

С. К. КАЛИНИН  
В. Л. МАРЗУВАНОВ  
Г. М. ЗАМЯТИНА

ОТОЖДЕСТВЛЕНИЕ  
СПЕКТРОВ  
ЭЛЕМЕНТОВ



ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА

		ГРУППЫ				
		I	II	III	IV	V
ПЕРИОДЫ	1	{H}				
	2	Li 3 <i>Литий</i> 6,940	Be 4 <i>Бериллий</i> 9,012	5 B <i>Бор</i> 10,82	6 C <i>Углерод</i> 12,011	7 N <i>Азот</i> 14,007
	3	Na 11 <i>Натрий</i> 22,993	Mg 12 <i>Магний</i> 24,312	13 Al <i>Алюминий</i> 26,98	14 Si <i>Кремний</i> 28,09	15 P <i>Фосфор</i> 30,97
	4	K 19 <i>Калий</i> 39,102	Ca 20 <i>Кальций</i> 40,08	Sc 21 <i>Скандий</i> 44,96	Ti 22 <i>Титан</i> 47,90	V 23 <i>Ванадий</i> 50,94
		29 Cu <i>Медь</i> 63,54	30 Zn <i>Цинк</i> 65,37	31 Ga <i>Галлий</i> 69,72	32 Ge <i>Германий</i> 72,59	33 As <i>Мышьяк</i> 74,92
	5	Rb 37 <i>Рубидий</i> 85,47	Sr 38 <i>Стронций</i> 87,62	Y 39 <i>Иттрий</i> 88,905	Zr 40 <i>Цирконий</i> 91,22	Nb 41 <i>Ниобий</i> 92,91
		47 Ag <i>Серебро</i> 107,87	48 Cd <i>Кадмий</i> 112,40	49 In <i>Индий</i> 114,82	50 Sn <i>Олово</i> 118,69	51 Sb <i>Сурьма</i> 121,75
	6	Cs 55 <i>Цезий</i> 132,91	Ba 56 <i>Барий</i> 137,34	La 57* <i>Лантан</i> 138,91	Hf 72 <i>Гафний</i> 178,49	Ta 73 <i>Тантал</i> 180,95
		79 Au <i>Золото</i> 197,0	80 Hg <i>Ртуть</i> 200,59	81 Tl <i>Таллий</i> 204,37	82 Pb <i>Свинец</i> 207,19	83 Bi <i>Висмут</i> 208,98
	7	Fr 87 <i>Франций</i> 223	Ra 88 <i>Радий</i> 226,05	Ac 89** <i>Актиний</i> 227,028	Ku 104 <i>Курчатовий</i> 260	(105)

\*ЛАНТА

Ce 58 <i>Церий</i> 140,12	Pr 59 <i>Празеодим</i> 140,91	Nd 60 <i>Неодим</i> 144,24	Pm 61 <i>Прометий</i> 145	Sm 62 <i>Самарий</i> 150,35	Eu 63 <i>Европий</i> 151,96	Gd 64 <i>Гадолиний</i> 157,25
---------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

\*\*АКТИ

Th 90 <i>Торий</i> 232,12	Pa 91 <i>Протактиний</i> 231	U 92 <i>Уран</i> 238,03	Np 93 <i>Нептуний</i> (237)	Pu 94 <i>Плутоний</i> (242)	Am 95 <i>Америций</i> (243)	Cm 96 <i>Кюрий</i> (247)
---------------------------------	------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------

ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

Э Л Е М Е Н Т О В

VI		VII		VIII			0
		1 Н Водород 1,008					He 2 Гелий 4,003
8 O Кислород 16,00		9 F Фтор 19,00					Ne 10 Неон 20,179
16 S Сера 32,064		17 Cl Хлор 35,45					Ar 18 Аргон 39,948
Cr 24 Хром 52,00		Mn 25 Марганец 54,93	Fe 26 Железо 55,85	Co 27 Кобальт 58,94	Ni 28 Никель 58,71		
34 Se Селен 78,96		35 Br Бром 79,90					Kr 36 Криптон 83,80
Mo 42 Молибден 95,95		Tc 43 Технеций 99	Ru 44 Рутений 101,07	Rh 45 Родий 102,90	Pd 46 Палладий 106,4		
52 Te Теллур 127,60		53 I Йод 126,92					Xe 54 Ксенон 131,30
W 74 Вольфрам 183,85		Re 75 Рений 186,2	Os 76 Осмий 190,2	Ir 77 Иридий 192,2	Pt 78 Платина 195,09		
84 Po Полоний 210		85 At Астатин 210					Rn 86 Радон 222
(106)		(107)	(108)	(109)	(110)		

НИДЫ

Tb 65 Тербий 158,92	Dy 66 Диспрозий 162,50	Ho 67 Гольмий 164,94	Er 68 Эрбий 167,2	Tm 69 Тулий 168,93	Yb 70 Иттербий 173,04	Lu 71 Лютеций 174,97
---------------------------	------------------------------	----------------------------	-------------------------	--------------------------	-----------------------------	----------------------------

НИДЫ

Bk 97 Берклий (247)	Cf 98 Калифорний (249)	Es 99 Эйнштейний (254)	Fm 100 Фермий (253)	Mi 101 Менделеев 256	No 102 Нобелий (254)	Lr 103 Лоуренсий (257)
---------------------------	------------------------------	------------------------------	---------------------------	----------------------------	----------------------------	------------------------------



18 шт. схем

«SCIENCE» PUBLISHING HOUSE, THE KAZAKH S. S. R.



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА» КАЗАХСКОЙ ССР

ACADEMY OF SCIENCES OF THE KAZAKH S. S. R.  
THE SATPAVEV INSTITUTE OF GEOLOGICAL SCIENCES

S. K. KALININ  
V. L. MARZUVANOV  
G. M. ZAMYATINA

THE IDENTIFICATION  
OF ATOMIC  
SPECTRA

ALMA-ATA-1972

АКАДЕМИЯ НАУК КАЗАХСКОЙ ССР  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК  
ИМ. К. И. САТПАЕВА

543.42

К 17

С. К. КАЛИНИН  
В. Л. МАРЗУВАНОВ  
Г. М. ЗАМЯТИНА

ОТОЖДЕСТВЛЕНИЕ  
СПЕКТРОВ  
ЭЛЕМЕНТОВ

140



АЛМА-АТА·1972

УДК 535.33 (084.4)

Книга является справочным пособием для отождествления спектров элементов. Она содержит атлас и таблицы наиболее чувствительных линий и молекулярных полос, расположенных в области от 2260 до 6760 Å. Атлас составлен для кварцевого спектрографа средней дисперсии (ИСП-28, ИСП-30).

Книга предназначена для специалистов, занимающихся исследованием руд, минералов, горных пород, металлов, сплавов и других материалов. Она может быть полезной при экспериментальной работе в области спектроскопии и ее приложений в разных отделах физики, химии и техники.

---

*The book contains basic data necessary for identification of emission atomic spectra; the Atlas and Tables of the most sensitive lines in the ranges from 2260 Å to 6760 Å.*

*The Atlas has been arranged to fit a quartz spectrograph of average dispersion. It accurately reproduces the dimensions and type of the spectrum obtained by these instruments at a magnification of 20 times.*

*The Tables show wavelengths of spectrum lines, their appurtenance to the spectrum of neutral and ionized atoms, intensity at representative ten-point scale, level energies. Intensity of lines has been determined by their appearance in the spectrum depending on concentration of an element. Moreover, a number of additional tables are given to aid in analytical work.*

*The book is intended for specialists engaged in the analysis of ores, minerals, rocks, metals, alloys, etc. It may be very useful for experimental work in the field of spectroscopy and its application in various branches of physics, chemistry and engineering.*

## ПРЕДИСЛОВИЕ

### PREFACE

Для решения большинства спектроскопических задач необходимо расшифровывать полученные спектры и идентифицировать наблюдаемые линии и молекулярные полосы. Эта операция должна быть проведена таким образом, чтобы использовать все сведения, содержащиеся на спектрограмме и представляющие интерес для исследования. В связи с этим возникает потребность в различной справочной литературе, без которой невозможно успешно выполнять эту сложную работу.

В настоящей книге собраны основные данные, необходимые для отождествления эмиссионных спектров элементов и нахождения на спектрограммах заранее заданных, удобных аналитических линий. Она включает атлас и таблицы наиболее чувствительных линий, расположенных в области от 2260 до 6760 Å.

Атлас предназначен для работы на одном из самых распространенных спектральных приборов — кварцевом спектрографе средней дисперсии ИСП-28 (новая модель ИСП-30). Планшеты атласа точно воспроизводят размеры и вид спектра, получаемого на этом спектрографе при 20-кратном увеличении

спектрограммы. Он пригоден для работы и с другими приборами, близкими по своим параметрам к спектрографу ИСП-28.

В таблицах приведены характеристики спектральных линий, содержащие основную информацию об их свойствах. Для достаточно широкого круга спектрально-аналитических определений может оказаться весьма полезной принятая шкала интенсивностей, основанная на появлении линий в спектре в зависимости от концентрации элемента. Данные об интенсивности спектральных линий дают возможность получить дополнительные сведения, помогающие с большей уверенностью идентифицировать отдельные спектральные линии.

При составлении книги использованы опубликованные ранее работы авторов [2, 3, 5] и новые экспериментальные данные. Книга предназначается, в первую очередь, для спектроскопического изучения минерального сырья, но она также будет полезна при исследовании металлов, сплавов, почв, природных вод, биологических материалов и других объектов. Авторы будут весьма благодарны за все критические замечания и пожелания.

I

ТАБЛИЦЫ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ  
ЭЛЕМЕНТОВ

TABLES OF ELEMENT SPECTRAL LINES

В таблицах представлен список спектральных линий, важных для аналитических работ. Линии систематизированы по элементам и расположены в порядке возрастания длин волн. Значения длин волн взяты из таблиц [11, 13, 14]. Справа от длины волны показана принадлежность линий к нейтральному (I) или ионизованному (II, III) атомам. Фигурными скобками после длины волны обозначены группы линий, которые в обычных условиях не разрешаются спектрографом средней дисперсии. В таблицах указаны интенсивности линий по принятой нами десятибалльной шкале. Приведены также интенсивности линий в дуге и искре по Гаррисону (1000-балльная шкала: особенно яркие линии до 9000). Буквы в графе «интенсивность» характеризуют внешний вид линий. Наиболее интенсивные линии набраны жирным шрифтом. Кроме того, в таблице даны энергии верхнего и нижнего уровней в электрон-вольтах. Эти сведения взяты из работы Мергера, Корлисса, Скрибнера [12] и дополнены по другим источникам [1, 10, 13, 14]. Несколько значений энергий для одной и той же линии можно объяснить случайным совпадением длин волн двух различных линий или недостаточно достоверной систематикой спектра. Величины энергии уровней важны при выборе аналитических пар линий. Все представленные в таблицах линии отмечены на соответствующих планшетах атласа (см. раздел VI).

Выбор линий

Линии, приведенные в таблицах, отображены по спектрам чистых элементов и эталонных смесей, содержащих 10: 3: 1; 0,3: 0,1: 0,03; 0,01; 0,003; 0,001; 0,0003; 0,0001% каждого элемента. Основой для изготовления эталонов служила силикатная порода типа гранита, обычно используемая при спектральном анализе руд и горных пород.

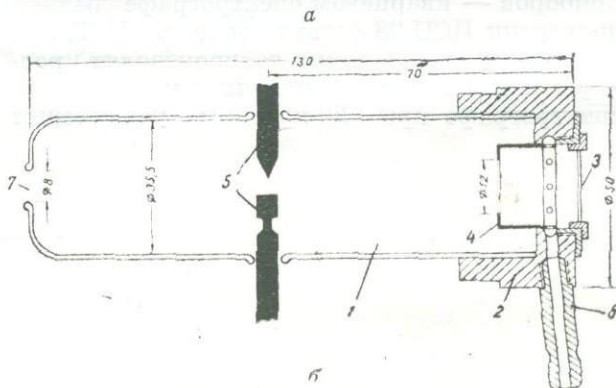
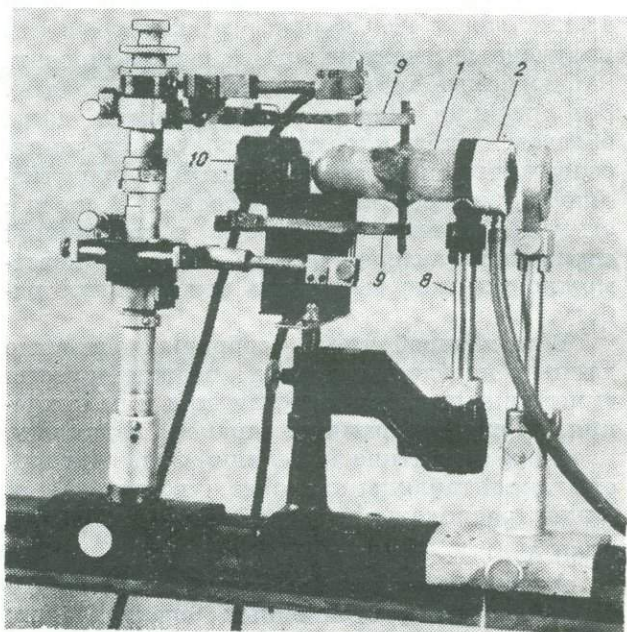


Рис. 1. Установка для осуществления разряда в атмосфере углекислого газа. а — общий вид; б — схематический чертеж кварцевой трубки: 1 — кварцевая трубка; 2 — фторопластовая втулка; 3 — кварцевое окошко; 4 — диафрагма; 5 — электроды; 6 — штуцер; 7 — отверстие для выхода газа; 8 — штатив для крепления трубки; 9 — держатели электродов; 10 — проекционное устройство.

Проба в количестве ~ 30 мг помещалась в углубление нижнего угольного электрода электрической дуги и испарялась при силе тока 10 а. Спектры фотографировались в два приема: первая выдержка 1—1,5 мин (летучие элементы), вторая — до полного испарения пробы (труднолетучие элементы). В области, где расположены молекулярные полосы циана (3500—4216 Å), пробы испарялись в атмосфере углекислого газа [4]. Для этой цели электроды помещались в камеру, показанную на рисунке 1. Щель освещалась при помощи трехлинзовой конденсорной системы с промежуточной диафрагмой.

В таблицы внесена только часть из большого числа линий, появляющихся на спектрограммах. Наиболее полно представлены спектры породообразующих элементов (Si, Al, Ca, Mg, Na, K), цветных и редких металлов (Cu, Pb, Zn, Cd, Sn, Sb, As, Bi, In, Ga, Ge, Tl, Be, Ag, Au, Te). Для элементов со сложными спектрами выбраны лишь интенсивные линии, позволяющие достаточно уверенно проводить их определение. В таблицах приведены также искровые линии ряда элементов (F, Cl, Br, J, C, S), используемые в аналитической практике. Спектры их получены при искровом режиме генератора ДГ-2. Всего отобрано 1249 линий 75 элементов.

#### Оценка интенсивности линий

Интенсивность линий элементов определена по их появлению в спектрах эталонных смесей. Принята десятибалльная шкала, по которой изменению концентраций в десять раз соответствует изменение оценки интенсивности на два балла. Линии, появляющиеся при концентрации элемента < 0,001%, обозначены баллом 10, а при содержании 10% и выше — баллом 1 (табл. 1).

Таблица 1

#### Шкала интенсивности линий

Интенсивность	Концентрация элемента, при которой появляется линия в спектре эталона, %
1	≥ 10
2—3	10—1
3—5	1—0,1
5—7	0,1—0,01
7—9	0,01—0,001
10	< 0,001

Полученные таким путем данные относительно правильно отражают соотношение энергии излучения спектральных линий, так как оценка интенсивности производится при малых концентрациях элементов, когда самопоглощение практически отсутствует. Кроме

того, они показывают, появление каких линий следует ожидать при определенных содержаниях элементов, что представляет значительные удобства в практической работе.

Интенсивности линий могут более или менее существенно изменяться в зависимости от условий возбуждения, состава исследуемых веществ и свойств фотоматериалов. Так, интенсивность линий элементов, имеющих низкие потенциалы ионизации (например, щелочных металлов), в низкотемпературной дуге будет выше приведенной в атласе. Для элементов с высокими потенциалами ионизации (углерод, фосфор, ртуть, мышьяк, цинк) большие значения интенсивности отмечаются в высокотемпературном дуговом разряде, например, в атмосфере аргона и гелия. Наряду с этим имеется группа элементов (кальций, стронций, барий, редкие земли), спектры которых содержат яркие дуговые и искровые линии. Интенсивности этих линий при изменении условий разряда меняются в противоположных направлениях, вследствие чего их соотношение может значительно отличаться от табличных данных.

#### Чувствительность определения элементов

Ориентировочные пределы чувствительности определения элементов в дуге по наиболее интенсивным линиям указаны в таблице 2.

Таблица 2

#### Чувствительность определения элементов на кварцевом спектрографе средней дисперсии (концентрация в %)

< 0,0003	0,001	0,01	0,1	1
Ag, Ba, Be, Cu, Mg, Na, Yb, Mn, Pd	Al, Au, B, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Fe, Ga, Ge, In, Li, Lu, Mo, Ni, Pb, Pt, Rh, Re, Sc, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V, Y, Zr	As, Gd, Dy, Hg, Hf, Eu, Ir, La, Nb, Cs, Ru, Sb, Th, Te, W, Zn	C, Ce, F, Ho, Er, K, Nd, P, Pr, Sm, Ta, Tb, Tu, U	Cl, Cs, Rb, Se

Эти данные позволяют установить, насколько спектральный анализ в каждом отдельном случае удовлетворяет задаче нахождения минимальных концентраций элементов. В тех случаях, когда важно определить данную примесь с более высокой чувствительностью, приходится прибегать к различным способам обогащения проб или иным приемам.

#### ОБОЗНАЧЕНИЯ

I — нейтральный атом;  
II — однократно ионизованный атом;  
III — двукратно ионизованный атом;  
R — сильное самообращение;  
r — слабое самообращение;  
W — очень широкая или сложная линия;  
w — широкая или сложная линия;  
h — линия диффузная;

s — линия асимметричная (смещение в сторону коротких волн);  
l — линия асимметричная (смещение в сторону длинных волн);  
d — двойная линия;  
[ ] — данные относятся к возбуждению в газоразрядных трубках.

Таблица спектральных линий элементов

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего

Алюминий Al

Потенциал ионизации 5,984 эв

2263,453	I	4	60 R	25	0,00	5,48
2269,093	I	5	60 R	25	0,01	5,48
2367,064	I	5	150 R	50 R	0,00	5,24
2372,084	I	3	18	10	0,00	5,22
2373,132	I	5	100 R	30	0,01	5,24
2373,360	I	4	200 R	100 R	0,01	5,24
2378,408	I	3	40	20	0,01	5,22
2567,997	I	5	200 R	80 R	0,00	4,83
2575,113	I	6	200 R	80 R	0,01	4,83
2575,411	I	5	30	30	0,01	4,83
2652,484	I	6	150 R	60	0,00	4,67
2660,393	I	6	150 R	60	0,01	4,67
2669,166	II	2	3	100	0,00	4,63
3050,073	I	2	18	10	3,60	7,67
3054,694	I	2	20	10	3,60	7,66
3057,155	I	3	15	18	3,61	7,67
3064,302	I	3	20	20	3,60	7,65
3066,158	I	3	25	25	3,62	7,66
3082,159	I	8	800	800	0,00	4,02
3092,716	I	9	1000	1000	0,01	4,02
3944,009	I	9	2000	1000	0,00	3,14
3961,523	I	9	3000	2000	0,01	3,14

Барий Ba

Потенциал ионизации 5,210 эв

2304,235	II	5	60 R	80 R	0,60	5,98
2335,269	II	7	60 R	100 R	0,70	6,01
2347,577	II	4	30	40	0,70	5,98
2634,783	II	4	30	50	2,72	7,41
2771,358	II	3	12	8	2,72	7,19
2785,276	I	3	50	—	0,00	4,45
3071,583	I	5	100 R	50 R	0,00	4,04
3501,107	I	5	1000	20	0,00	3,54
4554,042	II	10	1000 R	200 R	0,00	2,72
4934,086	II	9	400 h	400 h	0,00	2,51
5535,551	I	8	1000 R	200 R	0,00	2,24
6141,716	II	8	2000 wh	2000 wh	0,70	2,72

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего

6496,901 II	8	800 R	300 Wh	0,60	2,51
6595,326 I	6	1000	300	1,12	3,00

### Бериллий Be

Потенциал ионизации 9,320 эв

2348,612 I	10	2000 R	50	0,00	5,28
2350,685 I	3	25	2	2,73	8,00
2350,835 I	3	12	—	2,73	8,00
2494,547 I	7	30	—	2,72	7,69
2494,590 I		25	—	2,72	7,69
2494,735 I	7	30	20	2,72	7,69
2650,470 I	9	100	15	2,72	7,40
2650,550 I		30	—	2,72	7,40
2650,613 I		20	15	2,72	7,40
2650,636 I		25	—	2,72	7,40
2650,702 I	3	10	—	2,72	7,40
2650,779 I		25	—	2,72	7,40
2986,09 I	3	8	—	6,46	10,61
2986,457 I	3	15	—	—	—
3130,416 II	10	200	200	0,00	3,96
3131,064 II	10	200	150	0,00	3,96
3321,086 I	8	100	15	2,73	6,46
3321,343 I		1000 r	30	2,73	6,46
4572,671 I		15	15	5,28	7,99

### Бор В

Потенциал ионизации 8,296 эв

2496,773 I	8	300	300	0,00	4,96
2497,724 I	9	500	400	0,00	4,96

### Бром Вг

Потенциал ионизации 11,84 эв

3540,16 III	—	—	[20]	18,30	21,80
-------------	---	---	------	-------	-------

### Ванадий V

Потенциал ионизации 6,74 эв

2340,486 I	4	50	3	0,06	5,36
2415,333 I	3	25	25	0,00	5,13
2416,748 I	4	40 r	40 h	0,07	5,20
2417,351 I	3	25 r	20 h	0,02	5,14
2420,122 I	3	20 r	20	0,07	5,19
2421,062 I	3	25 r	25	0,02	5,14
2421,980 I	3	35 r	35	0,04	5,16
2864,386 I	6	40	25 r	0,04	4,37
2952,07 II	6	35	150 R	0,35	4,55
3066,375 I	8	400 r	125 r	0,07	4,11
3102,295 II	7	70	300 R	0,36	4,36

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [1]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего
3110,708 II	7	70	300 R	0,34	4,33
3118,376 II	7	70	200 R	0,33	4,31
3130,262 II	6	50	200 r	0,35	4,31
3133,329 II	6	50	200 r	0,33	4,29
3183,406 I	8	200 R	100 R	0,02	3,91
3183,982 I	9	500 R	400 R	0,04	3,93
3185,396 I	9	500 R	400 R	0,00	3,89
3198,012 I	6	100 r	30 r	0,07	3,96
3875,075 I	6	70 r	50	0,01	3,89
				0,04	3,24
4111,785 I	6	100 WR	100 WR	0,30	3,31
4379,238 I	9	200 R	200 R	0,30	3,13
4384,722 I	7	125 R	125 R	0,29	3,11
4389,974 I	6	80 R	60 R	0,28	3,10
4395,228 I	6	60 R	40 R	0,27	3,09
4406,641 I	6	40	30	0,30	3,11
4407,637 I	6	15 h	9 R	0,29	3,10
4408,204 I		30	—	0,28	3,09
4875,462 I	5	40 h	20 h	0,04	2,58
4881,554 I	9	40 h	30 h	0,07	2,61
6039,690 I	4	100	10	1,07	3,12
6090,184 I	5	60	15	1,08	3,12
6243,11 I	5	35	4	0,30	2,29

### Висмут Bi

Потенциал ионизации 7,287 эв

2276,578 I	6	100 R	40	0,00	5,44
2400,884 I	4	200 R	100	1,91	7,08
2515,686 I	2	100	25	1,42	6,34
2524,492 I	2	100	25	1,42	6,33
2627,906 I	5	200 w	200	1,42	6,13
2696,614 I	4	100	100	—	—
2696,763 I	2	25 R	15 R	1,42	6,01
2730,505 I	3	200	100	2,69	7,22
2780,521 I	5	200 W	100	1,42	5,87
2798,685 I	2	200	25	1,91	6,34
2809,625 I	4	200 W	100	1,91	6,33
2863,754 I	3	80 w	18	2,68	7,01
2897,975 I	7	500 WR	500 WR	1,42	5,69
2938,298 I	6	300 w	300 w	1,91	6,13
2989,029 I	6	250 wh	100 wh	1,42	5,56
2993,342 I	6	200 wh	100 wh	1,42	5,56
3024,635 I	6	250 wh	50	1,91	6,01
3034,873 I	3	30	30	—	—
3067,712 I	9	3000 hR	2000 wh	0,00	4,04
3076,662 I	4	20	18	1,42	5,44
3397,213 I	5	100 wh	50	1,91	5,56
3405,660 I	3	60	—	2,69	6,33

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего
3510,853 I	4	200 <i>wh</i>	30	1,91	5,44
3596,110 I	3	150 <i>wh</i>	50	2,69	6,13
4722,552 I	6	1000	100	1,42	4,04

### Вольфрам W

Потенциал ионизации 7,98 эв

2270,239 II	3	12	20	0,18	5,64
2294,544 II	4	20	20	0,59	5,99
2397,091 II	4	18	30	0,39	5,56
2405,256 I	4	10	15	1,66	6,81
2405,688 I	4	15	8	0,60	5,75
2435,962 I	5	30	10	0,60	5,69
2481,443 I	5	25	3	0,77	5,77
2488,771 II	3	10	20	0,92	5,90
2656,539 I	6	15	5	0,36	5,03
2657,381 I	5	12	10	0,59	5,26
2724,352 I	7	20	10	0,37	4,92
2866,061 I	6	15	10	0,41	4,74
2896,008 I	5	10	12	0,21	4,49
2896,446 I	7	15	25	0,36	4,64
2944,395 I	7	30	20	0,37	4,58
2946,981 I	7	20	18	0,36	4,57
4008,769 I	7	45	45	0,37	3,46
4074,374 I	6	50	45	0,37	3,41
4294,623 I	6	50	50	0,36	3,25
4302,123 I	6	60	60	0,36	3,24
4659,867 I	4	200	70	0,00	2,66
4843,829 I	4	50	12	0,41	2,97
5053,300 I	4	60	10	0,21	2,66
5054,606 I		25	3	0,21	2,65
5514,712 I	3	50 <i>w</i>	8	0,41	2,66

### Гадолиний Gd

Потенциал ионизации 6,16 эв

3027,602 II	6	100	60	0,14	4,24
3032,850 II	6	100	100	0,08	4,17
3034,059 II	6	100	60	0,03	4,12
3358,620 II	6	100	100	0,03	3,72
3768,39 II	4	20	20	0,08	3,37
3916,508 II	5	150 <i>w</i>	100	0,59	3,76
4098,606 II	6	25 <i>h</i>	6	0,82	3,84
4184,252 II	6	150	150	0,49	3,45
4251,733 II	6	300	10	0,38	3,30

### Галлий Ga

Потенциал ионизации 6,00 эв

2294,202 I	2	2	3	0,00	5,40
2338,283 I	2	3	4	0,10	5,40

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего
2338,596 I	2	2	—	—	—
2418,699 I	2	3	5	0,10	5,23
2450,078 I	5	10	10	0,00	5,06
2500,187 I	6	12	10 r	0,10	5,06
2500,714 I	4	5	5 r	0,10	5,06
2624,82 I	3	—	[25]	0,10	4,82
2659,873 I	6	5	12	0,00	4,66
2719,664 I	5	5	15	0,10	4,66
2874,240 I	8	10	15 r	0,00	4,31
2943,639 I	9	10	20 r	0,10	4,31
2944,175 I	7	10	15 r	0,10	4,31
4032,975 I	9	1000 R	500 R	0,00	3,07
4172,048 I	9	2000 R	1000 R	0,10	3,07

### Гафний Hf

Потенциал ионизации 6,8 эв

2347,444 II	4	80	125	0,79	6,07
2638,710 II	7	40	100	0,00	4,70
2641,406 II	7	40	125	1,04	5,73
2647,292 II	6	40	125	1,04	5,72
2773,357 II	7	25	60	0,79	5,26
2820,224 II	7	40	100	0,37	4,77
2861,012 II	7	40	90	0,00	4,33
2861,696 II	7	50	125	0,45	4,78
2866,373 I	6	50	12	0,00	4,32
3012,902 II	7	80	100	0,00	4,11
3134,72 II	7	80	125	0,37	4,33
3399,80 II	7	60	100	0,00	3,65

### Германий Ge

Потенциал ионизации 7,88 эв

2417,375 I	6	10	12	0,88	6,01
2497,974 I	4	8	10	0,00	4,96
2589,201 I	5	6	6	0,17	4,96
2592,548 I	7	20	15	0,07	4,85
2651,184 I	9	40	20	0,17	4,85
2651,580 I	8	30	20	0,00	4,67
2691,351 I	8	25	15	0,07	4,67
2709,631 I	8	30	20	0,07	4,64
2740,436 I	3	10	10	2,03	6,55
2754,596 I	8	30	20	0,17	4,67
2793,935 I	3	8	5	2,03	6,46
3039,064 I	9	1000	1000	0,88	4,96
3124,817 I	4	200	80	0,88	4,85
3269,494 I	7	300	300	0,88	4,67
4226,570 I	4	200	50	2,03	4,96

Длина волны, $\text{Å}$	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего

### Гольмий Ho

Потенциал ионизации 6,02 эв

✓ 3398,98	II	5	40	60	—	—
✓ 3416,46	II	6	30	40	—	—
✓ 3456,00	II	7	60	60	—	—
3891,02	II	6	200	40	—	—
4045,44	II	6	200	80	—	—
4103,84	I	6	400	400	—	—

### Диспрозий Dy

Потенциал ионизации ~ 5,93 эв

2934,529	II	4	2	1	—	—
✓ 3156,52	II	6	50	20	—	—
✓ 3308,89	II	5	25	—	—	—
✓ 3393,59	II	6	100	10	0,10	3,75
3898,54	II	5	100	—	0,59	3,77
4211,75	I	7	200	15	—	—

### Европий Eu

Потенциал ионизации 5,64 эв

2638,764	II	5	300	200	0,20	4,90
2685,65	II	4	150	100	0,00	4,61
2727,77	II	7	300 <i>l</i>	500	0,00	4,54
2729,39	II	5	100 <i>d</i>	60	0,00	4,54
2813,95	II	6	300 <i>w</i>	300 <i>wh</i>	0,00	4,40
2820,77	II	6	200 <i>W</i>	200 <i>W</i>	0,00	4,39
2906,68	II	7	300 <i>W</i>	300	0,00	4,26
3819,67	II	7	500 <i>wd</i>	500 <i>wd</i>	0,00	3,24
3907,10	II	6	1000 <i>RW</i>	500 <i>R</i>	0,20	3,38
4129,73	II	7	150 <i>R</i>	50 <i>R</i>	0,00	3,00
4205,05	II	7	200 <i>R</i>	50	0,00	2,95

