

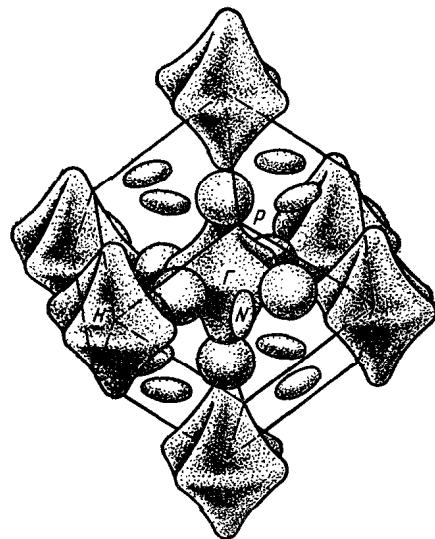
С.В. ТЕРЕХОВ

Терехов С.В. Тепловые свойства Металлов

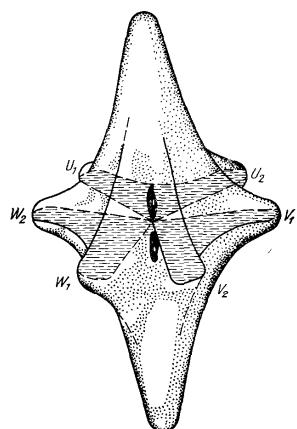
**ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА
МЕТАЛЛОВ**

Донецк
2023

С.В. Терехов



Тепловые свойства металлов



*Посвящается моему дорогому другу
Сергею Владимиру Харганиевичу*

Донецк, 2023

УДК 536.4: 669

Терехов С.В. Тепловые свойства металлов / Справочник. Донецк:
ГБУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина». 2023. 184 с.

Одной из сложных проблем термодинамики конденсированных сред является теоретический расчёт термофизических свойств, в частности, температурных зависимостей теплоёмкостей и коэффициентов линейного теплового расширения. Например, теория теплоёмкости базируется на хорошо известных фононных моделях Эйнштейна и Дебая (а также их модификациях), но они не могут объяснить целый ряд особенностей: рост теплоёмкости с увеличением температуры для многих твёрдых тел, описать скачки на кривых (структурные переходы), пики и ямы (агрегатные, магнитные и др. превращения). С другой стороны, экспериментаторы сглаживают полученные данные на разных температурных интервалах различающимися между собой аппроксимационными полиномами, иногда имеющими расходимость при абсолютном нуле. В этой связи автором была предложена модель двухфазной локально-равновесной области, в которой одна из фаз стремится к упорядочению. В данной работе продемонстрирована её применимость для расчёта температурных зависимостей теплоёмкостей и коэффициентов линейного теплового расширения при использовании согласующихся между собой экспериментальных данных.

Для инженерно-технических работников и специалистов различных отраслей промышленности, а также для научных сотрудников, преподавателей вузов, аспирантов и студентов.

Ил. 126. Табл. 82. Библиогр. список 84 назв.

© С.В. Терехов, 2023

© ГБУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», 2023

С О Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
Введение.....	12
Теоретический расчёт теплоёмкостей и коэффициентов линейного теплового расширения металлов.....	14
1. Модель двухфазной локально-равновесной области..	14
2. Расчёт температурных зависимостей теплоёмкостей.	16
3. Коэффициенты теплового линейного расширения....	18
Литература/References.....	19
Методы (приборы) измерений.....	26
 I . Т Е П Л О Ё М К О С Т Ъ	
Металлы.....	27
Табл. 1. Температуры плавления и кипения элементов...	28
Табл. 2. Молярные массы металлов.....	29
1. Триада железа.....	30
Табл. 3. Параметры теоретической модели для расчёта теплоёмкостей металлов.....	30
1.1. Железо , Fe.....	31
1.2. Кобальт , Co.....	31
1.3. Никель , Ni.....	32
Литература.....	32
2. Благородные металлы.....	33
2.1. Триады платины.....	33
Табл. 4. Параметры и коэффициенты теоретической модели для расчёта теплоёмкостей металлов платиновой группы.....	33
2.1.1. Лёгкая триада платины (триада палладия).....	34
2.1.1.1. Рутений , Ru.....	34

2.1.1.2. Родий, Rh.....	34
2.1.1.3. Палладий, Pd.....	35
2.1.2. Тяжёлая триада платины (триада платины)...	35
2.1.2.1. Осмий, Os.....	35
2.1.2.2. Иридий, Ir.....	36
2.1.2.3. Платина, Pt.....	36
2.2. Драгоценные металлы.....	37
2.2.1. Золото, Au.....	37
2.2.2. Серебро, Ag.....	38
Литература.....	39
3. Группы металлов	39
I группа.....	39
Табл. 5. Параметры и коэффициенты модели для расчёта температурных зависимостей теплоёмкостей металлов...	39
1.1. Литий, Li.....	40
1.2. Натрий, Na.....	40
1.3. Калий, K.....	41
1.4. Рубидий, Rb.....	41
1.5. Цезий, Cs.....	42
1.6. Медь, Cu.....	42
II группа.....	43
Табл. 6. Параметры и коэффициенты модели для расчёта температурных зависимостей теплоёмкостей металлов...	43
2.1. Бериллий, Be.....	44
2.2. Магний, Mg.....	44
2.3. Кальций, Ca.....	45
2.4. Стロンций, Sr.....	45
2.5. Барий, Ba.....	46
2.6. Цинк, Zn.....	46
2.7. Кадмий, Cd.....	47
III группа.....	47

Табл. 7. Параметры и коэффициенты модели для расчёта температурных зависимостей теплоёмкостей металлов...	47
3.1. Алюминий, Al.....	48
3.2. Галлий, Ga.....	48
3.3. Индий, In.....	49
3.4. Таллий, Tl.....	49
3.5. Скандий, Sc.....	50
3.6. Иттрий, Y.....	50
 IV группа.....	 51
Табл. 8. Параметры и коэффициенты модели для расчёта температурных зависимостей теплоёмкостей металлов...	51
4.1. Олово, Sn.....	52
4.2. Свинец, Pb.....	52
4.3. Титан, Ti.....	53
4.4. Цирконий, Zr.....	53
4.5. Гафний, Hf.....	54
 V группа.....	 55
Табл. 9. Параметры и коэффициенты модели для расчёта температурных зависимостей теплоёмкостей металлов...	55
5.1. Сурьма, Sb.....	56
5.2. Висмут, Bi.....	56
5.3. Ванадий, V.....	57
5.4. Ниобий, Nb.....	57
5.5. Тантал, Ta.....	58
 VI группа.....	 58
Табл. 10. Параметры и коэффициенты модели для расчёта температурных зависимостей теплоёмкостей металлов	58
6.1. Хром, Cr.....	59
6.2. Молибден, Mo.....	59
6.3. Вольфрам, W.....	60
 VII группа.....	 60
Табл. 11. Параметры и коэффициенты модели для расчёта температурных зависимостей теплоёмкостей металлов	60

