоках рассеяния обнаруживаются аномальные содержания (мкг/л) сурьмы 2,1; олова 0,18; цинка 5,5; мышьяка 5,4; меди 25.

Последовательность применения геохимических методов при поисках ртутных месторождений. Геохимические поиски осуществляются как логичная последовательность ряда этапов работ. На каждом этапе производятся исследования методом наиболее эффективным для выявления меньших по размерам площадей, подлежащих более детальному изучению на следующем этапе.

Поиски масштаба 1 : 50 000 и 1 : 25 000 целесообразно осуществлять литохимическим методом по потокам рассеяния, эффективном для оценки перспектив больших площадей. Детализация перспективного участка, выявленного потоками рассеяния, осуществляется литохимическими методами поисков

по вторичным ореолам рассеяния (масштаб 1:10 000—1:2000). Оконтурировать отдельные рудные тела по их вторичным ореолам возможно только при проведении съемок масштаба 1:5000—1:2000. Сложная морфология вторичных ореолов рассеяния и относительно небольшая протяженность обогащенных интервалов заставляет при детализационно-оценочных литохимических съемках выбирать съемочную сеть, равную 50×10 и 25×10 м.

Для поисков скрытых рудных тел на разведываемых и эксплуатируемых месторождениях, оценки их на глубину, а также для определения направления разведочных работ целесообразно проводить литохимическое опробование горных выработок и керн скважин с последующей интерпретацией геохимических данных на основе геолого-структурного картирования и установленных характеристик первичных ореолов. Средний интервал опробования (длина «пунктирной» борозды) — 5 м, с разрезением — до 10 м и детализацией — до 1—2 м.

Я. М. ГРИЦЮК

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЗНАЧИМОСТИ РУДОКОНТРОЛИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ ПРИ ГЕОХИМИЧЕСКОМ КАРТИРОВАНИИ ПО КОРЕННЫМ ПОРОДАМ

В Ртутной опытно-методической партии Западно-Сибирского геологического управления разработана и апробирована на материалах по Горному Алтаю (Курайская и Сарасинская рудные зоны) и Кузнецкому Алатау (Крапивинский рудный район, рудное поле Белоосиповского месторождения) методика интегральной интерпретации данных геохимического картирования по коренным породам в масштабах 1 : 500, 1 : 2000, 1 : 10 000, 1 : 25 000, 1 : 50 000.

В основу методики положена количественная оценка значимости геологических рудоконтролирующих факторов. Ниже кратко изложено теоретическое обоснование рекомендуемой методики, а также освещены основные приемы расчета количественных показателей рудоносности, оценки информативности рудоконтролирующих факторов и составления прогнозных карт на основе интегральной оценки вероятности проявления оруденения.

Количественные показатели рудоносности

Химические элементы в горных породах образуют два основных генетических типа рассеяния: первично-конституционный (сингенетический) и вторично-наложенный (эпигенетический). В настоящее время большинство исследователей допускают возможность образования повышенных концентраций многих элементов путем выщелачивания и мобилизации их из вмещающих пород в процессе регионального, контактового и гидротермального метаморфизма. В этом случае имеют место еще два генетических типа рассеяния: вторично-мобилизованный и вторично-выщелоченный.

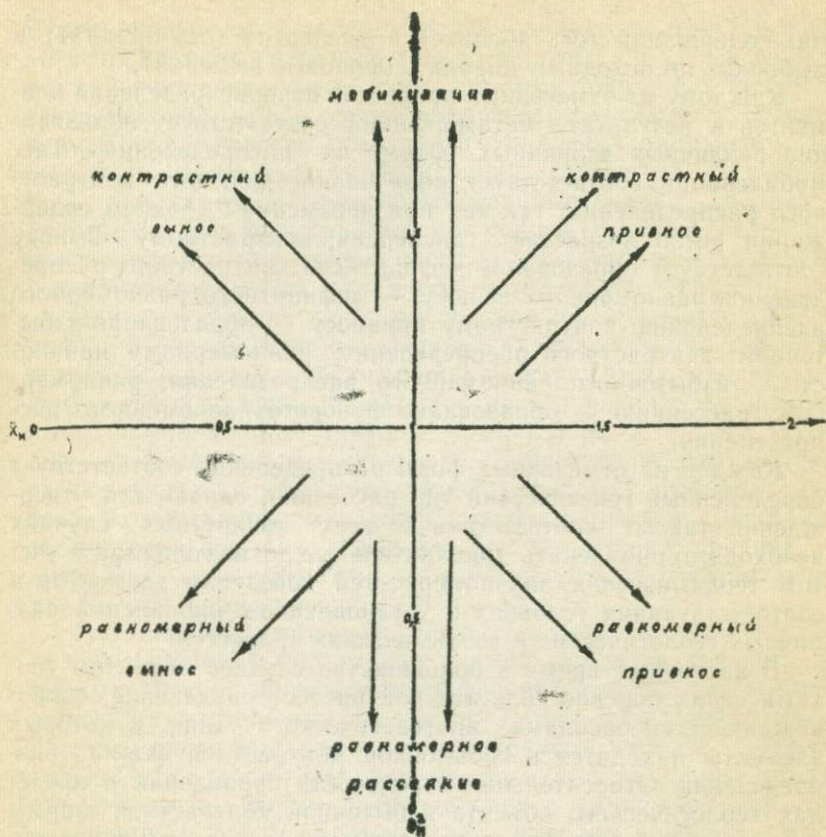
Типы рассеяния являются чрезвычайно важными геохимическими признаками, определяющими вероятность обнаружения концентраций элементов, пространственно связанных с теми или иными породами. Такие концентрации, в частности, могут возникать на фоне аномального первично-конституционального, вторично-мобилизованного и вторично-наложенного рассеяния. Установление вторично-выщелоченного типа рассеяния является указанием на возможность обнаружения концентраций соответствующих элементов в прилегающих породах. Сама по себе величина среднего содержания элемента не свидетельствует о генетическом типе и о форме распределения в породе данного элемента. Такую информацию несет функция распределения, определяющими параметрами которой являются среднее содержание и дисперсия.

Так как в задачи поисковых геохимических работ не входит выявление абсолютных значений содержаний элементов в породах и расчет региональных кларков, представляется удобным использовать относительные, безразмерные оценки параметров распределения. Различны также и пределы колебания дисперсий. Поэтому средние содержания и дисперсии элементов в выборках по конкретным геологическим объектам рекомендуется заменять их нормированными оценками.

Нормированное среднее (\bar{X}_H) — отношение найденного среднего содержания (значения) в конкретной выборке к фоновому среднему. Нормированная дисперсия (S^2_H) — отношение найденной дисперсии содержания (значений) в конкретной выборке к дисперсии фона.

Нормировкой параметров распределения элементов достигается возможность их наглядного изображения на диаграммах. Одновременно исключается или снижается влияние систематических погрешностей опробования, обработки, анализа проб и расчета этих параметров, при условии сохранения однообразия в их определении. Нормировка параметров распределения особенно необходима в случае выполнения тех или иных операций с качественно различными признаками, например, содержаниями элементов, физическими свойствами пород, структурными и геофизическими параметрами и т. д. Более строгие математические приемы нормировки случайных величин и случайных функций при геохимических исследованиях детально разрабатываются Г. А. Вострокнутым в Уральском геологическом управлении.

Многочисленные эмпирические данные и положения теории рассеяния элементов свидетельствуют о том, что процес-



Фиг. 1. Схема, иллюстрирующая изменение параметров распределения элементов в результате формирования различных вторичных генетических типов рассеяния

сы метаморфизма горных пород сопровождаются перераспределением в пределах геологического объекта (мобилизацией), контрастным или равномерным выносом, контрастным или равномерным привносом, а также равномерным рассеянием различных элементов. При этом каждому из отмеченных процессов соответствует характерное изменение параметров распределения элементов по сравнению с их распределением в исходных породах. Это положение иллюстрирует фиг. 1. Центру диаграммы здесь соответствует значение сред-

них содержаний (ось абсцисс) и дисперсий (ось ординат) в выборках по исходным породам (фоновые выборки).

Каждому из отмеченных процессов перераспределения элементов в результате метаморфизма соответствует образование различных вторичных форм их распределения. Так, мобилизации соответствует образование фонового контрастного распределения, так как при неизменном среднем содержании резко возрастает дисперсия; контрастному выносу соответствует образование дефицитного контрастного распределения, равномерному выносу — дефицитного равномерного распределения; контрастному привносу — избыточного контрастного распределения; равномерному привносу — избыточного равномерного распределения; равномерному рассеянию — образование фонового равномерного распределения.

Каждой из отмеченных форм распределения соответствует определенный генетический тип рассеяния, однако для утверждения такого соответствия во всех конкретных случаях необходимо привлекать дополнительные доказательства с учетом геохимических закономерностей поведения элементов в соответствующих условиях и установленных проявлений различных геологических и геохимических процессов.

В настоящее время в большинстве случаев объектом геохимических поисков является контрастное оруденение, сопровождающееся ореолами эпигенетического типа, в которых элементы находятся в избыточной контрастной форме распределения. Относительная вероятность проявления в пределах геологического объекта избыточной контрастной формы распределения того или иного элемента, исходя из приведенных выше соображений, определяется значением его среднего содержания и дисперсии в представляющей данный объект выборке.

Другими словами, чем выше среднее и дисперсия содержаний элементов в выборках, представляющих сравниваемые геологические объекты, тем выше вероятность нахождения их в избыточной контрастной форме распределения и соответственно выше вероятность проявления наложенных концентраций.

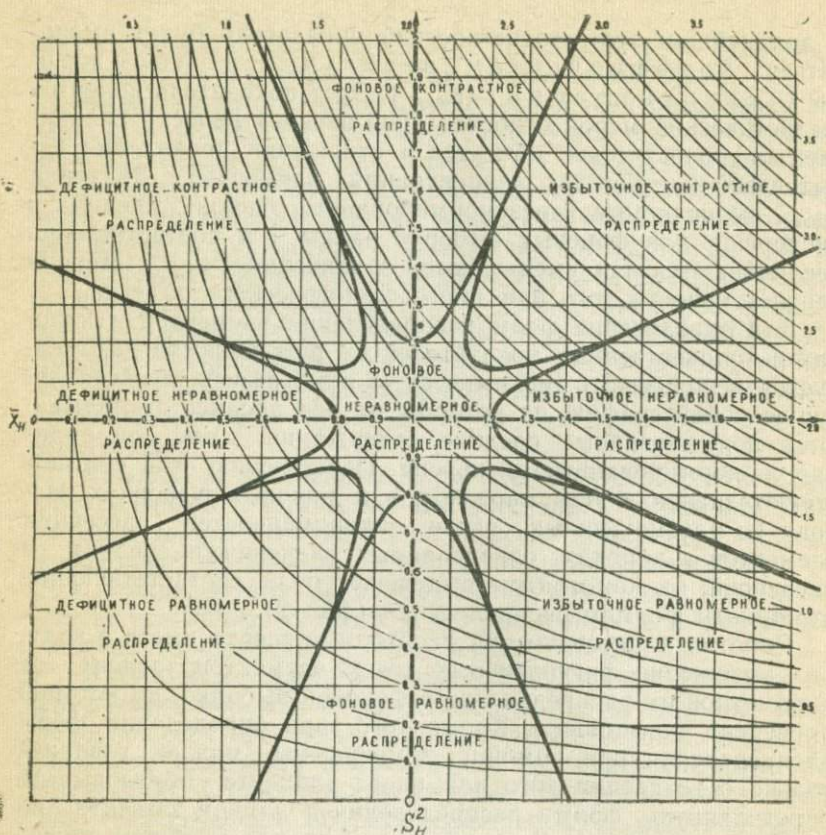
Таким образом, в качестве количественного показателя относительной перспективности сравниваемых геологических объектов в отношении обнаружения рудных концентраций следует использовать произведения нормированных значений средних и дисперсий элементов в соответствующих выборках.

