

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР  
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ( В И М С )



Научный совет по аналитическим  
методам

## СПЕКТРАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ

Инструкция № 59-С

**ВИСМУТ**

МОСКВА  
1967

Выписка из приказа ГГК СССР № 229 от 18 мая 1964 года

? . Министерству геологии и охраны недр Казахской ССР, главным управлением и управлениям геологии и охраны недр при Советах Министров союзных республик, научно-исследовательским институтам, организациям и учреждениям Госгеолкома СССР:

а) обязать лаборатории при выполнении количественных анализов геологических проб применять методы, рекомендованные ГОСТами, а также Научным советом, по мере утверждения последних ВИМСом.

При отсутствии ГОСТов и методов, утвержденных ВИМСом, разрешить временно применение методик, утвержденных в порядке, предусмотренном приказом от 1 ноября 1954 г. № 998;

в) выделить лиц, ответственных за выполнение лабораториями установленных настоящим приказом требований к применению наиболее прогрессивных методов анализа.

Приложение № 3, § 8. Размножение инструкций на местах во избежание возможных искажений разрешается только фотографическим или электрографическим путем.

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР  
Научный Совет по аналитическим методам при ВИМСе

Спектральные методы  
Инструкция № 59-С

СПЕКТРОГРАФИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИСМУТА В ЖЕЛЕЗНЫХ  
РУДАХ И ПРОДУКТАХ ИХ ОБОГАЩЕНИЯ

Всесоюзный научно-исследовательский институт минерального сырья  
/ВИМС/  
Москва, 1967 г.

В соответствии с приказом Госгеолкома СССР № 229  
от 18 мая 1964 г. инструкция № 59-С рассмотрена и  
рекомендована Научным Советом по аналитическим методам  
к применению для анализа рядовых проб - III категория.

/Протокол № 9 от 29.XI.66 г./

Председатель НСАМ

В.Г.Сочеванов

Председатель секции  
спектральных методов

А.К.Русанов

Ученый секретарь

Р.С.Фридман

Инструкция № 59-С рассмотрена в соответствии с  
приказом Государственного геологического комитета  
СССР № 229 от 18 мая 1964 г. Научным Советом по  
аналитическим методам /протокол № 9 от 29.XII.66 г./  
и утверждена ВИМСом с введением с 1 июля 1967 г.

## СПЕКТРОГРАФИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИСМУТА В ЖЕЛЕЗНЫХ РУДАХ И В ПРОДУКТАХ ИХ ОБОГАЩЕНИИ<sup>х/</sup>

### Сущность метода

Разработанный А.К.Русановым, В.И.Алексеевой и Н.В.Ильясовой метод определения висмута в железных рудах заключается в испарении анализируемого образца в смеси с буферной смесью из канала нижнего угольного электрода в дуге переменного тока и измерении интенсивности излучения фотографическим методом.

Буферная смесь состоит из серы, кварца, угольного порошка и сернокислого натрия. Серу добавляют для переведения висмута из окисной формы в более летучую сульфидную, что повышает чувствительность анализа. Угольный порошок и кварц способствуют более равномерному испарению пробы; сернокислый натрий стабилизирует температуру дуги и также повышает чувствительность анализа.

Анализируемые железные руды содержат большое количество железа, имеющего довольно сложный многолинейный спектр. Для устранения возможного перекрытия аналитических линий линиями железа, а также для повышения чувствительности анализа используют спектро-граф высокой дисперсии ДФС-13 с решеткой 1200 штр./мм.

Висмут определяют по линиям  $Bi$  I 3067,72  $\text{\AA}$  и  $Bi$  I 2897,98  $\text{\AA}$ .  
Наиболее чувствительная линия  $Bi$  I 3067,72  $\text{\AA}$  является резонансной и склонна к самообращению; по этой линии можно определять висмут

<sup>х/</sup> Внесена в НСАМ спектральной лабораторией ВИМСа, 1966 г.

при его содержании не выше 0,02%. При фотографировании спектра с помощью спектрографа высокой дисперсии линия  $Bi$  I 3067,72 Å раздваивается. Фотометрировать следует линию со стороны больших длин волн.

Для повышения чувствительности анализа образец испаряют не-  
полностью /экспозиция 70 сек/, но в течение этого времени висмут успевает испариться количественно.