7.1. Марганец, Mn.....	61
7.2. Технеций, Tc.....	61
7.3. Рений, Re.....	62
 Редкоземельные металлы. Лантан и лантаноиды....	63
Табл. 12. Параметры и коэффициенты модели для расчёта температурных зависимостей теплоёмкостей металлов	63
L1. Лантан, La.....	65
L2. Церий, Ce.....	65
L3. Празеодим, Pr.....	66
L4. Неодим, Nd.....	66
L5. Прометий, Pm.....	67
L6. Самарий, Sm.....	67
L7. Европий, Eu.....	68
L8. Гадолиний, Gd.....	68
L9. Тербий, Tb.....	69
L10. Диспрозий, Dy.....	69
L11. Гольмий, Ho.....	70
L12. Эрбий, Er.....	70
L13. Тулий, Tm.....	71
L14. Иттербий, Yb.....	71
L15. Лютеций, Lu.....	72
 Радиоактивные металлы.....	73
Табл. 13. Параметры и коэффициенты модели для расчёта температурных зависимостей теплоёмкостей металлов	73
U1. Уран, U.....	74
U2. Плутоний, Pu.....	74
U3. Торий, Th [2].....	75
Торий, Th [3].....	75
Торий, Th [9].....	76
Литература.....	76
 Табл. 14. Температурные зависимости теплоёмкостей металлов C_p , Дж/(моль·К).....	77
Табл. 15. Оценка характерных температур модели T_x (К) по температуре Дебая θ_D (К) и температурам фазовых переходов T_{ph} (К).....	84

Табл. 16. Коэффициенты модели k_1 и электронной теплоёмкости γ_e , , мДж/(моль·К ²).....	86
Табл. 17. Оценка коэффициентов k_1 (мДж/(моль·К ²)) и k_2 (Дж/(моль·К)) { m_A , г/моль; T_m , К; H_m , кДж/моль}.....	88
Литература.....	91
III. КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОВОГО ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ	92
1. Триада железа.....	92
Табл. 18. Параметры теоретической модели для расчёта коэффициентов теплового линейного расширения (КТЛР) триады железа.....	92
1.1. Железо, Fe.....	93
1.2. Кобальт, Co.....	93
1.3. Никель, Ni.....	94
Литература.....	94
2. Благородные металлы.....	95
2.1. Триады платины.....	95
Табл. 19. Параметры и коэффициенты теоретической модели для расчёта изобарических КТЛР металлов триад палладия и платины.....	95
2.1.1. Лёгкая триада платины (триада палладия).....	95
2.1.1.1. Рутений, Ru.....	95
2.1.1.2. Родий, Rh.....	96
2.1.1.3. Палладий, Pd.....	96
2.1.2. Тяжёлая триада платины (триада платины)...	97
2.1.2.1. Осмий, Os.....	97
2.1.2.2. Иridий, Ir.....	97
2.1.2.3. Платина, Pt.....	98
2.2. Драгоценные металлы.....	98
Табл. 20. Параметры и коэффициенты теоретической модели для расчёта изобарических КТЛР драгоценных металлов.....	98

2.2.1. Золото, Au.....	99
2.2.2. Серебро, Ag.....	100
Литература.....	101
3. Цветные, редкоземельные и радиоактивные металлы	102
Табл. 21. Теоретические параметры для расчёта изобарических КТЛР металлов.....	102
3.1. Алюминий, Al.....	106
3.2. Барий, Ba.....	106
3.3. Бериллий, Be.....	107
3.4. Висмут, Bi.....	107
3.5. Кальций, Ca.....	108
3.6. Кадмий, Cd.....	108
3.7. Церий, Ce.....	109
3.8. Хром, Cr.....	109
3.9. Цезий, Cs.....	110
3.10. Медь, Cu.....	110
3.11. Диспрозий, Dy.....	111
3.12. Эрбий, Er.....	111
3.13. Европий, Eu.....	112
3.14. Галлий, Ga.....	112
3.15. Гадолиний, Gd.....	113
3.16. Гафний, Hf.....	113
3.17. Гольмий, Ho.....	114
3.18. Индий, In.....	114
3.19. Калий, K.....	115
3.20. Лантан, La.....	115
3.21. Литий, Li.....	116
3.22. Лютеций, Lu.....	116
3.23. Магний, Mg.....	117
3.24. Марганец, Mn.....	117
3.25. Молибден, Mo.....	118
3.26. Натрий, Na.....	118
3.27. Ниобий, Nb.....	119
3.28. Неодим, Nd.....	119
3.29. Свинец, Pb.....	120
3.30. Прометий, Pm.....	120

3.31. Празеодим, Pr.....	121
3.32. Плутоний, Pu.....	121
3.33. Рений, Re.....	122
3.34. Сурьма, Sb.....	122
3.35. Скандий, Sc.....	123
3.36. Самарий, Sm.....	123
3.37. Олово, Sn.....	124
3.38. Стронций, Sr.....	124
3.39. Таңтал, Ta.....	125
3.40. Тербий, Tb.....	126
3.41. Технеций, Tc.....	126
3.42. Теллур, Te.....	127
3.43. Торий, Th.....	127
3.44. Титан, Ti.....	128
3.45. Таллий, Tl.....	128
3.46. Тулий, Tm.....	129
3.47. Уран, U.....	129
3.48. Ванадий, V.....	130
3.49. Вольфрам, W.....	130
3.50. Иттрий, Y.....	131
3.51. Иттербий, Yb.....	131
3.52. Цинк, Zn.....	132
3.53. Цирконий, Zr.....	132
Литература.....	133
 Табл. 22. Температурные зависимости КТЛР металлов $\alpha_L \cdot 10^6$, K^{-1}	134
 III. ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА	141
 Температуропроводность.....	141
Теплофизические свойства.....	141
01. Алюминий, Al (Табл. 23).....	141
02. Серебро, Ag (Табл. 24).....	142
03. Золото, Au (Табл. 25).....	142
04. Рутений, Ru (Табл. 26).....	143
05. Родий, Rh (Табл. 27).....	143

06. Палладий, Pd (Табл. 28).....	144
07. Осмий, Os (Табл. 29).....	144
08. Иridий, Ir (Табл. 30).....	145
09. Платина, Pt (Табл. 31).....	145
10. Литий, Li (Табл. 32).....	146
11. Натрий, Na (Табл. 33).....	146
12. Калий, K (Табл. 34).....	147
13. Рений, Re (Табл. 35).....	147
14. Цезий, Cs (Табл. 36).....	148
15. Медь, Cu (Табл. 37).....	148
16. Бериллий, Be (Табл. 38).....	149
17. Магний, Mg (Табл. 39).....	149
18. Кальций, Ca (Табл. 40).....	150
19. Странций, Sr (Табл. 41).....	150
20. Барий, Ba (Табл. 42).....	151
21. Цинк, Zn (Табл. 43).....	151
22. Кадмий, Cd (Табл. 44).....	152
23. Индий, In (Табл. 45).....	152
24. Таллий, Tl (Табл. 46).....	153
25. Олово, Sn (Табл. 47).....	153
26. Свинец, Pb (Табл. 48).....	154
27. Сурьма, Sb (Табл. 49).....	154
28. Висмут, Bi (Табл. 50).....	155
29. Скандий, Sc (Табл. 51).....	155
30. Иттрий, Y (Табл. 52).....	156
31. Лантан, La (Табл. 53).....	156
32. Церий, Ce (Табл. 54).....	157
33. Празеодим, Pr (Табл. 55).....	157
34. Неодим, Nd (Табл. 56).....	158
35. Самарий, Sm (Табл. 57).....	158
36. Европий, Eu (Табл. 58).....	159
37. Гадолиний, Gd (Табл. 59).....	159
38. Тербий, Tb (Табл. 60).....	160
39. Диспрозий, Dy (Табл. 61).....	160
40. Гольмий, Ho (Табл. 62).....	161
41. Эрбий, Er (Табл. 63).....	161
42. Тулий, Tm (Табл. 64).....	162