В дальнейшем этот статистический показатель будет именоваться коэффициентом вероятности наложенных концентраций ($K_{\text{внк}}$). Этот показатель является статистической мерой относительной перспективности сравниваемых геологических объектов в отношении проявления избыточных контрастных концентраций элементов. Значения $K_{\text{внк}}$, вычисляемые через нормированные оценки средних и дисперсий, для фоновых выборок равны 1 и соответственно увеличиваются или уменьшаются в зависимости от степени перспективности того или иного геологического объекта.

Для определения форм распределения элементов в породах и количественных показателей их рудоносности рекомендуется использовать геохимическую номограмму, представляющую собой график, на котором на оси абсцисс откладываются нормированные средние содержания, а по оси ординат — нормированные дисперсии. Пересечению осей соответствуют значения этих параметров в фоновых выборках. Исходя из рассмотренных выше закономерностей рассеяния элементов в породах, определяемых значениями средних и дисперсий, на номограмме выделены поля, соответствующие различным формам распределения (фиг. 2).

Работая с номограммой, необходимо всегда иметь в виду, что положение фигуративных точек элементов зависит от параметров их распределения в фоновой выборке, по которой проведена нормировка. Кроме того, при определении форм распределения при помощи номограммы можно говорить только о тенденции того или иного элемента образовывать определенную форму распределения в данном объекте по сравнению с фоном. Достоверность выводов в общем случае увеличивается с увеличением расстояния фигуративных точек элементов от линий, ограничивающих соответствующие области. Для утверждения соответствия форм распределения элементов определенным генетическим типам рассеяния в каждом конкретном случае должны привлекаться традиционные геологические и геохимические доказательства.

Геохимическая номограмма значительно упрощает обработку геохимических данных и представляет возможность компактно и графически наглядно отражать данные о распределении элементов в различных геологических объектах. Например, на одном графике можно отразить значения средних содержаний и дисперсий любого количества компонентов и однозначно определить те из них, которые в данном объекте находятся в наиболее благоприятных формах распре-



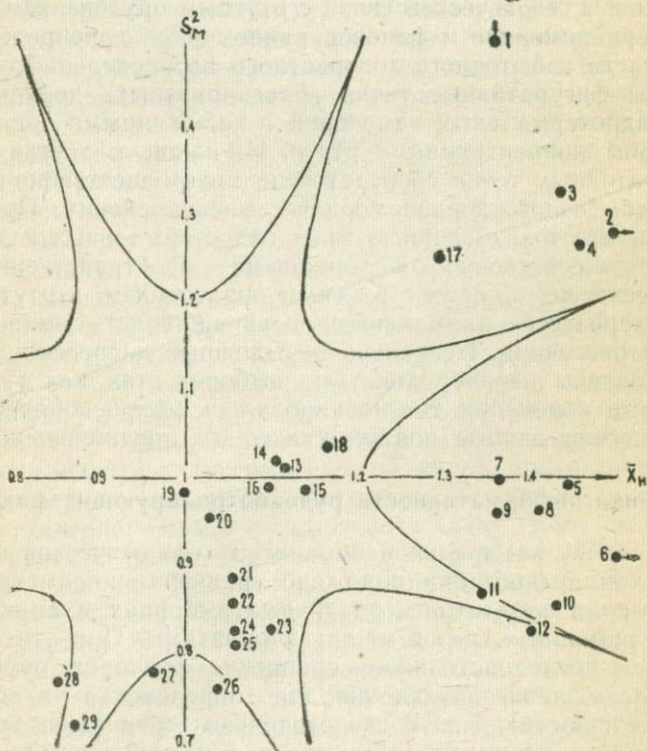
Фиг. 2. Геохимическая номограмма для определения форм распределения элементов в выборках и количественных показателей рудоносности

ления. Такую диаграмму можно рассматривать в качестве своеобразного геохимического паспорта геологического объекта, который заменяет многочисленные таблицы, кривые распределения и другие материалы, слабая наглядность которых требует многословных пояснений. В качестве объекта может служить представленная выборкой свита, интрузивный комплекс, отдельный структурный блок или вообще любой выделенный участок.

Аналогичным образом для наиболее важных элементов могут быть составлены поэлементные диаграммы, отражающие параметры распределения элементов в любом количе-

стве геологических объектов одного порядка, например в породах района. На такой диаграмме наглядно отражаются формы распределения элемента в различных породах и определяются те из них, в которых наиболее вероятно появление его концентраций.

На диаграмме может быть наглядно отображен характер поведения элементов в различных процессах. Например, на одной диаграмме можно вынести фигуративные точки одних и тех же элементов в неизмененных и гидротермально измененных терригенных породах района. Соединив стрелками соответствующие фигуративные точки, установим наличие равномерного или контрастного выноса или привноса каждого из них.



Фиг. 3. Диаграмма распределения ртути в выборках по типам и комбинациям гидротермально измененных пород Акташской кулисы

С геохимической номограммы можно также непосредственно снимать значения $K_{\text{вык}}$, для чего на ней вынесена соответствующая параболическая шкала. Эта операция значительно упрощает необходимые расчеты без существенного ущерба для их точности.

На фиг. 3 в качестве примера приведена составленная при помощи геохимической номограммы диаграмма распределения ртути в выборках по наиболее распространенным типам и устойчивым комбинациям гидротермально измененных пород в пределах Акташской рудной кулисы (Курайская рудная зона в Горном Алтае). Вблизи центра диаграммы сосредоточены фигуративные точки типов и комбинаций гидротермально измененных пород, не обнаруживающих пространственной и генетической связи с ртутным оруденением (фоновое неравномерное и фоновое равномерное распределение). В области избыточного контрастного распределения сгруппированы фигуративные точки «благоприятных» дорудных типов гидротермальных изменений с наложенными (эпигенетическими) концентрациями ртути. И, наконец, третья группа фигуративных точек сосредоточена преимущественно в области избыточного неравномерного распределения. Предполагается, что только данные типы гидротермальных изменений являются собственно «околорудными», пространственно и генетически связанными с ртутным оруденением, и ртуть в них характеризуется аномальным первично-конституциональным типом рассеяния. Несколько повышенные дисперсии, видимо, обусловлены неоднородностью выборок, так как гидротермальные изменения диагностировались макроскопически. Геологические данные подтверждают это предположение.

Оценка информативности рудоконтролирующих факторов

В основу камеральной обработки геологической и геохимической информации положено сравнение параметров распределения элементов в различных выборках и определение корреляционных связей между элементами. При этом производится последовательное сравнение факторов, определяющих размещение оруденения для определения их веса (информативности). Так, последовательно сравниваются параметры распределения элементов в суммарных выборках из неизмененных и гидротермально измененных пород района. Аналогичным образом сравниваются выборки по типам пород: терригенным, карбонатным, интрузивным и т. п. Влияние

стратиграфического фактора определяется путем сравнения параметров распределения элементов в выборках по стратиграфическим подразделениям, литологического — путем сопоставления выборок по литологическим разностям в составе отдельных свит. Таким же образом определяется влияние отдельных типов гидротермальных изменений, структурных факторов и т. п. (фиг. 4).

В связи с тем, что среди гидротермально измененных пород в поисковом отношении наибольший интерес представляют собственно «околорудные» разности, в которых рудные элементы характеризуются первично-конституциональным рассеянием, для количественной оценки их поисковой значимости $K_{\text{внк}}$ не может быть использован. Судя по положению на геохимической номограмме, соответствующей данному типу рассеяния области избыточного равномерного распределения, в качестве количественного показателя вероятности проявления сингенетических концентраций ($K_{\text{вск}}$) — рассматривается отношение нормированного среднего к нормированной дисперсии (коэффициент вероятности сингенетических концентраций).

Влияние геохимических факторов оценивается на основании вычисления корреляционных связей профилирующего рудного элемента с другими компонентами в однородных выборках, например в отдельно взятых породах какой-либо свиты, участка и т. п. При этом коэффициенты парной корреляции рассматриваются в качестве статистической меры, отражающей близость связи между элементами к линейной. В одинаковой степени учитываются положительные и отрицательные связи. Частота проявления и сила линейной связи ведущего элемента с другими служит мерой информационного веса последних как геохимических индикаторов распределения оруденения. По преобладающему знаку связи выделяются элементы-спутники и элементы-антагонисты.

Использование $K_{\text{внк}}$ и $K_{\text{вск}}$ позволяет объективно оценить относительный вес различных рудоконтролирующих факторов в размещении оруденения. Например, если установлены равные или близкие к единице значения $K_{\text{внк}}$ профилирующего элемента и выборка по всем стратиграфическим подразделениям района, следовательно, стратиграфический контроль такого оруденения не проявлен. Таким образом, значимость (информативность) рудоконтролирующих факторов можно определять по размаху значений $K_{\text{внк}}$ или $K_{\text{вск}}$ в соответствующей серии выборок или, более строго, по значениям их

дисперсий. Сопоставляя такие показатели, вычисленные по сериям, представляющим выборки по стратиграфическим подразделениям, литологическим разностям, типам гидротермальных изменений и т. п., можно оценить относительную информативность каждого фактора.

Интегральная оценка вероятности проявления оруденения

После определения относительной перспективности геологических объектов, представляющих стратиграфические подразделения, литологические разности, типы окolorудных изменений, после оценки геохимических индикаторов оруденения, можно приступить к конструированию формул уравнений интегральных функций, по которым ведется вычисление суммарной интенсивности рудоконтролирующих факторов в каждой точке наблюдения. В общем виде формула приведена ниже:

$$\Theta A = A_n + K_{\text{внк}} \cdot A_{\text{стр}} + K_{\text{внк}} \cdot A_{\text{лит}} + K_{\text{вск}} \cdot A_{\text{изм}} + \\ + K_{\text{внк}} \cdot A_{\text{азп}} + K_{\text{внк}} \cdot A < n + \frac{\bar{X}_1}{X_1} + \frac{\bar{X}_2}{X_2} + \frac{\bar{X}_3}{X_3} + \dots \\ + \frac{\bar{X}_n}{X_n} + \frac{\bar{Y}_1}{Y_1} + \frac{\bar{Y}_2}{Y_2} + \frac{\bar{Y}_3}{Y_3} + \dots + \frac{\bar{Y}_n}{Y_n} - m,$$

где

Θ — суммарная интенсивность рудоконтролирующих факторов в каждой точке наблюдения;

A_n — установленное содержание профилирующего элемента, нормированное по значению местного кларка;

1—фоновая выборка; 2—измененные породы; 3—4—терригенные породы; 3—измененные, 4—измененные; 5—6—карбонатные породы; 5—неизмененные, 6—измененные; 7—8—вулканогенные породы; 7—неизмененные, 8—измененные; 9—10—метаморфические породы; 9—неизмененные, 10—измененные; 11—12—интрузивные породы; 11—неизмененные, 12—измененные; 13—гидротермалиты; 14—стратиграфические подразделения, интрузивные комплексы; 15—нестратифицированные породы; 16—неизмененные и слабо измененные породы; 17—гидротермально измененные породы; 18—литологические и петрографические разности; 19—классы по углам падения слоистости; 20—классы по азимутам падения слоистости; 21—типы и комбинации измененных пород; 22—классы по углам падения минерализованных зон; 23—классы по азимутам падения минерализованных зон; 24—элементы-спутники; 25—элементы-антагонисты.