Элементом сравнения служит германий, близкий к висмуту по физическим и спектральным свойствам. В условиях анализа германий испаряется из смеси почти одновременно с висмутом.

Германий вводят в буферную смесь в виде двуокиси в количестве 0,03% и пользуются линией  $Ge$  I 2754,59 Å. Если определяют малые содержания висмута /0,003–0,02%, а в анализируемых образцах содержится не более 0,001% германия, то удобнее вводить в буферную смесь 0,005% германия и использовать линию германия  $Ge$  I 3039,06 Å, которая по длине волн близка к линии висмута  $Bi$  I 3067,72 Å.

Анализ проводят методом трех эталонов. Используют искусственные стандартные образцы, состоящие из смеси кварца и железной руды, в которые висмут вводят в виде трехокиси.

При изменении состава анализируемых образцов в указанных ниже пределах существенных систематических ошибок в результатах анализа не возникает:

20 – 85%  $SiO_2$ ; 1 – 50%  $Al_2O_3$ ; 3 – 80%  $Fe_2O_3$ ;  
3 – 50%  $CaO$ ; 3 – 50%  $MgO$ .

Методика предназначена для определения 0,003–0,3% висмута в железных рудах различных типов и в продуктах их обогащения /концентраты, хвосты и т.п./.

Методика по точности соответствует допустимым расходлениям

/см.таблицу I/ для концентраций от 0,02 до 0,3% висмута. Для содержаний 0,003% висмута допустимые расхождения между повторными определениями составляют 20%<sup>х/</sup>.

Таблица I

Допустимые расхождения<sup>I</sup>

Средняя величина найденной концентрации висмута, %	Допустимые расхождения, отн.%
0,2 - 0,6	16 - 12
0,02 - 0,2	30 - 16

## Реактивы и материалы

1. Натрий сернокислый безводный, ч.д.а.
2. Висмута окись, х.ч.
3. Германия двуокись, ч.д.а.
4. Сера элементарная /"серный цвет"/.
5. Спирт этиловый.
6. Купферон, насыщенный спиртовый раствор.
7. Кварц, истертый до крупности - 200 меш.
8. Железная руда, истертая до крупности - 200 меш. Руда должна быть проверена на отсутствие заметных количеств германия и висмута. Германий определяют спектральным полуколичественным методом. Для обнаружения висмута образец железной руды испаряют в смеси с буферной смесью, как это указано в разделе "Ход анализа". При этом на спектрограмме не должна появиться линия Bi I 3067,72 Å.
9. Угли спектральные марки С-3 диаметром 6 мм.

<sup>х/</sup>По опыту работы спектральной лаборатории опытно-экспериментального предприятия при ВИМСе.

10. Угольный порошок марки С-3, крупностью - 200 меш.
11. Фотопластинки "микро" чувствительностью 22 или 16 ед. ГОСТа, размером 9x24 см.
12. Обычные реактивы и принадлежности для обработки фотопластинок.
13. Буферная смесь. Взвешивают 0,0200 г двуокиси германия, 10,0 г сернокислого натрия, 20,0 г угольного порошка, 50,0 г серы и 50,0 г порошка кварца. Все материалы должны быть истерты до крупности - 200 меш. В небольшую ступку помещают приблизительно 0,04 г сернокислого натрия и 0,0200 г двуокиси германия. Смесь тщательно истирают, добавляют еще около 0,1 г сернокислого натрия и снова тщательно истирают. Таким же образом порциями добавляют весь сернокислый натрий с таким расчетом, чтобы каждый раз смесь разбавлялась не более, чем в три раза. Далее таким же образом последовательно добавляют кварц, серу, и угольный порошок. По мере увеличения количества смеси содержимое ступки переносят в ступку большего размера.
14. Основа для приготовления стандартных образцов. Тщательно смешивают и истирают в ступке 10 г порошка железной руды и 20 г порошка кварца.
15. Стандартные образцы.
- Отвешивают 0,0334 г окиси висмута и 9,97 г основы. В небольшую ступку помещают приблизительно 0,05 г основы, добавляют окись висмута и тщательно истирают. Добавляют еще около 0,15 г основы и снова тщательно истирают. Так поступают, пока не добавляют все отведенное количество основы; при этом не следует в один прием разбавлять образец более, чем в три раза.
- При необходимости берут ступку большего размера, в которую количественно переносят смесь из меньшей ступки. Таким способом получают 10 г стандартного образца, содержащего 0,30% висмута.