43. Иттербий, Yb (Табл. 65).....	162
44. Лютеций, Lu (Табл. 66).....	163
45. Титан, Ti (Табл. 67).....	163
46. Цирконий, Zr (Табл. 68).....	164
47. Гафний, Hf (Табл. 69).....	164
48. Ванадий, V (Табл. 70).....	165
49. Ниобий, Nb (Табл. 71).....	165
50. Таантал, Ta (Табл. 72).....	166
51. Хром, Cr (Табл. 73).....	166
52. Молибден, Mo (Табл. 74).....	167
53. Вольфрам, W (Табл. 75).....	167
54. Марганец, Mn (Табл. 76).....	168
55. Железо, Fe (Табл. 77).....	168
56. Кобальт, Co (Табл. 78).....	169
57. Никель, Ni (Табл. 79).....	169
58. Торий, Th (Табл. 80).....	170
59. Уран, U (Табл. 81).....	170
Температуропроводность при низких температурах (Табл. 82).....	171
Литература	176
 <i>Приложения</i>	177
1. Английский алфавит с русским произношением букв	177
2. Греческий алфавит.....	177
3. Десятичные приставки к названиям единиц.....	178
4. Соотношения между единицами энергии.....	178
5. Периодическая система элементов.....	179
6. Группы элементов.....	182
7. Плотность металлов ρ , $\text{Мг}/\text{м}^3$	183
8. Температура Дебая θ_D , К.....	184

Введение

Важными тепловыми характеристиками металлов являются теплоёмкость и тепловое расширение. Например, теоретический расчёт температурных зависимостей теплоёмкости и коэффициента теплового расширения базируется на использование согласующихся экспериментальных данных [1-9] для металлов с различающимися физическими свойствами [10], что позволяет достоверно экстраполировать кривые на интервалы температур, для которых измерения величин не проводились. Экспериментальные значения характеристик зависят от:

- выбранной методики получения данных;
- используемого прибора для исследования и атмосферы в нём;
- чистоты образца, его предварительной обработки, наличия дефектов и летучих примесей;
- зарождения метастабильных фаз в подсистемах квазичастиц и т.д.

В металле могут протекать кинетические процессы [11], которые связаны с атомными перестройками, неоднородностями в распределении вакансий и дефектов, эффектами в диффузационной зоне, подвижностью межзёренных границ и т.п. Эти явления и процессы сопровождаются выделением (поглощением) тепла, что учитывается измерительным прибором, а это, в свою очередь, приводит к различиям в массивах данных, полученных разными авторами (см., например, для вольфрама [8] или железа [12]).

Классические фононные модели теплоёмкости Эйнштейна и Дебая лишь качественно передают ход температурных зависимостей и демонстрируют расхождения между экспериментальными данными

и теоретической кривой (для меди см. [13, с.234; с.242]). Их модификации [14, 15] используют на разных температурных интервалах отличающиеся друг от друга функциональные зависимости [16]. Поступающий подход применяют и экспериментаторы: для сглаживания полученных данных они используют аппроксимационные полиномы (иногда с расходностью при абсолютном нуле) [17-19]. Такие решения обозначенной проблемы нельзя считать удовлетворительными.

Поэтому автором была предложена модель двухфазной локально-равновесной области, впервые применённая к описанию температурной зависимости объёмной доли кристаллической фазы аморфного сплава [20], а затем для расчёта тепловых характеристик различных твёрдых веществ [21-23]. Универсальность и простота установленных соотношений позволяет определить цели данной работы:

- теоретический расчёт теплоёмкостей и коэффициентов линейного теплового расширения металлов из разных групп Периодической системы;
- экстраполяция полученных температурных зависимостей на экспериментально неисследованные интервалы;
- отбор согласованных между собой экспериментальных массивов данных по другим теплофизическими характеристикам металлов.

Теоретический расчёт теплоёмкостей и коэффициентов линейного теплового расширения металлов

1. Модель двухфазной локально-равновесной области

Исследуемый металлический образец всегда находится в термодинамически неравновесном состоянии, так как в нём протекают необратимые процессы, в том числе, и с очень малой скоростью. Они могут способствовать установлению термодинамического равновесия в локальных областях. Оценим линейный размер области и время возникновения локального равновесия.

Пусть измеряемая характеристика a переносится (квази-) частичей с объемом ω и изменяется в направлении оси Ox на расстоянии $L \sim a/|\partial a/\partial x|$. Тогда характерный размер l_e локально-равновесной области удовлетворяет неравенству $\sqrt[3]{\omega} \ll l_e \ll L$. Обозначив через t_1 время протекания самого быстрого релаксационного процесса, а через t_2 – время перехода образца к состоянию термодинамического равновесия, получим для времени установления локального равновесия t_e оценку: $t_1 \ll t_e \ll t_2$. Достижение малыми областями локального равновесия происходит достаточно быстро. Поэтому к ним можно применять все соотношения классической термодинамики, но термодинамические величины и функции будут зависеть от времени и выбранной точки внутри системы.

Пусть в локально-равновесной области две существующие фазы состоят из невзаимодействующих элементов. Обозначим объёмные доли этих фаз через x_i ($i = 1, 2$), тогда выполняется равенство

$$x_1 + x_2 = 1. \quad (1)$$

В дальнейшем будем считать фазу 1 возникшей и растущей. Изменение состояния локально-равновесной области опишем с помощью параметра порядка η . Определим его в виде разности объёмных долей фаз

$$\eta = x_1 - x_2. \quad (2)$$

С учётом (1) и (2) найдём, что

$$x_1 = (1 + \eta)/2, \quad x_2 = (1 - \eta)/2. \quad (3)$$

Так как объёмные доли фаз изменяются в интервале $[0; 1]$, то параметр порядка η принимает значения из диапазона $[-1; +1]$.

Энергия Гиббса G двухфазной изотропной системы равна

$$G = \mu_1 x_1 + \mu_2 x_2, \quad (4)$$

где μ_i – химические потенциалы элементов фаз, которые задаются формулами

$$\mu_i(P, T, t) = \mu_{i0}(P, T, t) + k_B T \ln x_i(T, t), \quad (5)$$

$\mu_{i0}(P, T, t)$ – стандартные значения химических потенциалов для каждой из фаз, P – давление, T – температура, k_B – постоянная Больцмана. Подстановка (5) в (4) с учётом (3) позволяет установить функциональную зависимость между энергией Гиббса и параметром порядка.

Локальное равновесие устанавливается при минимальном значении энергии Гиббса, достигаемом при $\eta = \eta_0$

$$(dG / d\eta) \Big|_{\eta=\eta_0} = 0 \Rightarrow \Delta\mu_0 + k_B T \ln[(1 + \eta_0)/(1 - \eta_0)] = 0 \Rightarrow \\ \eta_0(T, t) = -\text{th}(\Delta\mu_0(T, t)/(2k_B T)), \quad (6)$$

где $\Delta\mu_0 = \mu_{01} - \mu_{02}$. Таким образом, равновесная доля фазы 1 (далее индекс 1 опустим)

$$x(T, t) = [1 - \operatorname{th}(\varphi(T, t)/T)]/2, \quad (7)$$

здесь $\varphi(T, t) = \Delta\mu_0/(2k_B)$.

Экстремальное тепловыделение происходит в точке (T_x, t_x) при нулевом значении параметра порядка (6), т.е. $\varphi(T_x, t_x) = 0$ (объёмные доли фаз по (3) совпадают). Разложим функцию $\varphi(T, t)$ вблизи этой точки в ряд Тейлора с ограничением линейными членами

$$\varphi(T, t) = [\partial\varphi(T_x, t_x)/\partial T](T - T_x) + [\partial\varphi(T_x, t_x)/\partial t](t - t_x). \quad (8)$$

При выполнении условия $\partial\varphi(T_x, t_x)/\partial t = 0$ распределение (7) является стационарным и принимает вид

$$x(T) = [1 - \operatorname{th}\{a_0[(T_x/T) - 1]\}]/2, \quad (9)$$

где параметр $a_0 = -\partial\varphi(T_x, t_x)/\partial t$.