$K_{\text{внк}}A_{\text{стр}}$ — коэффициент вероятности наложенных концентраций профилирующего элемента, установленный для соответствующего стратиграфического подразделения;

$K_{\text{внк}}A_{\text{лит}}$ — то же, для соответствующей породы;

$K_{\text{вск}}A_{\text{изм}}$ — коэффициент вероятности сингенетических концентраций профилирующего элемента, установленный для соответствующего типа гидротермально измененных пород данного стратиграфического подразделения;

$K_{\text{внк}}A_{\text{азп}}$ и $K_{\text{внк}} < \pi$ — то же в неизменных породах с соответствующими азимутами и углами падения слоистости или в минерализованных зонах с соответствующими элементами залегания;

$\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3, \bar{X}_n$ — установленные содержания элементов, связанных с соответствующей однородной выборке прямой корреляционной связью с профилирующим элементом;

$\bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \bar{Y}_3, \bar{Y}_n$ — то же для элементов, связанных с профилирующим элементом обратной корреляционной связью;

X_1, X_2, X_3, X_n и Y_1, Y_2, Y_3, Y_n — значения местных кларков соответствующих элементов;

m — число членов уравнения.

Вычитание значения числа, равного числу членов уравнения, приводит величины суммарной интенсивности рудоконтролирующих факторов к распределению со средним, равным нулю, так как среднее значение каждого члена уравнения равно единице. Кроме того, эта операция позволяет непосредственно сопоставлять значения интегральных вероятностей, вычисленных при различном числе членов уравнения.

Уравнения интегральных функций являются эмпирическими и конструируются в каждом конкретном случае на основании фактически установленных закономерностей распределения оруденения. В то же время такие уравнения не являются алгебраически детерминированными, а имеют статистический смысл и отражают наиболее общие закономерности, которые могут отсутствовать в отдельных частных случаях.

Итоговыми графическими материалами интегральной интерпретации геолого-геохимических данных являются карты, планы или разрезы суммарной интенсивности рудоконтролирующих факторов, составленные на геологической основе, выполненной в штриховом исполнении. При этом для каждого конкретного района устанавливаются наиболее высокие значения суммарной интенсивности рудоконтролирующих факторов, соответствующие стопроцентной вероятности проявления концентрированного оруденения. Так, для рудного поля Белоосиповского месторождения стопроцентной вероятности проявления ртутного оруденения соответствует значение суммарной интенсивности +25,5. Отсюда переходная шкала от значений суммарной интенсивности к вероятностям проявления концентрированного ртутного оруденения выглядит следующим образом:

+25,5—100%	+3,0—12,5%	
+19,0—75%	+1,5—5%	
+13,0—50%	0,0—0%	
+6,0—25%	—1,5—оконтуривает	совершенно
		бесперспективные площади.

Методом экстраполяции на прогнозных картах проводятся линии равной вероятности проявления концентрированного оруденения. Поля со значениями суммарной интенсивности менее —1,5 закрашиваются синим цветом, поля со значениями суммарной интенсивности от —1,5 до +1,5 — зеленым, остальные поля закрашиваются различными тонами красного цвета с усилением интенсивности окраски в областях наиболее высоких вероятностей проявления оруденения.

Некоторые требования к полевым материалам

В Ртутной опытно-методической партии ЗСГУ для целей литолого-структурного и геохимического картирования различных масштабов разработана система документации на перфокартах с краевой перфорацией типа К-5. По единой системе ведется документация при проходке горных выработок и скважин, а также при описании разрезов и поисковых маршрутов. Отличительной особенностью такой документации является предварительно систематизированный сбор тех геологических признаков, которые определяют закономерности локализации рудных полей, рудных столбов, рудных тел и обогащенных гнезд — искомым объектов при исследованиях

данных масштабов. В число таких признаков включены гидротермальные изменения пород, стратиграфические, литологические, структурные и геохимические.

Предварительная систематизация заключалась в составлении обязательного перечня признаков, которые должны фиксироваться в каждой точке наблюдения. При этом понадобилось уточнить само определение понятия «точка наблюдения», предъявив к нему основное требование: однозначность признаков, включенных в обязательный перечень. Другими словами, точка наблюдения должна быть представлена одной породой, неизменной или подвергнутой одному или нескольким определенным типам гидротермального изменения, принадлежащей к одному стратиграфическому подразделению, характеризующейся однозначными структурными признаками и т. д. И, наконец, точка наблюдения характеризуется одной геохимической пробой, номер которой соответствует номеру точки наблюдения. Максимальный размер точки наблюдения по однородным породам определяется масштабом работ и принят равным 25 м для работ масштаба 1 : 25 000, 10 м — для масштаба 1 : 10 000 и т. д.

Нанесение первичной полевой информации на ручные перфокарты значительно облегчает и ускоряет статистическую обработку разнообразных выборок при фиксировании большого количества геологических признаков. Выявление корреляционных связей между содержаниями элементов в различного рода выборках вообще не осуществимо при традиционных формах документации. При использовании ручных перфокарт этот вид работ выполняется путем составления таблиц сопряженных признаков. Наличие прямой или обратной связи, а также ее отсутствие в первом приближении может быть определено визуально.

Расположенная на ручных перфокартах информация чрезвычайно облегчает подготовку материалов для ввода в ЭВМ. Основная трудоемкая операция — отбор перфокарт для требуемой выборки выполняется при помощи спиц, а перфорация исходных данных для ввода в ЭВМ после этого осуществляется непосредственно из отобранных перфокарт.

Расчет всех необходимых нормированных статистических параметров для вариантов нормального и логнормального распределения выполняется на ЭВМ по сгруппированным данным, когда указаны только значения классов и их частоты, установленные для той или иной выборки. Аналогичным образом на ЭВМ рассчитываются коэффициенты парной кор-

реляции по таблицам частот сопряженных признаков по специально разработанным в Тематической вычислительной партии ЗСГУ программам.

Следует подчеркнуть полноту и высокое качество документации, ее информативность, так как в каждой точке в обязательном порядке фиксируется значение всех включенных в перечень признаков, определяющих закономерности локализации оруденения.

Преимущества рекомендованной системы при камеральной обработке вообще трудно учесть, так как многие операции практически не осуществимы при дневниковой форме документации. По крайней мере трех-, четырехкратная экономия времени ведущих специалистов несомненно обеспечивается одновременно с повышением качества материалов, полноты использования фактических данных. В частности, если первичные материалы представлены в карточной форме, то один исполнитель в течение рабочего дня может вручную рассчитать значения суммарной интенсивности рудоконтролирующих факторов для 200—300 точек наблюдения. Немаловажным является также и то, что информация на ручных перфокартах и по окончании работ может быть легко мобилизована и использована для самых различных целей, которые могут возникнуть в будущем.

В качестве положительных особенностей рекомендованной методики интегральной интерпретации материалов геохимического картирования по коренным породам можно отметить:

1. Приемы расчета суммарной интенсивности рудоконтролирующих факторов включают предварительное определение информационного веса каждого из них — мало информативные факторы при этом исключаются.

2. Значения суммарной интенсивности определяются более точно, чем значения любого из исходных параметров. Расчет всех параметров включает прием нормировки, которым автоматическим образом исключается влияние систематических ошибок. Суммирование многих взаимосвязанных величин ведет также к снижению влияния случайных ошибок определения каждой из них.

3. Сведение многомерных нормированных распределений к одномерным интегральным моделям на основании реально существующих связей между признаками повышает надежность выводов. Направленное суммирование полезных сигналов приводит к контрастной дифференциации площадей по вероятностям проявления концентрированного оруденения.

Я. М. ГРИЦЮК

О ПОТЕРЯХ РТУТИ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ ПРОБ ДОННЫХ ОСАДКОВ

Летучесть природных соединений ртути, особенно ее самородной формы, общеизвестна. В то же время это явление пока совершенно не учитывается в практике геохимических поисков. Опыт работ последних десяти лет Ртутной опытно-методической партии Западно-Сибирского геологического управления показывает, что особенно высоки потери ртути в процессе хранения литогеохимических проб из рыхлых элювиально-делювиальных и аллювиальных (донных) проб, потому что в материале таких проб преобладают самородные формы нахождения ртути.

На фигуре приведена диаграмма, иллюстрирующая изменение средних содержаний ртути в материале проб донных осадков в зависимости от продолжительности их нахождения в лаборатории с момента поступления до производства анализов, по данным ртутной партии ЗСГУ, за последние четыре года. Цифры около фигуративных точек соответствуют номерам заказов, в скобках указано количество проб (общее количество учтенных проб составляет 14094).

Пробы донных осадков отобраны в пределах ртутно-рудных районов Горного Алтая, Кузнецкого Алатау и Кузбасса. Анализ на ртуть с чувствительностью $1 \cdot 10^{-6}\%$ выполнен в Центральной лаборатории Западно-Сибирского геологического управления (руководитель Л. А. Плакс). На анализ поступал класс донных осадков размером 0,25 мм. Сжигание навесок производилось после дополнительного истирания до 0,07 мм.

При расчете средних содержаний ртути по заказам, пробам с содержанием в классе «не обнаружено» придавалось содержание $1 \cdot 10^{-7}\%$.

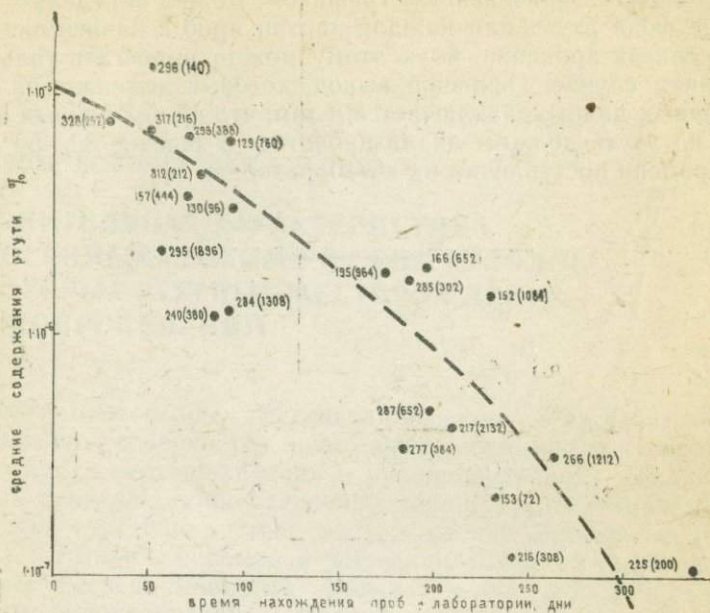


График изменения средних содержаний ртути в донных осадках

На фигуре также приведен рассчитанный по методу наименьших квадратов усредненный график, судя по которому содержание ртути в пробах донных осадков в момент их поступления в лабораторию в среднем составляет $1 \cdot 10^{-5}\%$ (исходное среднее в момент отбора, видимо, несколько выше, так как часть ртути испарилась в период транспортировки проб).