5,00 г полученного стандартного образца тщательно смешивают с равным количеством основы и получают стандартный образец, содержащий 0,15% висмута.

5,00 г этого стандартного образца /содержащего 0,15% висмута/ тщательно смешивают с равным количеством основы и получают стандартный образец, содержащий 0,075% висмута.

Поступая таким же образом, получают всю серию стандартных образцов, содержащих:

0,80; 0,15; 0,075; 0,0875; 0,0188; 0,0094; 0,0047; 0,0023% висмута.

Каждый стандартный образец смешивают в отношении 1:2 с буферной смесью и тщательно истирают.

#### Аппаратура и принадлежности

1. Дифракционный спектрограф ДФС-13 с решеткой 1200 штр./мм.

2. Генератор ДГ-2.

К розетке с надписью "Прерыватель" присоединяют провод, оканчивающийся выключателем, позволяющим отключать высокочастотный разряд.

Можно использовать также активизатор дуги ПС-39.

3. Реостат балластный, рассчитанный на силу тока до 15 А.

Реостат присоединяют к соответствующим клеммам генератора ДГ-2.

4. Штатив дуговой вертикальный с осветителем.

5. Микрофотометр МФ-2.

6. Весы аналитические АДВ-200 или другой марки.

7. Станок и фрезы для заточки электродов.

8. Секундомер.

9. Ступка агатовая или яшмовая.

### Ход анализа

Навеску 0,050 г анализируемого образца крупностью - 200 меш и 0,100 г буферной смеси<sup>X/</sup> тщательно истирают в ступке с добавлением спирта. Полученной смесью наполняют отверстия двух цилиндрических угольных электродов, имеющих следующие размеры:

диаметр электрода - 5 мм;

диаметр высушенного канала - 3 мм;

глубина канала - 5 ми.

Для наполнения электрода его погружают в смесь. Избыток смеси над уровнем отверстия удаляют. Поверхность смеси, заполняющей отверстие электрода, смачивают раствором купферона и электроды просушивают под электрической лампой в течение 20-30 минут. Верхний электрод затачивают в виде цилиндра диаметром 1,5 мм и длиной 8-10 мм. Электроды устанавливают в штатив и при помощи световой проекции выводят на оптическую ось на расстоянии 3 мм друг от друга. Включают генератор ДГ-2 и первые 10-20 сек. поддерживают силу тока 5-6 а. Затем постепенно, при помощи реостата, увеличивают силу тока до 12-13 а и отключают высокочастотный разряд. Спектр экспонируют в течение 70 сек. Дуговой промежуток 3 мм во время горения дуги поддерживают постоянным. Каждый анализируемый и стандартный образец фотографируют дважды.

Спектрограммы получают при следующих условиях:

1. Спектрограф ДФС-13 с решеткой 1200 мтр./мм; спектр 1 порядка.
2. Освещение щели - стандартная трехлинзовая система.
3. Ширина щели 0,020 мм.

<sup>X/</sup> Навеску рекомендуется брать на торсионных весах.

4. Фотографируемый участок спектра 2650-8150  $\text{\AA}$ .

5. Фотопластинки "микро" чувствительность 22 или 16 ед.

ГОСТа, размером 9x24 см.

6. Проявитель стандартный № I.

7. Обработка фотопластинок обычная.

После обработки фотопластинки фотометрируют линии висмута и германия, приведенные в таблице 2. Перекрытия аналитических линий линиями других элементов не наблюдается.

По результатам фотометрирования находят разность почернений  $/Delta S/$  линий висмута и германия. Значения для параллельных экспозиций усредняют.

С помощью стандартных образцов строят градуировочные графики в координатах  $/Delta S/$  ;  $lg C$  /, где С – содержание висмута в стандартных образцах. Типичные градуировочные графики представлены на рисунке. Так как анализируемые и стандартные образцы подготавливают к анализу аналогично, то никакие расчеты не нужны, и определяемые концентрации находят непосредственно по градуировочным графикам.