2. Расчёт температурных зависимостей теплоёмкостей

Частная производная функции описывает поведение характеристики в локальной точке и малой окрестности (локальный уровень), а её полная производная – поведение физической величины в любой произвольной точке системы в целом (субстанциональный уровень). Поэтому классическое определение энтропии [24] при постоянном фазовом составе x приводит к выражению

$$\begin{aligned} \sigma_x &= -(\partial G/\partial T)_x = -\partial\mu_{20}/\partial T - x\partial(\Delta\mu_0)/\partial T - k_B[x \ln x + (1-x) \ln(1-x)] = \\ &= \sigma_1 + \sigma_2 x + \sigma_3, \end{aligned} \quad (10)$$

где энтропии стандартного состояния фазы 2, различия стандартных состояний фаз и смешения фаз соответственно равны: $\sigma_1 = -\partial\mu_{20}/\partial T$, $\sigma_2 = -\partial(\Delta\mu_0)/\partial T$, $\sigma_3 = -k_B[x \ln x + (1-x) \ln(1-x)]$.

Локальная теплоёмкость системы

$$C_b = T(\partial \sigma_x / \partial T)_x = T(\partial \sigma_1 / \partial T)_x + T(\partial \sigma_2 / \partial T)_x x = k_1 T + k_2 x \quad (11)$$

где коэффициенты $k_1 = (\partial \sigma_1 / \partial T)_x$ и $k_2 = T(\partial \sigma_2 / \partial T)_x$ будем считать в дальнейшем постоянными величинами. Формула (11) описывает *температуру зависимость локальной теплоёмкости* вещества при учёте вкладов электронной подсистемы (первое слагаемое в (11), см. также для алюминия формулу (3) из [25]) и изменения внутреннего состояния образца посредством изменения фазового состава. График локальной теплоёмкости C_b будем называть *базисной линией теплоёмкости*. Отметим, что слагаемые второго вида описывают *структурные переходы* в подсистемах, которые приводят к появлению *конечных скачков* на базисной линии.

Применение полной производной позволяет вычислить *субстанциональную энтропию* σ образца, т.е.

$$\sigma = -(dG / dT) = -[(\partial G / \partial T)_x - (\partial G / \partial x)_T \partial(dx / dT)] = \sigma_x + \varepsilon_T u, \quad (12)$$

где энергия сосуществования фаз

$$\varepsilon_T = -(\partial G / \partial x)_T = -\Delta\mu_0 - k_B T \ln[x / (1 - x)], \quad (13)$$

$u = dx / dT$ – «скорость» изменения фазового состава x при тепловом переходе в новое состояние. Локальная энтропия (10) совпадает с её субстанциональным аналогом (13) при выполнении равенства $\varepsilon_T = 0$, которое порождает формулу (7), т.е. при достижении локального равновесия с нулевым значением параметра порядка и равными составами фаз (при $\eta = 0$ по (3) $x_1 = x_2 = 1/2$).

Таким образом, *субстанциональная теплоёмкость*

$$C = T d\sigma / dT = T [(\partial \sigma / \partial T)_{x,u} + (\partial \sigma / \partial x)_{T,u} (dx / dT) + (\partial \sigma / \partial u)_{T,x} (du / dT)] = \\ = C_b + C_k + C_d, \quad (14)$$

здесь C_b – локальная теплоёмкость; «кинетическая» составляющая теплоёмкости

$$C_k = \{2\xi_T - Tu / [x(1-x)]\}Tu = k_3 Tu, \quad (15)$$

функция $\xi_T = (\partial \varepsilon_T / \partial T)_{x,u}$, коэффициент $k_3 = 2\xi_T - Tu / [x(1-x)]$; «динамическая» компонента

$$C_d = T \varepsilon_T w, \quad (16)$$

где $w = du / dT$. При достижении локального равновесия ($\varepsilon_T = 0$) величина (16) обращается в нуль и расчётная формула приобретает вид

$$C = C_b + C_k. \quad (17)$$

Отметим, что формула (15) при постоянном значении коэффициента k_3 описывает *полиморфные превращения, агрегатные, магнитные* и другие *переходы*. Они отображаются на температурной зависимости субстанциональной теплоёмкости в виде *пиков* ($k_3 > 0$) или *ям* ($k_3 < 0$).

Формула (17) была применена для расчёта субстанциональных теплоёмкостей ряда металлов из разных групп Периодической системы.

3. Коэффициенты теплового линейного расширения

Учитывая правило смешения [26, с.325] и второе правило Грюнайзена [14, с.14, ф-ла (1.6)], коэффициент теплового линейного расширения (КТЛР) α_L двухфазной локально-равновесной области при отсутствии фазовых переходов можно записать в виде

$$\alpha_L \cdot 10^6 = q_1 T + q_2 x, \quad (18)$$

а при их наличии –

$$\alpha_L \cdot 10^6 = q_1 T + q_2 x + q_3 Tu, \quad (19)$$

где коэффициенты q_1 , q_2 и q_3 считаем постоянными*.

Из представленных ниже рисунков видно, что предлагаемая модель адекватно описывает массивы экспериментальных данных для различных металлов. Кроме того, с помощью модели проведена экстраполяция кривых на температурные интервалы, на которых экспериментальные исследования не проводились.

Литература/References

1. Новицкий Л.А., Кожевников И.Г., Термофизические свойства материалов при низких температурах. Справочник. М.: Машиностроение, 1975. 215 с.

* Для кристаллов с различающимися по направлениям расширением (анизотропный кристалл), т.е. имеющих произвольную симметрию, тензоры деформации ε_{ij} и теплового расширения α_{ij} связаны соотношением $\varepsilon_{ij} = \alpha_{ij} \cdot T$ (T – температура по шкале Кельвина). Если возможно приведение тензора α_{ij} к главной системе координат ($\alpha_{ij} = \alpha_i \cdot \delta_{ij}$, α_i – коэффициент теплового линейного расширения (КТЛР) вдоль главной оси i , δ_{ij} – символ Кронекера), то в этой системе тензор имеет диагональный вид. Для кристалла с кубической симметрией $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha$. Для кристаллов с гексагональной и триклинической симметрией КТЛР определяются в направлениях перпендикулярно ($\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_\perp$) и параллельно ($\alpha_{33} = \alpha_\parallel$) оси шестого (третьего) порядка. В этом случае средний КТЛР α_{cp} вычисляется по формуле $\alpha_{cp} = (2\alpha_\perp + \alpha_\parallel)/3$. При известной температурной зависимости КТЛР его находят с помощью дифференцирования $\alpha_L = (\partial L / \partial T) / L$. Изобарический коэффициент теплового объёмного расширения $\alpha_V = (\partial V / \partial T)_P / V$ аппроксимируется выражением $\alpha_V \approx 3\alpha_L$. Оно используется для построения функций объёма $V(T) = V_0[1 + \alpha_V(T - T_0)]$, плотности твердого вещества $\rho(T) = m/V(T) = \rho_0/[1 + \alpha_V(T - T_0)]$ и других. Для нахождения КТЛР двухфазной системы с объёмными долями фаз $x_1 = x$ и $x_2 = 1 - x$ применяют правило смешения $\alpha = \alpha_1 x + \alpha_2 (1 - x)$.