Выше осредняющей кривой находятся фигуративные точки заказов, пробы которых отобраны на площадях с наиболее интенсивными проявлениями ртутной минерализации. В этом отношении наиболее характерны пробы заказа 225, отобранные с Кайской перспективной площади (Крапивинский купол в зоне сопряжения структур Кузнецкого Алатау и Кузбасса), где установлены интенсивные шлиховые ореолы киновари и гидрогеохимические аномалии ртути, а содержание последней в пробах донных осадков оказалось исключительно низким в результате весьма продолжительного хранения их в лаборатории.

Пользуясь приведенным графиком, можно определять значение фона ртути для каждой партии проб в зависимости от времени их хранения, но к этому можно прибегать только в крайнем случае. Основной вывод, который вытекает из приведенных данных, заключается в том, что пробы донных осадков на ртуть должны анализироваться в течение 30—50 дней со времени поступления их в лабораторию.

О. В. ВЕРШКОВСКАЯ, Л. Я. КРАПИВА

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭНДОГЕННЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛОВ НЕКОТОРЫХ РТУТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И РУДОПРОЯВЛЕНИЙ

Целью проведенных исследований являлось изучение и сопоставление особенностей эндогенных геохимических ореолов на ртутных месторождениях и рудопроявлениях, локализованных в вулканогенно-осадочных толщах. Объектами изучения были сурьмяно-ртутное месторождение Пламенное (Чукотка), ртутное с сурьмяной минерализацией месторождение Дальнее (Северо-Западный Кавказ) и два монометаллических ртутных рудопроявления Северо-Западного Кавказа — Восход и Каштановое.

На месторождении Пламенное пластовые рудные тела, практически горизонтально залегающие, локализованы в зоне крупного разлома среди кислых эффузивов нижнемелового возраста. Рудная минерализация имеет прожилково-вкрапленный характер, причем на месторождении выделяются пространственно разобщенные рудные тела с сурьмяным, сурьмяно-ртутным и ртутным оруденением.

На месторождении Дальнее рудовмещающими служат песчано-глинистые породы нижнего мела, причем оруденение приурочено в основном к грубозернистым породам. Рудопроявления ртути Восход и Каштановое локализованы в толще существенно глинистых пород нижнемелового (Восход) и нижнеюрского (Каштановое) возраста.

По последним представлениям геологов Краснодарской геологической экспедиции [2], рассматриваемые объекты Северо-Западного Кавказа приурочены к антиклинальным структурам в фронтальных частях региональных надвигов и, возможно, к поднадвиговым зонам. Оруденение контролируется разрывными нарушениями, зонами дробления и их пере-

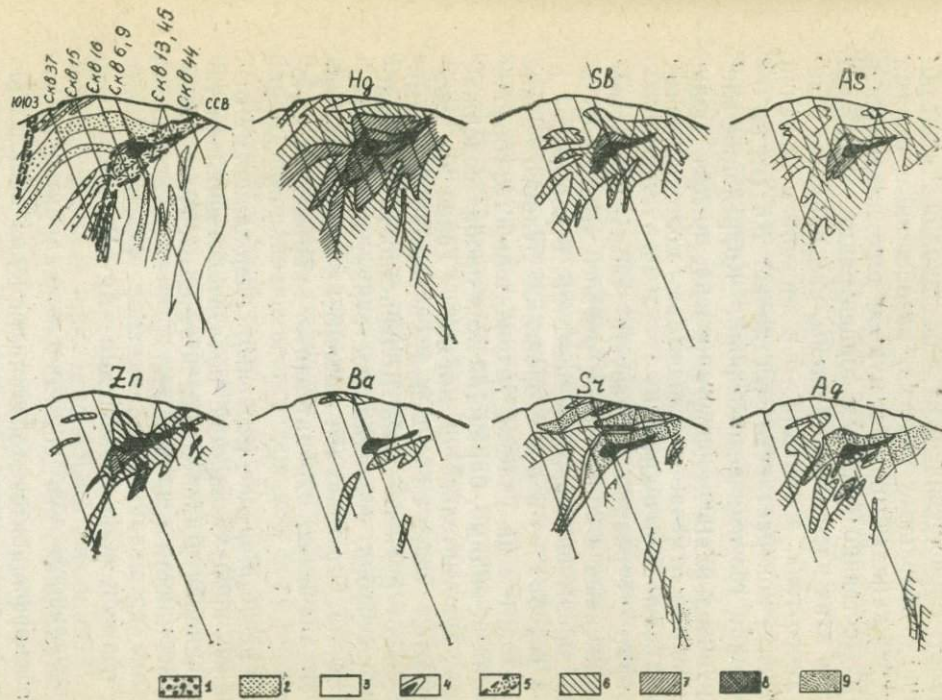
сечениями, определяющими сложное строение рудных тел, представленных часто уплощенными столбами, обычно крутопадающими.

Эндогенные ореолы ртути и элементов-спутников — сурьмы, мышьяка, серебра, свинца, цинка, меди, олова, молибдена, бария — на Пламенном месторождении изучались только на поверхности, так как керн разведочных скважин не сохранился. Было установлено, что сурьмяное, сурьмяно-ртутное и ртутное оруденение сопровождаются четко проявленными, «положительными» ореолами ртути, сурьмы, мышьяка, серебра, шириной 250—300 м, и более широкий «отрицательный» ореол бария. Второстепенными, косвенными индикаторами оруденения можно считать свинец, олово, медь, образующие разорванные ореолы меньшей интенсивности и размера. Контрастность ореолов прямых элементов-индикаторов оруденения велика, особенно ртути, хотя ее фоновое содержание очень высоко.

Оказалось, что при сопоставлении ореолов сурьмяного и ртутного оруденения наибольшей информативностью обладают ртуть, сурьма, мышьяк, серебро; при сопоставлении ореола на промышленном рудном теле и ореола, сопровождающего слабую ртутную минерализацию, наиболее информативны ртуть, сурьма, барий, медь, в меньшей степени — мышьяк, свинец. Установлена горизонтальная зональность в строении ореолов, выражающаяся в закономерном изменении средних содержаний, площадных продуктивностей и величин их отношений. Максимальное накопление всех компонентов по отношению к ртути отмечено на сурьмяном рудном теле, на сурьмяно-ртутных и ртутных рудных телах величина отношений падает.

На месторождении Дальнее скважинами по ряду профилей вскрыта надрудная, околорудная и подрудная часть ореолов. Здесь рассматривалось поведение ртути, сурьмы, мышьяка, бария, стронция, свинца, меди, цинка, серебра, никеля, кобальта, олова, титана, ванадия (чувствительность определения сурьмы 0,001%, мышьяка 0,003%).

Ореолы ртути, сурьмы, мышьяка, цинка пространственно смещены с рудным телом, контрастность их велика (для ртуть и 1600, для цинка 4 единицы геохимического фона). Максимумы содержаний элементов в ореоле попадают на рудное тело или слегка смещены в сторону. Размеры ореолов ртути — до 200 м, сурьмы и мышьяка 60—100 м, цинка



Фиг. 1. Эндогенные геохимические ореолы месторождения Дальнее. Геологический разрез по А. С. Кандаурову

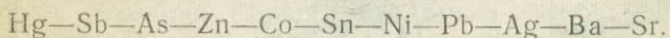
1 — гравелиты и конгломераты; 2 — песчаники; 3 — глинистые породы; 4 — рудное тело и контур рудоносной зоны; 5 — зоны дробления и повышенной трещиноватости; 6—9 — содержания элементов в ореолах (в %): 6 — ртуть (0,000044—0,0009), сурьма (0,001—0,009), мышьяк (0,003—0,006), цинк (0,012—0,0019), барий (0,01—0,03), стронций (0,04—0,15), серебро (0,000009—0,000020); 7 — ртуть (0,001—0,009), сурьма (0,01—0,10), мышьяк (0,007—0,01); 8 — ртуть (0,01—0,1); 9 — стронций ($\leq 0,01$), серебро (не обн.).

20—30 м. Выклинивание ореолов ртути, сурьмы, мышьяка, цинка по восстанию и падению рудной зоны не отмечается (фиг. 1). Коэффициент парной корреляции этих элементов с ртутью в подавляющем большинстве случаев значимый, положительный.

Медь, кобальт, олово, свинец, никель, ванадий, титан образуют отдельные ореольные участки, разобщенные полями с фоновыми содержаниями, причем рудное тело находится в области преимущественно фоновых концентраций. «Положительные» ореолы этих элементов смещены, как правило, в лежащий бок рудного тела, а ванадия — в висячий и лежащий бок. Коэффициент контрастности составляет 3,5 (медь) — 1,5 (свинец) единиц геохимического фона. Корреляция элементов этой группы с ртутью не установлена, но для большинства компонентов отмечается значимая положительная корреляционная связь друг с другом.

Серебро, барий, стронций образуют «положительные» ореолы, расположенные в 20—60 м от рудного тела; ореолы бария смещены преимущественно в лежащий, стронция — в висячий бок, а серебра — в обе стороны от рудного тела. Рудное тело находится на участке «отрицательного» ореола серебра, стронция и, видимо, бария (во всех пробах содержание бария ниже чувствительности метода). Такие же зоны выноса фиксируются вслед за «положительными» ореолами по мере удаления от рудного тела. Контрастность положительных ореолов серебра, стронция составляет 3—5 единиц геохимического фона. С ртутью эти элементы в некоторых выборках образуют значимую отрицательную корреляционную связь.

В результате расчета среднеореольных содержаний, их отношений, линейных продуктивностей, показателя зональности [3] для месторождения Дальнее был получен следующий ряд вертикальной зональности (сверху вниз):



Вертикальная зональность довольно отчетливо характеризуется величинами коэффициентов зональности $K_1 = \frac{\text{Hg} \cdot \text{Sb} \cdot \text{As}}{\text{Ag} \cdot \text{Ba} \cdot \text{Sr}}$

и $K_2 = \frac{\text{Ba} \cdot \text{Sr}}{\text{Co} \cdot \text{Sn}}$, которые позволяют достаточно уверенно фиксировать над-, около- и подрудную часть ореолов (табл. 1). Особенно заметно различимы над- и подрудная части.

Таблица 1

Изменение коэффициентов зональности (K_1 , K_2) и величин отношения средних содержаний мышьяка и сурьмы с глубиной

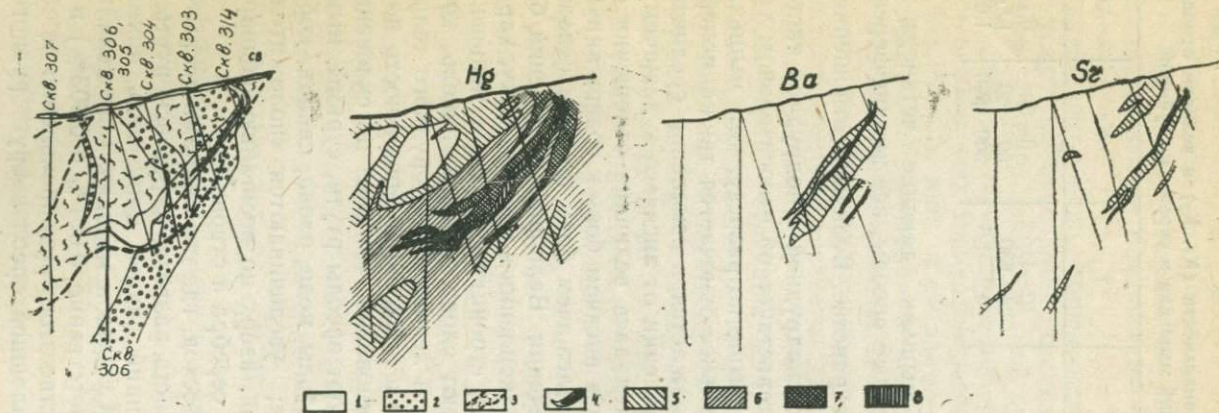
Часть ореола	K_1	K_2	As/Sb
Надрудная	10—115	0—50	0,1—2,0
Околорудная	24—830	50—160	1,5—4,0
Подрудная	0,2—1,6	500—800	1,0—8,8

Интересно, что сурьма и мышьяк, дающие четкие, в значительной степени совмещенные ореолы, все же дифференцируются в околорудном пространстве. Величина отношения $\frac{As}{Sb}$ закономерно возрастает от надрудной к подрудной части ореола (табл. 1), что свидетельствует об относительном накоплении сурьмы несколько выше по разрезу, чем мышьяка.