### Железо Fe

Потенциал ионизации 7,897 эв

2292,523	I	4	15	2	0,04	5,45
2382,034	II	7	40 <i>r</i>	100 <i>R</i>	0,00	5,20
2399,237	II	5	20	30	0,08	5,25
2404,882	II	6	50	100 <i>wh</i>	0,08	5,24
2457,596	I	4	70	30	0,86	5,90
2462,645	I	8	200 <i>R</i>	50	0,00	5,03
2493,180	II	4	10	100	2,66	7,63
2495,869	I	2	25	35	0,85	5,82
2598,369	II	7	700	1000 <i>h</i>	0,05	4,82
2599,395	II	8	1000	1000 <i>h</i>	0,00	4,77
2599,565	I	8	1000	—	0,91	5,68

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего
2719,027 I	8	500 <i>r</i>	300 <i>r</i>	0,00	4,56
2739,545 II	6	200	300 <i>h</i>	0,99	5,51
2743,196 II	5	80	150	1,10	5,61
2749,324 II	7	30	30	1,04	5,55
2755,733 II	7	300	100	0,99	5,48
2813,288 I	6	400	400	0,91	5,32
2973,237 I	7	500 <i>R</i>	400 <i>R</i>	0,05	4,22
2999,512 I	7	500	300	0,86	4,99
3016,186 I	5	200	150	0,99	5,10
3017,628 I	5	150	150	0,11	4,22
3018,983 I	5	150	150	0,96	5,06
3020,643 I	9	1000 <i>R</i>	600 <i>r</i>	0,00	4,10
3021,074 I	8	700 <i>R</i>	300 <i>r</i>	0,05	4,15
3047,605 I	8	800 <i>r</i>	500 <i>r</i>	0,09	4,15
3075,721 I	6	400	400	0,96	4,99
3581,195 I	9	1000 <i>R</i>	600 <i>r</i>	0,86	4,32
3719,935 I	9	1000 <i>R</i>	700	0,00	3,33
3737,133 I	9	1000 <i>r</i>	600	0,05	3,37
4383,547 I	8	1000	800	1,48	4,31
4404,752 I	7	1000	700	1,56	4,37
4871,323 I	4	200	100	2,87	5,41
4891,498 I	4	70	15	2,85	5,38
4920,509 I	4	500	125	2,83	5,35
5227,192 I	3	400	60	1,56	3,93
5232,946 I	3	800	150	2,93	5,31
5269,541 I	5	800	200	0,86	3,21
5328,042 I	4	400	100	0,91	3,24

### Золото Au

Потенциал ионизации 9,22 эв

M18/64 2352,65 I	3	25	—	1,14	6,40
0/344 2427,95 I	9	400 <i>R</i>	100	0,00	5,10
2/726 2590,04 I	3	30	50	2,66	7,44
1572 2675,95 I	9	250 <i>R</i>	100	0,00	4,63
1564 2688,71 I	2	2	20	2,66	7,27
1572 2700,89 I	4	20	25	1,14	5,72
1564 2748,26 I	6	40	80	1,14	5,65
0/822w 3029,205 I	5	25	30	1,14	5,23
0/829,5,70 3122,782 I	6	500 <i>h</i>	5	1,14	5,10

### Индий In

Потенциал ионизации 5,785 эв

2305,994 II	4	—	[18]	—	—
2306,062 II		—	[10]	0,00	5,37
2306,118 II		—	[10]	—	—
2340,186 I	2	10	—	0,00	5,29
2389,543 I	2	50 <i>R</i>	—	0,00	5,19
2460,079 I	3	10 <i>wh</i>	—	0,00	5,04

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего
2468,023 I	2	25 <i>h</i>	2 <i>wh</i>	0,27	5,29
2521,371 I	2	30	—	0,27	5,19
2560,228 I	4	150 <i>R</i>	50 <i>Rh</i>	0,00	4,84
2601,756 I	3	50 <i>R</i>	15 <i>wh</i>	0,27	5,04
2710,265 I	5	800 <i>R</i>	200 <i>Rh</i>	0,27	4,84
2713,935 I	4	200 <i>R</i>	125 <i>wh</i>	0,27	4,84
2753,878 I	4	300	300 <i>wh</i>	0,00	4,50
2775,355 I	2	80	30	0,00	4,46
2836,919 I	4	80	80	0,27	4,63
2932,624 I	6	500	300	0,27	4,49
3039,356 I	9	1000 <i>R</i>	500 <i>R</i>	0,00	4,08
3256,090 I	9	1500 <i>R</i>	600 <i>R</i>	0,27	4,08
3258,564 I	7	500 <i>R</i>	300 <i>R</i>	0,27	4,08
4101,764 I	8	2000 <i>R</i>	1000 <i>R</i>	0,00	3,02
4511,310 I	9	5000 <i>R</i>	4000 <i>R</i>	0,27	3,02

### Иридий Ir

Потенциал ионизации 9,3 эв

2363,042 I	5	50	25	0,78	6,03
2639,712 I	6	100 <i>h</i>	15	0,00	4,70
2849,725 I	6	40 <i>h</i>	20 <i>h</i>	0,00	4,35
2924,792 I	6	25 <i>wh</i>	15	0,00	4,24
3133,321 I	6	40	2 <i>h</i>	0,78	4,74
3220,772 I	8	100	30	0,35	4,20

### Иттербий Yb

Потенциал ионизации 6,22 эв

2653,74 II	6	50	200	2,66	7,33
2748,66 II	3	5	30	3,98	8,42
2750,48 II	6	20	150	2,66	7,16
2891,39 II	8	50 <i>h</i>	100	0,00	4,29
3289,36 II	10	500 <i>R</i>	1000 <i>R</i>	0,00	3,77

### Иттрий Y

Потенциал ионизации 6,51 эв

2422,185 II	6	20	30	0,41	5,52
3195,62 II	7	30	50	0,10	3,98
3200,28 II	7	30	40	0,13	4,00
3203,33 II	7	30	50	0,10	3,97
3216,70 II	8	40	70	0,13	3,98
3242,30 II	8	60	100	0,18	4,00
3327,89 II	8	60	60	0,41	4,13
3620,95 I	5	2 <i>h</i>	12	0,07	3,49
3633,13 II	7	50	100	0,00	3,41
3664,62 II	6	100	100	0,18	3,56
3710,30 II	9	80	150	0,18	3,52
4102,38 I	9	150	30	0,07	3,09

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего

4374,94	II	9	150	150	0,41	3,24
4883,69	II	5	20	300	1,08	3,62

### Иод J

Потенциал ионизации 10,454 эв

3940,24	III	—	—	[500]	—	—
---------	-----	---	---	-------	---	---

### Кадмий Cd

Потенциал ионизации 8,991 эв

2265,017	II	6	25 <i>d</i>	300	0,00	5,47
2267,47	I	2	20	30	3,80	9,27
<b>2288,018</b>	I	9	1500 <i>R</i>	300 <i>R</i>	0,00	5,42
2329,282	I	3	50	60	3,95	9,27
2639,50	I	3	75	15	3,74	8,44
2660,40	I	3	50 <i>h</i>	[5]	3,95	8,60
2677,64	I	4	100	25	3,81	8,44
2712,57	I	2	75	20	3,95	8,51
2733,86	I	2	50	25	3,73	8,26
2748,58	II	1	5	200	5,78	10,28
2763,89	I	4	100 <i>h</i>	50	3,95	8,44
2764,11	I	3	50 <i>h</i>	25	3,95	8,44
2775,047	I	3	50	20	3,79	8,26
2836,907	I	4	200	80	3,73	8,10
2868,26	I	3	100	80	3,94	8,26
2880,77	I	6	200 <i>R</i>	125	3,80	8,10
2881,23	I	5	50 <i>R</i>	—	3,80	8,10
2980,628	I	6	1000 <i>R</i>	500	3,95	8,10
2981,34	I	5	200 <i>R</i>	[40]	3,94	8,10
3133,167	I	5	200	300	3,80	7,76
3252,525	I	5	300	300	3,94	7,76
3261,050	I	8	300	300	0,00	3,80
3403,653	I	6	800	500 <i>h</i>	3,73	7,37
3466,201	I	7	1000	500	3,80	7,37
3467,656	I	6	800	400	3,80	7,37
3610,510	I	8	1000	500	3,95	7,37
4678,160	I	5	200 <i>W</i>	200 <i>W</i>	3,73	6,38
4799,918	I	5	300 <i>w</i>	300 <i>w</i>	3,80	6,38
5085,824	I	6	1000 <i>wh</i>	500	3,95	6,38
6438,469	I	6	2000	1000	5,42	7,34

### Калий K

Потенциал ионизации 4,339 эв

3217,151	I	1	100 <i>R</i>	20 <i>h</i>	0,00	3,85
3446,38	I	3	150 <i>R</i>	100 <i>R</i>	0,00	3,60
3447,41	I	2	100 <i>R</i>	75 <i>R</i>	0,00	3,60
4044,145	I	5	800	400	0,00	3,06
4047,214	I	4	400	200	0,00	3,06



Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего
5339,670	I 2	40 <i>l</i>	—	1,62	3,94
5359,521	I 2	40 <i>l</i>	—	1,62	3,93
5782,60	I 2	60	—	1,61	3,75
5801,96	I 3	50 <i>h</i>	20	1,62	3,75
5812,52	I 1	30	—	1,61	3,74
5832,09	I 2	50	—	1,62	3,74

### Кальций Ca

Потенциал ионизации 6,111 эв

2275,471	I 3	40	5	0,00	5,45
2398,559	I 3	100 <i>R</i>	20	0,00	5,17
2721,645	I 2	20	2	0,00	4,55
2994,958	I 3	25	3	1,88	6,02
2997,309	I 3	25	5	1,89	6,02
2999,641	I 3	20	10	1,89	6,02
3000,863	I 3	20	6	1,89	6,02
3006,858	I 4	25	5	1,90	6,02
3009,205	I 3	20	5	1,90	6,02
3158,869	II 6	100	300 <i>w</i>	3,12	7,05
3179,332	II 6	100	400 <i>w</i>	3,15	7,05
3181,275	II 5	8	15	3,15	7,05
3215,145	I 2	20	4 <i>w</i>	1,89	5,74
3225,896	I 2	80	10	1,90	5,74
3286,067	I 1	30	2	1,90	5,67
3344,513	I 2	100	7	1,88	5,59
3350,209	I 3	100	10	1,89	5,59
3361,918	I 4	125	10	1,90	5,59
3474,763	I 2	40	5	1,89	5,45
3487,598	I 2	100	2	1,90	5,45
3624,111	I 4	150	15	1,88	5,30
3630,748	I 5	150	9	1,89	5,30
3644,410	I 5	200	15	1,90	5,30
3706,026	II 3	15	40	3,12	6,47
<b>3933,664</b>	II 9	600 <i>R</i>	600 <i>R</i>	0,00	3,15
<b>3968,470</b>	II 9	500 <i>R</i>	500 <i>R</i>	0,00	3,12
<b>4226,728</b>	I 9	500 <i>R</i>	50 <i>R</i>	0,00	2,93
4283,010	I 6	40	20	1,89	4,78
4289,364	I 6	35	20	1,88	4,77
4298,986	I 6	30	18	1,89	4,77
4302,527	I 7	50	25	1,90	4,78
4307,741	I 6	45	20	1,89	4,76
4318,652	I 6	60	20	1,90	4,77
4425,441	I 6	100	20	1,88	4,68
4434,960	I 6	150	25	1,89	4,68
4435,688	I 7	100	15	1,89	4,68
4454,781	I 7	200	5 <i>hl</i>	1,90	4,68
4455,887	I 5	100	75	1,90	4,68
4878,132	I 4	100	10	2,71	5,25

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего
5261,706 I	4	20	6	2,52	4,88
5262,244 I		20	8	2,52	4,88
5264,239 I		15	8	2,52	4,88
5265,557 I		20	10	2,52	4,88
5270,270 I		20	10	2,52	4,88
5349,472 I	3	12	12	2,71	5,03
5588,757 I	5	35	25	2,53	4,74
5594,468 I	4	35	20	2,52	4,74
5598,487 I	4	35	20	2,52	4,73
5857,454 I	4	40	30	2,93	5,05
6102,722 I	6	80	50	1,88	3,91
6122,219 I	6	100	100	1,89	3,91
6162,172 I	7	40	45	1,90	3,91
6439,073 I	6	150	50	2,53	4,45
6462,566 I	6	125	50	2,52	4,44
6493,780 I	6	80	30	2,52	4,43

### Кобальт Со

Потенциал ионизации 7,86 эв

2286,165 II	5	40	300 <i>l</i>	0,42	5,84
2307,84 II	5	25	50 <i>w</i>	0,50	5,87
2363,836 II	5	25	50	0,50	5,74
2378,636 II	5	25	50 <i>w</i>	0,42	5,62
2380,483 I	5	20 <i>d</i>	10	0,10	5,31
2383,46 II	4	15	30	0,50	5,70
2386,376 II	4	10	25	0,57	5,76
2407,249 I	7	100	2	0,00	5,15
2411,618 I	7	250 <i>R</i>	50	0,10	5,24
2424,932 I	7	250 <i>R</i>	—	0,00	5,11
2521,361 I	7	75 <i>R</i>	150	0,00	4,91
2528,967 I	7	50	—	0,10	5,00
2535,961 I	7	10 <i>r</i>	40	0,17	5,06
2987,162 I	6	75 <i>R</i>	50	0,00	4,15
2989,590 I	6	75 <i>R</i>	30	0,00	4,15
3044,004 I	8	400 <i>R</i>	—	0,00	4,07
3061,822 I	7	200 <i>R</i>	125	0,10	4,15
3086,777 I	7	200 <i>R</i>	—	0,22	4,24
3405,120 I	8	2000 <i>R</i>	150	0,43	4,07
3409,177 I	6	1000 <i>R</i>	125	0,51	4,15
3412,339 I	7	1000 <i>R</i>	100	0,51	4,15
3412,633 I		1000 <i>R</i>	40	0,00	3,63
3417,154 I	5	400 <i>R</i>	—	0,58	4,21
3421,628 I	6	500 <i>R</i>	40	2,03	5,66
3433,045 I	7	1000 <i>R</i>	150	0,63	4,24
3443,644 I	6	500 <i>R</i>	100	0,51	4,11
3449,170 I	8	500 <i>R</i>	125	0,58	4,17
3449,441 I		500 <i>R</i>	125	0,43	4,02
3453,514 I		9	3000 <i>R</i>	200	0,43

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего
3474,022 I	7	3000 R	100	0,00	3,57
3489,399 I	7	100 R	25	0,92	4,47
3495,682 I	7	1000 R	25	0,63	4,17
3502,278 I	8	2000 R	20	0,43	3,97
3894,073 I	7	1000 R	100	1,05	4,23
3995,306 I	7	1000 R	20	0,92	4,02
4121,319 I	6	1000 R	25	0,92	3,93
4867,870 I	4	800 W	100	3,12	5,66

### Кремний Si

Потенциал ионизации 8,149 эв

2303,03 I	2	10	6	1,91	7,29
2435,160 I	7	150	80	0,78	5,87
2438,77 I	4	30	20	0,00	5,08
2443,37 I	4	15	15	0,01	5,08
2452,12 I	4	20	20	0,03	5,08
2506,896 I	8	300	200	0,01	4,95
2514,315 I	8	300	200	0,00	4,93
<b>2516,109</b> I	9	500	500	0,03	4,95
2519,203 I	7	300	300	0,01	4,93
2524,108 I	8	400	400	0,01	4,92
2528,510 I	8	400	500	0,03	4,93
2532,38 I	4	30	40	1,91	6,80
2568,63 I	2	15	10	1,91	6,73
2631,28 I	5	60	50	1,91	6,62
<b>2881,595</b> I	9	500	400	0,78	5,08
2970,35 I	2	20	20	0,78	4,95
2987,65 I	5	100	100	0,78	4,93
3905,527 I	5	20	15 W	1,91	5,08
6347,091 II	1	2	50	8,12	10,07
6371,359 II	1	2	30	8,11	10,06

### Лантан La

Потенциал ионизации 5,61 эв

2297,78 III	2	2 h	150	0,20	5,59
2319,44 II	2	1	20	0,32	5,66
2379,42 III	2	—	60	0,00	5,21
2610,34 II	5	10	150	0,92	5,66
2672,906 II	3	3	30	2,30	6,94
2893,07 II	4	6	60	2,76	7,05
3104,58 II	5	200	50	0,00	3,99
3245,13 II	7	400	300	0,17	3,99
3249,35 II	6	300	80	0,17	3,99
3265,67 II	6	300	200	0,32	4,12
3303,11 II	6	400	150	0,23	3,99
<b>3337,49</b> II	8	800	300 wh	0,04	4,12
3344,56 II	6	300	200 wh	0,23	3,94

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв		
		дуга	искра	нижнего	верхнего	
3380,91	II	6	200	100	0,32	3,99
3949,10	II	7	1000	800	0,40	3,54
3988,51	II	7	1000	800	0,40	3,51
3995,74	II	6	600	300	0,17	3,27
4086,71	II	6	500	500	0,00	3,03
<b>4333,76</b>	II	9	800	500	0,17	3,03
4899,92	II	5	400	200	0,00	2,53

### Литий Li

Потенциал ионизации 5,390 эв

2475,061	I	2	100	5	0,00	5,01
2562,312	I	3	150	15	0,00	4,84
2741,204	I	5	200	—	0,00	4,52
<b>3232,61</b>	I	6	1000	500	0,00	3,83
4602,99	I	6	800	—	1,85	4,54
4971,92	I	4	500	—	1,85	4,34
6103,642	I	7	2000	300	1,85	3,88
<b>6707,844</b>	I	10	3000	200	0,00	1,85

### Лютеций Lu

Потенциал ионизации 6,15 эв

2392,18	II	5	30	100	2,15	7,33
<b>2615,42</b>	II	9	100	250	0,00	4,74
2765,74	I	5	20	3	0,51	4,99
2900,30	II	6	50	150	1,54	5,82
2911,39	II	7	100	300	1,76	6,02

### Магний Mg

Потенциал ионизации 7,644 эв

2733,509	I	3	25	—	2,71	7,25
2736,559	I	3	30	3	2,72	7,25
2776,695	I	6	30	20	2,71	7,18
2778,277	I	6	25	20	2,71	7,17
2779,832	I	7	40	50	2,72 2,71	7,18 7,17
2781,418	I	6	20	8	2,71	7,17
2782,974	I	6	15	15	2,72	7,17
2790,768	II	4	40	80	4,42	8,86
<b>2795,523</b>	II	9	150	300	0,00	4,43
2797,989	II	4	30	80	4,43	8,86
<b>2802,698</b>	II	9	150	300	0,00	4,42
2848,338	I	4	20	—	2,71	7,06
<b>2852,120</b>	I	10	300	100	0,00	4,35
2915,447	I	3	20	12	5,75	10,00
2928,625	II	3	25	100	4,42	8,65
2936,496	II	3	20	—	4,43	8,65
2936,735	I	3	12	—	2,71	6,93
2938,469	I	3	25	—	2,71	6,93

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего
2941,990 I	4	20	2 <i>h</i>	2,72	6,93
3091,076 I	4	80	10	2,71	6,72
3092,997 I	5	125	20	2,71	6,72
3096,902 I	6	150	25	2,72	6,72
3329,93 I	3	80	8	2,71	6,43
3332,17 I	3	100	25	2,71	6,43
3336,69 I	4	125	60	2,72	6,43
3829,355 I	4	100 <i>w</i>	150	2,71	5,95
3832,304 I	6	250	200	2,71	5,95
3838,292 I	6	300	200	2,72	5,95
4351,894 I	3	15	2	4,35	7,19
4702,991 I	3	8 <i>r</i>	3	4,35	6,98
5167,322 I	4	100 <i>wh</i>	50	2,71	5,11
5172,684 I	5	200 <i>wh</i>	100 <i>wh</i>	2,71	5,11
5183,604 I	6	500 <i>wh</i>	300	2,72	5,11

### Марганец Mn

Потенциал ионизации 7,432 эв

2384,049 I	2	40	3	0,00	5,21
2576,104 II	8	300 <i>R</i>	2000 <i>R</i>	0,00	4,81
2584,302 I	6	150 <i>w</i>	15	2,32	7,12
2593,731 II	8	200 <i>R</i>	1000 <i>R</i>	0,00	4,78
2595,763 I	5	200	25	2,32	7,09
2605,697 II	8	100 <i>R</i>	500 <i>R</i>	0,00	4,76
2794,817 I	10	1000 <i>R</i>	5	0,00	4,43
2798,270 I	10	800 <i>R</i>	80	0,00	4,42
2801,084 I	10	600 <i>R</i>	60	0,00	4,42
2914,599 I	5	150 <i>Wh</i>	—	2,28	6,53
2925,58 I	5	150 <i>Wh</i>	1 <i>Wh</i>	2,30	6,53
2933,051 II	7	80	15	1,17	5,40
2939,302 II	7	50	—	1,17	5,39
2940,392 I	4	40 <i>Wh</i>	—	2,32	6,53
2949,201 II	7	100	30	1,17	5,38
3044,567 I	6	100 <i>wh</i>	40	2,11	6,18
3243,780 I	5	100	75	2,16	5,98
3248,516 I	6	100	100	2,16	5,98
3252,948 I	5	75	50	2,18	5,99
3256,137 I	5	75	50	2,17	5,98
3258,413 I	5	75	40	2,19	5,99
3260,231 I	5	75	50	2,19	5,99
3264,711 I	5	75	50	2,14	5,94
3460,312 II	4	60	500	1,81	5,39
3531,848 I		40 <i>R</i>	30 <i>r</i>	2,28	5,78
3531,998 I	8	50 <i>h</i>	8	2,28	5,78
3532,121 I		50 <i>h</i>	30	2,28	5,78
3547,802 I		40 <i>h</i>	15	2,30	5,78
3548,029 I	8	40 <i>h</i>	15	2,30	5,78
3548,202 I		40 <i>h</i>	40	2,30	5,78

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего
3569,493 I	8	25 <i>h</i>	8	2,32	5,78
3569,804 I		12	5	2,32	5,78
3570,041 I		20 <i>R</i>	—	2,32	5,78
3570,100 I		20 <i>R</i>	15	—	—
4030,755 I	9	500 <i>r</i>	20	0,00	3,07
4033,073 I	9	400 <i>r</i>	20	0,00	3,07
4034,490 I	9	250 <i>r</i>	20	0,00	3,07
4451,586 I	4	125	100	2,89	5,67
4709,715 I	3	150	15	2,89	5,52
4727,476 I	3	150	20	2,92	5,54
4739,108 I	3	150	15	2,94	5,56
4754,042 I	6	400	60	2,28	4,89
4761,526 I	5	60	15	2,95	5,56
4762,376 I		100	40	2,89	5,49
4765,859 I		60	25	2,94	5,54
4766,430 I	5	80	30	2,92	5,52
4783,420 I	6	400	60	2,30	4,89
4823,516 I	6	400	80	2,32	4,89
6013,498 I	5	100 <i>h</i>	5	3,07	5,13
6016,637 I	5	80 <i>h</i>	5	3,07	5,13
6021,802 I	5	80 <i>h</i>	5	3,07	5,13

### Медь Cu

Потенциал ионизации 7,724 эв

2260,528 I	2	25	6	1,39	6,87
2263,079 I	3	30	10	1,64	7,12
2293,842 I	4	40 <i>wh</i>	10	1,39	6,79
2369,887 II	3	20	30	3,26	8,49
2392,627 I	3	250	7	1,64	6,82
2406,665 I	3	150	50	1,64	6,79
2441,637 I	4	200	100	0,00	5,08
2492,146 I	5	200 <i>r</i>	50	0,00	4,97
2618,366 I	5	500 <i>w</i>	100	1,39	6,12
2627,365 I	1	7	—	4,84	9,55
2630,004 I	1	12	2 <i>h</i>	4,84	9,55
2723,953 I	1	50	1 <i>h</i>	5,10	9,65
2751,29 I	1	10 <i>w</i>	—	5,15	9,66
2766,371 I	4	500	25	1,64	6,12
2768,878 I	2	25	1 <i>h</i>	5,07	9,55
2824,370 I	6	1000	300	1,39	5,78
2882,934 I	3	3	—	1,39	5,69
2961,165 I	5	350	300	1,39	5,57
2978,295 I	1	10	1 <i>h</i>	5,39	9,56
2979,380 I	1	9	—	5,39	9,55
2997,364 I	3	300	30	1,64	5,78
2998,384 I	1	20	2 <i>h</i>	1,39	5,52
3010,838 I	4	250	30	1,39	5,51
3021,544 I	3	25	5	5,07	9,17

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего
3036,101 I	4	200	50	1,64	5,72
3063,411 I	4	300	50	1,64	5,69
3073,798 I	3	70	20	1,39	5,42
3088,132 I	2	30	7	5,08	9,09
3093,989 I	3	150	50	1,39	5,39
3099,934 I	3	60	10	4,84	8,84
3108,605 I	3	20	5	4,84	8,82
3116,348 I	2	50	12	4,84	8,81
3126,108 I	3	80	20	4,84	8,80
3128,701 I	2	70	15	4,97	8,93
3140,312 I	2	50	12	4,84	8,78
3142,444 I	2	60	15	4,97	8,92
3146,821 I	2	100	20	4,97	8,91
3156,629 I	1	50	15	1,64	5,57
3169,681 I	2	50	20	5,15	9,06
3194,099 I	4	70	60	1,64	5,52
3208,231 I	3	25	15	1,64	5,51
3223,435 I	1	20	10	5,24	9,09
3224,664 I	1	25	10	5,24	9,09
3226,602 I	1	12	7	5,08	8,92
3231,175 I	2	15	10	5,10	8,94
3235,713 I	2	15	7	5,24	9,07
3243,164 I	3	15	15	5,10	8,92
3247,540 I	10	5000 R	2000 R	0,00	3,82
3266,023 I	1	20	15	5,57	9,37
3268,278 I	1	15	10	5,15	8,94
3273,957 I	10	3000 R	1500 R	0,00	3,79
3279,816 I	4	25	30	1,64	5,42
3282,716 I	3	25	15 W	5,15	8,93
3290,544 I	3	25	25	5,07	8,84
3292,830 I	1	10	2	1,39	5,15
3307,948 I	4	60	30	5,07	8,82
3317,223 I	2	60	20	5,10	8,84
3319,684 I	1	60	20	5,10	8,84
3329,636 I	1	60	10	5,10	8,82
3337,844 I	4	70	50	1,39	5,10
3349,292 I	2	70	40	5,24	8,94
3354,474 I	1	30	10 h	5,24	8,94
3365,349 I	2	70	30	5,10	8,78
3381,421 I	1	20	7	5,15	8,82
3450,332 I	2	150	30	5,78	9,37
3475,999 I	1	25	10	5,52	9,09
3483,761 I	1	60	25	5,51	9,06
4022,657 I	2	400	25	3,79	6,87
4062,698 I	2	500 w	20	3,82	6,87
4509,388 I	2	150	30	5,24	7,99
4586,954 I	3	250 w	80 w	5,10	7,80
4651,134 I	2	250	40	5,07	7,74

Длина волны, $\text{\AA}$	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего
5105,541 I	4	500	—	1,39	3,82
5153,235 I	4	600	—	3,79	6,19
5218,202 I	4	700	—	3,82	6,19
5700,240 I	3	350	—	1,64	3,82
5782,132 I	6	1000	—	1,64	3,79

### Молибден Mo

Потенциал ионизации 7,10 эв

2471,967 I	2	50 <i>h</i>	2	1,33	6,35
2784,992 II	6	100	200	2,10	6,55
2807,755 II	5	60	80 <i>h</i>	1,54	5,95
2816,154 II	7	200	300 <i>h</i>	1,67	6,07
2848,232 II	8	125	200 <i>h</i>	1,60	5,95
2871,508 II	7	100	100 <i>h</i>	1,54	5,86
2903,069 II	4	20	100 <i>h</i>	3,28	7,55
3085,615 I	6	125	25	2,08	6,09
3132,591 I	9	1000 <i>R</i>	300 <i>R</i>	0,00	3,96
3158,156 I	8	300 <i>R</i>	30 <i>r</i>	0,00	3,92
3170,333 I	9	1000 <i>R</i>	25 <i>r</i>	0,00	3,91
3193,969 I	9	1000 <i>r</i>	50 <i>r</i>	0,00	3,88
3208,838 I	8	150 <i>r</i>	60	0,00	3,86
3798,259 I	9	1000 <i>R</i>	1000 <i>R</i>	0,00	3,26
3864,115 I	9	1000 <i>R</i>	500 <i>R</i>	0,00	3,21
3902,968 I	9	1000 <i>R</i>	500 <i>R</i>	0,00	3,18
4276,912 I	6	30	30	2,07	4,97
4277,246 I		30	30	1,53	4,43
5506,51 I	6	200 <i>r</i>	100	1,33	3,58
5533,01 I	6	200	100	1,33	3,57
5570,46 I	5	200	100	1,33	3,56
6030,66 I	4	300	125	1,53	3,58

### Мышьяк As

Потенциал ионизации 9,81 эв

2288,12 I	7	250 <i>R</i>	5	1,35	6,77
2349,84 I	7	250 <i>R</i>	18	1,31	6,59
2369,67 I	4	40 <i>r</i>	20	2,31	7,54
2370,77 I	4	50 <i>r</i>	3	2,31	7,54
2381,18 I	4	75	4	1,35	6,56
2437,23 I	3	25	2	1,31	6,40
2456,53 I	4	100 <i>r</i>	8	1,35	6,40
2492,91 I	4	25	5	1,31	6,28
2745,00 I	4	8 <i>R</i>	8	2,25	6,77
2780,22 I	6	75 <i>R</i>	75	2,31	6,77
2860,44 I	6	50 <i>r</i>	50	2,25	6,59
2898,71 I	4	25 <i>r</i>	40	2,31	6,59
2990,99 I	1	10	18	2,25	6,40
3032,85 I	4	125	70	2,31	6,40

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв		
		дуга	искра	нижнего	верхнего	
3075,32	I	2	60	35	2,25	6,29
3119,60	I	2	100	50	2,31	6,28
<b>Натрий Na</b>						
Потенциал ионизации 5,138 эв						
2680,335	I	3	60 R	10	0,00	4,62
2680,443	I		40 R	—	0,00	4,62
2852,828	I	4	100 R	20	0,00	4,34
2853,031	I		80 R	15	0,00	4,34
3302,34	I	6	600 R	300 R	0,00	3,75
3302,94	I	6	300 R	150 R	0,00	3,75
4664,858	I	2	80	—	2,10	4,76
4668,560	I	3	200	100	2,10	4,76
4978,541	I	3	15	10	2,10	4,59
4982,813	I	4	200 wh	100	2,10	4,59
5682,633	I	4	80	—	2,10	4,28
5688,205	I	5	300	—	2,10	4,28
5889,953	I	10	9000 R	1000 R	0,00	2,10
5895,923	I	10	5000 R	500 R	0,00	2,10
6154,225	I	3	500	100	2,10	4,12
6160,747	I	4	500	100	2,10	4,12
<b>Неодим Nd</b>						
Потенциал ионизации ~ 5,45 эв						
3115,172	II	5	4	2	—	—
4156,083	II	8	10	20	0,18	3,16
4303,573	II	8	100	40	0,00	2,88
<b>Никель Ni</b>						
Потенциал ионизации 7,633 эв						
2264,457	II	5	150	400	1,24	6,72
2270,213	II	5	100	400	1,15	6,61
2278,773	I	5	12	25	0,00	7,09
2299,646	II	2	3	15	0,28	8,22
2310,952	I	7	50 R	10 s	0,00	5,36
2312,335	I	7	30 W	6	0,17	5,52
2316,034	II	7	15	25 w	1,04	6,38
2320,026	I	7	30 R	5 l	0,00	5,34
2321,377	I	7	20 R	10	0,27	5,61
2325,794	I	7	30 R	9	0,17	5,49
2329,963	I	6	12 R	10	0,27	5,59
2331,700	I	3	10 h	2	0,00	5,30
2345,539	I	7	18 r	—	0,00	5,27
2375,426	II	4	10	30	1,85	7,08
2376,016	I	5	15	5	0,11	5,30
2394,518	II	5	18	20	1,67	6,86