- Novitsky L.A., Kozhevnikov I.G.* Thermophysical properties of materials at low temperatures. Directory. Moscow: Mashinostroenie, 1975. 215 p. (In Russ.).
2. *Зиновьев В.Е.* Теплофизические свойства металлов при высоких температурах. М.: Металлургия, 1989. 382 с.
Zinoviev V.E. Thermophysical properties of metals at high temperatures. Moscow: Metallurgy, 1989. 382 p. (In Russ.).
3. *Лариков Л.Н., Юрченко Ю.Ф.* Структура и свойства металлов и сплавов. Тепловые свойства металлов и сплавов. Киев: Наукова думка, 1985. 437 с.
Larikov L.N., Yurchenko Yu.F. Structure and properties of metals and alloys. Thermal properties of metals and alloys. Kyiv: Naukova dumka, 1985. 437 p. (In Russ.).
4. *Giauque W.F., Meads P.F.* The Heat Capacities and Entropies of Aluminium and Copper from 15 to 300 K. *J. Amer. Chem. Soc.* 1941; 63:1897–1901.
<https://doi.org/10.1021/JA01852A027>
5. *Дорогокупец П.И., Соколова Т.С., Данилов Б.С., Литасов К.Д.* Почти абсолютные уравнения состояния алмаза, Ag, Al, Au, Cu, Mo, Nb, Pt, Ta, W для квазигидростатических условий. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2012;3(2):129–166.
<http://dx.doi.org/10.5800/GT-2012-3-2-0067>
Dorogokupets P.I., Sokolova T.S., Danilov B.S., Litasov K.D. Almost absolute equations of state for diamond, Ag, Al, Au, Cu, Mo, Nb, Pt, Ta, W for quasi-hydrostatic conditions. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2012;3(2):129–166.
<http://dx.doi.org/10.5800/GT-2012-3-2-0067>
-

6. *Новикова С.И.* Тепловое расширение твердых тел. М.: Наука, 1974. 292 с.
Novikova S.I. Thermal expansion of solids. Moscow: Nauka, 1974. 292 p. (In Russ.).
 7. *Казанцев Е.И.* Промышленные печи. Справочное руководство для расчетов и проектирования. М.: Металлургия, 1975. 367 с.
Kazantsev E.I. Industrial ovens. Reference guide for calculations and design. Moscow: Metallurgy, 1975. 367 p. (In Russ.).
 8. *Бодряков В.Ю.* О корреляции температурных зависимостей теплового *расширения* и теплоемкости вплоть до точки плавления тугоплавкого металла: вольфрам. ТВТ. 2015;53(5):676–682.
<https://doi.org/10.7868/S0040364415040067>
Bodryakov V.Yu. On the correlation of temperature dependences of thermal expansion and heat capacity up to the melting point of a refractory metal: tungsten. *High Temperature*. 2015;53(5):676–682.
<https://doi.org/10.7868/S0040364415040067>
 9. *Свойства элементов.* Справочник. М.Е. Дриц (ред.). М.: Металлургия, 1985. 671 с.
Properties of elements. Directory. M.E. Dritz (ed.). Moscow: Metallurgy, 1985. 671 p. (In Russ.).
 10. *Gopal E.S.R.* Specific heats at low temperatures. New York: Plenum Press. 1966. 240 p.
 11. *Бубнова Р.С., Филатов С.К.* Терморентгенография поликристаллов. Часть II. Определение количественных характеристик тензо-
-

Терехов С.В. Термовые свойства металлов. Справочник
ра термического расширения. Санкт-Петербург: С.-Пб. гос. ун-т,
2013. 142 с.

Bubnova R.S., Filatov S.K. Thermoradiography of polycrystals. Part II. Determination of quantitative characteristics of the thermal expansion tensor. St. Petersburg: S.-Pb. state un-t, 2013. 142 p. (In Russ.).

12. *Desai P.D. Thermodynamic properties of iron and silicon. Journal of Physical and Chemical Reference Data. 1986;15(3):967–983.*
<https://doi.org/10.1063/1.555761>
13. *StØlen S., Grande T. Chemical thermodynamics of materials: macroscopic and microscopic aspects. Chichester West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, The Atrium. 2004. 396 p.*
14. *Barron T.H.K., White G.K. Heat Capacity and Thermal Expansion at Low Temperatures. New York: Springer Science + Business Media, LLC. 1999. 338 p.*
15. *Doğan Z., Mehmetoğlu T. Accurate Calculations of the Heat Capacities of Pure Metals Using the Einstein–Debye Approximation. Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2019;92:1620–1624.*
<https://doi.org/10.1007/s10891-019-02082-7>
16. *Li Z., Mao H., Selleby M. Thermodynamic modeling of pure Co accounting two magnetic states for the Fcc phase. Journal of Phase Equilibria and Diffusion. 2018; 39:502–509.*
<https://doi.org/10.1007/s11669-018-0656-x>
17. *Furukawa G.T., Saba W.G., Reilly M.L. Critical analysis of the heat-capacity data of the literature and evaluation of thermodynamic properties of copper, silver, and gold from 0 to 300 K. Washington: U.S. Government Printing Office. 1968. 49 p.*

18. Ходаковский И.Л. О новых полуэмпирических уравнениях температурной зависимости теплоемкости и объемного коэффициента термического расширения минералов. *Вестник ОНЗ РАН*. 2012;4: NZ9001. Режим доступа: <https://onznews.wdcb.ru/publications/v04/asempg12ru.html?ysclid=lbw7airo7173951289>
- Khodakovsky I.L.* On new semi-empirical equations for the temperature dependence of heat capacity and volumetric thermal expansion coefficient of minerals. *Bulletin of ONZ RAS*. 2012;4:NZ9001. Access mode: <https://onznews.wdcb.ru/publications/v04/asempg12ru.html?ysclid=lbw7airo7173951289>
19. Денисова Л.Т., Каргин Ю.Ф., Иртюго Л.А., Белоусова Н.В., Белецкий В.В., Денисов В.М. Теплоемкость $\text{In}_2\text{Ge}_2\text{O}_7$ и YInGe_2O_7 в области температур 320–1000 К. Неорганические материалы. 2018;54(12):1315–1319.
- Denisova L.T., Kargin Yu.F., Irtyugo L.A., Belousova N.V., Beletskii V.V., Denisov V.M.* Heat Capacity of $\text{In}_2\text{Ge}_2\text{O}_7$ and YInGe_2O_7 from 320 to 1000 K. *Inorganic Materials*. 2018;54(12):1245–1249.
<https://doi.org/10.1134/S0020168518120026>
20. Терехов С.В. Термодинамическая модель размытого фазового перехода в металлическом стекле $\text{Fe}_{40}\text{Ni}_{40}\text{P}_{14}\text{B}_6$. *Физика и техника высоких давлений*. 2018;28(1):54–61. Режим доступа: <http://www.donfti.ru/main/wp-content/uploads/2018/03/6-Terehov-2.pdf>
- Terekhov S.V.* Thermodynamic model of diffuse phase transition in $\text{Fe}_{40}\text{Ni}_{40}\text{P}_{14}\text{B}_6$ metallic glass. *Physics and technology of high pressures*. 2018; 28(1):54–61. Access mode: <http://www.donfti.ru/main/wp-content/uploads/2018/03/6-Terehov-2.pdf>
-

21. Терехов С.В. Моно- и мультистадийная кристаллизация аморфных сплавов. *Физика металлов и металловедение*. 2020;121(7):731–736.
- Terekhov S.V. Single- and Multistage Crystallization of Amorphous Alloys. *Physics of Metals and Metallography*. 2020;121(7):664–669.
<https://doi.org/10.1134/S0031918X20070108>
22. Терехов С.В. Тепловые свойства вещества в рамках модели двухфазной системы. *ФТТ*. 2022;64(8):1077–1083.
- Terehov S.V. Thermal properties of matter within the model of a two-phase system. *Physics of the Solid State*. 2022;64(8):1089–1095.
<https://doi.org/10.21883/PSS.2022.08.54631.352>
23. Терехов С.В. Размытый фазовый переход и теплоемкость твердого тела. *Физика и техника высоких давлений*. 2022;32(2):36–51. Режим доступа: http://www.donfti.ru/main/wp-content/uploads/2022/06/3_Terehov.pdf
- Terekhov S.V. Blurred phase transition and heat capacity of a solid. *Physics and technology of high pressures*. 2022;32(2):36–51. Access mode: http://www.donfti.ru/main/wp-content/uploads/2022/06/3_Terehov.pdf
24. Кубо Р. Термодинамика. Москва: Мир, 1970. 304 с.
- Kubo R. Thermodynamics. Moscow: Mir, 1970. 304 p. (In Russ.).
- Kubo R. Thermodynamics. Amsterdam: North-Holland, 1968. 310 p.
25. Gupta A., Kavakbasi B.T., Dutta B., and al. Low-temperature features in the heat capacity of unary metals and intermetallics for the example of bulk aluminum and Al₃Sc. *Physical review*. 2017;B95: 094307-1–10.
- <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.95.094307>
-

26. Кингери У.Д. Введение в керамику. Москва: Стройиздат, 1967. 499 с.