На месторождении Дальнее отмечается также поперечная зональность, которая выражается в изменении среднеореольных содержаний в направлении от висячего к лежащему боку. Для ее оценки определялась величина отношения содержаний каждого элемента в висячем боку к содержанию соответствующего элемента в лежащем боку по всем скважинам, имеющим рудные пересечения. Величины отношений больше 1, свидетельствующие о накоплении в висячем боку, характерны для мышьяка, сурьмы, стронция, ртути, а меньше 1 (от 0,7 и ниже) характеризуют олово, свинец, никель, кобальт, барий, накапливающиеся в лежащем боку рудного тела.

Была выявлена также и продольная зональность по склонению рудной зоны. Установлено, что вниз по склонению сужаются, хотя и не исчезают ореолы ртути, сурьмы, мышьяка, цинка; увеличиваются ореолы меди, олова, свинца, кобальта, никеля, титана, ванадия; увеличиваются «положительные» ореолы серебра, стронция, вверх по восставанию расширяются «отрицательные» ореолы серебра и стронция.

На рудопроявлении Восход, где скважинами вскрыта околорудная и подрудная часть разреза, изучались ртуть, сурьма, мышьяк, барий, стронций, свинец, цинк, медь, никель, кобальт, олово, молибден. Сурьма и мышьяк (определялись с чувствительностью, соответственно, 0,001% и 0,003%) в рудах и околорудном пространстве этого рудопроявления не обнаружены. Ртуть образует сплошной ореол вокруг рудного тела



Фиг. 2 Эндеогенные геохимические ореолы рудопоявления Восход.

Геологический разрез по В. П. Ларшину, Д. В. Манько и В. М. Пятченко

1 — глины с редкими тонкими прослоями сидеритов и песчаников; 2 — глины с галькой и валунами известняков, галькой и гравием, кварца, кремней и эффузивов; 3 — тектоническая зона смятия и дробления пород; 4 — рудное тело и контур рудоносной зоны; 5—8 — содержания элементов в ореолах (в %): 5 — ртуть (0,00001—0,00009), барий (0,025—0,100), стронций (0,014—0,031); 6 — ртуть (0,0001—0,0009), 7 — ртуть (0,001—0,009); 8 — ртуть (0,01)

шириной 160—200 м. Ореол ртути хорошо фиксирует зону смятия и повышенной трещиноватости, к которой приурочена вкрапленность киновари (фиг. 2).

В отличие от месторождения Дальнее, на рудопроявлении Восход положительные ореолы бария и стронция приурочены к рудному телу и ближайшему окolorудному пространству, причем ореол стронция уже, чем бария. Ореолы бария и стронция выклиниваются вниз по падению рудного тела. Небольшой слабоконтрастный ореол цинка обрисовывается целиком в пределах ореола ртути, совпадая с зоной смятия. Остальные элементы образуют линзовидные, разобщенные ореолы, тяготеющие, в общем, к рудному телу, но несколько смещенные по падению относительно ореола ртути. Все эти ореолы небольшие (10—20 м) и слабоконтрастные (1—1,5 единицы геохимического фона). Ртуть с остальными элементами не коррелируется, хотя между собой большинство этих элементов имеет значимую положительную корреляционную связь.

По тем же параметрам, что и для месторождения Дальнее, определен следующий ряд вертикальной зональности рудопроявления Восход (сверху вниз): Hg—Ba—Sr—(Zn)—Sn—Pb—Ni—Mo—Cu—Zn—Co. Рассчитанный коэффициент зональности $K_1 = \frac{\text{Hg} \cdot \text{Ba} \cdot \text{Sr}}{\text{Cu} \cdot \text{Zn} \cdot \text{Co}}$ позволяет достаточно четко отличать окolorудную (3,0—22,0) и подрудную (0,2—1,7) части ореола. Зональность в направлении от висячего к лежащему боку на рудопроявлении Восход отчетливо не проявляется.

На рудопроявлении Каштановое также вскрыта только около- и подрудная часть разреза. Рассматривались те же элементы, что и на рудопроявлении Восход. Выяснилось, что сурьма и мышьяк здесь тоже не образуют сплошных ореолов, сопровождающих рудное тело, а пробы, где эти элементы обнаружены, рассеяны незакономерно. «Положительные» ореолы бария и стронция совмещены с участками, где обнаружена вкрапленность киновари. Остальные элементы образуют очень слабые, линзовидные ореолы, разобщенные полями фоновых содержаний.

Полученный нами материал позволяет сделать определенные, хотя и предварительные выводы по вопросу о различии в строении ореолов ртутных месторождений и непромышленных рудопроявлений. Представляется, что для разбраковки ртутных аномалий, в частности на Северо-Западном Кавказе, можно использовать следующие критерии:

1. На месторождениях фиксируются отчетливые ореолы значительных размеров прямых элементов-индикаторов — сурьмы, мышьяка, цинка, сопровождающие рудное тело и локализующиеся в пределах ореола ртути; на рудопроявлениях ореолы этих элементов отсутствуют или имеют небольшие размеры.

2. На месторождении рудное тело и ближайшее околорудное пространство находятся в пределах «отрицательного» ореола серебра, стронция, и, возможно, бария, а «положительные» их ореолы смещены в стороны от рудного тела, тогда как на рудопоявлении «положительные» ореолы бария и стронция совмещены с зонами минерализации, а ореолы серебра отсутствуют.

3. На месторождениях устанавливается положительная корреляция ртути с сурьмой, мышьяком, реже с цинком и отрицательная корреляция по единичным выборкам — с барием, стронцием и серебром, тогда как на рудопоявлениях корреляция этих элементов отсутствует вообще или выражена очень слабо.

4. Контрастность ореолов элементов-индикаторов (особенно прямых) усиливается на месторождениях в сравнении с рудопоявлениями.

5. На месторождении отчетливо выражена вертикальная, продольная (по падению рудной зоны), поперечная (в направлении висячий—лежащий бок) зональность, характеризующаяся определенными числовыми коэффициентами; на рудопоявлениях столь четкая зональность в разных направлениях отсутствует, что уже отмечалось и ранее [1].

Мы отчетливо представляем, что пока это критерии предварительные, и для их уверенного обоснования необходимо дальнейшее накопление фактического материала, главным образом по мелким рудопоявлениям, зонам минерализации, потому что именно эти объекты охарактеризованы явно недостаточно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорян С. В., Резников И. Н. О некоторых актуальных вопросах изучения и практического использования первичных ореолов. В кн. «Литогеохимические методы при поисках скрытого оруденения», Изд. ИМГРЭ, 1972.

2. Нетреба А. В., Хурин М. Л., Хомяков В. Б., Шишкунов М. Г. Геологическая позиция ртутного оруденения Северо-Западного Кавказа. — Сов. геология, 1971, № 5.

3. Овчинников Л. Н., Григорян С. В. Закономерности состава и строения первичных геохимических ореолов сульфидных месторождений. В кн. «Научные основы геохимических методов поисков глубокозалегающих рудных месторождений». Симпозиум, часть 1. Доклады, Иркутск, 1970.

Г. А. ТЕРЕХОВА, Л. П. БЫКОВСКАЯ, Д. С. МУКИМОВА

ПЕРВИЧНЫЕ ОРЕОЛЫ РАССЕЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РУТУЬСОДЕРЖАЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СРЕДНЕЙ АЗИИ

За последние годы получено много новых данных о наличии ртути в рудах и во вмещающих породах разнообразных типов месторождений. Так, ртуть в заметных количествах устанавливается в составе ранних и поздних минеральных ассоциаций, слагающих руды наиболее высокотемпературных гидротермальных месторождений, а также образует вокруг них первичные ореолы рассеяния. Приведем наиболее характерные примеры.

Ртуть отмечена в рудах и в ореоле рассеяния кварц-золото-арсенопиритового месторождения Кочкарское [19]; в рудах кварц-медно-молибденового месторождения Кальмакыр (Алмалыкское рудное поле) [3] и кварц-золото-пиритового месторождения Бургунда [11]; в ореолах рассеяния кварц-молибденитового Шахтаминского рудного поля [14]; полиметаллических и свинцово-цинковых месторождений Садон, Зыряновское [2] и др. Ртутные ореолы отчетливо фиксируют серебросодержащие рудные жилы месторождений Кобальт и Гауганда [20], а также золоторудные и золото-серебряные рудные тела месторождений Комсток, Топопа, Сильвер-Риф, Кортес и др. в США [21, 25], золотосодержащих месторождений Японии [8], месторождения Балей [9] и ряда месторождений Северного и Восточного Казахстана [12] в Советском Союзе.

Кроме того, необходимо упомянуть месторождения, в которых ртуть содержится в значительно больших количествах, хотя они и не являются, по сложившимся представлениям, ртутными. Ртуть извлекается из медно-серебряных руд месторождения Гортдрам в Ирландии [24], где медно-серебряный

концентрат содержит до 1,5% ртути. В Боливии известна жила на месторождении Пакахакке с медно-никелевой и серебряной с селеном и ртутью минерализацией [10, 23]; главный рудный минерал этой жилы — блокит $(\text{Ni, Cu}) \text{Se}_2$ — содержит в числе примесей до 2% ртути. И, наконец, в Финляндии не имеющей ртутных месторождений, извлекают из цинковых концентратов около 20 т ртути в год.

Приведенные примеры показывают, насколько значителен диапазон термодинамических условий, в которых ртуть может фиксироваться в рудах или во вмещающих породах и насколько многообразны формы ее проявления.

С этой точки зрения мы и рассмотрели имеющиеся у нас данные по первичным ореолам рассеяния ртутных и ртутьсодержащих месторождений, размещающихся в различных породах и характеризующихся различными структурными условиями локализации оруденения (см. таблицу).

Вследствие того, что сопоставлялись объекты, изученные с различной степенью детальности и характеризующиеся весьма разнообразным составом оруденения и набором элементов-индикаторов, мы учли только те параметры ореолов рассеяния, которые могли быть оценены с равной степенью достоверности для всех объектов, а именно: 1) комплекс элементов-индикаторов и последовательность их распределения в ореоле рассеяния, 2) положение ртути в ореоле рассеяния по отношению к рудоносным зонам, 3) средние содержания ртути и частоты встречаемости ртути, сурьмы и мышьяка во внутренних, непосредственно околорудных зонах ореолов рассеяния (в пределах первых 50 м). Нами принимались во внимание содержания ртути более $5 \cdot 10^{-6}\%$; для остальных элементов нижний предел учитываемых содержаний определялся чувствительностью рядового спектрального полуколичественного определения (для сурьмы — $5 \cdot 10^{-3}$, для мышьяка — $1 \cdot 10^{-2}\%$ и т. д.).