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Габрисону [11]		Энергия уровней, эв		
		дуга	искра	нижнего	верхнего	
2416,134	II	4	40	250 <i>h</i>	1,85	6,98
2437,892	II	4	40 <i>w</i>	200	1,67	6,76
2441,665	I	4	18	4	0,21	5,29
2943,912	I	6	50 <i>r</i>	20	0,03	4,23
2981,645	I	7	80 <i>r</i>	20	0,11	4,27
2992,595	I	7	80 <i>R</i>	10	0,03	4,17
2994,460	I	7	125	10	0,03	4,17
3002,491	I	9	1000 <i>R</i>	100	0,03	4,15
3003,629	I	8	500 <i>R</i>	80	0,11	4,23
3012,004	I	8	800 <i>R</i>	125 <i>W</i>	0,42	4,53
3037,935	I	8	800 <i>R</i>	100	0,03	4,11
3050,819	I	9	1000 <i>R</i>	—	0,03	4,09
3054,316	I	7	400 <i>R</i>	100	0,11	4,17
3057,638	I	8	400 <i>R</i>	125	0,21	4,27
3064,623	I	6	200 <i>r</i>	50	0,11	4,15
3101,554	I	7	1000 <i>R</i>	150	0,11	4,11
3101,879	I	7	400 <i>R</i>	150	0,42	4,42
3134,108	I	7	1000 <i>R</i>	150	0,21	4,17
3369,573	I	7	500 <i>R</i>	100	0,00	3,68
3380,574	I	8	600 <i>R</i>	100	0,42	4,09
3380,885	I		200	12	0,27	3,94
3392,992	I	7	600 <i>R</i>	—	0,03	3,67
3414,765	I	9	1000 <i>R</i>	50 <i>wh</i>	0,03	3,65
3423,711	I	7	600 <i>R</i>	25	0,21	3,83
3433,558	I	7	800 <i>R</i>	50 <i>wh</i>	0,03	3,64
3446,263	I	7	1000 <i>R</i>	50 <i>h</i>	0,11	3,71
3452,890	I	7	600 <i>R</i>	50	0,11	3,70
3458,474	I	8	800 <i>R</i>	50 <i>h</i>	0,21	3,80
3461,652	I	8	800 <i>R</i>	50 <i>h</i>	0,03	3,61
3472,545	I	7	800 <i>R</i>	40	0,11	3,68
3492,956	I	8	1000 <i>R</i>	100 <i>h</i>	0,11	3,66
3515,054	I	9	1000 <i>R</i>	50 <i>h</i>	0,11	3,64
3524,541	I	8	1000 <i>R</i>	100 <i>wh</i>	0,03	3,54
3566,372	I	7	2000 <i>R</i>	100 <i>wh</i>	0,42	3,90
3597,705	I	6	1000 <i>r</i>	50 <i>h</i>	0,21	3,66
3619,392	I	8	2000 <i>R</i>	150 <i>h</i>	0,42	3,85
3858,301	I	6	800 <i>r</i>	70 <i>h</i>	0,42	3,64
4714,421	I	5	1000	8	3,38	6,01
5035,374	I	4	300 <i>w</i>	5	3,64	6,09
5476,906	I	4	400 <i>w</i>	8	1,83	4,09

### Ниобий Nb

Потенциал ионизации 6,88 эв

2295,681	II	4	15	30	0,15	5,55
2302,085	II	4	15	30	0,99	5,48
2376,398	II	3	8	60	0,10	5,31
2412,460	II	3	5	100	1,03	6,17
2716,630	II	7	10	200	0,15	4,71

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего
2841,146 II	5	10	100	0,38	4,74
2875,386 II	7	50 <i>r</i>	300	0,38	4,69
2876,951 II	6	40 <i>W</i>	500 <i>W</i>	0,44	4,75
2883,178 II	7	100	800 <i>R</i>	0,44	4,74
2908,243 II	6	20 <i>r</i>	200	0,29	4,55
2927,804 II	7	200	800 <i>r</i>	0,51	4,75
2950,876 II	7	150	200	0,51	4,71
3094,172 II	8	100	1000	0,51	4,52
3130,780 II	8	100	100	0,44	4,40
3163,403 II	7	15	8	0,38	4,29
4058,933 I	7	1000 <i>w</i>	400 <i>w</i>	0,13	3,18
4079,726 I	7	500 <i>w</i>	200 <i>w</i>	0,09	3,12
4672,091 I	6	150	100	0,35	3,00
4675,370 I	5	50 <i>w</i>	30 <i>w</i>	0,27	2,92

### Олово Sn

Потенциал ионизации 7,342 эв

2267,190 I	3	15	10	1,07	6,53
2268,910 I	6	100 <i>R</i>	100 <i>R</i>	0,42	5,88
2286,680 I	5	60	40	0,42	5,85
2317,228 I	6	100 <i>R</i>	100 <i>R</i>	1,07	6,42
2334,808 I	6	100 <i>R</i>	100 <i>R</i>	0,21	5,52
2354,845 I	7	150 <i>R</i>	150 <i>R</i>	0,21	5,47
2380,744 I	3	10	10	0,21	5,42
2408,150 I	4	30	30	1,07	6,21
2421,693 I	7	150 <i>R</i>	200 <i>R</i>	1,07	6,19
2429,495 I	7	200 <i>R</i>	250 <i>R</i>	0,42	5,53
2455,252 I	4	12	12	0,42	5,47
2483,403 I	4	125	125	0,42	5,42
2495,719 I	5	100	100	1,07	6,03
2546,552 I	6	100	100	0,00	4,87
2571,592 I	5	100	125	1,07	5,89
2594,423 I	4	60	80	1,07	5,85
2661,248 I	5	100	80	0,21	4,87
2706,510 I	7	200 <i>R</i>	150 <i>R</i>	0,21	4,79
2779,817 I	5	80	100	1,07	5,53
2785,031 I	4	60	60	1,07	5,52
2787,929 I	3	50	50	2,12	6,57
2812,566 I	4	12	15	2,13	6,53
2813,582 I	5	50	50	1,07	5,47
2839,989 I	9	300 <i>R</i>	300 <i>R</i>	0,42	4,79
2850,618 I	6	80	100 <i>wh</i>	1,07	5,41
2863,327 I	9	300 <i>R</i>	300 <i>R</i>	0,00	4,33
2913,542 I	5	100 <i>wh</i>	125 <i>wh</i>	2,13	6,38
3009,136 I	8	300 <i>h</i>	200 <i>h</i>	0,21	4,33
3032,775 I	6	50	20	2,13	6,21
3034,121 I	9	200 <i>wh</i>	150 <i>wh</i>	0,21	4,29
3141,809 I	3	20	30	2,13	6,07

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уловней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего
3175,019 I	9	500 <i>h</i>	400 <i>hr</i>	0,42	4,33
3262,340 I	7	400 <i>h</i>	300 <i>h</i>	1,07	4,87
3330,620 I	5	100 <i>h</i>	100 <i>h</i>	1,07	4,79
3801,022 I	6	200 <i>h</i>	150 <i>h</i>	1,07	4,33
4524,744 I	5	500 <i>wh</i>	50	2,13	4,87
5631,707 I	4	50	200	2,13	4,33

### Осмий Os

Потенциал ионизации 8,73 эв

2488,548 I	5	50 <i>w</i>	15	0,64	5,62
2838,626 I	6	100 <i>R</i>	100	0,64	5,00
2909,061 I	8	500 <i>R</i>	400	0,00	4,26
3058,66 I	9	500 <i>R</i>	500	0,00	4,05

### Палладий Pd

Потенциал ионизации 8,33 эв

2922,492 I	5	200	25	0,81	5,05
3404,60 I	9	2000 <i>R</i>	1000 <i>R</i>	0,81	4,45
3421,24 I	10	2000 <i>R</i>	1000 <i>R</i>	0,96	4,58

### Платина Pt

Потенциал ионизации 8,96 эв

2440,057 I	6	800 <i>w</i>	100 <i>wh</i>	0,00	5,08
2467,443 I	6	800 <i>R</i>	100	0,00	5,02
2487,168 I	6	600 <i>r</i>	20	0,00	4,98
2646,886 I	6	1000 <i>h</i>	100	0,00	4,68
2659,454 I	9	2000 <i>R</i>	500 <i>R</i>	0,00	4,66
2702,399 I	8	1000	300	0,10	4,68
2830,295 I	8	1000 <i>R</i>	600 <i>r</i>	0,00	4,38
2913,542 I	4	300	25	1,26	5,51
2929,794 I	8	800 <i>R</i>	200 <i>w</i>	0,00	4,23
2997,97 I	8	1000 <i>R</i>	200 <i>r</i>	0,10	4,23
3042,65 I	7	200 <i>R</i>	250 <i>R</i>	0,10	4,18
3064,71 I	9	2000 <i>R</i>	300 <i>R</i>	0,00	4,04
4442,552 I	5	800	25	1,25	4,04

### Празеодим Pr

Потенциал ионизации 5,42 эв

3121,571 II	3	50	4	—	—
3163,74 II	3	4	—	—	—
3168,24 II	3	25	5	—	—
3172,31 II	3	25	5	—	—
3219,551 II	3	20	5	—	—
3908,431 II	5	100	60	0,37	3,54
4179,422 II	6	200	40	0,20	3,17

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего

### Рений Re

Потенциал ионизации 7,876 эв

2274,65	I	3	10	7	0,00	5,45
2365,90	I	3	15	4	0,00	5,24
3451,880	I	8	100	—	0,00	3,59
<b>3460,465</b>	I	9	1000 <i>W</i>	—	0,00	3,58
<b>3464,726</b>	I	8	100	—	0,00	3,58
4889,14	I	6	2000 <i>w</i>	—	0,00	2,54

### Родий Rh

Потенциал ионизации 7,463 эв

2290,03	II	3	25	500	2,30	7,71
2334,77	II	3	25	500	2,09	7,40
2458,904	II	3	50	300	2,45	7,49
2461,036	II	3	80	200 <i>wh</i>	2,30	7,33
2490,770	II	3	100	1000 <i>wh</i>	2,09	7,07
3123,697	I	4	150	2	0,00	3,97
3323,092	I	7	1000	200	0,19	3,92
3396,85	I	8	1000 <i>w</i>	500	0,00	3,65
<b>3434,893</b>	I	9	1000 <i>r</i>	200 <i>r</i>	0,00	3,61
3657,987	I	6	500 <i>W</i>	200 <i>W</i>	0,19	3,58
3692,357	I	6	500 <i>hd</i>	150 <i>wd</i>	0,00	3,36
4374,80	I	6	1000 <i>W</i>	500	0,71	3,54

### Ртуть Hg

Потенциал ионизации 10,437 эв

2378,33	I	1	20	20	4,67	9,87
2482,008	I	1	30	5	4,89	9,88
2482,721	I	1	25	10	4,89	9,88
2483,829	I	1	30	5 <i>h</i>	4,88	9,87
2534,775	I	1	30	30	4,67	9,56
<b>2536,519</b>	I	8	2000 <i>R</i>	1000 <i>R</i>	0,00	4,89
2652,042	I	1	100	60	4,89	9,56
2653,681	I	1	80	40	4,89	9,56
2655,121	I	1	80	40	4,89	9,56
2893,595	I	1	40	50	4,89	9,17
2967,278	I	2	100 <i>w</i>	100	4,67	8,84
3021,499	I	1	80	40	5,46	9,56
3125,668	I	4	200	150	4,89	8,85
3131,546	I	4	400	300	4,89	8,84
3131,845	I	4	200	100	4,89	8,84
3341,478	I	1	100	100	5,46	9,17
4046,557	I	2	200	300	4,67	7,73
4358,343	I	4	3000 <i>w</i>	500	4,89	7,73

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего

### Рубидий Rb

Потенциал ионизации 4,176 эв

3587,08	I	2	200	40	0,00	3,47
4201,851	I	5	2000 R	500	0,00	2,95
4215,556	I	4	1000 R	300	0,00	2,94
5724,453	I	3	600	—	1,59	3,75
6206,309	I	3	800	100	1,56	3,56
6298,327	I	5	1000	150	1,59	3,56

### Рутений Ru

Потенциал ионизации 7,364 эв

2272,089	I	3	100	3	0,00	5,45
2279,569		3	100	10	—	—
2357,914	II	3	60	100	1,13	6,39
2402,717	II	5	100	150 r	1,13	6,29
2455,530	II	4	80	100 r	1,26	6,31
2678,758	II	6	100	300	1,13	5,76
2810,033	I	5	50	12	0,26	4,67
2810,553	I	6	50	200	0,15	4,56
2886,536	I	6	60	50	0,34	4,63
3436,737	I	9	300 R	150	0,15	3,75
3498,942	I	9	500 R	200	0,00	3,54
3661,353	I	8	60	100	0,15	3,53
4554,509	I	6	1000 R	200	0,81	3,53

### Самарий Sm

Потенциал ионизации 5,6 эв

3207,176	II	4	50	9	0,00	3,86
3365,863	II	5	25	10	—	—
3402,464	II	4	50	10	0,38	4,02
4280,789	II	5	200	200	0,48	3,38
4424,339	II	5	300	300	0,48	3,29

### Свинец Pb

Потенциал ионизации 7,415 эв

√ 2332,426	I	3	60	30	1,32	6,63
2388,774	I	2	40	18	1,32	6,51
√ 2393,794	I	5	2500	1000	1,32	6,50
√ 2399,583	I	2	35	12	1,32	6,48
√ 2401,946	I	3	50	40	0,97	6,13
√ 2411,735		3	75	15	1,32	6,46
2428,644	I	1	10 h	8	2,66	7,76
2443,838	I	3	100 w	15	0,97	6,04
2446,188	I	3	150 w	15	0,97	6,04
√ 2476,379	I	5	150 wh	25	0,97	5,97
√ 2577,263	I	4	100 wh	40	1,32	6,13

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гэриссону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего
2613,653 I	3	50 R	5	0,97	5,71
2614,178 I	7	200 r	80	0,97	5,71
2628,263 I	2	50	10	1,32	6,04
2650,4 I	1	100	80	2,66	7,34
2663,166 I	7	300 wh	40	1,32	5,97
2697,527 I	2	15 wh	5 h	2,66	7,24
2802,003 I	8	250 Rh	100 h	1,32	5,74
2823,189 I	5	150 R	40	1,32	5,71
2833,069 I	9	500 R	80 R	0,00	4,37
2873,316 I	6	100 R	60	1,32	5,63
3220,538 I	2	50 h	5	2,66	6,51
3240,192 I	2	30 h	—	2,66	6,49
3262,353 I	1	20 h	5 h	2,68	6,48
3572,734 I	4	200	20	2,66	6,13
3639,568 I	7	300	50 h	0,97	4,37
3683,469 I	7	300	50	0,97	4,33
3739,940 I	4	150	60 h	2,66	5,97
4057,812 I	8	2000 R	300 R	1,32	4,37
4168,045 I	2	20	10	2,66	5,63
5005,433 I	2	20	4	3,65	6,13

### Селен Se

Потенциал ионизации 9,752 эв

2413,517 I	3	—	[125]	1,18	6,32
2547,98 I	2	—	[60]	2,77	7,64

### Сера S

Потенциал ионизации 10,357 эв

3324,87 III	—	—	—	17,73	21,46
3497,34 III	—	—	[100]	—	—

### Серебро Ag

Потенциал ионизации 7,574 эв

2309,644 I	2	150 h	200 h	3,74	9,11
2317,033 II	1	15	100	5,42	10,77
2324,677 II	1	15	100 wh	4,85	10,18
2331,370 II	1	18	150 wh	5,05	10,37
2375,016 I	2	300 wh	300 wh	3,74	8,96
2437,791 II	3	60	500 wh	4,85	9,94
2721,768 I	2	20	25	3,74	8,30
2824,370 I	2	150 wh	200 w	3,74	8,13
3280,682 I	10	2000 R	1000 R	0,00	3,78
3382,891 I	10	1000 R	700 R	0,00	3,66
4055,264 I	2	800 R	500 R	3,66	6,72
4476,079 I	2	40	8	3,66	6,43
5209,067 I	5	1500 R	1000 R	3,66	6,04
5465,487 I	5	1000 R	500 R	3,78	6,04

Длина волны, $\text{\AA}$	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего

### Скандий Sc

Потенциал ионизации 6,54 эв

2552,38	II	8	25	40	0,02	4,88
2555,84	II	6	10	20	0,00	4,85
2560,26	II	7	10	30	0,01	4,85
2563,23	II	6	10	20	0,00	4,84
2822,17	II	4	50	20	3,48	7,87
3269,904	I	8	30	12	0,00	3,79
3353,734	II	9	50	60	0,32	4,01
3368,946	II	8	50	20	0,01	3,69
3372,151	II	8	7	150	0,02	3,70
4246,829	II	10	80	500	0,32	3,23

### Стронций Sr

Потенциал ионизации 5,692 эв

2281,999	II	2	8	5	2,94	8,37
2322,355	II	3	8	5	3,03	8,37
2307,4	I	1	3	—	0,02	5,35
2354,319	I	2	5 R	—	0,00	5,24
2428,095	I	3	10 h	—	0,00	5,10
2471,597	II	2	8	5	3,03	8,05
2931,830	I	4	30	8	0,00	4,23
3351,246	I	5	300	15	1,85	5,55
3380,711	II	5	150	200	2,94	6,61
3464,457	II	6	200	200	3,04	6,62
4077,714	II	9	400 r	500 W	0,00	3,04
4215,524	II	9	300 r	400 W	0,00	2,94
4607,331	I	9	1000 R	50 R	0,00	2,69
6408,463	I	6	50	20	2,28	4,21
6617,259	I	5	150	—	2,26	4,13

### Сурьма Sb

Потенциал ионизации 8,639 эв

2262,538	I	3	40	25	2,03	7,50
2288,986	I	2	20	10	1,22	6,64
2293,46	I	3	25	10	1,22	6,63
2306,50	I	3	35	30	2,03	7,41
2311,469	I	7	150 R	50	0,00	5,36
2373,623	I	3	75	25	2,29	7,51
2383,63	I	3	75	20	2,29	7,49
2422,14	I	3	50	20	2,29	7,41
2426,352	I	3	75	25	2,03	7,14
2445,515	I	4	75	30	1,06	6,12
2510,529	I	2	50	20	1,06	5,99
2528,535	I	8	300 R	200	1,22	6,12
2554,617	I	2	30	10	2,29	7,14
2574,113	I	3	30	40	2,03	6,85
2598,062	I	7	200	100	1,06	5,82

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв		
		дуга	искга	нижнего	верхнего	
2612,301	I	5	50	60	2,29	7,03
2652,606	I	5	50	75	2,29	6,96
2670,643	I	5	50	35	1,06	5,70
2682,762	I	4	50	35	2,29	6,91
2692,253	I	3	40	40	2,03	6,64
2718,893	I	4	50	50	2,29	6,85
2727,21	I	3	30	30	2,29	6,83
2769,939	I	6	100	75	1,22	5,69
2851,112	I	3	50	45	2,29	6,64
2877,915	I	7	250 W	150	1,06	5,36
3029,83	I	5	100	200 wh	2,03	6,12
3232,52	I	6	150	250 wh	2,29	6,12
3267,51	I	6	150	150 Wh	2,03	5,83
3383,15	I	3	40	50	2,03	5,70

### Галлий Tl

Потенциал ионизации 6,106 эв

2315,98	I	3	60 R	—	0,00	5,35
2379,69	I	4	100 R	200 R	0,00	5,21
2580,14	I	4	100 R	80 R	0,00	4,80
2709,23	I	4	400 R	200 R	0,97	5,54
2767,87	I	7	400 R	300 R	0,00	4,48
2826,16	I	3	200 R	100 R	0,97	5,35
2918,32	I	5	400 R	200 R	0,97	5,21
2921,52	I	4	200 R	100 R	0,97	5,21
3229,75	I	4	2000	800	0,97	4,80
3519,24	I	7	2000 R	1000 R	0,97	4,49
3529,38	I	5	1000	800	0,97	4,48
3775,724	I	9	3000	1000 R	0,00	3,28
5350,527	I	9	5000 R	2000 R	0,97	3,28

### Тантал Ta

Потенциал ионизации 7,88 эв

2400,63	II	5	4	2	0,77	5,93
2432,701	II	4	300 r	400	0,77	5,86
2635,583	II	6	8	12	0,13	4,83
2653,274	I	5	200	15	0,25	4,92
2656,61	I	5	200 R	2	0,00	4,67
2685,11	II	7	15	25	0,51	5,13
2714,674	I	6	200	8	0,00	4,57
3311,162	I	5	300 w	70 w	0,70	4,44
3317,928	I	3	200	25 W	0,49	4,23
3318,840	I	4	125	35	0,25	3,98
6485,37	I	4	500	—	1,65	3,56

### Теллур Te

Потенциал ионизации 9,009 эв

2259,04	I	4	—	[10]	0,00	5,49
2285,55	I	3	—	—	—	—

Длина волны, $\text{\AA}$		Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
			дуга	искра	нижнего	верхнего
2383,25	I	6	500	300	0,58	5,78
2385,76	I	7	600	[300]	0,59	5,78
2530,70	I	4	—	[30]	0,59	5,49
<b>Тербий Tb</b>						
Потенциал ионизации 5,98 эв						
3324,40	II	6	70	50	—	—
3509,17	II	6	200	200	—	—
3899,19	II	5	200	100	—	—
4326,47	I	5	150	4	—	—
<b>Титан Ti</b>						
Потенциал ионизации 6,836 эв						
2418,37	I	3	20	—	0,00	5,12
2421,31	I	3	25	1	0,02	5,14
2424,26	I	3	30	1	0,05	5,16
2590,256	I	3	30	1	0,02	4,81
2841,914	II	5	40	125	0,61	4,97
2941,995	I	5	100	150	0,00 3,83	4,21 8,04
2948,255	I	5	100	30	0,02	4,22
2956,133	I	6	125	25	0,05	4,24
3072,971	II	7	35	200 <i>r</i>	0,00	4,03
3075,225	II	9	40	300 <i>R</i>	0,01	4,04
3078,645	II	9	60	500 <i>R</i>	0,03	4,05
3088,027	II	9	70	500 <i>R</i>	0,05	4,06
3186,451	I	6	150	80	0,00	3,89
3191,994	I	7	100	20	0,02	3,90
3199,915	I	7	200	150	0,05	3,92
3234,517	II	9	100	500 <i>r</i>	0,05	3,88
3236,573	II	9	70	300 <i>r</i>	0,03	3,86
3239,037	II	9	60	300 <i>R</i>	0,01	3,84
3241,984	II	9	60	300 <i>R</i>	0,00	3,82
3341,875	I, II	6	100	300 <i>R</i>	0,00 0,57	3,71 4,28
3349,035	II	9	125	800 <i>R</i>	0,61	4,31
3349,406	II		100	400 <i>R</i>	0,05	3,75
3354,634	I	7	100	20	0,02	3,72
3361,213	II	9	100	600 <i>R</i>	0,03	3,72
3370,436	I	5	80	15	0,00	3,68
3371,447	I	6	100	15	0,05	3,72
3372,800	II	9	80	400 <i>R</i>	0,01	3,69
3377,485	I	7	15	10	0,05	3,72
3377,577	II		20	15	0,02	3,69
3385,944	I	6	80	25	0,05	3,71
3387,834	II	7	60	125	0,03	3,69
3635,462	I	6	200	100	0,00	3,41
3642,675	I	6	300	125	0,02	3,42
3653,497	I	7	500	200	0,05	3,44

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего
3729,806 I	7	500	150	0,00	3,32
3741,059 I	5	150 r	40	0,02	3,33
3752,860 I	6	200	80	0,05	3,35
3958,206 I	6	150	100	0,05	3,18
3981,761 I	6	100	70	0,00	3,11
3989,758 I	6	150	100	0,02	3,13
3998,635 I	6	150	100	0,05	3,15
4300,566 I	6	125	20	0,83	3,71
4301,089 I	6	150	50	0,84	3,72
4305,910 I	6	300	150	0,85	3,73
4533,238 I	6	150	40	0,85	3,58
4534,782 I	6	100	40	0,84	3,57
4535,574 I	6	80	50	0,83	3,56
4535,922 I		40	20	0,82	3,55
4536,051 I		40	20	0,81	3,55
4981,732 I	6	300	125	0,85	3,34
4991,067 I	5	200	100	0,84	3,32
4999,504 I	5	200	80	0,83	3,30
5007,209 I	5	200	40	0,82	3,29
5014,277 I	5	100	30	0,81	3,28

### Торий Th

Потенциал ионизации 6,2 эв

2326,922 II	3	6	4	0,23	5,56
2597,05 II	4	20	5	0,00	4,77
2692,422 II	6	20	20	0,00	4,60
2752,172 II	6	15	12	0,19	4,69
2832,319 II	7	18	25	0,51	4,89
2837,299 II	7	15	10	—	—
2842,815 II	6	12	10	0,19	4,55
2870,413 II	7	18	20	0,23	4,55
3108,298 II	6	15	20	—	—
3119,484 II	6	15	15	0,52	4,49

### Тулий Tu

Потенциал ионизации 6,18 эв

3131,257 II	6	400	500	0,00	3,96
4105,843 I	6	300	30	0,00	3,02
4187,616 I	6	300	30	0,00	2,96

### Углерод C

Потенциал ионизации 11,256 эв

2296,89 III	—	—	6	12,69	18,09
2478,556 I	4	400	[400]	2,68	7,68
4267,27 II	—	—	500	18,05	20,95

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего

### Уран U

Потенциал ионизации ~ 6,2 эв

2635,528		4	25	50	—	—
<b>2865,679</b> II		5	30	50	0,00	4,33
2889,627 II		4	30	50	0,04	4,33
2906,798	}	4	15	50	—	—
2906,913			18	15	—	—
2908,275	}	4	12	30	—	—
2908,410			8	8	—	—
2941,919 II		4	15	30	0,69	4,90
3022,207 II		4	12	12	—	—
3024,385		4	25 r	20 r	—	—

### Фосфор P

Потенциал ионизации 10,484 эв

2534,01 I		5	50	[20]	2,32	7,21
<b>2535,65</b> I		6	100	[30]	2,32	7,21
2553,28 I		6	80	[20]	2,32	7,18
2554,93 I		5	60	[20]	2,32	7,18

### Фтор F

Потенциал ионизации 17,418 эв

3847,09 II		—	—	[1000]	21,90	25,12
3849,99 II		—	—	[800]	21,90	25,12
6239,64 I		—	—	[300]	12,70	14,68
6348,50 I		—	—	[200]	12,73	14,68

### Хлор Cl

Потенциал ионизации 13,017 эв

3340,42 III		—	—	—	{ 21,65	25,36
					{ 21,58	25,29
3602,10 III		—	—	—	21,65	25,08

### Хром Cr

Потенциал ионизации 6,764 эв

2408,60 I		3	150 r	2 r	1,03	6,18
2677,19 II		7	35	300 r	1,55	6,18
2726,496 I		5	300 r	40	0,94	5,49
2731,895 I		5	300 r	30	0,94	5,48
2835,63 II		7	100	400 r	1,55	5,92
2843,24 II		7	125	400 r	1,53	5,88
2849,83 II		7	80	150 r	1,51	5,86
3005,057 I		6	300 r	125	1,02	5,15
3014,760 I		6	300 r	100	0,97	5,08
3015,194 I		5	200 r	80	0,96	5,07
3017,569 I		7	300 r	200	1,00	5,11
3020,673 I		5	200 r	100	0,97	5,07

Длина волны, $\text{Å}$	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего
3021,558 I	7	300 r	200 r	1,03	5,13
3024,350 I	6	300 r	125	0,98	5,08
3034,190 I	5	200 r	60	1,00	5,09
3040,846 I	5	500 R	200	1,00	5,08
3053,880 I	6	3 r	150	1,03	5,09
3578,687 I	8	500 R	400 r	0,00	3,46
3593,488 I	8	500 R	400 R	0,00	3,45
3605,333 I	8	500 R	400 R	0,00	3,44
3963,690 I	5	300	300	2,54	5,67
4254,346 I	9	5000 R	1000 R	0,00	2,91
4274,803 I	9	4000 R	800 R	0,00	2,90
4289,721 I	9	3000 R	800 r	0,00	2,89
4337,566 I	4	500	300	0,97	3,83
4339,718 I	5	150	150	0,96	3,82
4344,507 I	5	400 r	300	1,00	3,86
4351,051 I	6	100	150	0,97	3,82
4351,770 I		300	300	1,03	3,88
4371,279 I	5	200	150	1,00 4,45	3,84 7,28
4646,174 I	5	100	150	1,03	3,70
4652,158 I	5	200 R	150	1,00	3,67
4922,267 I	3	200	40	3,10	5,62
5204,518 I	7	400 R	100	0,94	3,32
5206,039 I	7	500 R	200	0,94	3,32
5208,436 I	7	500 R	100	0,94	3,32
5328,339 I	4	5 h	8	2,91	5,24
5345,807 I	4	300 R	25	1,00	3,32
5348,319 I	4	150 R	15	1,00	3,32
5409,791 I	4	300 R	30	1,03	3,32

### Цезий Cs

Потенциал ионизации 3,893 эв

4555,421 I	5	2000 R	100	0,00	2,72
4593,195 I	4	1000 R	50 R	0,00	2,70
6723,279 I	3	500	6	1,39	3,23

### Церий Ce

Потенциал ионизации 5,57 эв

3017,195 II	4	20	5	0,70	4,81
3201,714 II	5	50	10	0,86	4,73
3221,171 II	5	50	8	0,56	4,41
4012,388 II	5	60	20	0,56	3,65
4137,646 II	5	25	12	0,52	3,51
4186,599 II	5	80	25	0,86	3,82
4418,784 II	5	40	10	0,86	3,67

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаррисону [11]		Энергия уровней, эв	
		дуга	искра	нижнего	верхнего

### Цинк Zn

Потенциал ионизации 9,393 эв

2463,47	I	1	20	2	4,08	9,11
2479,74	I	1	30	—	4,00	9,00
2491,48	I	2	100	50	4,03	9,00
2493,32	I	1	25	—	4,08	9,05
2515,807	I	2	150 <i>w</i>	20	4,08	9,00
2557,958	II	1	10	300	6,09	10,97
2569,871	I	2	100 <i>h</i>	5	4,01	8,83
2582,440	I	3	100	—	4,03	8,83
2582,487	I		300	40	4,03	8,83
2608,558	I		200	50	4,08	8,83
2608,640	I	4	300	100	4,08	8,83
2670,530	I	2	200	4	4,01	8,65
2684,161	I	3	300	6	4,03	8,65
2712,488	I	3	300	8	4,08	8,65
2756,452	I	4	200	100	4,01	8,50
2770,865	I	5	300	25	4,03	8,50
2770,984	I		300	150	4,03	8,50
2800,869	I	5	400	300	4,08	8,50
3018,352	I	3	125	40	4,01	8,11
3035,781	I	4	200	100	4,03	8,11
3072,062	I	5	200	125	4,08	8,11
3075,901	I	6	150	50	0,00	4,03
3282,333	I	6	500 <i>R</i>	300	4,01	7,78
3302,588	I	7	800	300	4,03	7,78
3302,941	I	7	700 <i>R</i>	300 <i>R</i>	4,03	7,78
3345,020	I	7	800	300	4,08	7,78
3345,572	I	6	500	100	4,08	7,78
3345,934	I	3	150	50	4,08	7,78
4680,138	I	4	300 <i>w</i>	200 <i>h</i>	4,01	6,65
4722,159	I	6	400 <i>w</i>	300 <i>h</i>	4,03	6,65
4810,534	I	6	400 <i>w</i>	300 <i>h</i>	4,08	6,65
6362,347	I	3	1000 <i>Wh</i>	500	5,80	7,74

### Цирконий Zr

Потенциал ионизации 6,84 эв

2330,38	II	3	20	15	1,75	7,07
2357,45	II	4	8	20	1,75	7,01
2449,83	II	5	50	20	1,66	6,92
2457,43	II	5	20	20	0,53	5,59
2567,62	II	6	100	100	0,56	5,60
2568,85	II	7	100	100	0,00	4,83
2571,42	II	7	100	200	0,16	4,99
2678,59	II	8	300 <i>R</i>	400 <i>R</i>	0,09	4,91
2722,62	II	8	80	100	0,16	4,79
2722,62	II	7	50	50	0,16	4,72

Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Интенсивность по Гаргисону [11]		Энергия уровней, эв		
		дуга	искра	нижнего	верхнего	
2837,23	I	5	100	—	0,07	4,44
2869,80	II	6	30	30	1,00	5,32
3273,04	II	9	50	80	0,16	3,95
<b>3391,96</b>	II	9	300	400	0,16	3,82
<b>3438,23</b>	II	9	250	200	0,09	3,70
3496,18	II	6	100	100	0,04	3,58
3519,605	I	6	100	10	0,00	3,52
3601,193	I	7	400	15	0,15	3,59
4815,629	I	5	40	—	0,60	3,18

### Эрбий Er

Потенциал ионизации 6,10 эв

2586,73	II	5	—	—	—	—
2587,03	II	4	10	1	—	—
2587,34	II	3	4	—	—	—
2838,72	II	5	15	3	—	—
2904,47	II	5	25	5	—	—
<b>2910,36</b>	II	6	20	6	—	—
3372,76	II	6	35	20	0,01	3,67
3499,11	II	5	18	15	0,06	3,60
4007,97	I	6	35	7	0,00	3,09
4151,10	I	6	20	3	—	—

## II

### КАНТЫ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ПОЛОС

#### MOLECULAR BAND HEADS

В таблице приведены длины волн интенсивных кантов молекулярных полос, присутствующих в спектре дуги. Эти полосы наиболее характерны для данной молекулы аналогично «последним» линиям в атомных спектрах. Буквами К и Ф, стоящими за длиной волны, отмечено соответственно оттенение полос в сторону больших — красное оттенение и меньших длин волн — фиолетовое. Интенсивность кантов оценена по описанной выше десятибалльной шкале. Для каждой молекулы указаны энергия диссоциации, вы-

раженная в электрон-вольтах, и внешний вид полосы. Приведенные в таблице полосы обозначены на соответствующих планшетах атласа (см. раздел VI).