Kingery W.D. Introduction to ceramics. Moscow: Stroyizdat, 1967. 499 p. (In Russ.).

Kingery W.D. Introduction to ceramics. New York, London: John Wiley & Sons, Inc., 1960. 808 p.



Настоящую революцию в металлургии совершил выдающийся горный инженер, гениальный учёный-металлург Павел Петрович Аносов. Один из основоположников новой науки – металлографии Павел Петрович Аносов родился в Твери 29.06. 1796 года. Кроме Павла в семье коллежского асессора Аносова росло еще трое детей. После ранней кончины родителей детей опекал Л.Ф. Сабакин – дед со стороны матери. Именно он сыграл важнейшую роль в дальнейшей судьбе подростка, определив в 1810 г. Павла с братом в петербургский Горный кадетский корпус. Павел заметно выделялся из среды учащихся с самых первых лет обучения благодаря поразительным способностям в области математики и других точных наук. В 1817 году, закончив с отличием учёбу, унтер-офицер Аносов был направлен практикантом в действующую Горную службу на Южный Урал. Почти тридцать лет прослужит П.П. Аносов на Златоустовских казённых заводах, стремительно поднимаясь по служебной лестнице. Аносов первым использовал микроскоп. Он был первым учёным-металлургом, детально изучившим и экспериментально доказавшим, что от содержания в стали золота, марганца, алюминия или другого химического элемента существенно изменяются физико-химические характеристики сплава...

https://velikielyudi.ru/uchenye/pavel-petrovich-anosov.html?ysclid=lfuo94euog473423913

*Методы (приборы) измерений

Измерения теплоёмкости

1. Адиабатический вакуумный калориметр.
2. Динамический дифференциальный калориметр.
3. Метод смешения (падение образца в калориметр).

Измерения коэффициента линейного теплового расширения

Интерференционные

1. Прибор по Физо-Пульфриху – абсолютный метод.
2. Интерференционный динамический дилатометр – относительный метод.

Линейные

1. Кварцевый дифференциальный дилатометр.
2. Дифференциальный объёмный дилатометр.
3. Компараторный дилатометр.
4. Емкостной дилатометр (абсолютный вариант).
5. Емкостной дилатометр (относительный вариант).
6. Биметаллическая спираль.

Измерения коэффициента теплопроводности

1. Стационарный осевой тепловой поток (абсолютный вариант).
2. Стационарный осевой тепловой поток (относительный вариант).
3. Шаровой бикалориметр.
4. Квазистационарный нагрев источником постоянной мощности в адиабатических условиях.
5. Нестационарный нагрев плоским источником постоянной мощности.

*см. также: Лариков Л.Н., Юрченко Ю.Ф. Структура и свойства металлов и сплавов. Тепловые свойства металлов и сплавов. Киев: Наукова думка, 1985. 437 с.

I. Теплоёмкость

Металлы

I группа	II группа	III группа	IV группа
1.1. Литий	2.1. Бериллий	3.1. Алюминий	4.1. Олово
1.2. Натрий	2.2. Магний	3.2. Галлий	4.2. Свинец
1.3. Калий	2.3. Кальций	3.3. Индий	4.3. Титан
1.4. Рубидий	2.4. Стронций	3.4. Таллий	4.4. Цирконий
1.5. Щезий	2.5. Барий	3.5. Скандий	4.5. Гафний
1.6. Медь	2.6. Цинк	3.6. Иттрий	
1.7. Серебро	2.7. Кадмий		
1.8. Золото			

V группа	VI группа	VII группа	VIII группа
5.1. Сурьма	6.1. Теллур	7.1. Марганец	8.1. Железо
5.2. Висмут	6.2. Хром	7.2. Технеций	8.2. Кобальт
5.3. Ванадий	6.3. Молибден	7.3. Рений	8.3. Никель
5.4. Ниобий	6.4. Вольфрам		8.4. Рутений
5.5. Тантал			8.5. Родий
			8.6. Палладий
			8.7. Осмий
			8.8. Иридий
			8.9. Платина

Редкоземельные металлы

- L1. Лантан
- L2. Церий
- L3. Празеодим
- L4. Неодим
- L5. Прометий
- L6. Самарий
- L7. Европий
- L8. Гадолиний

Радиоактивные металлы

- U1. Уран
- U2. Плутоний
- U3. Торий

Таблица 1.
Температуры плавления и кипения элементов

Элемент	$t_{пл.}$, °C	$t_{кип.}$, °C	Элемент	$t_{пл.}$, °C	$t_{кип.}$, °C
Ac (актиний)	1047	3300	Nd (неодим)	1024	3100
Ag (серебро)	960.5	2167	Ni (никель)	1455	2900
Al (алюминий)	660.5	2500	Np (нептуний)	640	4100
Am (америций)	994	2600	Os (осмий)	3027	5000
At (астат)	302	334	Pb (свинец)	327.4	1745
Au (золото)	1064.4	2880	Pm (прометий)	1080	2460
B (бор)	2300	3700	Pd (палладий)	1554	2940
Ba (барий)	725	1860	Pr (празеодим)	935	3500
Be (берилий)	1278	2470	Pt (платина)	1772	3800
Bi (висмут)	271.4	1552	Pu (плутоний)	640	3350
C (углерод)	3550	4200	Ra (радий)	969	1500
Ca (кальций)	839	1495	Rb (рубидий)	39	690
Cd (кадмий)	321	766.5	Re (рений)	3190	5600
Ce (церий)	804	3700	Rh (родий)	1963	3600
Co (cobальт)	1495	3100	Ru (рутений)	2250	4200
Cr (хром)	1890	2680	Sb (сурьма)	630.5	1635
Cs (цезий)	28.5	672	Sc (скандий)	1539	2850
Cu (медь)	1083.5	2543	Se (селен)	217	685
Dy (диспрозий)	1409	2600	Si (кремний)	1410	3300
Er (эрбий)	1525	2860	Sm (самарий)	1072	1790
Eu (европий)	822	1560	Sn (олово)	232	2620
Fe (железо)	1535	2870	Sr (стронций)	768	1390
Ga (галлий)	29.8	2230	Ta (тантал)	3015	5500
Gd (гадолиний)	1311	3280	Tb (тербий)	1357	3230
Ge (германий)	937.4	2850	Tc (технеций)	2200	4600
Hf (гафний)	2150	4600	Te (теллур)	449.8	990
Ho (гольмий)	1470	2710	Th (торий)	1750	4800
In (индий)	156.2	2000	Ti (титан)	1668	3330
Ir (иридий)	2447	4380	Tl (таллий)	304	1475
K (калий)	63.7	761	Tm (тулий)	1545	1950
La (лантан)	920	3450	U (уран)	1132.4	3900
Li (литий)	180.5	1340	V (ванадий)	1890	3400
Lu (лютеций)	1656	3410	W (вольфрам)	3407	5680
Mn (марганец)	1245	2080	Y (иттрий)	1523	3300
Mo (молибден)	2620	4630	Yb (иттербий)	824	1211
Na (натрий)	97.8	886	Zn (цинк)	419.5	906.2
Nb (ниобий)	2470	4760	Zr (цирконий)	1855	4340