### Таблица 2

Аналитические линии и интервалы определяемых концентраций висмута

Аналитическая линия, $\text{\AA}$	Интервал определяемых концентраций висмута
Bi I 3067,72	0,003 – 0,02 <sup>x/</sup>
Ge I 3039,06	Линия сравнения
Bi I 2897,98	0,02 – 0,3
Ge I 2754,59	Линия сравнения /основная/

<sup>x/</sup> По этой линии можно определять содержание висмута от 0,001-0,002%

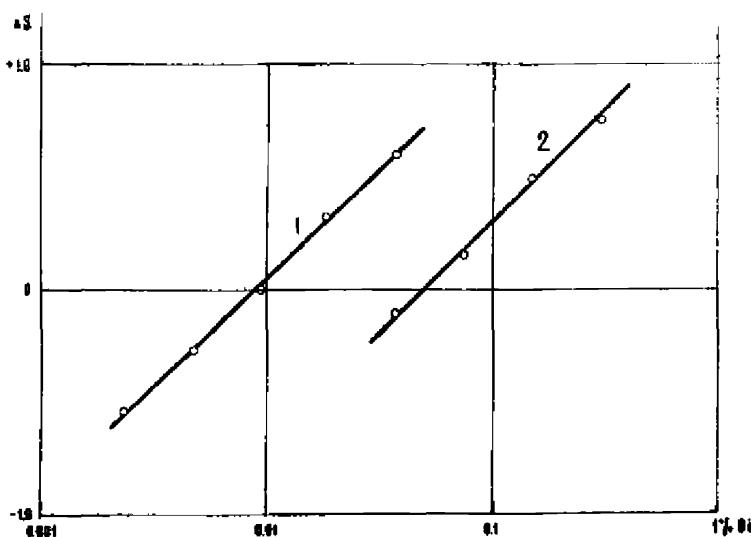


Рис. Градуировочные графики для определения висмута.

1. По линии 3067,72 Å.  
O  
D  
2. По линии 2897,98 Å.

#### Литература

I. Временная инструкция по внутрилабораторному контролю качества выполнения химических и количественных спектральных анализов полезных ископаемых в лабораториях системы Министерства геологии и охраны недр СССР, 1960 г.

Технический редактор Л.Н.Хорошева

---

Сдано в печать 28/у1-67г. Подписано к печати 8/1Х-67г.  
Л81398 Заказ № 39 Уч.изд.н. 0,5 Тираж 550 экз.

---

Москва , Старомонетный пер.,29. СЗП ВИМСа

**КЛАССИФИКАЦИЯ**  
**лабораторных методов анализа минерального сырья по их назначению и достигаемой точности**

Категория анализа	Наименование анализа	Назначение анализа	Точность по сравнению с допусками внутрилабораторного контроля	Коэффициент к допускам
I. Особо точный анализ	Арбитражный анализ, анализ эталонов	Средняя ошибка в 3 раза меньше допусков	0,33	
II. Полный анализ	Полные анализы горных пород и минералов.	Точность анализа должна обеспечивать получение суммы элементов в пределах 99,5-100,5%		
III. Анализ рядовых проб	Массовый анализ геологических проб при разведочных работах и подсчете запасов, а также при контрольных анализа.	Ошибки анализа должны укладываться в допуски		I
IV. Анализ технологических продуктов	Текущий контроль технологических процессов	Ошибки анализа могут укладываться в расширенные допуски по особой договоренности с заказчиком.		I-2
V. Особо точный анализ геохимических проб	Определение редких рассеянных элементов и "элементов-спутников" при слизких к кларковым содержаниях.	Ошибка определения не должна превышать половины допуска; для низких содержаний, для которых допуски отсутствуют, - по договоренности с заказчиком.	0,5	
VI. Анализ рядовых геохимических проб.	Анализ проб при геохимических и других исследованиях с повышенной чувствительностью и высокой производительностью.	Ошибка определения должна укладываться в удвоенный допуск; для низких содержаний, для которых допуски отсутствуют, - по договоренности с заказчиком.		2
VII. Полуколичественный анализ	Качественная характеристика минерального сырья с орнентировочным указанием содержания элементов, применяемая при металлометрической съемке и др. поисковых геологических работах	При определении содержания элемента допускаются отклонения на 0,5-1 порядок.		
VIII. Качественный анализ	Качественное определение присутствия элемента в минеральном сырье.	Точность определения не нормируется		