Молекулярные полосы используются для анализа трудновозбудимых элементов, например фтора, хлора, азота [4]. Кроме того, в известных условиях (рис. 2, 3) они накладываются на чувствительные аналитические линии и затрудняют расшифровку спектров.

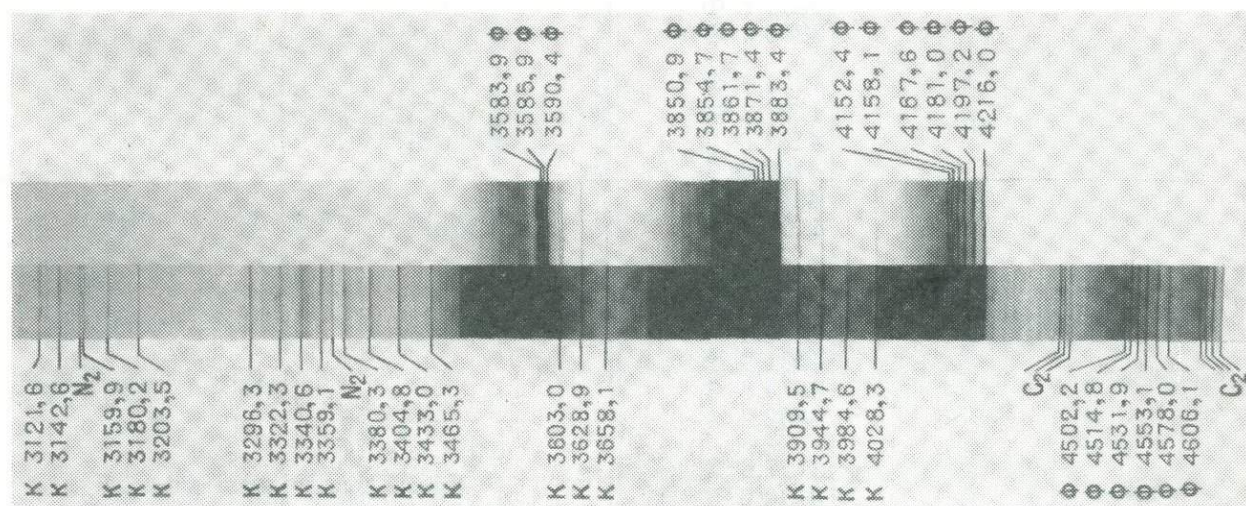


Рис. 2. Спектр дуги между угольными электродами, область 3100—4800 Å. Видна структура молекулярных полос циана.

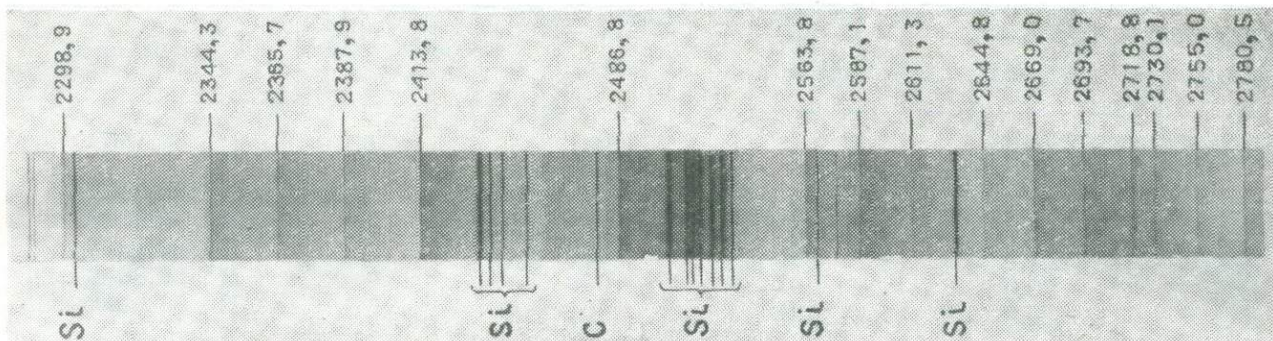


Рис. 3. Молекулярные полосы SiO, появляющиеся в спектре дуги при введении в разряд окиси кремния, область 2298—2780 Å,

**Канты молекулярных полос, возбуждаемых в дуге**

Молекула	Энергия диссоциации, эв	Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Примечание
AlO	3,8 ± 0,3	4842,1 К	1	Полоса с резко выраженным кантом
BaF	3 ± 1	4950,8 К	3	
BeF	4 ± 1	3009,9 К	1	
C <sub>2</sub>	3,6	4737,1 Ф	3	Полосы с резкими кантами в спектре угольной дуги
		5165,2 Ф	3	
		5635,5 Ф	2	
CN	7,6 ± 0,15	3590,4 Ф	6	Интенсивные широкие полосы фиолетовой системы в спектре угольной дуги, горящей в воздухе
		3585,9 Ф		
		3583,9 Ф		
		3883,4 Ф	8	
		3871,4 Ф		
		3861,9 Ф		
		3854,7 Ф		
		3850,9 Ф		
		4216,0 Ф	7	
		4197,2 Ф		
		4181,0 Ф		
		4167,6 Ф		
		4158,1 Ф		
		4152,4 Ф	3	
		4606,1 Ф		
4578,0 Ф				
4553,1 Ф				
4531,9 Ф				
4514,8 Ф	Хвостовые полосы малой интенсивности			
4502,2 Ф				
3127,6 К				
3142,6 К				
3159,9 К				
3180,2 К				
3203,5 К				

Молекула	Энергия диссоциации, эв	Длина волны, Å	Интенсивность по шкале, принятой в атласе	Примечание
		3296,3 К	1	
		3322,3 К		
		3340,6 К		
		3359,1 К		
		3380,3 К		
		3404,8 К		
		3433,0 К		
		3465,3 К		
		3603,0 К		
		3628,9 К		
3658,1 К	2	3909,5 К		
3944,7 К				
3984,6 К				
4029,3 К				
CaO	5,9±1	5473,0 К	3	Полоса простирается от 5473 до 5560 Å
CaCl	2,76	5934,0 К	3	Узкая полоса малой интенсивности
CaF	≤ 3,15	5291,0 К	5	Широкая полоса с резко выраженным кантом; рекомендуется для определения фтора
SiO	8±1	6064,4 Ф	6	Полосы мешают определению малых количеств многих элементов
		2298,9 К		
		2344,3 К		
		2365,7 К		
		2387,9 К		
		2413,8 К		
		2486,8 К	2	
		2563,8 К		
		2669,0 К		
		2693,7 К		
		2755,0 К		
2780,5 К				
2806,3 К				
SrF	2,7±1	5772,0 К	5	

### III

## СПЕКТРАЛЬНЫЕ ЛИНИИ ДЛЯ КАЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА SPECTRUM LINES FOR QUALITATIVE ANALYSIS

В таблице помещены наиболее чувствительные линии 62 элементов, рекомендуемые для их обнаружения при работе на кварцевом спектрографе средней дисперсии. Элементы расположены в порядке возрастания длин волн основных аналитических линий. Для всех линий указана чувствительность и отмечены символы отдельных элементов, линии которых, начиная с определенной concentra-

ции, накладываются на данную линию или маскируют ее. В последней графе приведены контрольные линии. Длины волн контрольных линий с чувствительностью существенно меньшей, чем основная, даны курсивом. Чувствительность определения элементов следует рассматривать как ориентировочную, она должна уточняться в соответствии с составом анализируемых проб и условиями работы.

Спектральные линии для качественного анализа

Элемент	Длина волны основной линии, Å	Чувствительность в угольной дуге, %	Наложения	Длина волны контрольных линий, Å
Кадмий	2288,018 I	0,001	As(> 0,01%) Co(< 0,03%)	3261,050 I
				<i>3403,653 I</i>
Бериллий	2348,612 I	< 0,0003		3130,416 II
				<i>3131,064 II</i>
Мышьяк	2349,84 I	0,01	SiO	2860,44 I
Теллур	2385,76 I	0,003—0,01		2383,25 I
Селен	2413,517 I	0,3—1,0	Fe	—
Бор	2497,724 I	0,001	Fe	2496,773 I
Ртуть	2536,519 I	0,003—0,01	Co(> 0,1%) Bi(> 3,0%)	<i>3125,668 I</i>
				<i>3131,546 I</i>
				<i>3131,845 I</i>
Фосфор	2535,65 I	0,1	Fe Co(~ 0,1%)	2553,280 I
				2554,930 I
Сурьма	2598,062 I	< 0,01	Fe	2311,469 I
				2877,915 I

Элемент	Длина волны основной линии, Å	Чувствительность в угольной дуге, %	Наложения	Длина волны контрольных линий, Å
Лютеций	2615,42 II	0,001	Fe	2911,390 II
Гафний	2641,406 II	0,01	Th( ~ 0,1 %) .	2773,357 II 2638,710 II
Германий	2651,184 I	0,001	Pb(> 10 %)	3039,064 I 2651,580 I
Платина	2659,454 I	0,001	Ru(> 0,3 %)	3064,710 I 2929,794 I
Золото	2675,95 I	< 0,001	W(1 %) . Co(0,5 %) . Nb(0,1 %) . Ta(0,05 %)	2427,95 I
Тантал	2685,11 II	< 0,03	Ti(> 1 %) . V(0,1 %) . SiO	2714,674 I 2635,583 II
Таллий	2767,870 I	< 0,01	Fe(> 10 %)	3519,24 I
Марганец	2801,084 I	< 0,001	Zn(> 0,1 %)	2794,817 I 2798,270 I
Европий	2813,95 II	0,01	Y(≥ 10 %)	2906,68 II 2727,77 II
Свинец	2833,069 I	0,001	Mn(10 %)	4057,812 I 2802,003 I 2873,316 I
Торий	2837,299 II	≥ 0,01	Zr(0,03 %) . U(1 %)	2870,413 II 2842,815 II
Олово	2839,989 I	≤ 0,001	Cr(< 0,3 %) . Mn(3 %) . W(≤ 3 %)	3175,019 I 3034,121 I
Магний	2852,120 I	0,0003—0,001	Na(> 1 %) . Fe	2795,523 II 2802,698 II
Уран	2865,679 II	~ 0,1	Zr(> 0,3 %) . Nb(0,1 %) . Mo(1 %)	2906,913 2908,275 3022,207 II
Кремний	2881,595 I	0,001		2516,109 I 2528,510 I
Осмий	2909,061 I	0,003	Mo(0,1 %) . V(0,01 %) . Cr(0,3 %) . Fe	3058,66 I
Эрбий	2910,36 II	< 0,03	Zr(0,1 %) . Gd(> 0,3 %) . Sm(> 0,3 %) . Ce(> 10 %)	2904,47 II 2838,72 II

Элемент	Длина волны основной линии, Å	Чувствительность в угольной дуге, %	Наложения	Длина волны контрольных линий, Å
Галлий	2943,639 I	<0,001	Ni(>0,1%) Co(1%) Fe	2944,175 I 2874,240 I
Вольфрам	2946,981 I	<0,01	Cr(1%) Nb(<0,1%)	2896,446 I 2896,008 I
Железо	3020,643 I	0,001	Cr(~0,05%)	2599,395 II 2599,565 I
Гадолиний	3032,850 II 3034,059 II	>0,03	Sn, As, Ce Th	3027,602 II
Индий	3039,356 I	0,001	Ge(0,01%) Cu(>10%) W(0,5%) Fe	3256,090 I 3258,564 I
Никель	3050,819 I	0,001	V(0,1%) Co(>1%)	3414,765 I
Висмут	3067,712 I	<0,001	Fe(1%) Mo(1%)	2897,975 I 2989,029 I
Алюминий	3082,155 I	0,001—0,003	Mn(>5%)	3944,009 I 3961,527 I
Ниобий	3094,172 II	0,003	Al(>0,3%) Cu(>1%) V(0,03%)	3130,780 II 2927,804 II 3163,403 II
Молибден	3170,333 I	<0,001	Fe	3132,591 I 2816,154 II
Ванадий	3183,982 I	<0,001	Ti, Ca	3185,396 I 3183,406 I 2952,07 II
Церий	3201,714 II	0,1	Ti(>1%) Sm(>0,3%) Dy(>1%)	3221,171 II 3063,010 II
Иридий	3220,772 I	≥0,003	Pb(~10%) Ni(<3%)	2924,792 I
Иттрий	3242,30 II	<0,003	Ti(0,01%)	3216,70 II 3327,89 II 3203,33 II 3195,62 II
Медь	3247,540 I	0,0001—0,0003	Fe	3273,957 I
Серебро	3280,682 I	<0,0001	Mn(>0,3%) Fe	3382,891 I
Иттербий	3289,36 II	<0,0003	V(>0,03%)	2891,39 II
Лантан	3337,49 II	0,003	Cu(<0,3%) Ce(>3%) Yb(~3%) Fe	4333,76 II 3245,13 II

Элемент	Длина волны основной линии, Å	Чувствительность в угольной дуге, %	Наложения	Длина волны контрольных линий, Å
Цинк	3345,020 I	0,01	Ca(>5%)	3345,572 I
			Mn(>1%)	3282,333 I
			Mo(>0,01%)	4810,534 I
Титан	3349,035 II	<0,001		3272,800 II
				3088,027 II
Скандий	3353,734 II	<0,001	W(1%)	3368,946 II
			Zr(~0,3%)	2552,38 II
			Ti(>0,1%)	
			Cu(>10%)	
			Nb(~0,1%)	
Палладий	3421,24 I	0,0003	Ni(<1%)	3404,60 I
			Cr(0,3%)	3242,72 I
Родий	3434,893 I	0,0005	Mo(0,3%)	3474,780 I
			Ru(~0,5%)	
			Ir(>0,3%)	
Рутений	3436,737 I	0,001	Ir(<1%)	3417,353 I
Цирконий	3438,23 II	0,001	Ni(≥0,1%)	3391,96 II
			Fe	3273,04 II
Кобальт	3453,514 I	≤0,001	Ni(~0,1%)	3449,441 I
			Cr(<1%)	3449,170 I
				2424,932 I
Рений	3460,465 I	<0,001	Mo, Mn(0,05%)	3464,726 I
			Cr(>0,1%)	3451,880 I
				3424,620 I
Кальций	3933,664 II	<0,001		4226,728 I
	3968,470 II			3179,332 II
Калий	4044,145 I	0,1—0,3		3446,380 I
	4047,214 I			3447,41 I
Хром	4254,346 I	<0,001		3014,760 I
	4274,803 I			2677,19 II
				2843,24 II
Цезий	4555,421 I	0,3	Ba(~0,01%)	4593,195 I
			Ti(~0,1%)	
			Fe	
Стронций	4607,331 I	0,001	Mn	4077,714 II
				3464,457 II
Барий	4934,086 II	0,001		4554,042 II
				2335,269 II
Фтор	CaF 5291,0	0,1—0,05		
Натрий	5889,953 I	0,001—0,0003		3302,34 I
	5895,923 I			3302,94 I
Хлор	CaCl 5934,0	~1,0		
Литий	6707,844 I	<0,001		3232,61 I
				4602,99 I

## IV

ЭНЕРГИИ ИОНИЗАЦИИ АТОМОВ И ИОНОВ  
IONIZATION ENERGIES OF ATOMS AND IONS

Энергии ионизации взяты из работы [1] и дополнены по другим источникам [4, 10]. Их значения выражены в электрон-вольтах.

Энергии ионизации атомов и ионов  
(в электрон-вольтах)

Атом- ный но- мер, эле- мент	I	II	III	Атом- ный но- мер, эле- мент	I	II	III
1 H	13,595	—	—	25 Mn	7,432	15,636	33,69
2 He	24,581	54,403	—	26 Fe	7,897	16,182	30,647
3 Li	5,390	75,619	122,419	27 Co	7,86	17,05	33,49
4 Be	9,320	18,206	153,850	28 Ni	7,633	18,15	35,16
5 B	8,296	25,149	37,920	29 Cu	7,724	20,291	36,834
6 C	11,256	24,376	47,871	30 Zn	9,391	17,96	39,70
7 N	14,548	29,593	47,426	31 Ga	6,00	20,51	30,70
8 O	13,614	35,108	54,886	32 Ge	7,88	15,93	34,21
9 F	17,418	34,985	62,646	33 As	9,81	18,63	28,34
10 Ne	21,559	41,079	63,742	34 Se	9,752	21,5	32
11 Na	5,138	47,29	71,65	35 Br	11,84	21,6	35,9
12 Mg	7,644	15,031	80,134	36 Kr	13,996	24,570	36,947
13 Al	5,984	18,823	28,447	37 Rb	4,176	27,5	40
14 Si	8,149	16,345	33,466	38 Sr	5,692	11,027	43
15 P	10,484	19,72	30,156	39 Y	6,51	12,23	20,5
16 S	10,357	23,4	35,0	40 Zr	6,84	13,13	22,98
17 Cl	13,017	23,80	39,912	41 Nb	6,88	14,0	25,04
18 Ar	15,755	27,628	40,908	42 Mo	7,10	16,15	27,13
19 K	4,339	31,817	45,747	43 Tc	7,28	15,26	29
20 Ca	6,111	11,868	51,218	44 Ru	7,364	16,76	28,46
21 Sc	6,54	12,80	24,75	45 Rh	7,463	18,07	31,05
22 Ti	6,836	13,637	28,143	46 Pd	8,33	19,42	32,92
23 V	6,74	14,65	29,31	47 Ag	7,574	21,48	34,82
24 Cr	6,764	16,49	30,95				

Атом- ный но- мер, эле- мент	I	II	III	Атом- ный но- мер, эле- мент	I	II	III
48 Cd	8,991	16,904	37,47	70 Yb	6,22	12,17	25,4
49 In	5,785	18,86	28,03	71 Lu	6,15	13,9	~ 19
50 Sn	7,342	14,628	30,49	72 Hf	6,8	14,9	~ 21
51 Sb	8,639	16,5	25,3	73 Ta	7,88	16,2	22,3
52 Te	9,01	18,6	31	74 W	7,98	17,7	24,1
53 J	10,454	19,09	31,4	75 Re	7,876	16,6	26,0
54 Xe	12,127	21,208	32,1	76 Os	8,73	~ 17	~ 25
55 Cs	3,893	25,076	34,6	77 Ir	~ 9	~ 16	~ 27
56 Ba	5,210	10,001	35,7	78 Pt	8,96	18,56	28,5
57 La	5,61	11,06	19,17	79 Au	9,22	20,5	30,5
58 Ce	5,57	10,85	19,70	80 Hg	10,437	18,751	34,2
59 Pr	5,42	10,55	—	81 Tl	6,106	20,42	29,8
60 Nd	5,45	10,73	—	82 Pb	7,415	15,028	31,93
61 Pm	5,55	10,90	—	83 Bi	7,287	16,68	25,56
62 Sm	5,6	11,07	—	84 Po	8,43	18,2	~ 28
63 Eu	5,64	11,25	—	86 Rn	10,746	19,9	29,8
64 Gd	6,16	12,1	—	88 Ra	5,277	10,144	34,3
65 Tb	5,98	11,52	—	89 Ac	6,9	12,1	~ 20
66 Dy	5,93	11,67	—	90 Th	6,2	—	~ 20
67 Ho	6,02	11,80	—	92 U	~ 6,2	—	—
68 Er	6,10	11,93	—	95 Am	6,0	—	—
69 Tu	6,18	12,05	—				

## V

ТЕМПЕРАТУРЫ КИПЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ  
BOILING TEMPERATURES OF ELEMENTS AND THEIR COMPOUNDS

В таблице приведены температуры кипения веществ, представляющих интерес для спектрального анализа. Элементы расположены в алфавитном порядке их латинских

названий. Знаками \* и \*\* отмечены соответственно температуры сублимации и разложения.

Температуры кипения элементов и их соединений

Элемент и соединение	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	Элемент и соединение	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	Элемент и соединение	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
Ag	2212	CaO	3500	Eu	1700
Ag <sub>2</sub> O	300**	CaF <sub>2</sub>	2460	EuCl <sub>2</sub>	2027
AgCl	1564	Cd	765	Fe	2735
AgJ	1506	CdO	1000*	FeCl <sub>2</sub>	1027
Al	2057	CdCl <sub>2</sub>	960	Ga	2071
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3000	Ce	2530	GaCl <sub>3</sub>	200
AlF <sub>3</sub>	1256	CeO <sub>2</sub>	>3000	Gd	3000
As	610*	Co	2900	GdCl <sub>3</sub>	1597
AsCl <sub>3</sub>	122	CoCl <sub>2</sub>	1050	Ge	2700
Au	2966	Cr	2470	GeCl <sub>4</sub>	83
B	3860	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3000**	GeS <sub>2</sub>	600*
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2247	Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	3800	Hf	5227
B <sub>4</sub> C	>3500	Cs	690	HfO	5400
Ba	1638	CsCl	1290	Hg	357
BaO	2700	Cu	2595	HgO	500**
Be	2471	CuO	1026**	Ho	2700
BeO	3970	Cu <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	1490	HoF <sub>3</sub>	2270
BeCl <sub>2</sub>	500	Dy	2600	HoCl <sub>3</sub>	1507
Bi	1420	DyF <sub>3</sub>	2277	In	2075
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1890	DyCl <sub>3</sub>	1527	InJ	710
BiCl <sub>3</sub>	441	Er	2600	Ir	4527
C	4200	Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3000	K	760
Ca	1487	ErCl <sub>3</sub>	1497	KCl	1407

Элемент и со- единение	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	Элемент и со- единение	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	Элемент и со- единение	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
La	3470	PrCl <sub>3</sub>	1707	ThC <sub>2</sub>	5000
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4200	Pt	4400	Ti	3170
LaCl <sub>3</sub>	1747	Rb	679	TiO <sub>2</sub>	2900**
Li	1372	RbCl	1381	TiF <sub>4</sub>	284
LiF	1681	Re	5870	TiCl <sub>4</sub>	136
LiCl	1382	Re <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	363*	TiC	4300
Lu	3500	Rh	3877	Tl	1457
LuCl <sub>3</sub>	1477	Ru	4200	TlCl	807
Mg	1103	S	444	Tu	2400
MgO	3100	Sb	1440	TuF <sub>3</sub>	2277
MgCl <sub>2</sub>	1418	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1425	TuCl <sub>3</sub>	1487
Mn	2152	SbCl <sub>3</sub>	219	U	3862
MnO	3100**	Sc	2700	UCl <sub>4</sub>	628
MnCl <sub>2</sub>	1190	Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4450	V	3300
Mo	4800	ScCl <sub>3</sub>	967	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1750**
MoO <sub>3</sub>	1151*	Se	688	VC	3900
MoF <sub>6</sub>	36	SeO <sub>2</sub>	317*	W	5900
Na	914	Si	2617	WO <sub>3</sub>	1830*
NaCl	1465	SiO <sub>2</sub>	2230	WC	6000
Nb	5127	Sn	2270	Y	3200
NbCl <sub>5</sub>	240	SnO <sub>2</sub>	1625**	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4300
Nd	3300	SnCl <sub>4</sub>	113	YF <sub>3</sub>	2260
NdF <sub>3</sub>	2327	Sm	1900	YCl <sub>3</sub>	1507
NdCl <sub>3</sub>	1687	SmF <sub>2</sub>	2727	Yb	1800
Ni	2900	SmCl <sub>2</sub>	1667	Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3227
Os	4607	Sr	1384	YbCl <sub>2</sub>	1827
OsO <sub>4</sub>	130	SrO	3200	Zn	907
P	280	Ta	6027	ZnO	1800
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	347*	TaCl <sub>5</sub>	241	ZnS	1185*
Pb	1744	Tb	2800	ZnCl <sub>2</sub>	732
PbO	1472	TbF <sub>3</sub>	2277	Zr	3580
PbS	1281	TbCl <sub>3</sub>	1547	ZrO <sub>2</sub>	4300
PbCl <sub>2</sub>	954	Te	1390	ZrCl <sub>4</sub>	311*
Pd	3112	TeO <sub>2</sub>	450*	ZrC	5100
Pr	3450	Th	4200		
PrF <sub>3</sub>	2327	ThO <sub>2</sub>	4400		
		ThCl <sub>4</sub>	940		

## VI

### АТЛАС СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ

### ATLAS OF SPECTRUM LINES

Атлас охватывает область спектра от 2260 до 6760 Å и состоит из 18 планшето. На каждом планшете атласа приведена увеличенная фотография участка спектра железа, по отношению к которому штрихами отмечено положение спектральных линий различных элементов (см. раздел I) и некоторых молекулярных полос (см. раздел II). Под спектром железа помещена шкала длин волн, по-

та указаны последние цифры длины волны, округленные до десятых долей ангстрема, принадлежность к спектру нейтрального или ионизованного атома и интенсивность линий в десятибалльной шкале. Для молекулярных полос дана длина волны первого канта. Оттенение полос показано штриховкой.

#### Условия получения спектра железа

Фотографии спектра железа получены на кварцевом спектрографе ИСП-28. Основные характеристики прибора показаны в таблице 3.

Таблица 3

#### Дисперсия и разрешающая способность спектрографа ИСП-28

Длина волны, Å	Обратная линейная дисперсия, Å/мм	Разрешающая способность
2200	4,6	47470
2500	7,8	29140
3000	14,3	15040
3500	23,0	9400
4000	35,0	5640
5000	68,0	3050
6000	110,0	1880

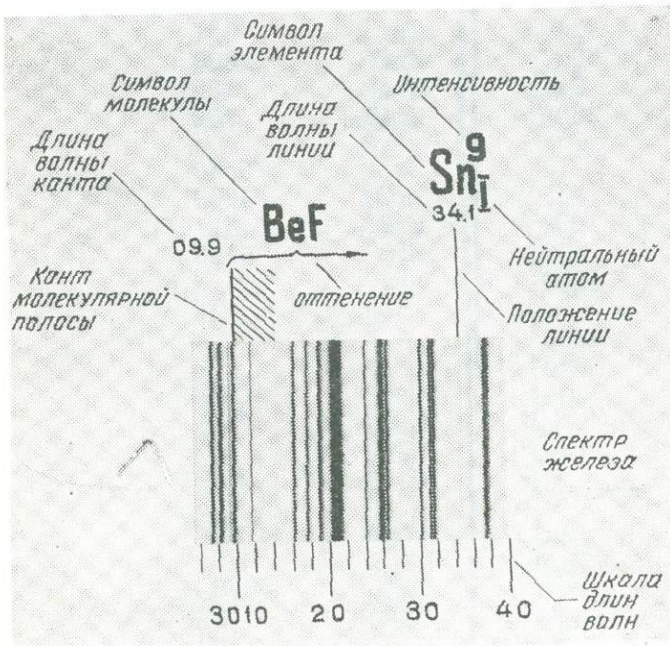


Рис. 4. Обозначения на планшетах атласа.

зволяющая ориентироваться в спектре. Для всех линий (рис. 4) рядом с символом элемен-

Источником возбуждения служила дуга переменного тока. Электроды изготовлялись из химически чистого железа с незначительными примесями хрома, меди, марганца и

молибдена. Применялись следующие типы фотопластинок: для области 2260—2900 Å—спектральные, тип СП-3, 2800—4900 Å—спектральные, тип СП-2, 4900—6760 Å—изо-, орто- и панхроматические. Спектр железа

увеличивался в 20 раз и был разделен на участки, которые приведены на отдельных планшетах. Общая длина спектра в том виде, как он представлен на планшетах атласа, равна 330 см.