Анализ данных таблицы позволяет сделать следующие выводы.

Группа плутоногенных ртутьсодержащих месторождений представлена золото-сурьмяным, медно-ртутным, сульфидно-флюоритовым и флюорит-баритовым проявлениями.

Золото-сурьмяное с серебром Кокпатасское рудное поле приурочено к антиклинальной структуре, осложненной серией разрывных нарушений и сложенной известняками, перекрытыми толщей вулканогенно-осадочных пород [1]: Золоторудные тела сложены кварц-арсенопиритовыми рудами; они

Характеристика первичных

Месторождения	Главные элементы руд	Литолого-структурная позиция оруденения
Кокпатас	Au, As Sb, Ag Sb	Секущие зоны дробления в вулканогенно-сланцевой метаморфической толще Секущие кварцевые жилы в известняках, реже межформационные (известняки-сланцы) согласные линзы
Тепар	Cu, Hg Cu, Ag	Секущие сульфидные жилы в доломитизированных известняках, в песчаниках
Кандара, Бегар	F, Pb	Флюоритовые жилы с галенитом, в гранитах
Могов	F	Флюорит-баритовые жилы в гранитах
Абшир	Sb, F (Au)	Согласная межформационная залежь джаспероидов на контакте известняковой и сланцевой толщ
Кадамджай	Sb	
Хайдаркан (южная зона)	Hg	
Чаувай	Hg, Sb, F	
Чонкой	Hg	Крутопадающая зона лиственитов на контакте вулканогенно-сланцевой толщи и серпентинизированных ультрабазитов
Карасу	Hg	Согласные и секущие зоны дробления в карбонатных породах

¹ Числитель—данные по внутренней надрудной зоне ореола рассеяния;
² Элементы в скобках: сплошной ореол рассеяния не установлен элемент присутствует

ореолов рассеяния

ореднее содержание Hg, 10 ⁻⁵ %	Параметры внутренней зоны (не более 50 м) ореола рассеяния				Последовательность распространения элементов-индикаторов от внутренних зон к внешним
	частота встречаемости, %				
	Hg	Sb	As	Ag	
1,0	10	10	57	10	Hg—Sb, Ag—Mo—As
3,5	60	95	48	78	As—Sb—Mo—As, Hg
1,0	36	82	27	73	Hg—Sb—Mo—As
300	100	70	30	87	Ag, Bi—Mo—Cu—Sb—As—Hg
30	100	33	17	100	Pb, Zn—Cu—Ag—Mo—Hg
5	15—20	—	—	10	(Bi) ² , Pb, Ag—Cu—Zn—Mo—Ba—F—Hg
5	20	—	—	10	
0,8					Pb—Zn—Ag—Hg—Sb—As, F
$\frac{17^1}{26}$	$\frac{50}{80}$	$\frac{77}{100}$	$\frac{40}{60}$?	Hg—Sb—As
$\frac{21}{39}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{5}{21}$	$\frac{39}{4}$	$\frac{22}{4}$	Se, Ag—Sb—F—As—Hg
$\frac{150}{440}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{30}{45}$	$\frac{62}{23}$?	Tl, (Se?), Ag—Sb—F—As—Hg
5	40	—	—	—	(Sb? As?)—Zn—Hg
40	80	—	—	—	(Sb? As?)—Hg

знаменатель — по внутренней подрудной зоне;
 вследствие низкой чувствительности анализа, однако в отдельных пробах

локализуются в верхней толще вулканогенно-осадочных пород, в секущих зонах дробления и окварцевания. Сурьмяное оруденение, представленное антимонитом и небольшим количеством других сульфидов и сульфосолей, приурочено к кварцевым жилам в подстилающей карбонатной толще или к согласным межформационным линзам окварцованных пород типа джаспероидов. Минералогически выделяются две генерации антимонита: ранний — мелкокристаллический серебро-содержащий, с примесью золота, и ассоциирующий с галенитом, сфалеритом, блеклой рудой; поздний — крупнокристаллический, почти не содержащий примесей серебра и золота и не сопровождающийся другими сульфидами [13]. Золоторудные тела характеризуются развитием обширных ореолов рассеяния мышьяка и молибдена и несколько меньше — сурьмы и серебра. Ореол рассеяния ртути слабой контрастности фиксирует рудную зону, выходя за ее пределы на несколько метров. Ранняя сурьмяная серебро-содержащая минерализация сопровождается теми же элементами-индикаторами, но последовательность их распределения в ореоле рассеяния несколько иная. Ртуть образует наиболее широкий ореол рассеяния, затем идут мышьяк, молибден, сурьма и серебро. При этом интенсивность проявления ртути и сурьмы значительно выше, чем в ореоле рассеяния золоторудной минерализации. Для руд, сложенных поздним антимонитом, характерно наличие ртути только во внутренних зонах ореола рассеяния; несколько дальше распространяется сурьма, а внешние зоны представлены молибденом и мышьяком.

— Медно-ртутное рудопроявление Тепар приурочено к толще красноцветных песчаников, несогласно перекрытых доломитами и доломитизированными известняками. Маломощные (5—15 см) жилы массивной сульфидной руды встречаются как среди карбонатных пород, в зоне межформационного срыва, так и в толще песчаников, главным образом, в связи с карбонатными пропластками в них. Жилы в карбонатной толще представлены халькопиритом и блеклой рудой тетраэдрит-теннантитового ряда (содержащей до 3% ртути). Среди песчаников встречена жила, сложенная массивным купритом с подчиненным количеством серебряных минералов. Ореолы рассеяния ртути проявлены на обширной площади, включающей, кроме описанного выше участка, еще зоны с убогой медно-висмутовой и свинцово-цинковой минерализацией [16]. Ореолы других элементов проявляются более локально, в связи с конкретными рудопроявлениями.

Ореол рассеяния вокруг халькопирит-блеклорудной и купритовой жил отличается как комплексом элементов-индикаторов, так и интенсивностью их проявления. Для халькопирит-блеклорудной минерализации характерен следующий ряд элементов-индикаторов (от внутренних зон к внешним): висмут, серебро—молибден—медь—сурьма—мышьяк—ртуть; а для купритовой серебросодержащей минерализации: свинец, цинк—медь—серебро—молибден—ртуть. Интенсивность проявления ртути в ореоле рассеяния в первом случае выше почти на целый порядок.

Сульфидно-флюоритовые и флюорит-баритовые месторождения южных склонов Гиссарского хребта представлены сложно-ветвящимися жилами в гранитоидах. На месторождениях Кандара, Бегар и Могов установлены небольшие (первые десятки метров) ореолы широкого комплекса элементов. Внешние зоны ореола представлены фтором, ртутью и барием, а во внутренних, кроме того, устанавливаются висмут, свинец, цинк, медь, молибден. Содержания ртути в отдельных пробах достигают п. $10^{-4}\%$, хотя ртутная минерализация в районе этих месторождений неизвестна.

Группа телетермальных месторождений представлена проявлениями сурьмяного, сурьмяно-ртутного и ртутного оруденения, относящихся к джаспероидному, листовитовому и карбонатному минеральным типам [17].

Месторождения джаспероидного типа расположены в центральной части Южно-Ферганского ртутно-сурьмяного пояса. Рудные поля приурочены к антиклинальным структурам, осложненным крутопадающими разломами и нарушениями типа надвигов. Разрез рудовмещающей толщи характеризуется наличием мощной толщи массивных и слоистых известняков, перекрытых известчано-сланцевыми породами. Главная масса оруденения приурочена к межформационным залежам кварц-роговикомо-джаспероидных (иногда с флюоритом) брекчий, располагающимся на контакте карбонатной и терригенной толщ. Их формирование контролируется структурами экранирования. Имеются, кроме того, также рудные тела секущего и штокверкообразного типа как в подстилающих известняках, так и в перекрывающих сланцах.

Сурьмяное месторождение Кадамжай представлено мономинеральными антимонитовыми рудами. Надрудный ореол рассеяния сурьмы и мышьяка превышает 500 м. Ртуть отмечается только во внутренней зоне ореола.

На сурьмяном месторождении Абшир руды представлены флюорит-антимонитовой минерализацией. На отдельных участках проявлена более ранняя пирит-пирротиновая с золотом минеральная ассоциация. Ореолы рассеяния характеризуются широким комплексом элементов-индикаторов, а именно: свинец, цинк, серебро, ртуть, сурьма, мышьяк, фтор. Ртуть, вместе со свинцом, цинком и серебром, относится к внутренним зонам ореолов. Интенсивность проявления ртути в ореолах чрезвычайно низкая, а размеры последних не превышают первых десятков метров.

Месторождения Чаувайского и Хайдарканского рудных полей представлены киноварной и киноварь-антимонитовой с флюоритом минерализацией. Из элементов-примесей для руд Хайдаркана и Чаувае характерен селен [18] и только для Чаувае — таллий. На месторождениях установлен широкий ореол рассеяния, размеры которого в надрудной части превышают 500 м. В подрудной части в известняках непрерывный ореол рассеяния ртути прослежен до глубины 250—300 м, а по отдельным пересечениям (глубокие структурные скважины) на Хайдаркане зафиксированы интервалы с аномальными содержаниями ртути на расстоянии 400 и 900 м от рудовмещающей залежи. Распределение содержаний ртути в надрудной терригенной толще характеризуется постепенным убыванием от рудовмещающей залежи к поверхности, в то время как в известняках содержания ртути распределяются крайне неравномерно, скачкообразно, что объясняется развитием здесь разветвленной сети рудоподводящих разрывных нарушений. В целом контрастность ртутного ореола в подстилающих известняках в десятки раз выше, чем в надрудных сланцах. Такие различия свидетельствуют о преимущественно диффузионном способе формирования надрудного ореола (в плотных и пластичных породах) и инфильтрационном — подрудного ореола (в хрупких породах с повышенной трещиноватостью).

Ореолы рассеяния сурьмы и мышьяка (при указанных выше значениях нижних пределов содержаний) не являются сплошными. Общее распространение от рудной залежи вверх для мышьяка составляет 250—300 м, а для сурьмы — около 150 м. В подстилающих известняках в подрудной части ореола интенсивность проявления сурьмы выше, чем в надрудной части; мышьяк в известняках проявлен слабее. Ореол рассеяния таллия установлен на Чаувае, а селена — в Хайдаркане [5].

Ртутное месторождение Чонкой, относящееся к листовенитовому типу, расположено в Северной зоне Центральной части Южно-Ферганского ртутно-сурьмяного пояса. Вмещающими являются породы вулканогенно-терригенного комплекса среднего и верхнего палеозоя, прорванного небольшими штоками серпентинизированных ультраосновных пород. К крутопадающим контактам последних приурочены зоны развития листовенитов, в которых локализуется киноварное оруденение. На месторождении отмечен ореол рассеяния ртути весьма слабой интенсивности. Распространение его в стороны от листовенитовой зоны ограничивается первыми десятками метров. Однако по восстанию зоны и по сопряженным с ней трещинам ртуть уходит более чем на 100 м, что позволяет прослеживать эти структуры на поверхности. Сурьма и мышьяк встречаются только в отдельных редких пробах, главным образом, в пределах развития листовенитизированных пород [4, 6] и др.