Таблица 2.**Молярные массы металлов**

Металл	μ , г/моль	Металл	μ , г/моль
Ag (серебро)	107.87	Ni (никель)	58.693
Al (алюминий)	26.982	Os (осмий)	190.23
Au (золото)	196.97	Pb (свинец)	207.20
Ba (барий)	137.33	Pd (палладий)	106.42
Be (бериллий)	9.012	Pm (прометий)	144.91
Bi (висмут)	208.98	Pr (празеодим)	140.91
Ca (кальций)	40.078	Pt (платина)	195.08
Cd (кадмий)	112.41	Pu (плутоний)	244.06
Ce (церий)	140.12	Rb (рубидий)	85.468
Co (cobальт)	58.933	Re (рений)	186.21
Cr (хром)	51.996	Rh (родий)	102.91
Cs (цезий)	132.91	Ru (рутений)	101.07
Cu (медь)	63.546	Sb (сурьма)	121.76
Dy (диспрозий)	162.50	Sc (скандий)	44.956
Er (эрбий)	167.26	Sm (самарий)	150.36
Eu (европий)	151.96	Sn (олово)	118.71
Fe (железо)	55.845	Sr (стронций)	87.620
Ga (галлий)	69.723	Ta (тантал)	180.95
Gd (гадолиний)	157.25	Tb (тербий)	158.93
Hf (гафний)	178.49	Tc (технеций)	97.907
Ho (гольмий)	164.93	Te (теллур)	127.60
In (индий)	114.82	Th (торий)	232.04
Ir (иридий)	192.22	Ti (титан)	47.867
K (калий)	39.098	Tl (таллий)	204.38
La (лантан)	138.91	Tm (тулий)	168.93
Li (литий)	6.938	U (уран)	238.03
Lu (лютеций)	174.97	V (ванадий)	50.942
Mg (магний)	24.304	W (вольфрам)	183.84
Mn (марганец)	54.938	Y (иттрий)	88.906
Mo (молибден)	95.960	Yb (иттербий)	173.05
Na (натрий)	22.990	Zn (цинк)	65.380
Nb (ниобий)	92.906	Zr (цирконий)	91.224
Nd (неодим)	144.24		

1. Триада железа (VIII группа)

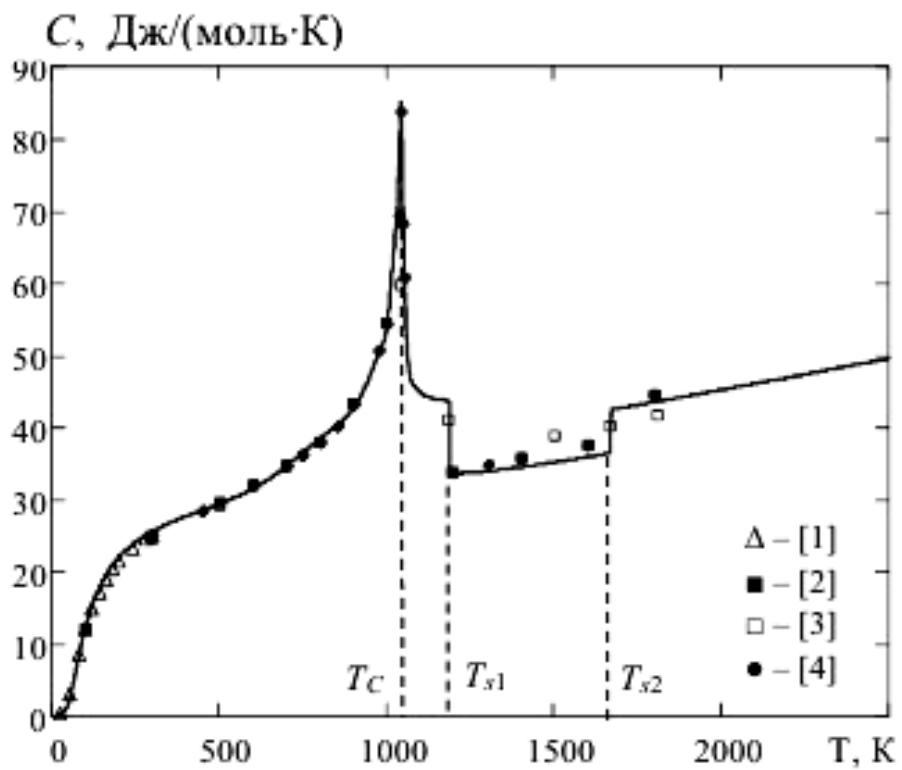
Таблица 3.

Параметры теоретической модели для расчёта
теплоёмкостей металлов

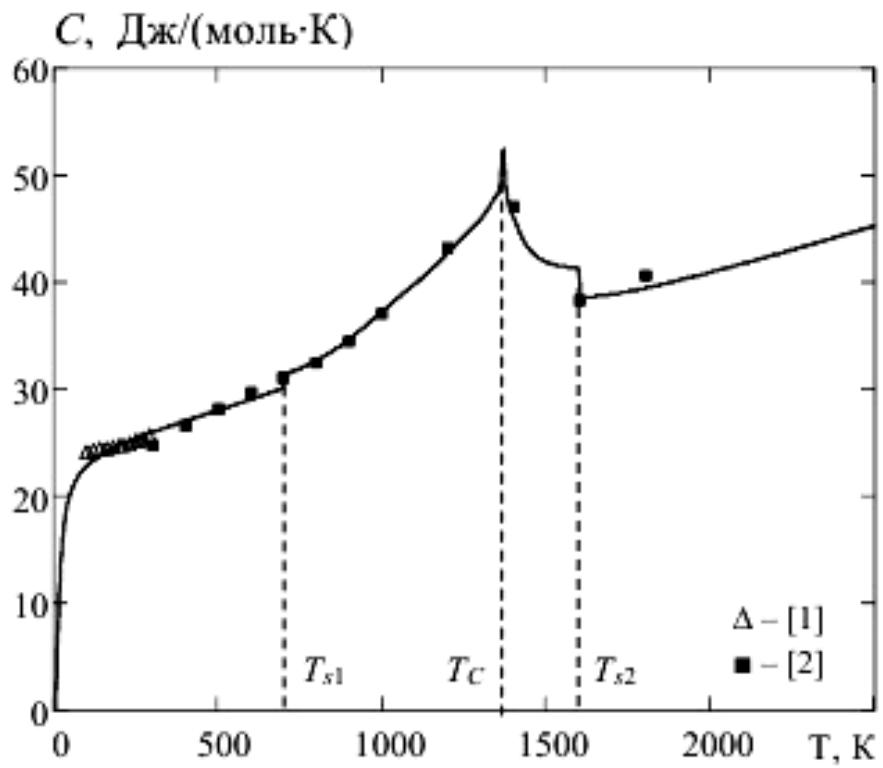
Металл Параметр \ Металл	Fe ($T_m = 1811$ К)	Co ($T_m = 1767$ К)	Ni ($T_m = 1728$ К)	
<i>Базисная линия</i>				
a_0	0.79	0.6	0.56	
T_{x0} , К	140	27	156	
$k_1 \cdot 10^4$	87	92	50	
k_2	32.9	31	38.7	
a_{02}	$\beta \rightarrow \gamma$ (Fe) $\alpha \rightarrow \beta$ (Co)	$T_{S1} = 1183$ К 2000	$T_{S1} = \sim 700$ К 2000	—
T_{x02} , К	1188 ^s	698 ^s	—	
k_{21}	-10.1	1.2	—	
a_{03}	$\gamma \rightarrow \delta$ (Fe) $\beta \rightarrow ?$ (Co)	$T_{S2} = 1665$ К 2000	$T_{S2} = ?$ 2000	—
T_{x03} , К	1667 ^s	1600 ^s	—	
k_{22}	6.0	-2.8	—	
<i>Фазовые переходы</i>				
a_{01}	3.1	4.0	1.9	
T_{x1} , К	955	1190	492	
k_{21}	5.0	—	—	
k_{31}	3.4	2.3	2.8	
a_{02}	15	10	4.0	
T_{x2} , К	997	1314	543	
k_{32}	1.1	0.9	1.0	
a_{03}	58	29	12	
T_{x3} , К	1022	1350	603	
k_{23}	—	0.1	—	
k_{33}	0.4	0.06	0.5	
a_{04}	92	28	40	
T_{x4} , К	1041	1368	632	
k_{34}	0.6	0.28	0.23	
a_{05}	520	220	200	
T_{x5} , К	1043 ^m	1369 ^m	633 ^m	
k_{35}	0.027	0.04	0.023	