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АТЛАСА В ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

С помощью атласа определяются длины волн спектральных линий и устанавливается их принадлежность к спектру того или иного элемента, а также приближенно оценивается содержание элементов в анализируемой пробе.

Изучаемый спектр фотографируется встык со спектром железа при помощи ступенчатой диафрагмы, помещенной перед щелью спектрографа. Линии идентифицируются по их положению относительно линий спектра железа.

#### Характерные группы линий

Для быстрого нахождения нужного участка спектра на спектрограммах в таблице 4 приведены характерные группы линий железа и некоторых распространенных элементов, расположенные более или менее равномерно на планшетах атласа. Эти группы легко за-

поминаются и существенно облегчают ориентацию в спектре. В первом столбце таблицы указаны номера планшетов, во втором — элементы, в третьем — область спектра, где располагаются характерные группы линий, и четвертом — признаки этих групп.

Таблица 4

Характерные группы линий

Планшет	Элемент	Участок спектра, Å	Описание групп линий
2	Fe	2343—2345	Три интенсивные линии на сильном фоне
4	Fe	2486—2488	Пять равноотстоящих линий, справа группа густо расположенных интенсивных линий
5	Si	2507—2528	Группа из шести интенсивных линий
6	Fe	2598—2600	Две интенсивные линии
8	Mg	2776—2783	Группа из пяти равноотстоящих линий
8	Mg	2852	Интенсивная линия
8—9	Fe	2866—2869	Четыре равноотстоящие группы линий, крайние более интенсивные
9	Si	2881	Интенсивная линия
10	Al	3082—3093	Интенсивный дублет
10	Fe	3099—3101	Три интенсивные, близко расположенные линии
11	Ca	3158—3181	Три линии
11—12	Fe	3306—3306	Интенсивная линия, выделяющаяся на бедном линиями участке спектра
12	Fe	3366—3384	Две группы по три линии средней интенсивности
13	CN	3590	Канты молекулярной полосы
14	CN	3883	
14	Ca	3933—3968	Интенсивные дублеты
14	Al	3944—3961	

Планшет	Элемент	Участок спектра, Å	Описание групп линий
15	Fe	4045—4072	Три интенсивные линии
15	CN	4216	Кант молекулярной полосы
16	Fe	4525—4532	Группа линий, выделяющаяся на бедном линиями участке спектра.
17	CaO	5473	Кант молекулярной полосы
18	Fe	6393—6431	Группа интенсивных линий на бедном линиями участке спектра

### Идентификация спектральных линий

Исследуемый участок спектрограммы проектируется на экран спектропроектора и сопоставляется с соответствующим планшетом атласа. Благодаря одинаковому масштабу изображение линий на экране может быть точно совмещено с отметками линий на планшете. При небольшом различии масштабов исследуемого спектра и атласа, например вследствие отклонений в увеличении спектрограмм, совмещение производится последовательными участками вблизи изучаемых линий.

Спектр начинают расшифровывать с нахождения самых чувствительных «последних» линий определяемых элементов. На планшетах атласа они помещены в первом ряду, непосредственно над спектром железа. В тех случаях, когда «последние» линии какого-либо элемента перекрываются интенсивными линиями или полосами других элементов, а также если они расположены за пределами сфотографированного участка спектра, для анализа используются менее чувствительные линии.

Мешающие линии частично показаны на планшетах. Более детально наложения изучаются с помощью таблиц спектральных линий [1, 7, 8, 11]. При этом из числа мешающих линий следует исключить те, которые заведомо не возбуждаются в данном источнике или не могут присутствовать в спектре пробы из-за особенностей ее состава. Особое внимание необходимо уделить возможным наложениям линий элементов, присутствующих в образцах в повышенных концентрациях и обладающих сложными спектрами (Ti, V, Mn, Mo, W и др.). Полезно рядом с исследуемым спектром фотографировать спектры этих элементов, что позволяет сразу исключить из рассмотрения их многочисленные линии. Такие вспомогательные спектры можно заранее получить на данном приборе и в случае необходимости использовать для со-

поставления. Для этой цели применяется двойной спектропроектор ДСП-1, дающий возможность одновременно рассматривать изображение обеих спектрограмм.

Если в спектре присутствует линия, не указанная на планшетах атласа, то для ее идентификации следует, пользуясь шкалой, определить длину волны этой линии и по таблицам [1, 11] установить ее принадлежность к спектру того или иного элемента. В сложных случаях целесообразно измерить длину волны спектральной линии с помощью компаратора [6].

При проведении полного анализа просмотр спектрограмм рекомендуется производить от коротковолновой к длинноволновой области спектра. Список аналитических линий дается в разделе III. Если в исследуемом спектре отсутствует основная линия, то это означает, что данного элемента в пробе нет (в пределах чувствительности метода) и нужно перейти к следующему элементу, указанному в таблице. Если основная линия обнаружена, то для окончательного определения соответствующего элемента в пробе необходимо проверить, появляются ли в спектре контрольные линии, и убедиться в отсутствии мешающих элементов. Большая часть контрольных линий близка по чувствительности к основным. Определять элемент по одной линии можно лишь в тех случаях, когда нет опасности спутать ее с линиями других элементов, имеющих близкую длину волны. При отождествлении большого числа спектров на одной пластинке целесообразно после нахождения аналитической линии в одном из них сейчас же проверить, присутствует ли эта линия во всех остальных.

По появлению в спектре тех или иных линий данного элемента можно ориентировочно оценить его концентрацию, воспользовавшись приведенными в атласе значениями интенсивностей.

## ЛИТЕРАТУРА

## REFERENCES

1. Зайдель А. Н., Прокофьев В. К., Райский С. М., Славный В. А., Шрейдер Е. Я. Таблицы спектральных линий. М., «Наука», 1969.
2. Калинин С. К., Замятина Г. М., Перевертун В. М., Терехович С. Л. Атлас спектральных линий для дифракционного спектрографа. Алма-Ата, «Наука», 1967.
3. Калинин С. К., Марзуванов В. Л., Файн Э. Е. Спектральные линии для анализа минерального сырья. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1957.
4. Калинин С. К., Файн Э. Е. Эмиссионный спектральный анализ минерального сырья. М., «Недра», 1969.
5. Калинин С. К., Явнель А. А., Алексеева А. И., Марзуванов В. Л., Наймарк Л. Э. Атлас спектральных линий для кварцевого спектрографа. М., Госгеолтехиздат, 1959.
6. Калинин С. К., Явнель А. А., Наймарк Л. Э. Атлас дугового и искрового спектров железа от 2084 до 6546 Å. М., Metallurgizdat, 1953.
7. Клер М. М. Полуколичественный спектральный анализ минерального сырья (таблицы спектральных линий). Л., Изд-во ЛГУ, 1960.
8. Куба И., Кучера Л., Плзак Ф., Дворжак М., Мраз Я. Таблицы совпадений по атомной спектроскопии. Прага, Изд-во АН ЧССР, 1964.
9. Русанов А. К., Ильясова Н. В. Атлас пламенных, дуговых и искровых спектров элементов. М., Госгеолтехиздат, 1958.
10. Стриганов А. Р., Свентицкий Н. С. Таблицы спектральных линий нейтральных и ионизованных атомов. М., Атомиздат, 1966.
11. Harrison G. R. Wavelength tables of 100 000 Spectrum lines. New York, 1939.
12. Meggers W. F., Corliss Ch. H., Scribner B. F. Tables of Spectral—Line Intensities, part I. Washington, 1961.
13. Moore Ch. E. A multiplet table of Astrophysical interest, part I, II. National Bureau of Standards, Washington, 1945.
14. Moore Ch. E. An Ultraviolet Multiplet Table. National Bureau of Standards, sect. 1, 1950; sect. 2, 1952; sect. 3, 4, 5. Washington, 1961.
15. Pearse R. W. B., Gaydon A. G. The identification of Molecular Spectra. London, 1965.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ . . . . .	5
I. ТАБЛИЦЫ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ . . . . .	6
Выбор линий . . . . .	—
Оценка интенсивности линий . . . . .	7
Чувствительность определения элементов . . . . .	—
Таблица спектральных линий элементов . . . . .	9
Алюминий . . . . .	—
Барий . . . . .	—
Бериллий . . . . .	10
Бор . . . . .	—
Бром . . . . .	—
Ванадий . . . . .	—
Висмут . . . . .	11
Вольфрам . . . . .	12
Гадолиний . . . . .	—
Галлий . . . . .	—
Гафний . . . . .	13
Германий . . . . .	—
Гольмий . . . . .	14
Диспрозий . . . . .	—
Европий . . . . .	—
Железо . . . . .	—
Золото . . . . .	15
Индий . . . . .	—
Иридий . . . . .	16
Иттербий . . . . .	—
Иттрий . . . . .	—
Иод . . . . .	17
Кадмий . . . . .	—
Калий . . . . .	—
Кальций . . . . .	18
Кобальт . . . . .	19
Кремний . . . . .	20
Лантан . . . . .	—
Литий . . . . .	21
Лютеций . . . . .	—
Магний . . . . .	—
Марганец . . . . .	22
Медь . . . . .	23
Молибден . . . . .	25
Мышьяк . . . . .	—
Натрий . . . . .	26
Неодим . . . . .	—
Никель . . . . .	—
Ниобий . . . . .	27
Олово . . . . .	28
Осмий . . . . .	29
Палладий . . . . .	—
Платина . . . . .	—
Празеодим . . . . .	—
Рений . . . . .	30
Родий . . . . .	—
Ртуть . . . . .	—
Рубидий . . . . .	31
Рутений . . . . .	—
Самарий . . . . .	—
Свинец . . . . .	—
Селен . . . . .	32
Сера . . . . .	—
Серебро . . . . .	—
Скандий . . . . .	33
Стронций . . . . .	—
Сурьма . . . . .	—
Таллий . . . . .	34
Тантал . . . . .	—
Теллур . . . . .	—

Тербий . . . . .	35	Хлор . . . . .	—
Титан . . . . .	—	Хром . . . . .	—
Торий . . . . .	36	Цезий . . . . .	38
Тулий . . . . .	—	Церий . . . . .	—
Углерод . . . . .	—	Цинк . . . . .	39
Уран . . . . .	37	Цирконий . . . . .	—
Фосфор . . . . .	—	Эрбий . . . . .	40
Фтор . . . . .	—		
II. КАНТЫ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ПОЛОС . . . . .			41
III. СПЕКТРАЛЬНЫЕ ЛИНИИ ДЛЯ КАЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА . . . . .			44
IV. ЭНЕРГИИ ИОНИЗАЦИИ АТОМОВ И ИОНОВ . . . . .			48
V. ТЕМПЕРАТУРЫ КИПЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ . . . . .			50
VI. АТЛАС СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ . . . . .			52
Условия получения спектра железа . . . . .			—
Использование атласа в практической работе . . . . .			53
Характерные группы линий . . . . .			—
Идентификация спектральных линий . . . . .			54
ЛИТЕРАТУРА . . . . .			55
ПРИЛОЖЕНИЕ: 18 планшетов			

CONTENTS

PREFACE . . . . .			5
I. TABLES OF ELEMENT SPECTRAL LINES . . . . .			6
Selection of lines . . . . .			—
Estimation of line intensity . . . . .			7
Sensitivity of element determination . . . . .			—
Table of element spectral lines . . . . .			9
Aluminium . . . . .	—	Molybdenum . . . . .	25
Barium . . . . .	—	Arsenic . . . . .	—
Beryllium . . . . .	10	Sodium . . . . .	26
Boron . . . . .	—	Neodymium . . . . .	—
Bromine . . . . .	—	Nickel . . . . .	—
Vanadium . . . . .	—	Niobium . . . . .	27
Bismuth . . . . .	11	Tin . . . . .	28
Tungsten . . . . .	12	Osmium . . . . .	29
Gadolinium . . . . .	—	Palladium . . . . .	—
Gallium . . . . .	—	Platinum . . . . .	—
Hafnium . . . . .	13	Praseodymium . . . . .	—
Germanium . . . . .	—	Rhenium . . . . .	30
Holmium . . . . .	14	Rhodium . . . . .	—
Dysprosium . . . . .	—	Mercury . . . . .	—
Europium . . . . .	—	Rubidium . . . . .	31
Iron . . . . .	—	Ruthenium . . . . .	—
Gold . . . . .	15	Samarium . . . . .	—
Indium . . . . .	—	Lead . . . . .	—
Iridium . . . . .	16	Selenium . . . . .	32
Ytterbium . . . . .	—	Sulphur . . . . .	—
Yttrium . . . . .	—	Silver . . . . .	—
Iodine . . . . .	17	Scandium . . . . .	33
Cadmium . . . . .	—	Strontium . . . . .	—
Potassium . . . . .	—	Antimony . . . . .	—
Calcium . . . . .	18	Thallium . . . . .	34
Cobalt . . . . .	19	Tantalum . . . . .	—
Silicon . . . . .	20	Tellurium . . . . .	—
Lanthanum . . . . .	—	Terbium . . . . .	35
Lithium . . . . .	21	Titanium . . . . .	—
Lutecium . . . . .	—	Thorium . . . . .	36
Magnesium . . . . .	—	Thulium . . . . .	—
Manganese . . . . .	22	Carbon . . . . .	—
Copper . . . . .	23	Uranium . . . . .	37

Phosphorus . . . . .	—	Cerium . . . . .	—
Fluorine . . . . .	—	Zinc . . . . .	39
Chlorine . . . . .	—	Zirconium . . . . .	—
Chromium . . . . .	—	Erbium . . . . .	40
Caesium . . . . .	38		
II. MOLECULAR BAND HEADS . . . . .			41
III. SPECTRUM LINES FOR QUALITATIVE ANALYSIS . . . . .			44
IV. IONIZATION ENERGIES OF ATOMS AND IONS . . . . .			48
V. BOILING TEMPERATURES OF ELEMENTS AND THEIR COMPOUNDS . . . . .			50
VI. ATLAS OF SPECTRUM LINES . . . . .			52
Conditions for obtaining iron spectrum . . . . .			—
Method of using the Atlas in practical work . . . . .			53
Distinctive line groups . . . . .			—
Identification of spectrum lines . . . . .			54
REFERENCES . . . . .			55
APPENDIX: 18 spectrum charts.			

**Калинин Сергей Ксенофонтович, Марзуванов Василий  
Леонидович, Замятина Галина Михайловна**

**ОТОЖДЕСТВЛЕНИЕ СПЕКТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ**

*Утверждено к печати Ученым советом ордена Трудового Красного Знамени  
Института геологических наук им. К. И. Сатпаева  
Академии наук Казахской ССР*

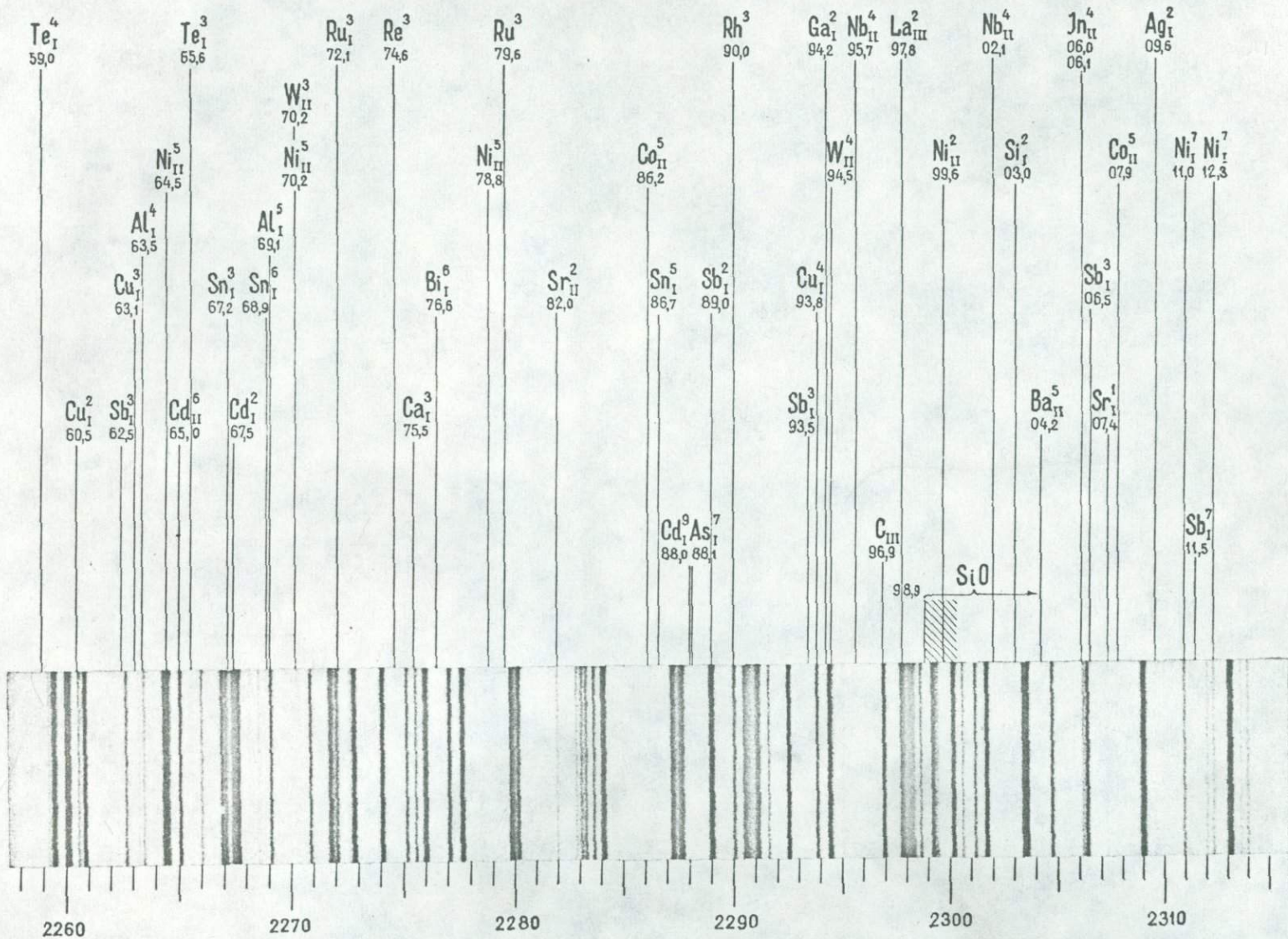
Редактор Т. Е. Каткова  
Худож. редактор И. Д. Сущих  
Обложка художника А. Б. Мальцева  
Техн. редактор Л. И. Шашкова  
Корректор Т. Н. Евтюшкина

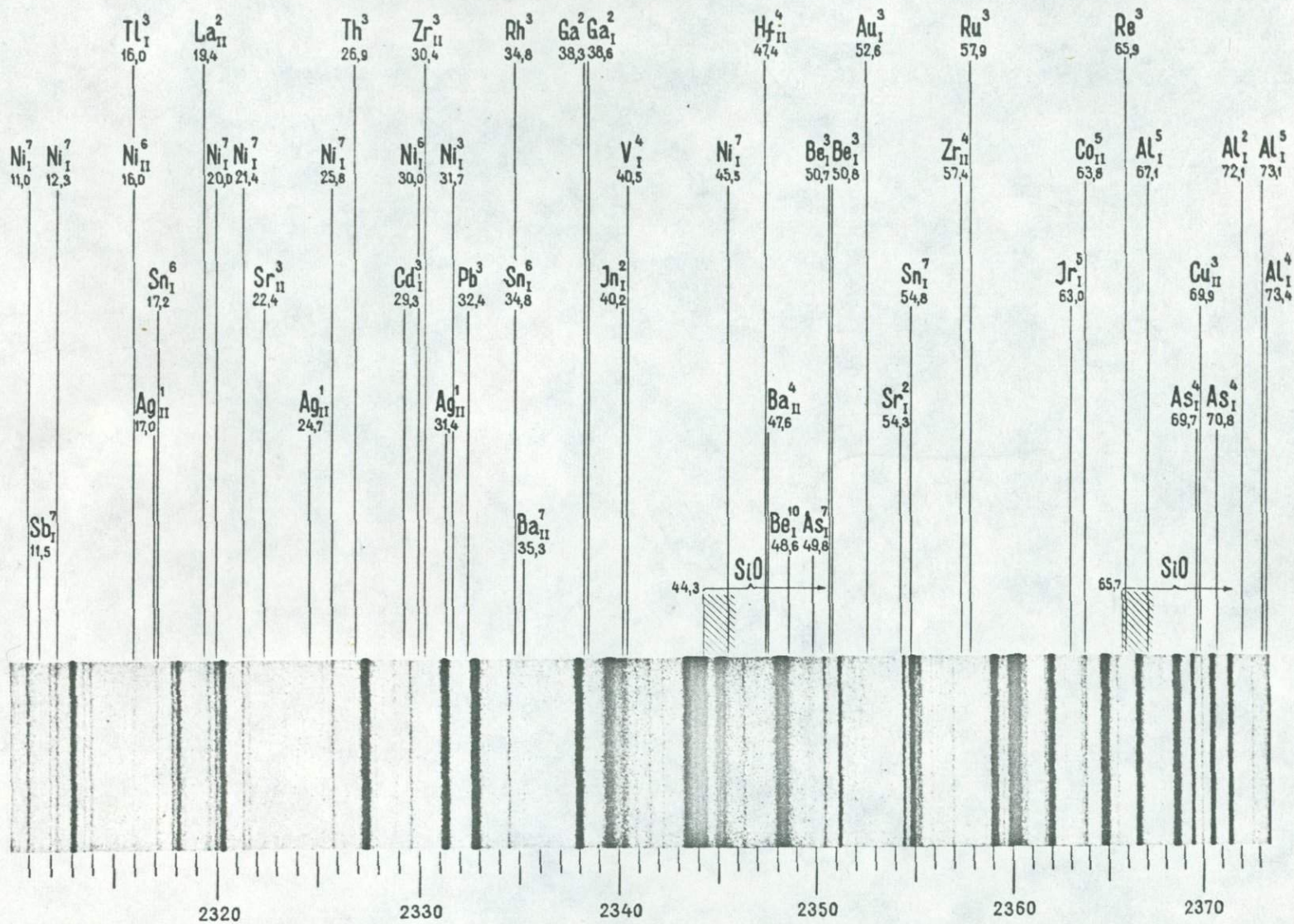
\* \* \*

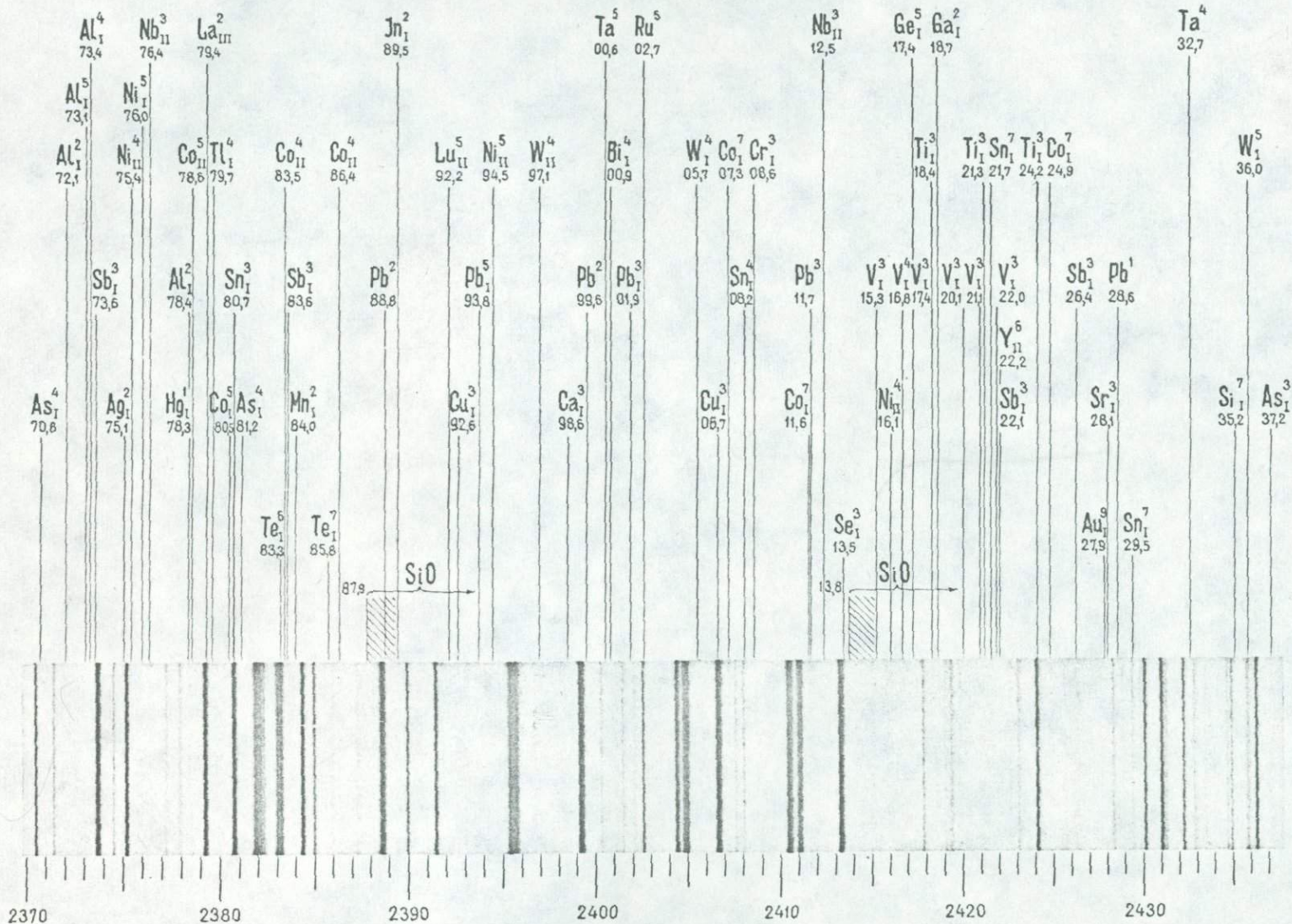
Сдано в набор 15/XI 1971 г. Подписано к печати 10/II 1972 г.  
Формат 60×90<sup>1/8</sup>. Бумага № 1. Усл. печ. л. 7.  
Уч.-изд. л. 7. Тираж 1000. УГ01114.  
Цена 9 р. 85 к. (с планшетом). Без планшета 85 коп.

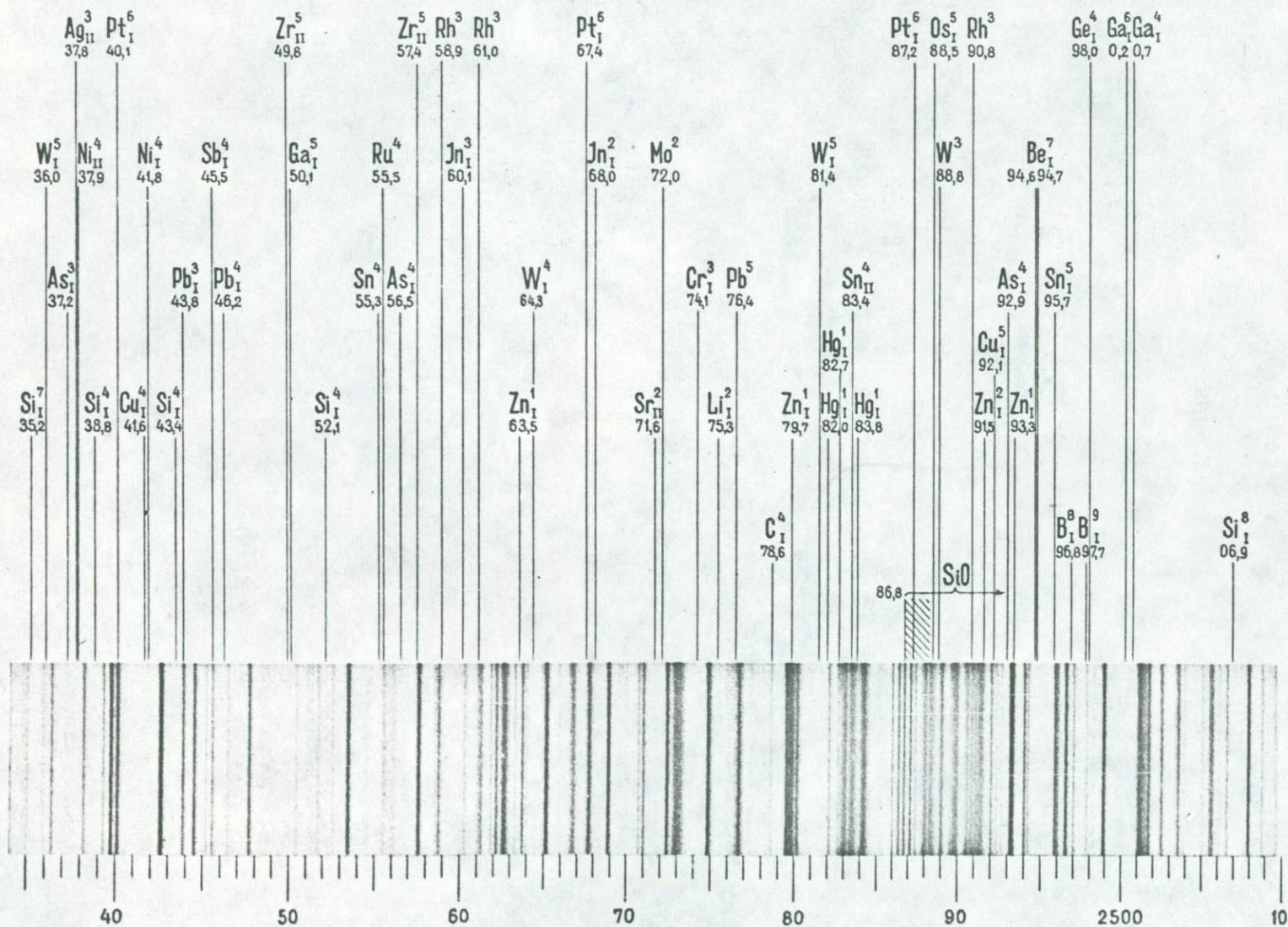
\* \* \*

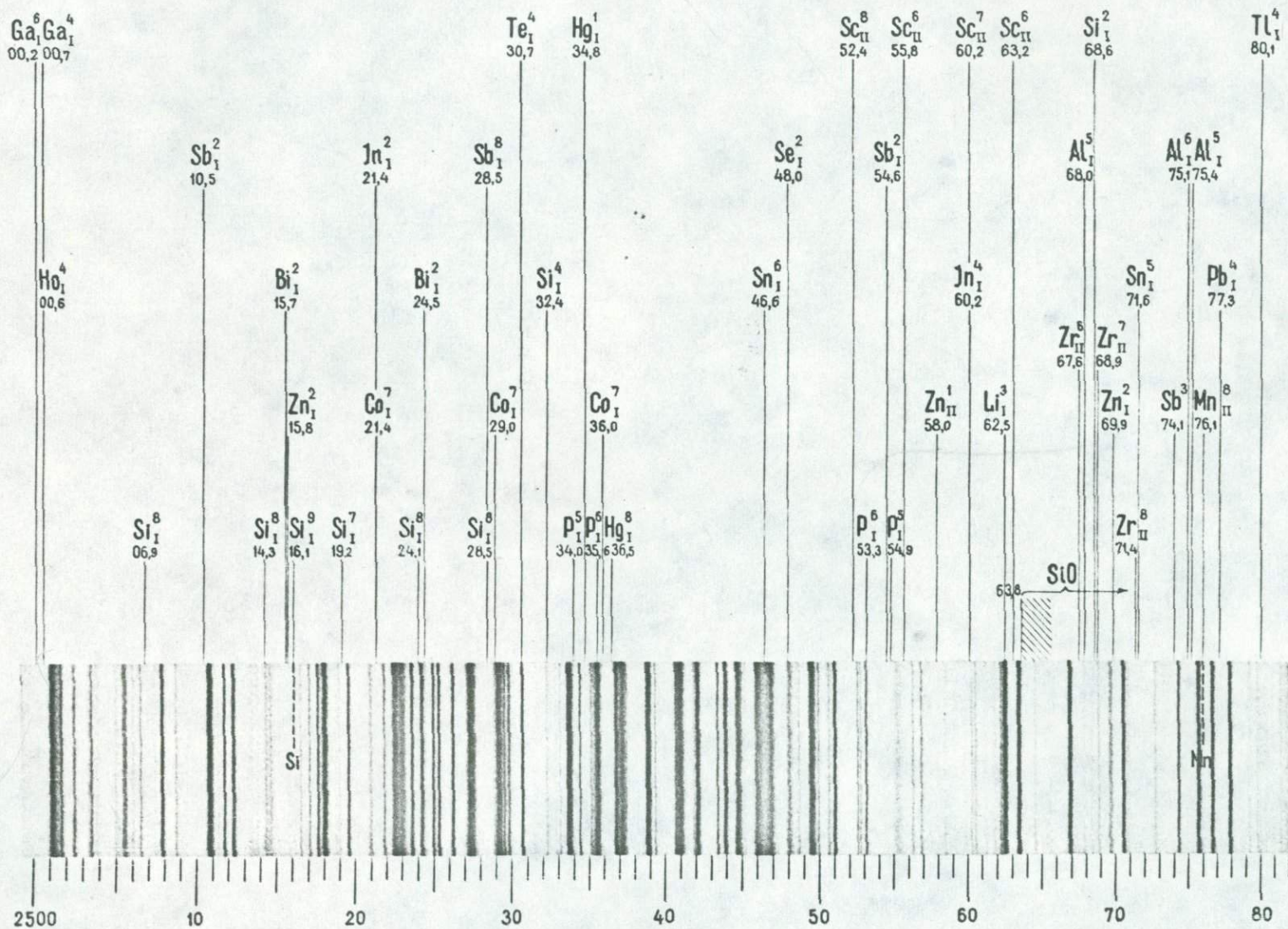
Типография издательства «Наука», г. Алма-Ата, ул. Шевченко, 28.  
Зак. 171.