Ртутное месторождение Карасу, относящееся к карбонатному типу, расположено в западной части Южно-Ферганского пояса. Вмещающими породами являются доломиты и доломитизированные известняки. Ртутное (киноварное) оруденение локализуется в согласных и секущих зонах дробления [7] и др. По опробованным пересечениям установлены широкие и весьма контрастные ореолы рассеяния ртути, характеризующиеся неравномерным, скачкообразным распределением ее концентраций. Участки с максимальными концентрациями приурочены к зонам повышенной трещиноватости карбонатных пород. В единичных пробах фиксируются аномальные содержания мышьяка.

С целью увеличения объема информации, получаемой при геохимических исследованиях, нами было проведено изучение форм нахождения ртути в рудах и в ореолах рассеяния. Изучение проводилось методом селективного прокаливания навесок проб при последовательно увеличиваемых температурах и определения количеств ртути, оставшейся в навеске после прокаливания. Интерпретация результатов производилась при помощи эталонной шкалы, составленной из проб с известными формами нахождения ртути (Быковская, 1971 г.). В результате изучения более чем 300 проб (1500 частных определений ртути) выявлены основные формы нахождения ртути в рудах и в ореолах рассеяния гидротермальных месторождений: 1) ртуть элементная (при нагревании вся эта ртуть испаряется еще до достижения температуры 100°C);

2) ртуть сульфидная — в виде порошковатой (чаще всего вторичной) киновари (испаряется в интервале температур 100—200°C); 3) ртуть сульфидная — в виде кристаллической киновари (испаряется в интервале 300—400°C); 4) ртуть, изоморфно входящая в состав различных рудных и жильных минералов (температура испарения ее зависит от температуры разрушения кристаллической решетки минерала-носителя; во всех случаях она была выше 400—500°). Исследования показали, что в любой пробе, содержащей ртуть, последняя может находиться в нескольких формах, однако количественные соотношения различных форм ртути и преобладание какой-либо одной формы определяется, главным образом, следующими геологическими факторами: состав руд и условия их формирования; состав вмещающих пород; пространственное взаимоотношение с рудными телами (геологическая позиция).

Для относительно высокотемпературных ртутьсодержащих и ртутных месторождений (плутоногенных комплексных и вулканогенных) отмечается преобладание в ореоле рассеяния изоморфной формы ртути (в сульфидах и в сульфосолях) и свободной (элементарной) ртути. Влияние состава вмещающих пород проявляется следующим образом: в общем случае, в ореолах, формирующихся в породах силикатного и алюмосиликатного состава (терригенные и вулканогенно-терригенные толщи), количественно преобладает элементарная ртуть, однако значительное распространение имеет и сульфидная ее форма — киноварь. В карбонатных породах подавляющее количество ртути в ореолах рассеяния содержится в сульфидной (киноварь) форме, элементарная форма имеет резко подчиненное значение. Изменение роли той или иной формы ртути в разрезе ореола рассеяния наблюдалось на примере одного из участков Хайдарканского рудного поля с глубокозалегающим скрытым оруденением. Здесь в пределах однородного разреза (мощная толща терригенных пород) отмечено накопление элементарной ртути непосредственно над рудной залежью в пределах 50—60 м — ртутная атмосфера, образующаяся над рудными телами [15]. Выше количество элементарной ртути в ореоле уменьшалось в соответствии с удалением от рудной залежи, однако в приповерхностной зоне (в пределах 40—50 м) был отмечен второй максимум относительной значимости элементарной ртути (за счет вторичной ртути, образующейся в зоне окисления).

Рассмотренные данные по первичным геохимическим оре-

олам ртутных и ртутьсодержащих месторождений позволяют сделать ряд выводов.

1. Ртуть является одним из универсальных элементов-индикаторов, образующим ореол рассеяния вокруг самых разнообразных типов рудных месторождений. При этом, в одних случаях, ртуть будет элементом широкого рассеяния, распространяясь на многие сотни метров от рудных зон, в других — это элемент более внутренних зон, размеры которых не превышают нескольких десятков метров.

2. Зависимость контрастности и размеров ртутного ореола от масштабов месторождений проявляется для месторождений однотипных, характеризующихся сходством состава оруденения и геологических условий формирования оруденения и ореолов рассеяния.

3. Месторождения в толщах карбонатных пород, характеризующихся повышенной хрупкостью, сопровождаются весьма контрастными ртутными ореолами (Тепар, Карасу, подрудный ореол Хайдарканского рудного поля). В плотных и пластичных породах (терригенные и эффузивно-терригенные толщи) рассеяние происходит менее интенсивно (надрудный ореол Хайдарканского рудного поля) и может сводиться до минимума (Чонкой). Ртуть отчетливо фиксирует зоны рудоподводящих разрывных структур даже при отсутствии или ограниченном развитии площадных ореолов ее рассеяния.

4. Значение комплекса сопутствующих элементов-индикаторов возрастает в направлении от низкотемпературных типов месторождений к относительно более высокотемпературным. Телетермальные месторождения чаще характеризуются ограниченным набором сопутствующих элементов (обычно это сурьма и мышьяк), низкой и умеренной контрастностью их ореолов рассеяния. На комплексных с ртутью месторождениях более высокотемпературных типов, относимых к плутоногенному классу, устанавливаются ореолы рассеяния обширного комплекса элементов-индикаторов достаточно высокой контрастности.

5. Знание форм нахождения ртути в ореолах рассеяния позволяет более надежно определять в процессе поисковых работ генетические (а следовательно, и возможные промышленные) типы ртутных рудопроявлений. При более детальном изучении ореолов рассеяния, на конкретных месторождениях и участках данные по формам нахождения ртути способствуют установлению позиции сечений ореолов рассеяния относительно рудоносных зон или рудных тел (надрудные и подруд-

ные сечения ореолов рассеяния). Разнообразие форм нахождения ртути в ореолах рассеяния предопределяет и различный методический подход к изучению последних. Так, в карбонатных породах, характеризующихся преобладанием в ореолах рассеяния киновари, целесообразно широкое применение отбора проб тяжелой фракции, тогда как в терригенных и вулканогенно-осадочных толщах, где в ореолах рассеяния существенную роль играет элементная ртуть, тяжелые фракции пород будут давать искаженную картину распределения ртути.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверин Ю. А., Майков Ю. А., Дорофеев Д. В., Овечкин В. В., Швецов А. Д., Цой Р. В. Геология Кокпатасского рудного поля. В кн. «Рудные формации и основные черты металлогении золота Узбекистана». Изд-во «ФАН», Ташкент, 1969.

2. Аксенов В. С. К геохимии гипогенных руд Зырянского полиметаллического месторождения (Рудный Алтай). В сб. «Мат-лы 2-й Республ. научно-теор. конференции молодых геологов Каз. ССР». Усть-Каменогорск, 1970.

3. Бадалов С. Т. Минералогия и геохимия Алмалыкского рудного района. Изд-во «Наука», Ташкент, 1965.

4. Бочкарев И. И. К изучению геохимических особенностей центральной части Чонкойского рудного поля и методика их исследований. — Труды Фрунзенского политехн. ин-та, 1963 (1964), вып. 10.

5. Виллер Г. А. Использование первичных ореолов для прогнозирования скрытого оруденения на Хайдарканском месторождении. Методика и техника разведки. 1967, Л. ОНТИ ВИТР, № 57.

6. Жариков М. Г. О новом — листовитовом типе ртутной минерализации в Южной Фергане. — Уч. записки САИГИМС, Ташкент, 1961, в. 6.

7. Исапов Р. Р. Пример высокой проникающей способности низкотемпературах ртутьсодержащих гидротерм, — Бюлл. ОНТИ ВИЭМС, вып. 4. М., 1967.

8. Касимото Ф., Такаси́ма К., Като и др. Ореолы рассеяния ртути в породах, вмещающих золото-серебряные жилы рудника Тайо в префектуре Оита. — РЖ, «Геология», 1967, Реферат, 8 ж95.

9. Китаев Н. А., Нарышев А. М., Поликарпочкин В. В. Первичные ореолы рассеяния ртути в Балейском золоторудном поле. — В кн. «Вопросы металлогении ртути». Изд-во «Наука», М., 1968.

10. Колотухина С. Е., Григорьева Л. А., Клаповская Л. И. и др. Геология месторождений редких элементов Южной Америки. Изд-во «Наука», М., 1968.

11. Королева Н. И. Теллуридо-пирито-золоторудная формация (Бургундинское рудное поле). — В кн. «Рудные формации и основные черты металлогении золота Узбекистана. Изд-во «ФАН», Ташкент, 1969, 70—80.

12. Курбанаев М. С., Гусманов Г. А., Иськин Б. М. Зональность первичных ореолов элементов-спутников золоторудных месторождений Северного Казахстана. — Изв. АН Каз. ССР, серия геол., 1968, № 2.

13. Маркова Э. А., Клемперт С. Я., Гаврилов А. М. Минералогия рудных тел Кокпатасского рудного поля. В кн.: «Рудные формации и основные черты металлогении золота Узбекистана». Изд-во «ФАН», Ташкент, 1969.

14. Петровская С. Г., Гольдапель С. Я. Некоторые особенности распределения ртути в Шахтаминской зоне глубинного заложения (Восточное Забайкалье). — *Геохимия*, 1970, № 8.

15. Сауков А. А. Геохимия ртути. — *Труды ИГН АН СССР*, вып. 74, 1946.

16. Троянов М. Д., Троянов Д. М., Бороздин В. Г. Новые данные о ртутном оруденении в Западном Тянь-Шане. В кн. «Основные проблемы металлогении Тянь-Шаня», Изд-во «Илим», Фрунзе, 1971.

17. Федорчук В. П. Околорудные изменения ртутно-сурьмяных месторождений. Изд-во «Недра», М., 1969.

18. Чжун-цзя-Жун. О селенсодержащей сурьмяно-ртутной формации. — *Геохимия*, 1962, № 8.

19. Яновский В. М. О находке киновари на Кочкарском золото-мышьяковом месторождении и о возможности использования киноварной минерализации для решения некоторых геологических вопросов. — *Труды ЦНИГРИ*, 1962, вып. 50.

20. Dass A. S. Wall rock alteration of silver deposits. Cobalt and Gowganda, Ontario (31 M, 41 P). — "Paper. Geol. Surv. Canada", 1968, N 1, P. A., 92—93.

21. Cornwall H. R., Lakin H. W., Nakgawa H. M., Stager H. K. Silver and mercury geochemical anomalies in the Comstock, Tonopah, and Silver Reef district, Nevada-Utah. — "Geol.-Surv. Profess. Paper", 1967, N 575-B, 10—20.

22. Friedrich G. H., Hawkes H. E. Mercury dispersion halos as ore guides for massive sulfide deposits, West Shosta district California. — "Mineral. Deposita", 1966, 1, N 2, 77—78.

23. Herzenberg R., Ahlfeld F. Blockit, ein neues Selenerz aus Bolivien. *Neues Jahrb Mineral., Geol. und Paleontol.*, Abt. A, 1935, 69, N 9.

24. Irich mining. *Mining and Minerals Engng.*, 1970, v. 6, N 1.

25. Wells John D., Stoiser Lee R., Elliot James E. Geology and geochemistry of the Cortez gold deposit, Nevada. — "Econ. Geol.", 1969, 64, N 5, 526—537.

УДК 553.449:550.84

Состояние и перспективы применения геохимических методов при поисках ртутных месторождений в Донбассе. Большаков А. П., Кирилица С. И., Птушко Л. И. Сб. «Геохимические методы при поисках ртутных и ртутно-сурьмяных месторождений». Изд. ИМГРЭ, 1973, стр. 3—9.