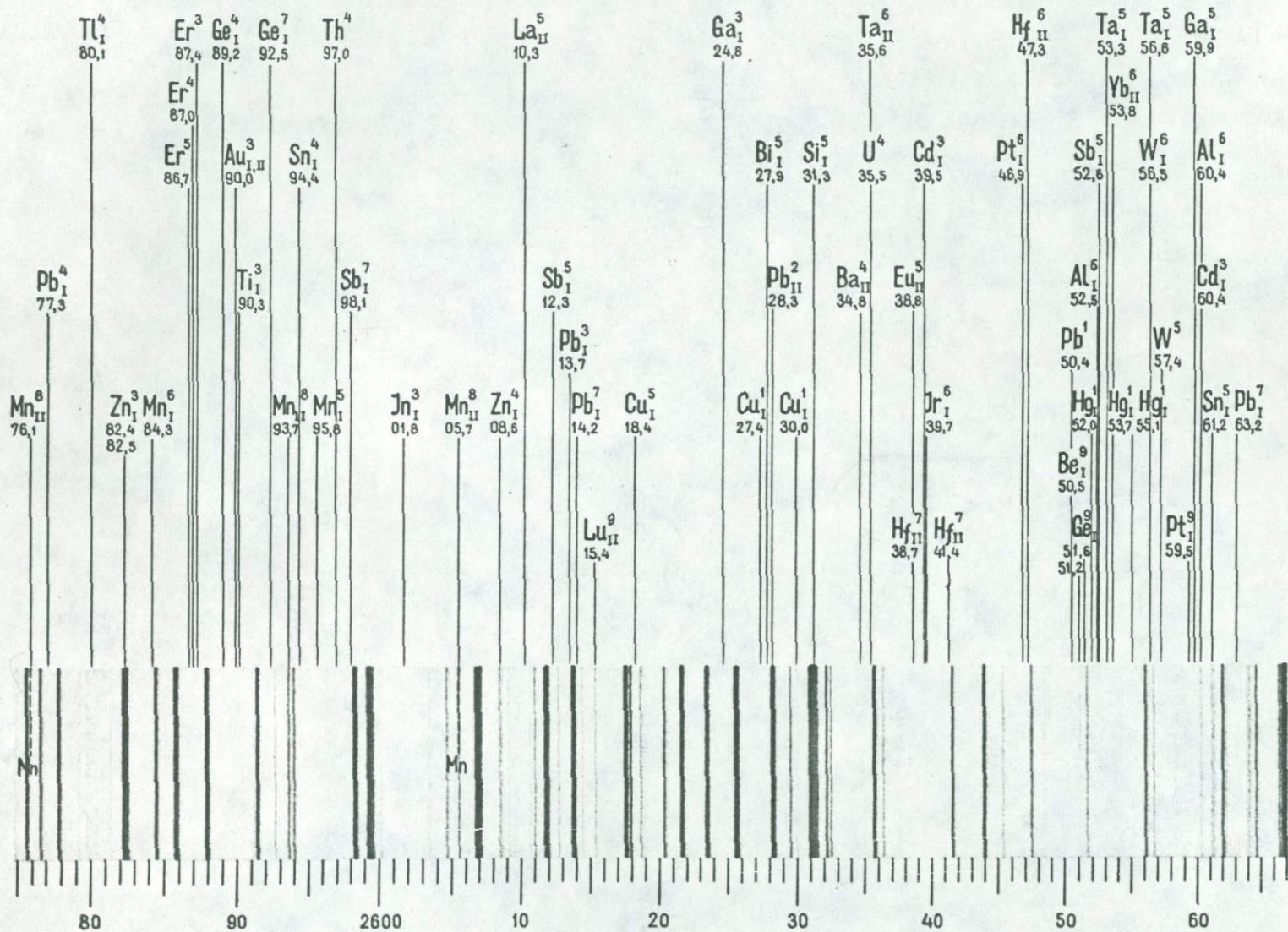


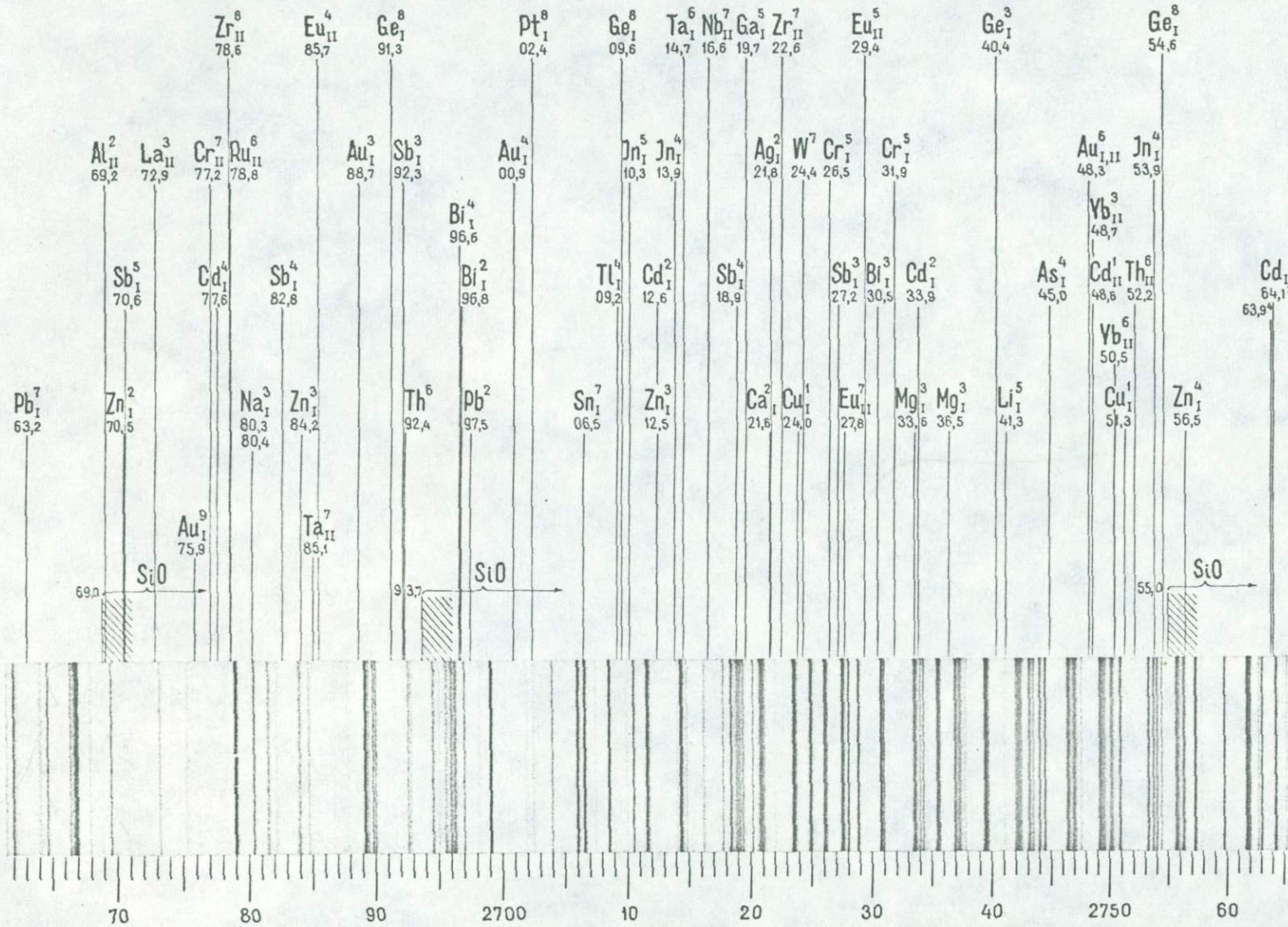




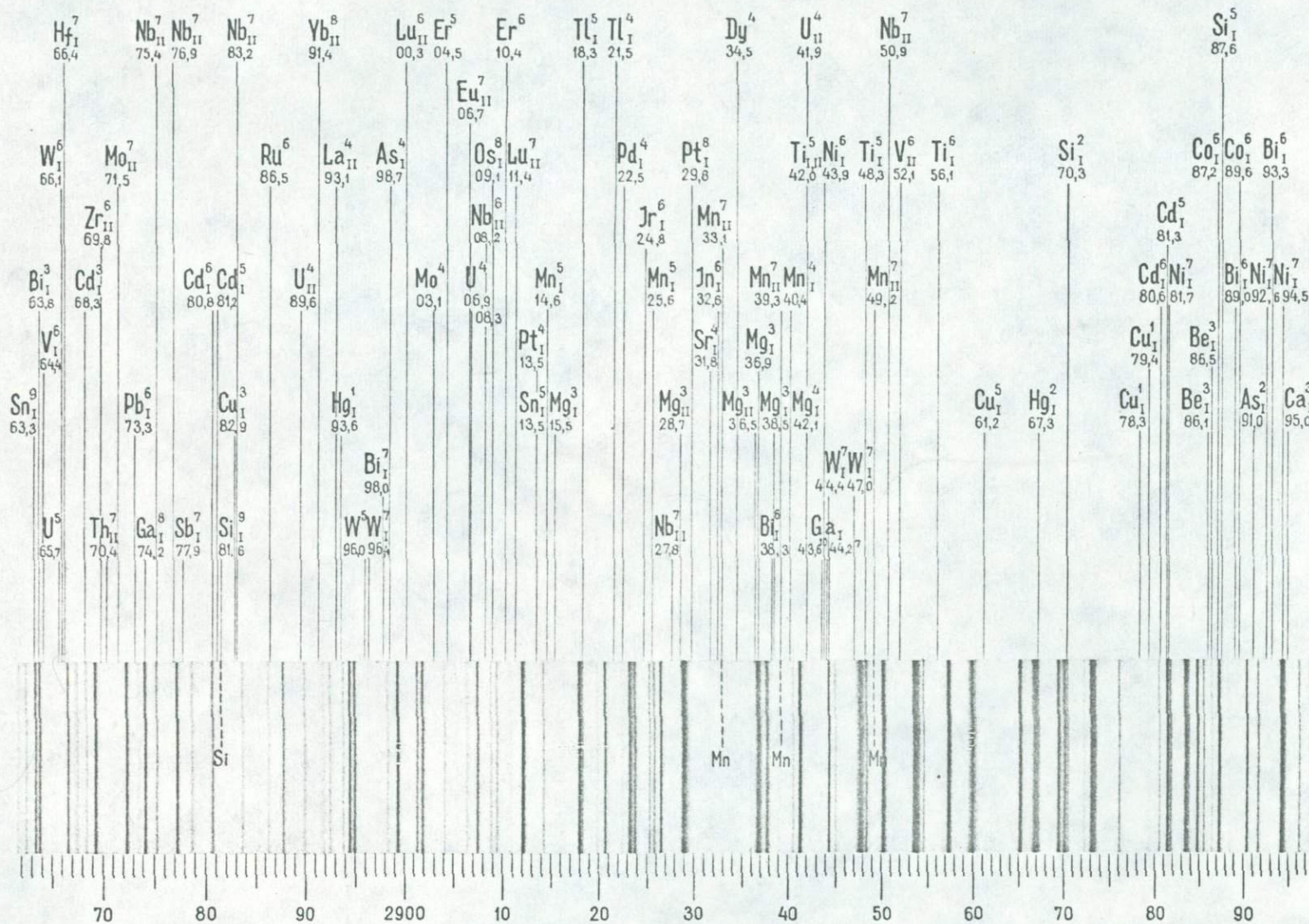






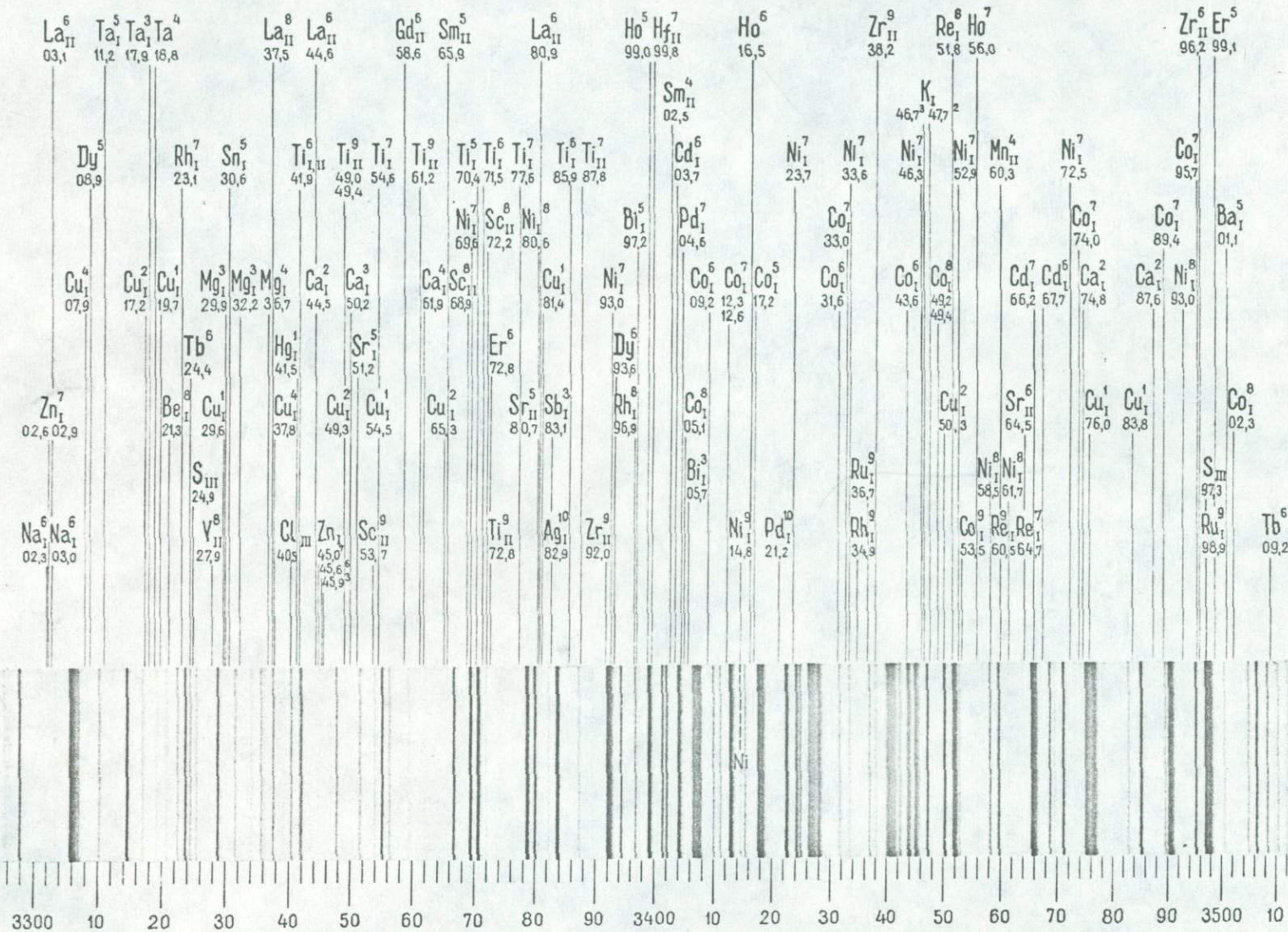


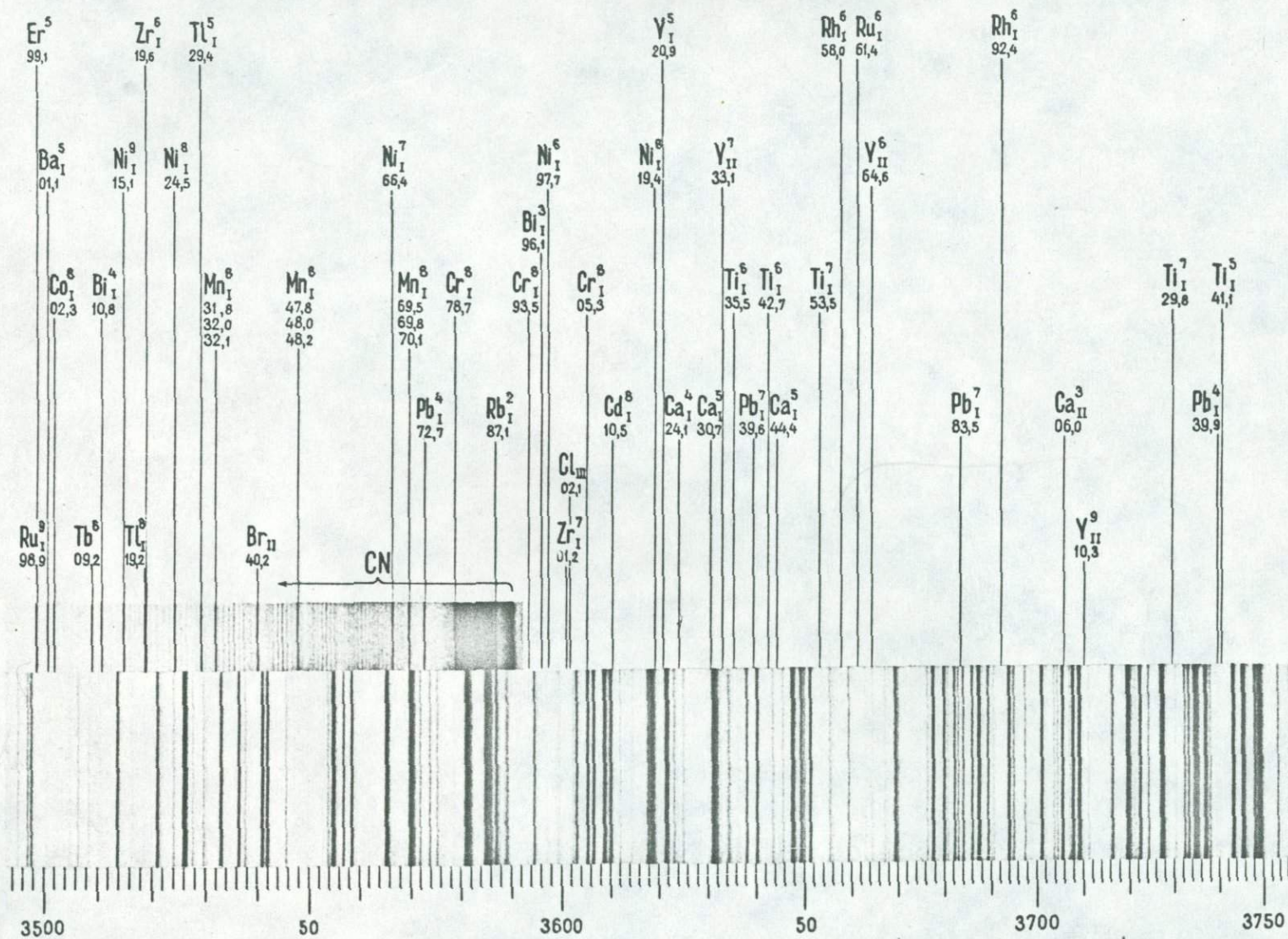


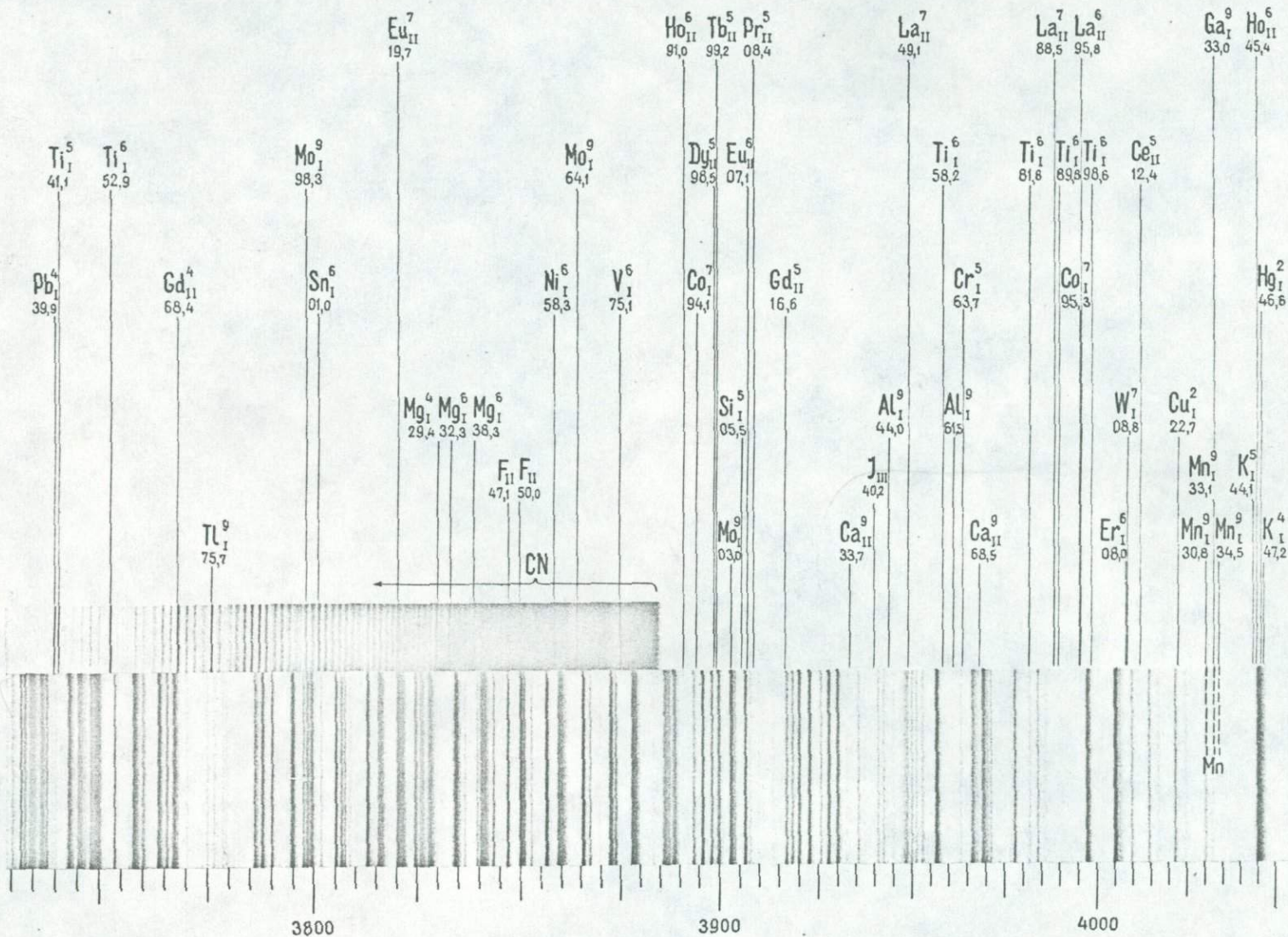


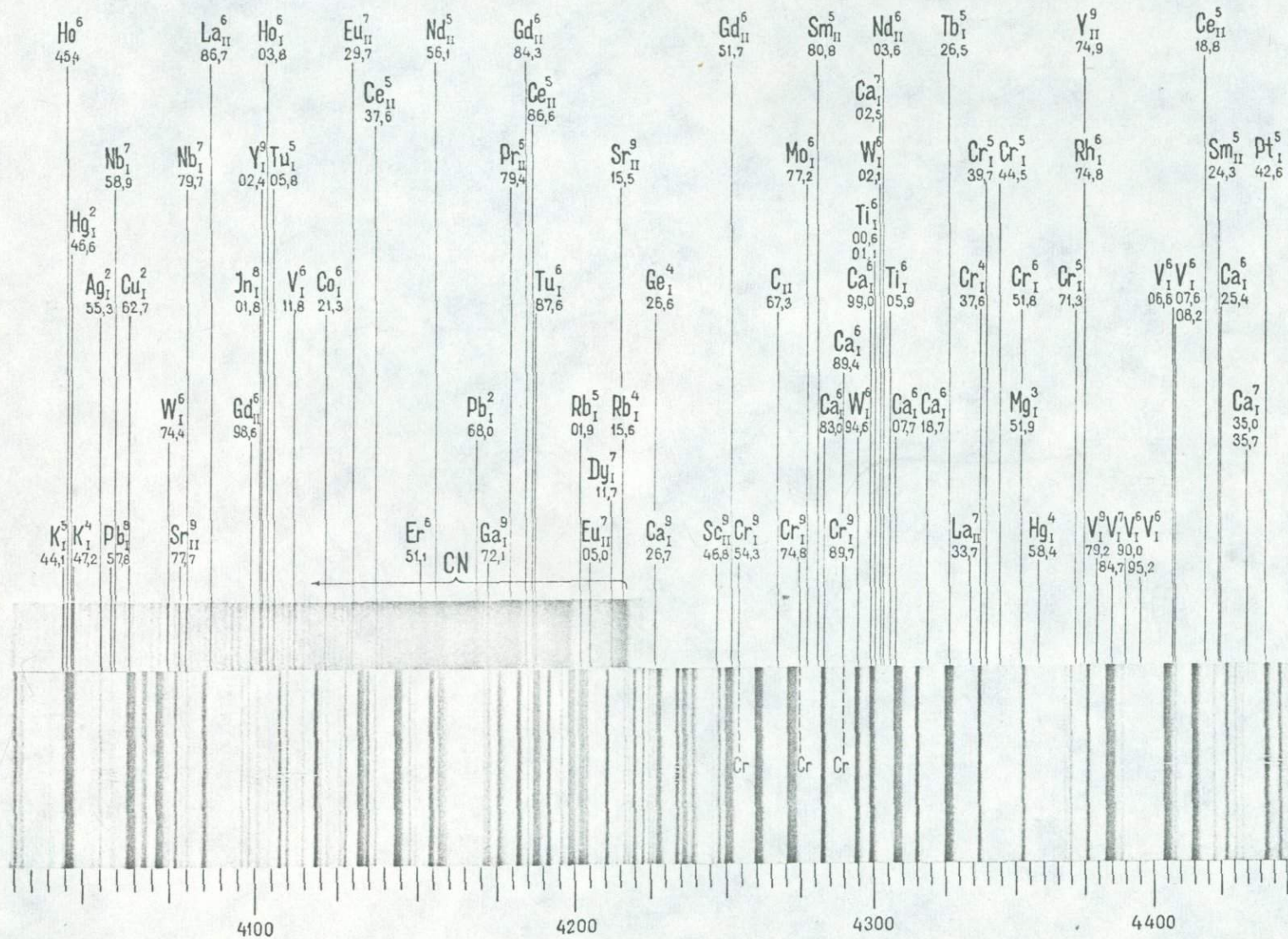


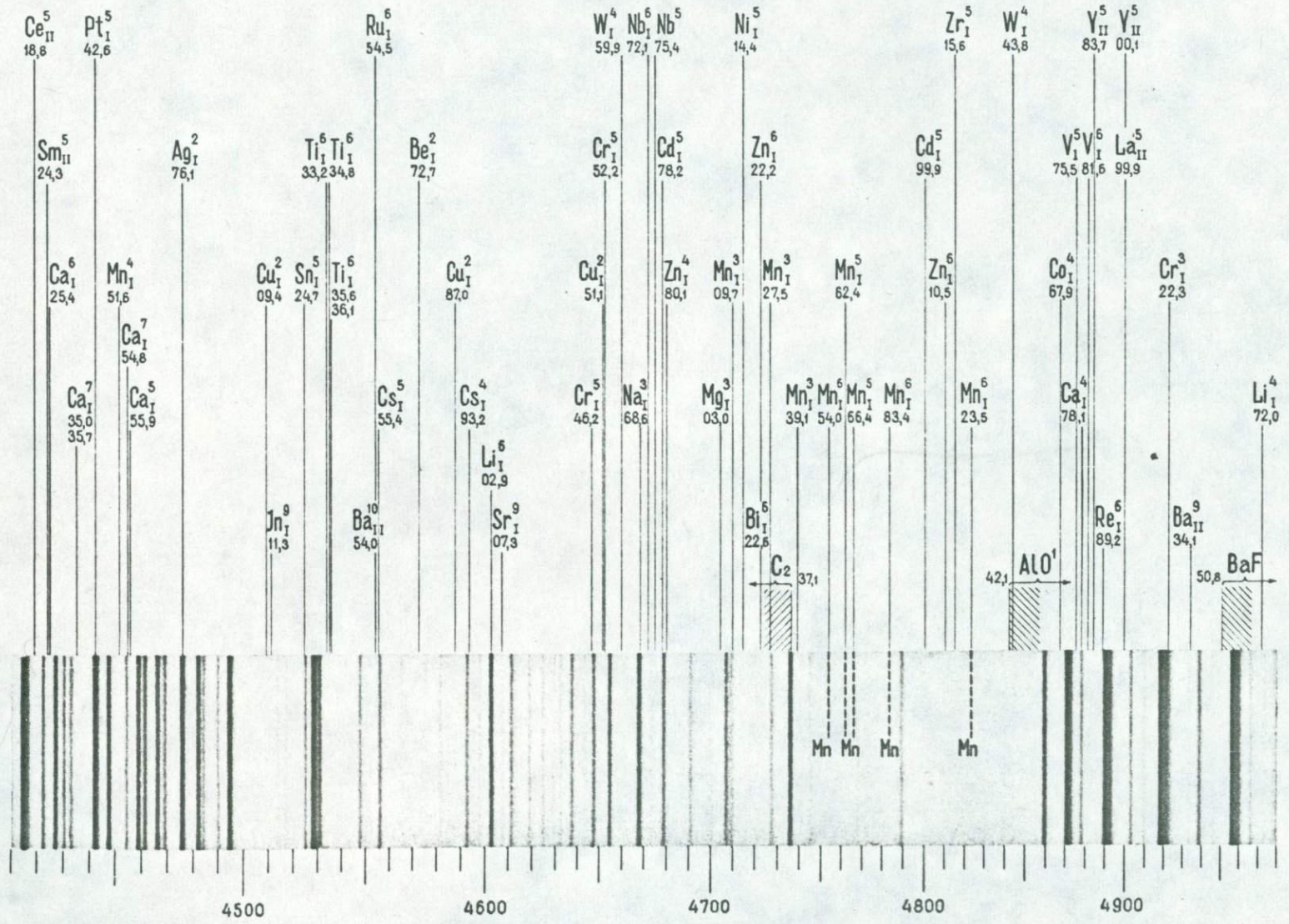


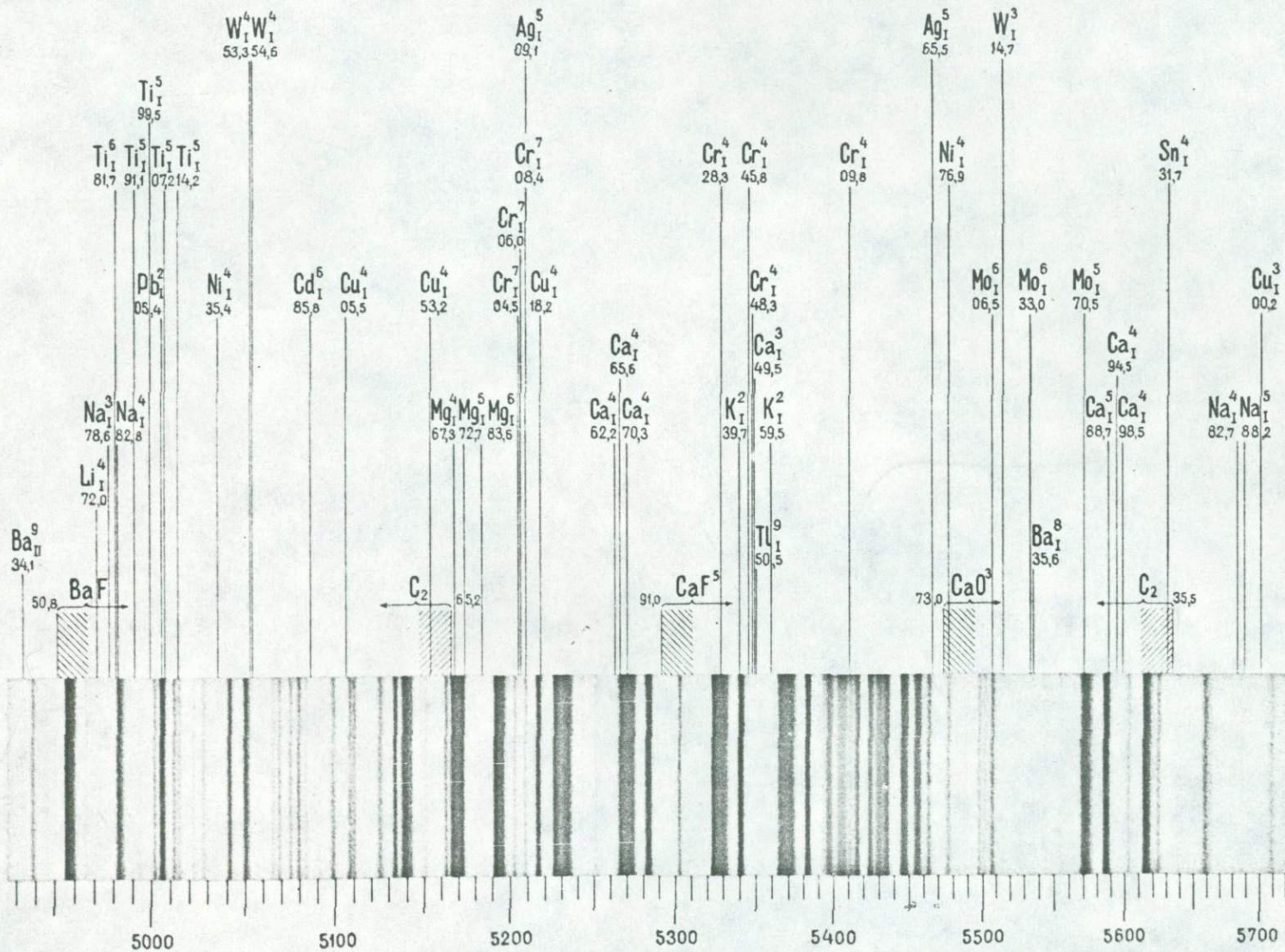


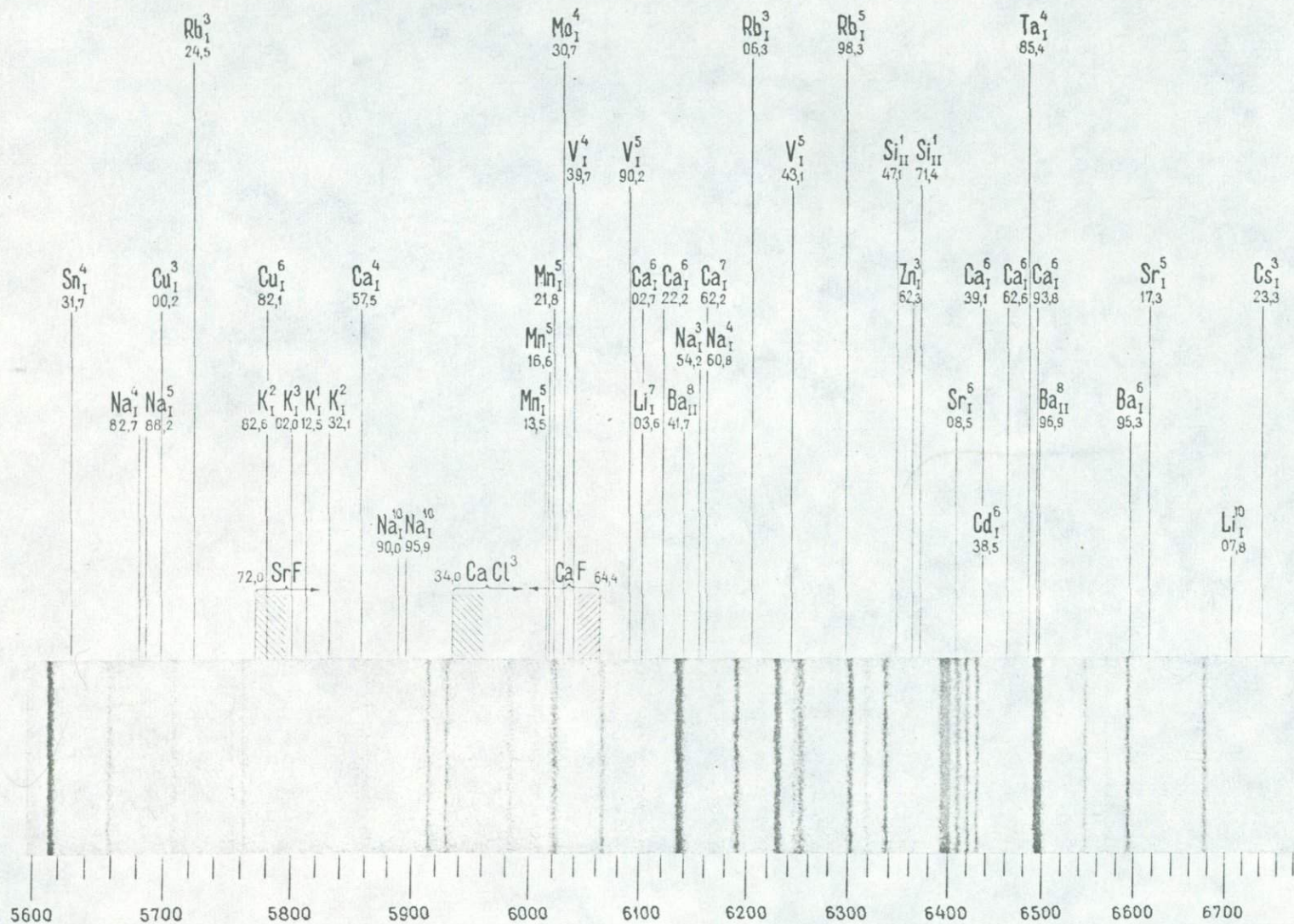


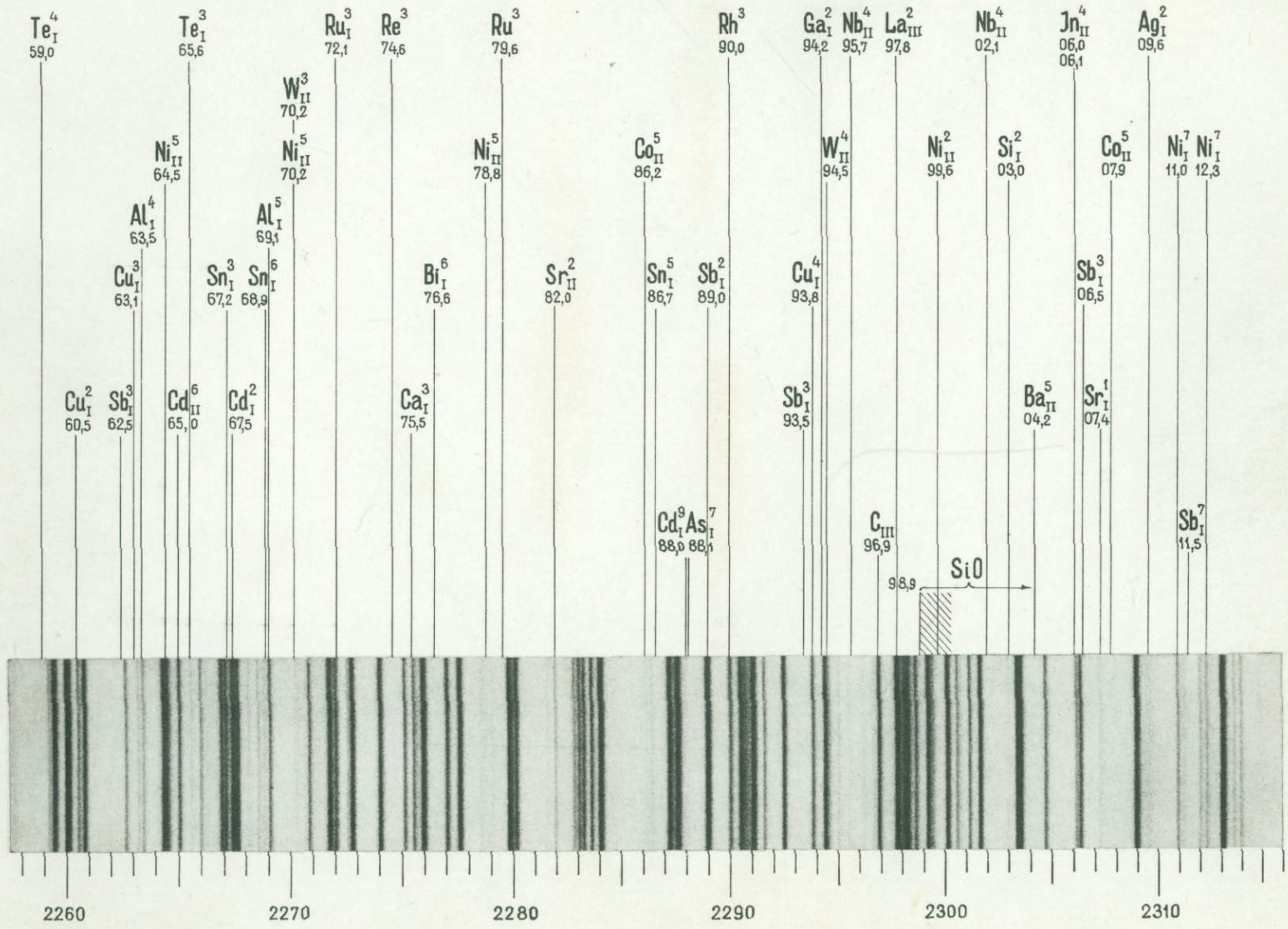






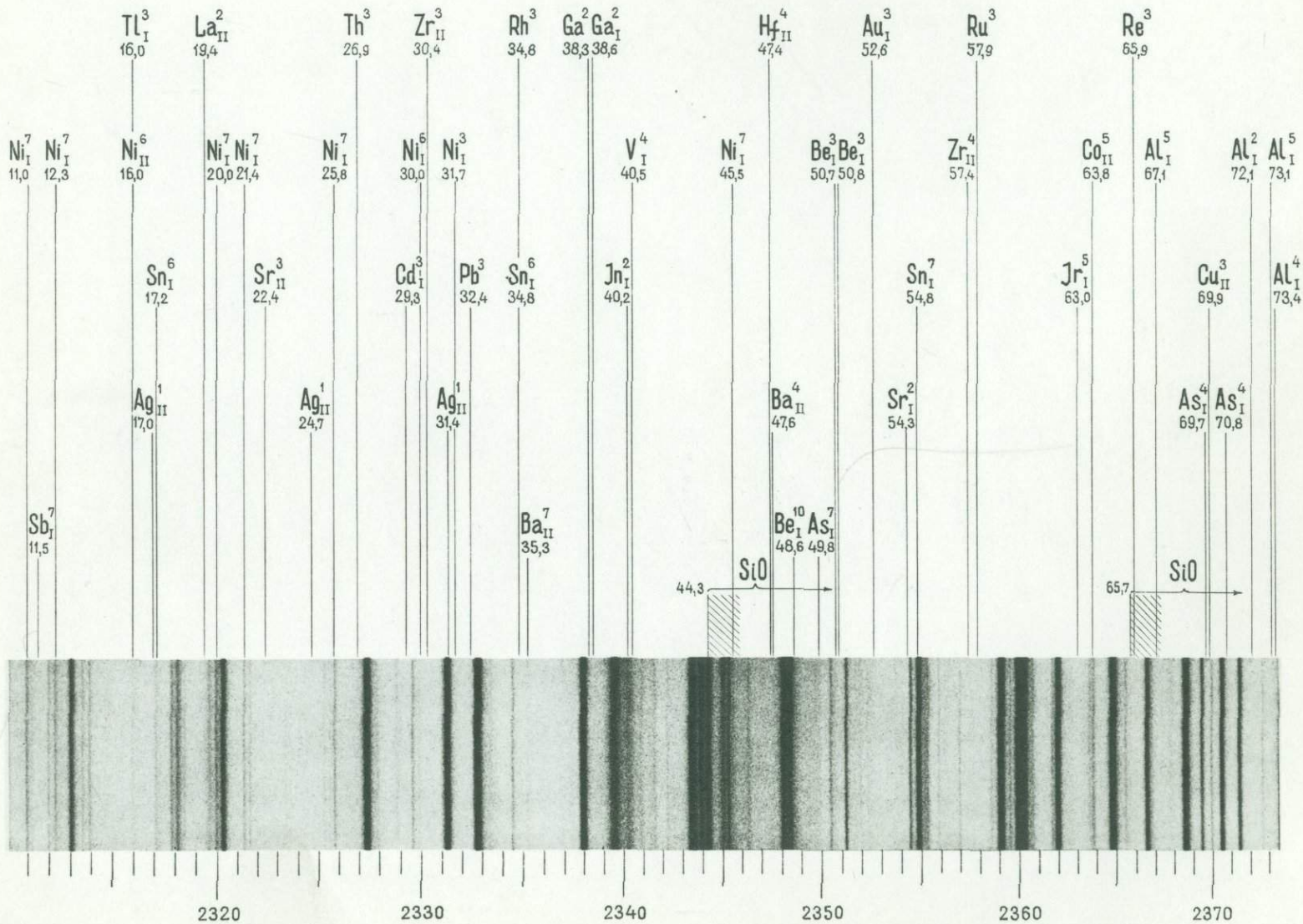






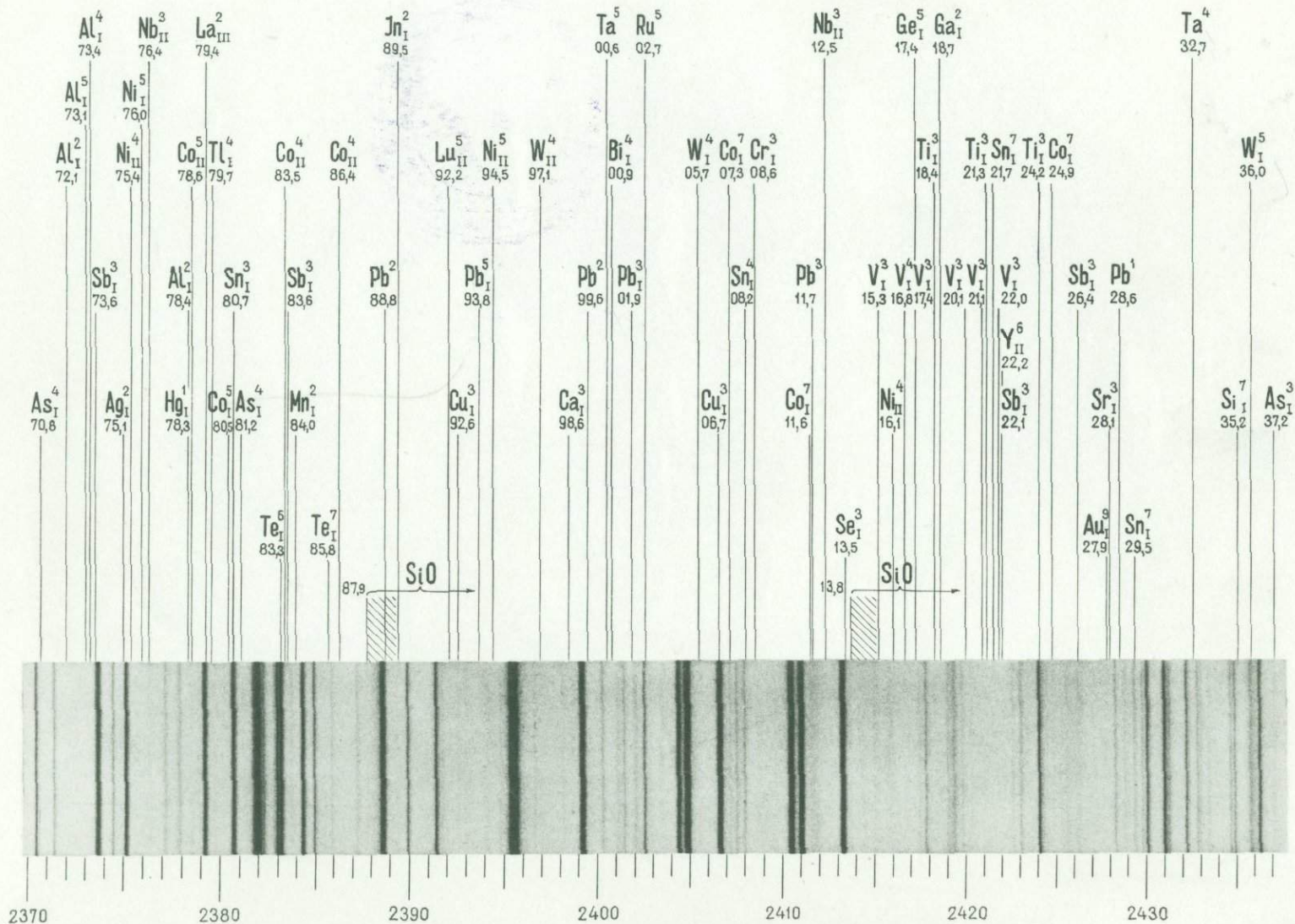


141



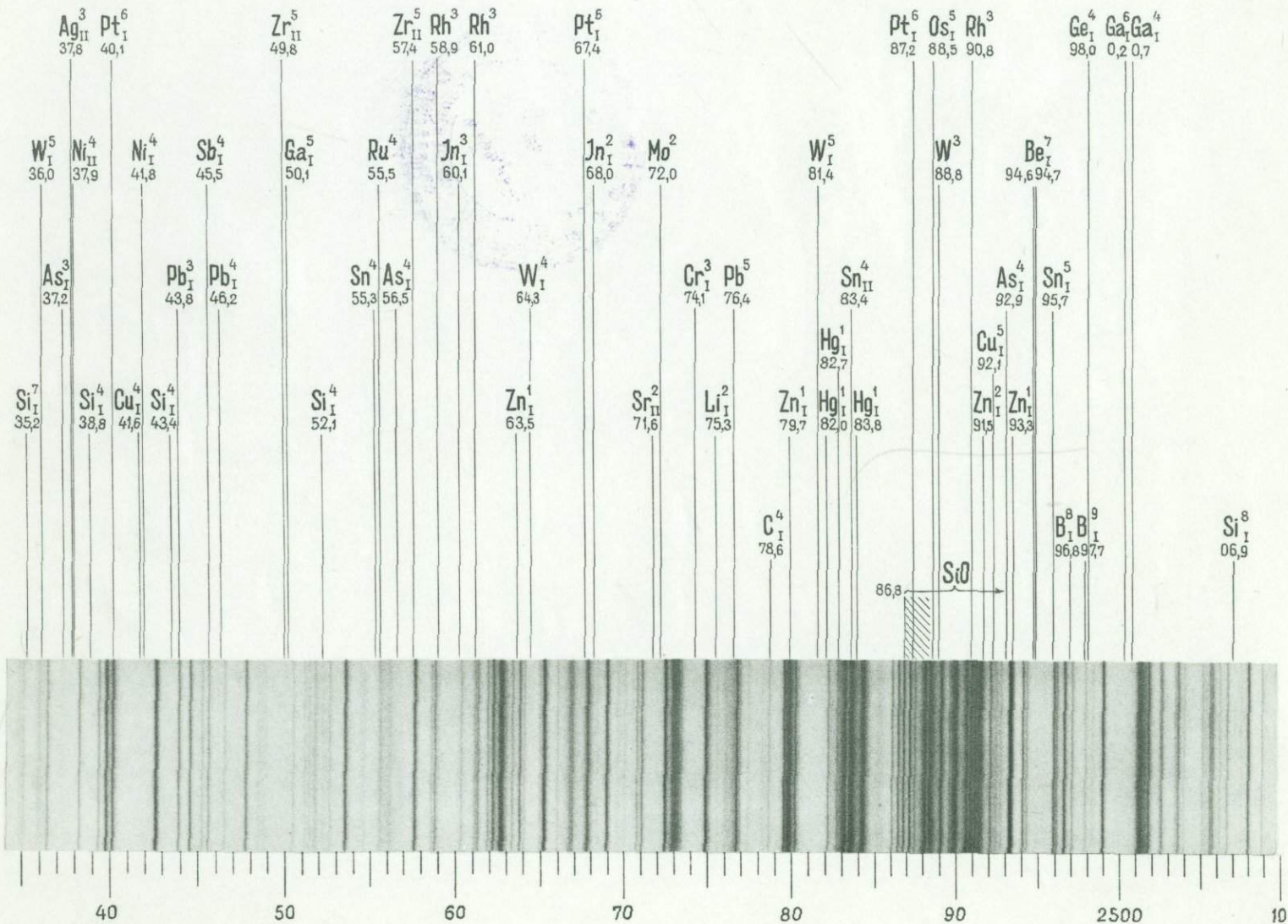


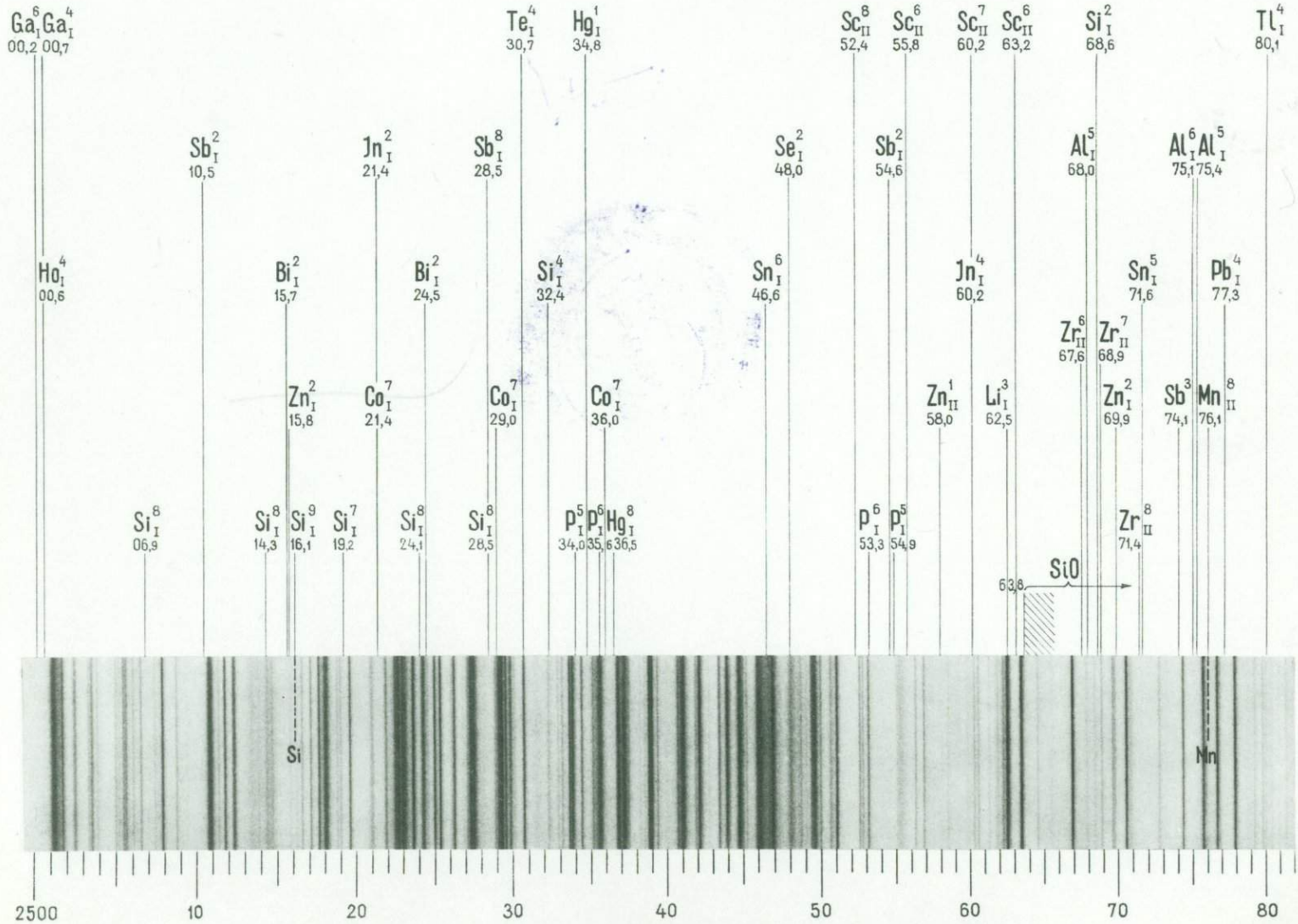
071





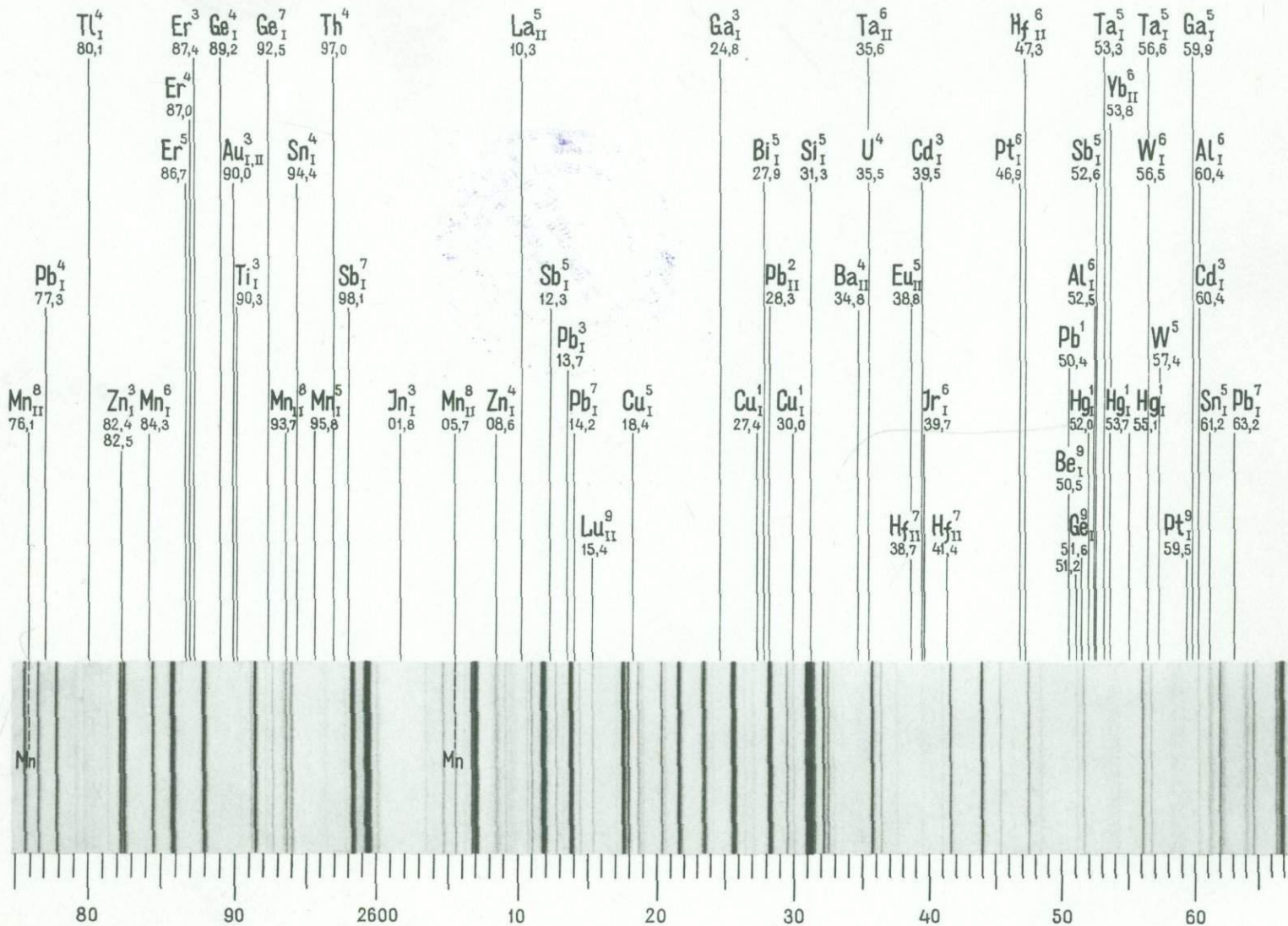
140





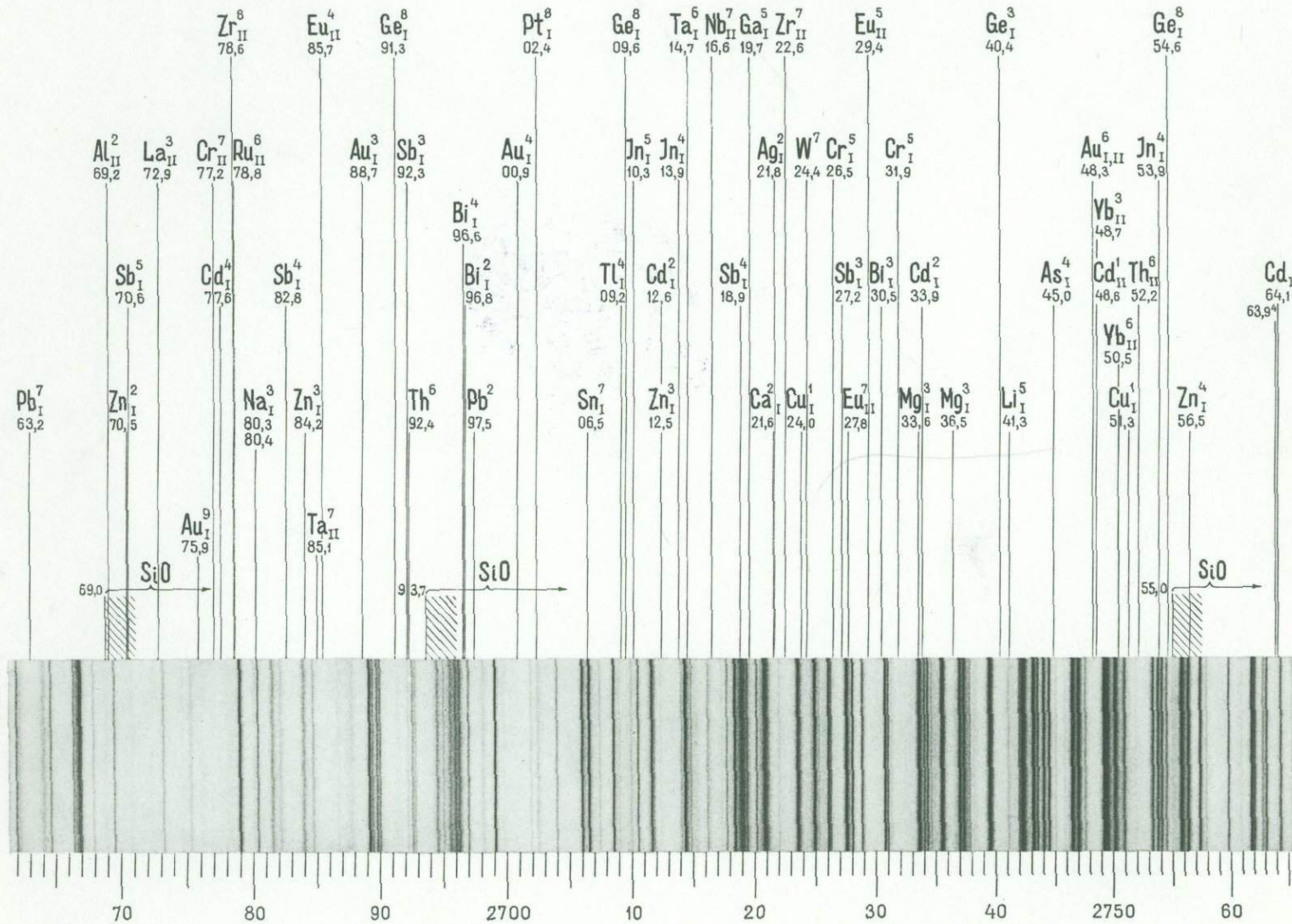


140





140