УДК 550.42.02:546.49

О новом принципе определения микроконцентраций ртути в водных растворах. Фурсов В. З. Сб. «Геохимические методы при поисках ртутных и ртутно-сурьмяных месторождений». Изд. ИМГРЭ, 1973 г. стр. 10—14.

УДК 550.84.092:546.49(477.87)

Опыт интерпретации результатов геохимических поисков ртутного оруденения на Вышковском рудном поле (Закарпатье). Теплов В. П., Авгитов А. К. Сб. «Геохимические методы при поисках ртутных и ртутно-сурьмяных месторождений». Изд. ИМГРЭ, 1973, стр. 15—18.

Наибольшее развитие в Донбассе получили литохимические поиски по вторичным и первичным геохимическим ореолам. Гидрохимический метод используется лишь спорадически, а атмосферический и биогеохимический находятся в стадии разработки и опытно-методических работ. Установлены контрастные вторичные ореолы на Константиновском участке, где рудные тела залегают на глубине 450 м. В осевой зоне Донбасса состав ореолов ртутных, свинцово-цинковых и золоторудных рудопроявлений представлен: ртутью, мышьяком, цинком, свинцом, сурьмой, висмутом, таллием, оловом, германием, галлием и серебром. На ртутных месторождениях отношения продуктивностей ореолов мышьяка, цинка, свинца и сурьмы к продуктивности ореола ртути равны единицам, а на свинцово-цинковых — десяткам и сотням. Широкое развитие в Донбассе получили глубинные литохимические поиски с опробованием керна скважин и горных выработок угольных шахт (в том числе и углей). Форма ореолов ртути прямо зависит от условий локализации и типа оруденения. Глубинные поиски по первичным ореолам являются эффективным средством выявления скрытого ртутного оруденения в Донбассе. Необходимым условием высокой эффективности геохимических поисков является оперативность выполнения анализов и систематичность исследований.

Библ. 7 назв.

Принцип основан на полном выпаривании небольших количеств воды (1—100 миллилитров) и избирательном поглощении ртути из паров воды подогретым золотым струнным сорбентом и последующем измерении десорбированной ртути атомно-абсорбционным фотометром. При выпаривании водного раствора пары ртути, воды и других веществ проходят через золотой струнный сорбент, который подогрет до температуры 180—190°. Пары ртути сорбируются золотом, а все другие пары удаляются в атмосферу.

После выпаривания температура сорбента повышается до 600°C, ртуть возгоняется и поступает без мешающих примесей в атомно-абсорбционный фотометр типа КазРАФ-6 для измерения.

Максимальная сорбция ртути золотым струнным сорбентом происходит при температуре 180—190°C. Расчетная чувствительность 10^{-7} — 10^{-9} г/д.

Табл. 1. Библ. 6 назв. Илл. 1.

Благодаря широкому распространению на гидротермальных рудных месторождениях ртуть имеет черты универсального геохимического индикатора. Анализ закономерностей размещения вторичных ореолов в пределах Вышковского рудного поля позволил выделить три геохимические зоны: ртутную, ртутно-полиметаллическую и полиметаллическую. Для первой характерны моноэлементные ртутные ореолы, которые отсутствуют в третьей, где развиваются ореолы свинца, меди, цинка и молибдена. Малокомпонентный состав ореола свидетельствует о высоком уровне эрозийного среза. Детальными поисковыми работами выявлены обширные аномалии ртути и найдены их коренные источники.

УДК 546.49(003.1)

Применение и потребление ртути за рубежом. Маторина О. В. Сб. «Геохимические методы при поисках ртутных и ртутно-сурьмяных месторождений». Изд. ИМГРЭ, 1973, стр. 19—26.

УДК 550.84.092:553.449:552.4

Некоторые вопросы методики геохимических поисковых ртутных месторождений трещинного и согласного типа в известняках. Суеркулов Э. А., Натурин В. И. Сб. «Геохимические методы при поисках ртутных и ртутно-сурьмяных месторождений». Изд. ИМГРЭ, 1973, стр. 27—34.

УДК 550.423.553.061.2(07)

Количественная оценка значимости рудоконтролирующих факторов при геохимическом картировании по коренным породам. Грицюк Я. М. Сб. «Геохимические методы при поисках ртутных и ртутно-сурьмяных месторождений». Изд. ИМГРЭ, 1973, стр. 35—49.

УДК 546.49

О потерях ртути в процессе хранения проб донных осадков. Грицюк Я. М. Сб. «Геохимические методы при поисках ртутных и ртутно-сурьмяных месторождений». Изд. ИМГРЭ, 1973 г., стр. 50—52.

Зарубежная ртутная промышленность характеризуется резкими скачками производства в зависимости от вариаций применения и потребления, а также колебаний цен и других конъюнктурных факторов. Рассматривается структура потребления ртути в медицине, металлургии, химической промышленности, электротехнике, приборостроении, космической технике, атомной и военной промышленности. По потреблению ртути в капиталистическом мире США на первом месте (2,5 тыс. т), а Япония на втором (1,2—1,4 тыс. т). В 1969 г. потребление ртути в капиталистических странах составило 7 тыс. т. Ожидаемый уровень потребления в 1975 г. 8 тыс. т, а к 2000 г. — 10—15 тыс. т. Максимальное потребление ртути за рубежом будет приходиться на хлорпроизводящую отрасль химической промышленности, электропромышленность, военные и стратегические отрасли.

Табл. 2. Библ. 21 назв.

Вокруг рудных тел ртутных месторождений обнаруживаются первичные ореолы ртути, сурьмы, мышьяка, фтора, бария, цинка, свинца, олова, висмута, галлия и таллия. На месторождениях трещинного типа ореолы сурьмы, мышьяка и фтора менее контрастны, чем на месторождениях согласного типа. Наиболее широкими и протяженными являются ореолы ртути (до 1 км). В надрудных частях месторождений накапливаются барий, фтор и мышьяк, а в подрудных свинец, цинк, олово и серебро. Обнаружены участки контрастных вторичных ореолов мышьяка, сурьмы, фтора, цинка и других элементов шириной 30—60 и длиной 70—150 м. Коэффициент рассеяния растет с увеличением содержания в почвах гумуса. В водных потоках длина механических потоков рассеяния 2—7 км, солевых 600—700 м. Предлагается определенная последовательность применения геохимических методов при поисках ртутных месторождений.

Табл. 3. Илл. 2.

В основу, предлагаемой автором методики, положены приемы количественной оценки значимости геологических рудоконтролирующих факторов, исходя из особенностей распределения химических элементов в геологических объектах. Приводится теоретическое обоснование методики. Дано описание приемов расчета количественных показателей рудоносности, оценки информативности рудоконтролирующих факторов и составления прогнозных карт на основе интегральной оценки вероятности проявления оруденения.

Илл. 4.

Дается краткий анализ в цифрах снижения содержания ртути в пробах в процессе их хранения. Причина снижения — летучесть всех соединений ртути.

Илл. 1.

УДК 553.449:550.84.092

Сравнительная характеристика эндогенных геохимических ореолов некоторых ртутных месторождений и рудопроявлений. Вершковская О. В., Крапива Л. Я. Сб. «Геохимические методы при поисках ртутных и ртутно-сурьмяных месторождений». Изд. ИМГРЭ, 1973, стр. 53—61.

УДК. 553.065.449:550.84.092.1(575)

Первичные ореолы рассеяния некоторых гидротермальных ртути-содержащих месторождений Средней Азии. Терехова Г. А., Быковская Л. П., Мукимова Д. С. Сб. «Геохимические методы при поисках ртутных и ртутно-сурьмяных месторождений». Изд. ИМГРЭ, 1973, стр. 62—73.

На основании изучения ртутных месторождений Пламенное (Чукотка), Дальнее (Сев. Кавказ) и рудопроявлений Каштановое и Восход (Сев. Кавказ), локализованных в вулканогенно-осадочных породах, сделаны предварительные выводы о различии в строении эндогенных геохимических ореолов месторождений и непромышленных рудопроявлений. Различия размеров и контрастности ореолов элементов-индикаторов (особенно прямых — сурьмы, мышьяка, цинка), корреляционных связей ртути с такими элементами, зональности и некоторых других геохимических характеристик позволяют использовать их в качестве критериев для разбраковки ртутных аномалий, в частности, на Северном Кавказе.

Табл. 1. Библ. 3. Илл. 2.

Ртуть является одним из универсальных элементов-индикаторов, образующим ореолы рассеяния как вокруг собственно ртутных и ртуть-содержащих месторождений, так и месторождений других металлов (золото, полиметаллы и др.). На большинстве собственно ртутных месторождений ртутные ореолы распространяются на многие сотни метров от рудных тел, а на золоторудных, полиметаллических и других месторождениях они фиксируют обычно лишь непосредственно рудоносные зоны. Значение комплекса сопутствующих элементов-индикаторов возрастает в направлении от низкотемпературных к относительно более высокотемпературным месторождениям. Телетермальные (к которым относится подавляющее большинство собственно ртутных месторождений) обладают ограниченным набором сопутствующих элементов-индикаторов низкой и умеренной контрастности, а комплексные с ртутью месторождения более высокотемпературных типов плутоногенного класса — более широким комплексом элементов-индикаторов, образующих ореолы рассеяния достаточно высокой контрастности.

В ореолах рассеяния установлено наличие нескольких форм нахождения ртути, главными из которых являются: 1) элементарная ртуть, 2) сульфидная ртуть в виде порошковатой (вторичной) киновари, 3) сульфидная ртуть в виде кристаллической киновари и 4) ртуть, изоморфно входящая в состав рудных и жильных минералов.

Табл. 1. Библ. 25.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
А. П. Большаков, С. И. Кирикилица, Л. И. Птушко. Состояние и перспективы применения геохимических методов при поисках ртутных месторождений в Донбассе	3
В. З. Фурсов. О новом принципе определения микроконцентраций ртути в водных растворах	10
В. П. Теплов, А. К. Авгитов. Опыт интерпретации результатов геохимических поисков ртутного оруденения на Вышковском рудном поле (Закарпатье)	15
О. В. Маторина. Применение и потребление ртути за рубежом	19
Э. А. Суеркулов, В. И. Натурин. Некоторые вопросы методики геохимических поисков ртутных месторождений трещинного и согласного типа в известняках	27
Я. М. Грицюк. Количественная оценка значимости рудоконтролирующих факторов при геохимическом картировании по коренным породам	35
Я. М. Грицюк. О потерях ртути в процессе хранения проб донных осадков	50
О. В. Вершковская, Л. Я. Крапива. Сравнительная характеристика эндогенных геохимических ореолов некоторых месторождений и рудопроявлений	53
Г. А. Терехова, Л. П. Быковская, Д. С. Мукимова. Первичные ореолы рассеяния некоторых гидротермальных ртутьсодержащих месторождений Средней Азии	62

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ ПОИСКАХ РТУТНЫХ И РТУТНО-СУРЬМЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

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

Редактор Т. И. Нефелова, Э. Э. Верник
Технический редактор Е. А. Хазанова

Т-01282 Подписано в печать 24/III 1974 г. Объем 5 п. л.
Формат бумаги 60×90¹/₁₆ Тираж 1300 экз. Цена 34 коп. Заказ № 1938

Типография ХОЗУ Миннефтепрома

Цена 34 коп.

1017