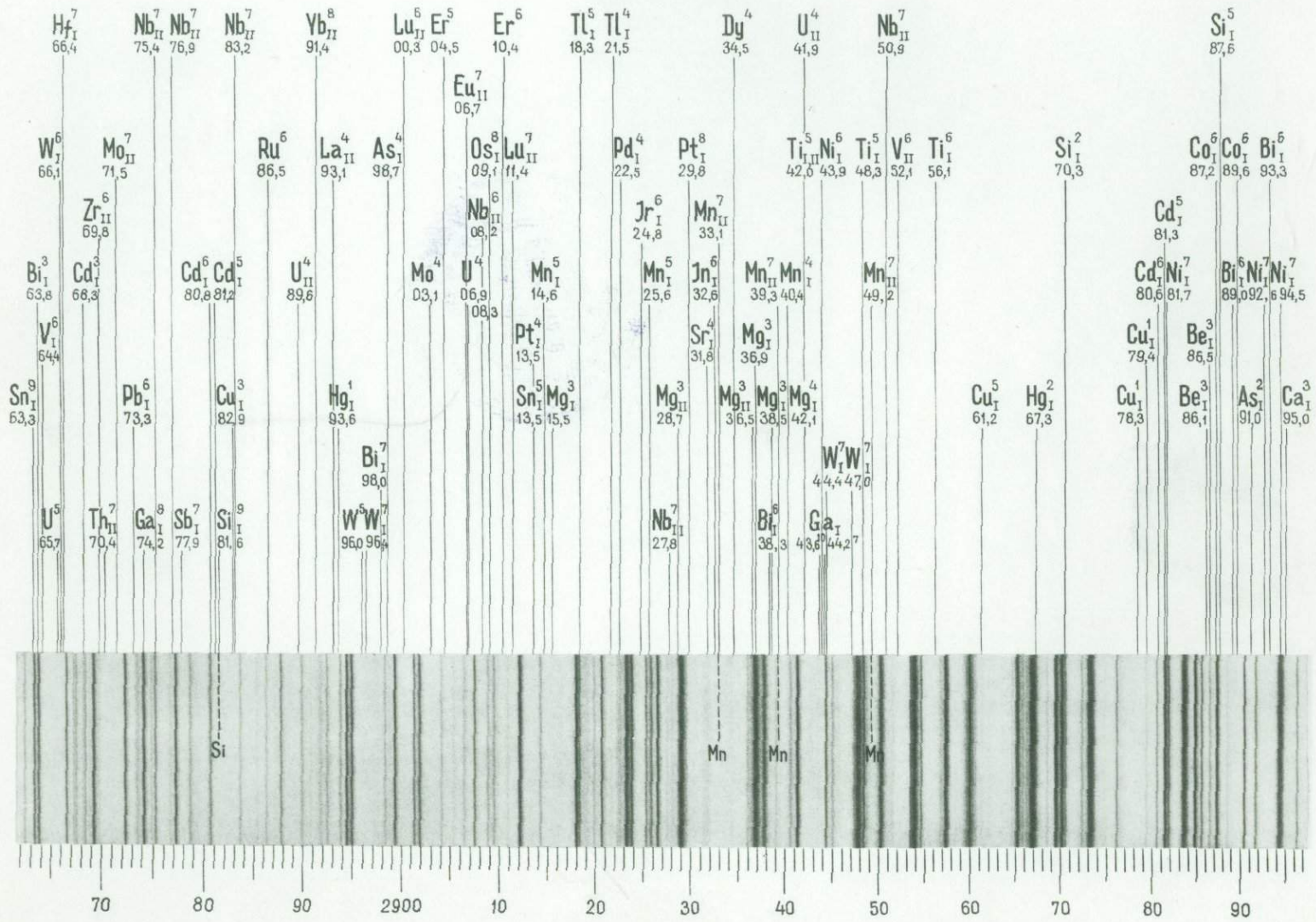


140





140



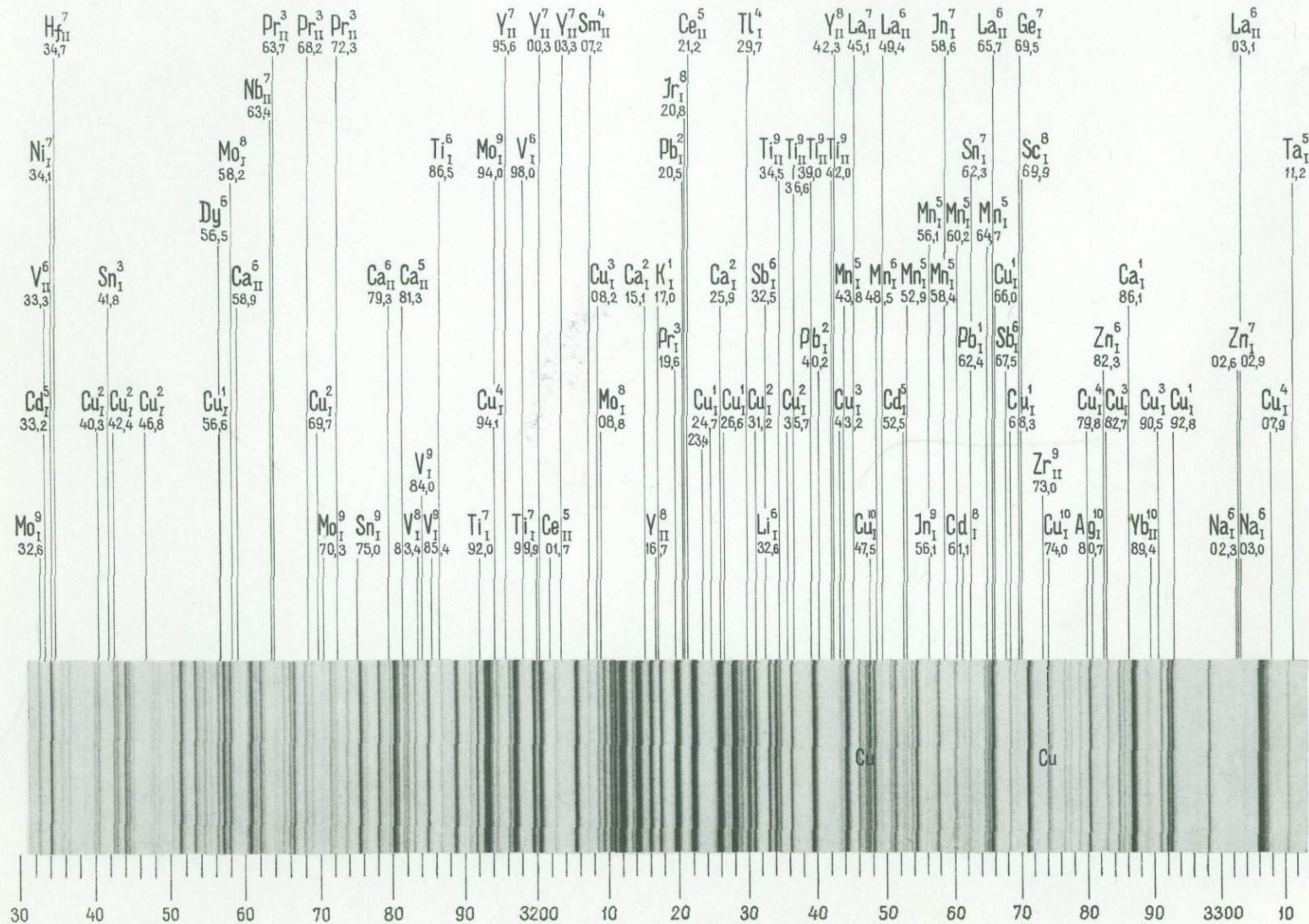


140



140





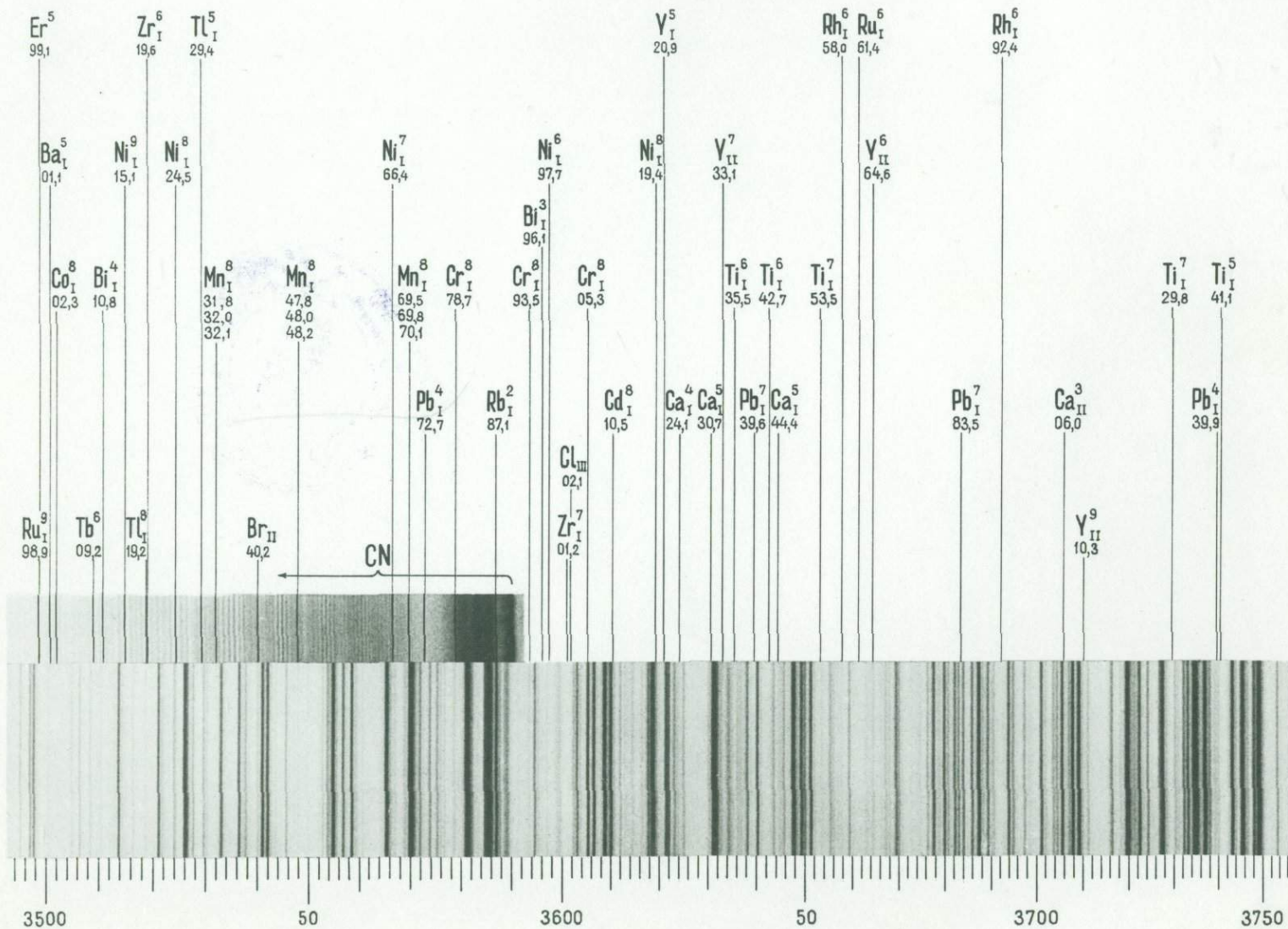


140





140



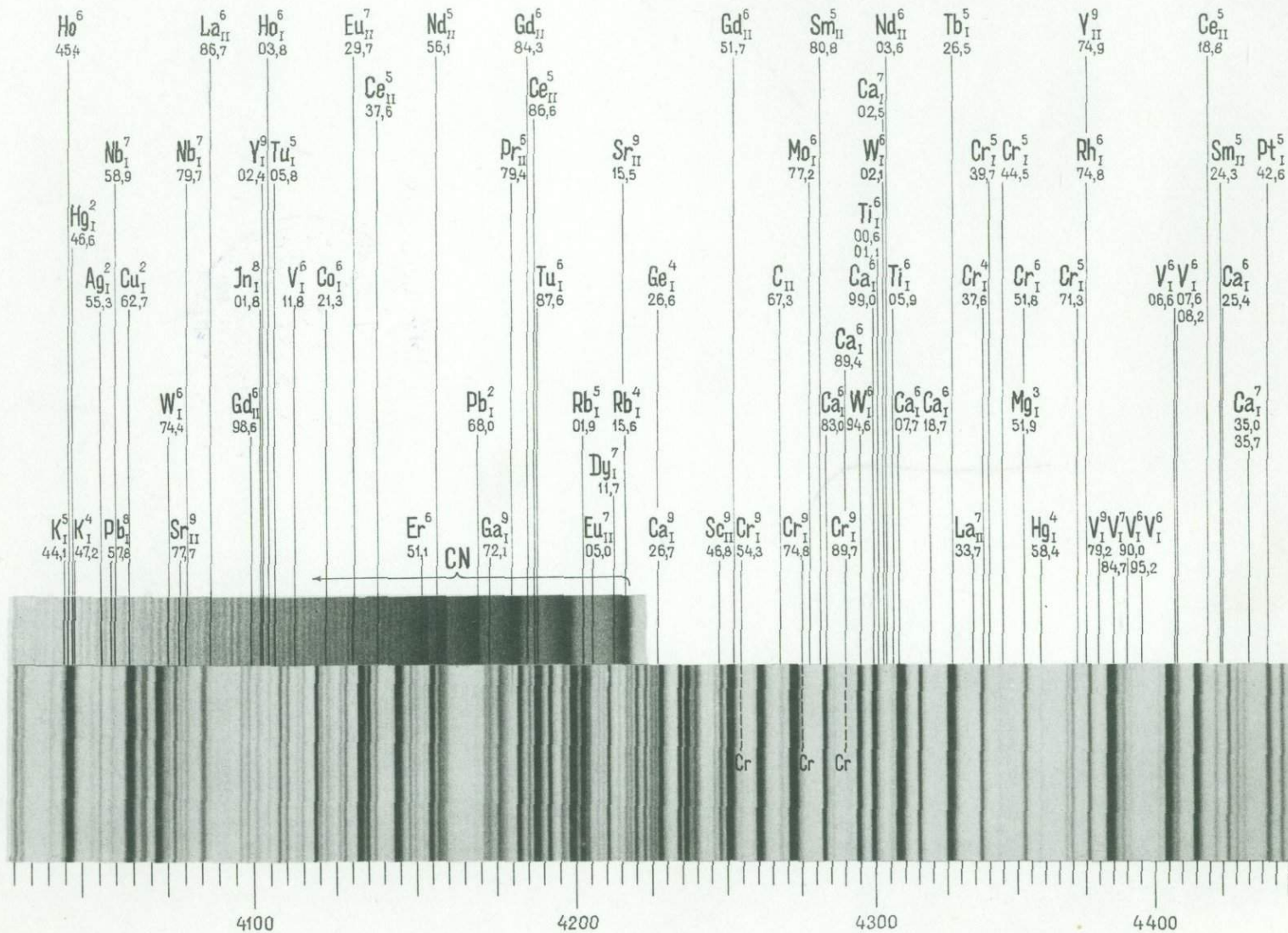


140



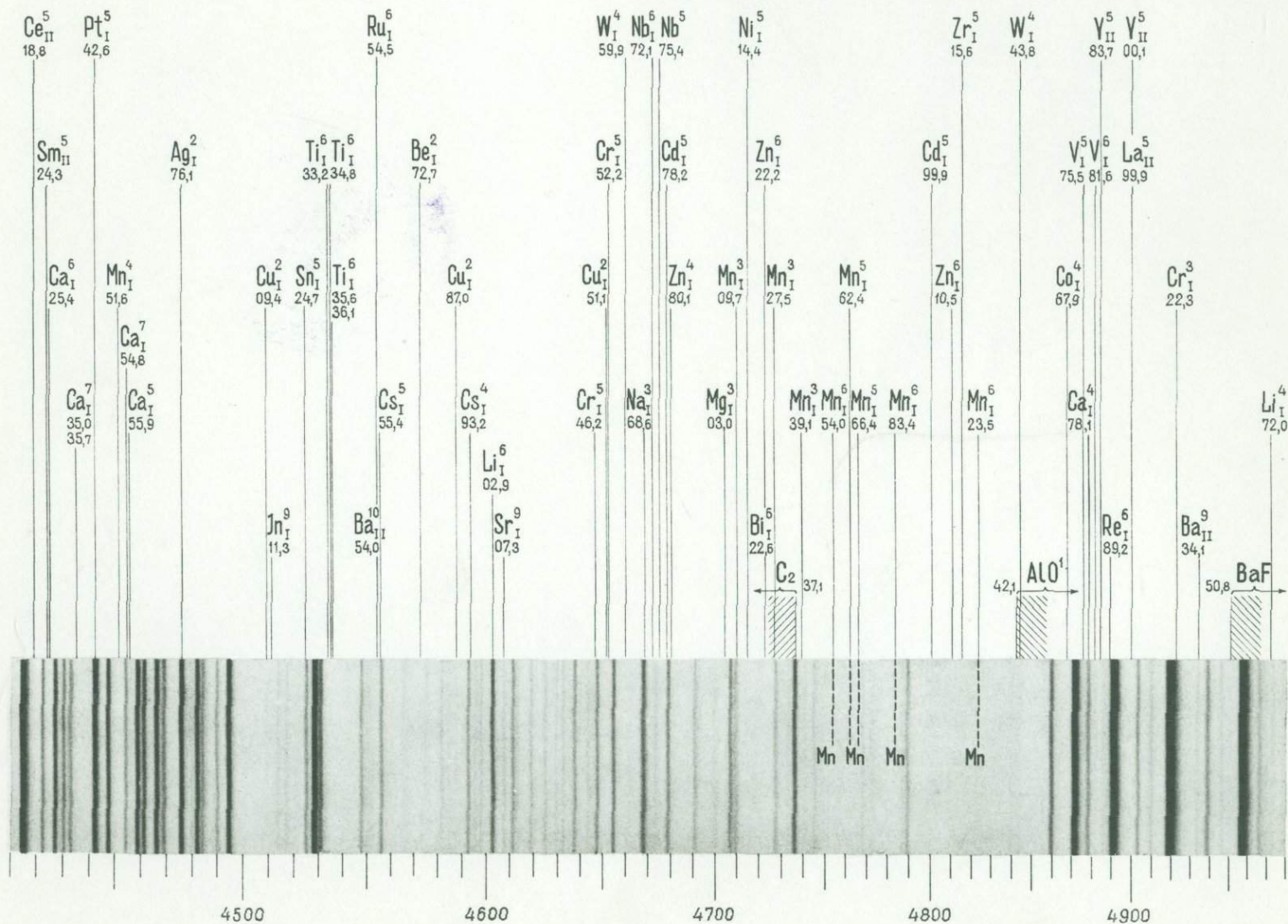
0h1





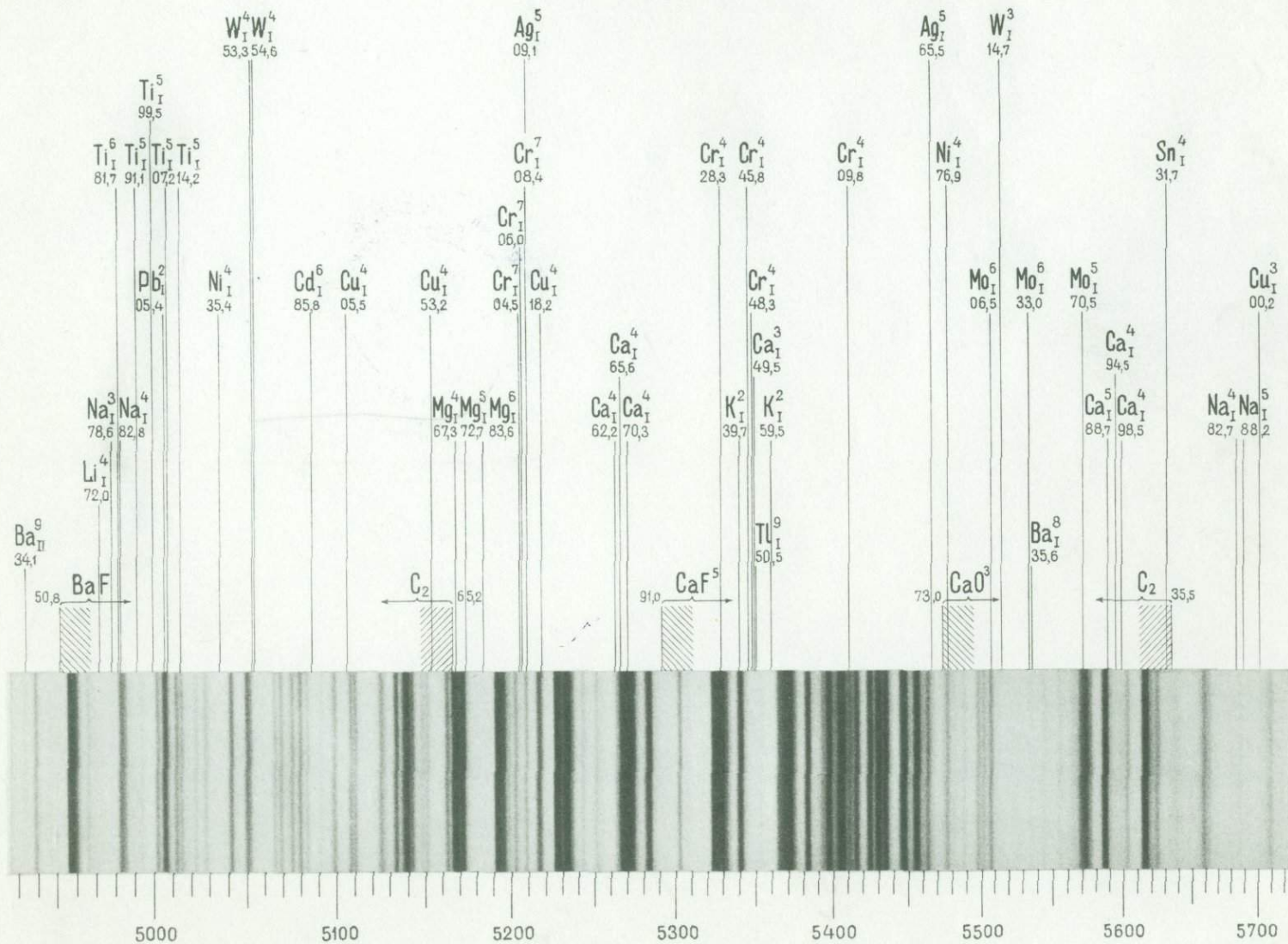


140



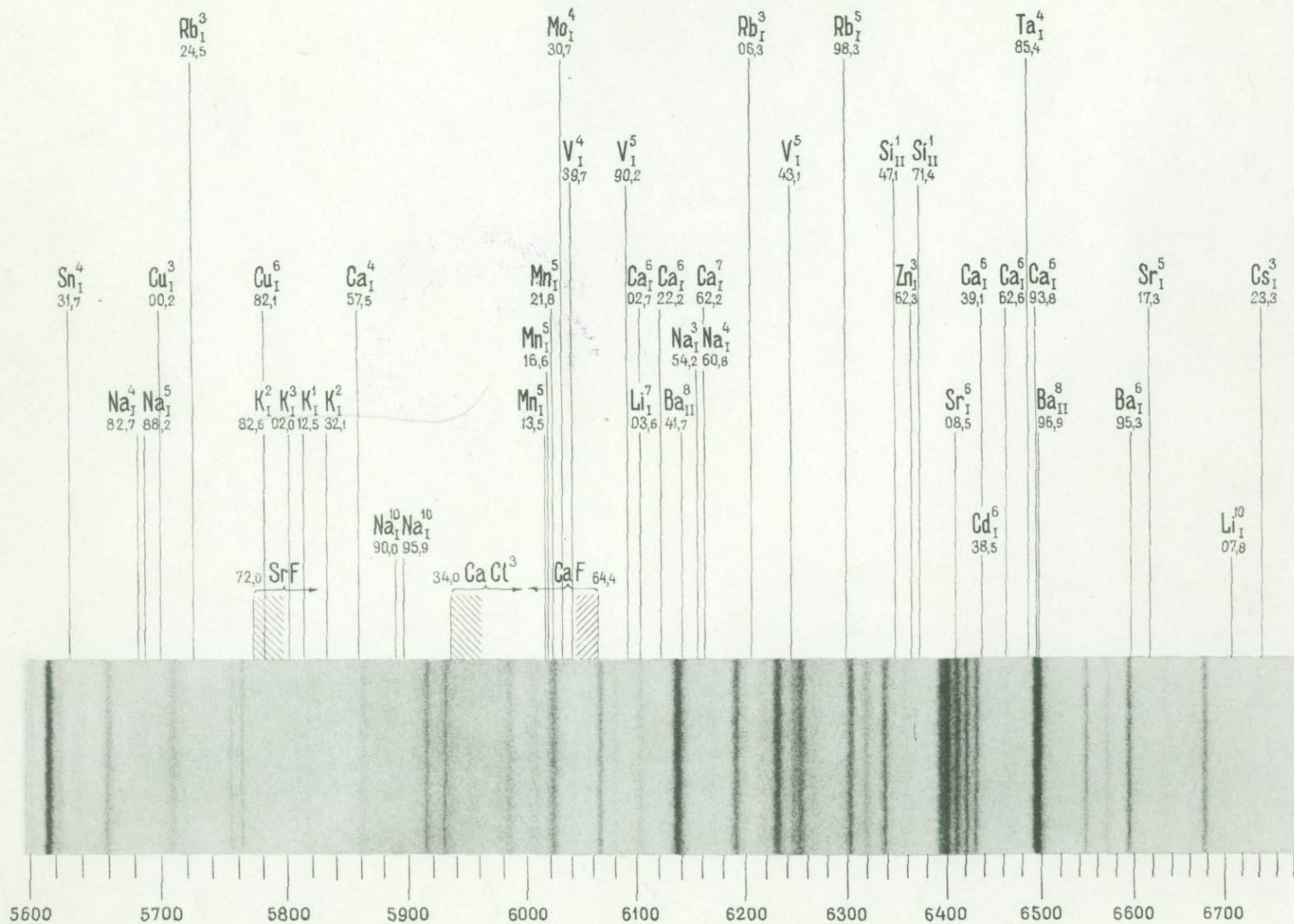


140





041



140



140