^s – структурный переход^m – магнитный переход

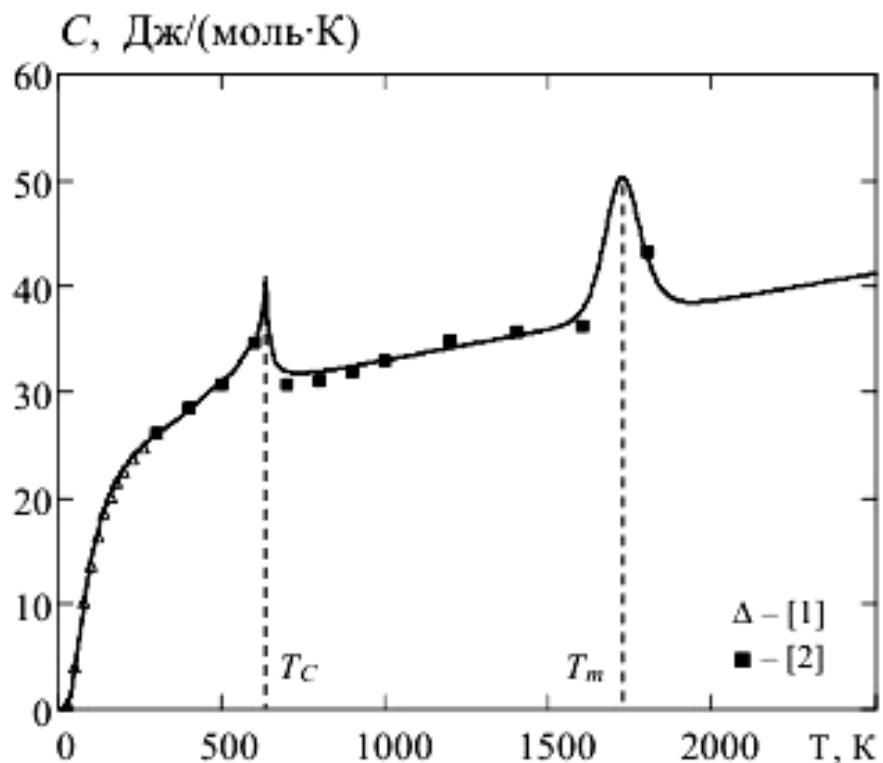
1.1. Ж е л е з о , Fe



1.2. Ко б а л т , Co



1.3. Никель, Ni



Литература

1. Новицкий Л.А., Кожевников И.Г. Термофизические свойства материалов при низких температурах. Справочник. М.: Машиностроение, 1975. 216 с. Δ
2. Зиновьев В.Е. Термофизические свойства металлов при высоких температурах. Справочник. М.: Металлургия, 1989. 384 с. ■
3. Дорогокупец П.И., Соколова Т.С., Литасов К.Д. Термодинамические свойства bcc-Fe до температуры плавления и до давления 15 ГПа. Geodynamics & Tectonophysics. 2014. Т. 5. № 4. С. 1033-1044. □
4. Desai P.D. Thermodynamic properties of iron and silicon. Journal of Physical and Chemical Reference Data. 1986. V. 15. № 3. Р.Р. 967-983.

●

2. Благородные металлы (VIII группа)

2.1. Триады платины и драгоценные металлы

Таблица 4.

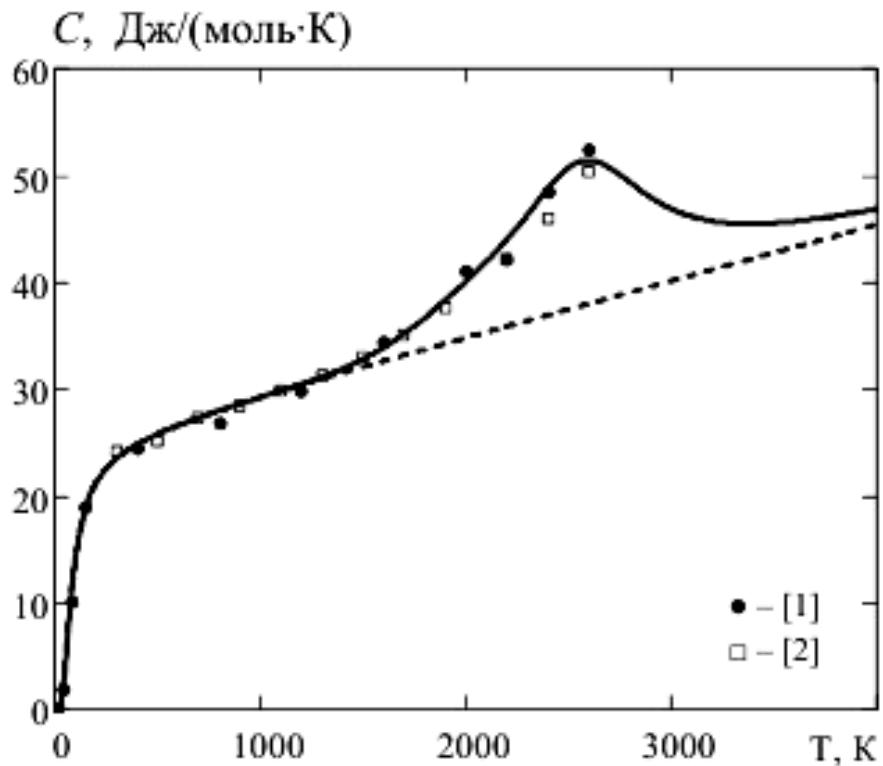
Параметры и коэффициенты теоретической модели для расчёта теплоёмкостей металлов платиновой группы

Параметр \ Металл	Ru	Rh	Pd	Os	Ir	Pt	Au	Ag
<i>Базисная линия</i>								
a_0	0.88	0.80	0.97	0.89	0.79	0.94	0.98	0.65
T_{x0} , K	108	110	83	52	89	67	52.2	73
$k_1 \cdot 10^4$	52	62	12	31	37	26	28	39.3
k_2	29.0	31.54	31.56	29.1	31.7	30.93	29.3	32.7
<i>Агрегатный переход</i>								
a_{01}	3.1	3.2	1.8	2.8	3.3	31.4	6.6	3.9
T_{x1} , K	2502	2273	1828	2850	2160	1916	1335	1398
k_{31}	4.5	1.3	4.0	2.8	2.0	0.8	1.05	1.4
a_{02}	8.1	—	5.4	6.2	5.3	1.6	—	—
T_{x2} , K	2607	—	1984	3430	2730	2042	—	—
k_{32}	1.67	—	1.57	1.35	2.9	2.4	—	—

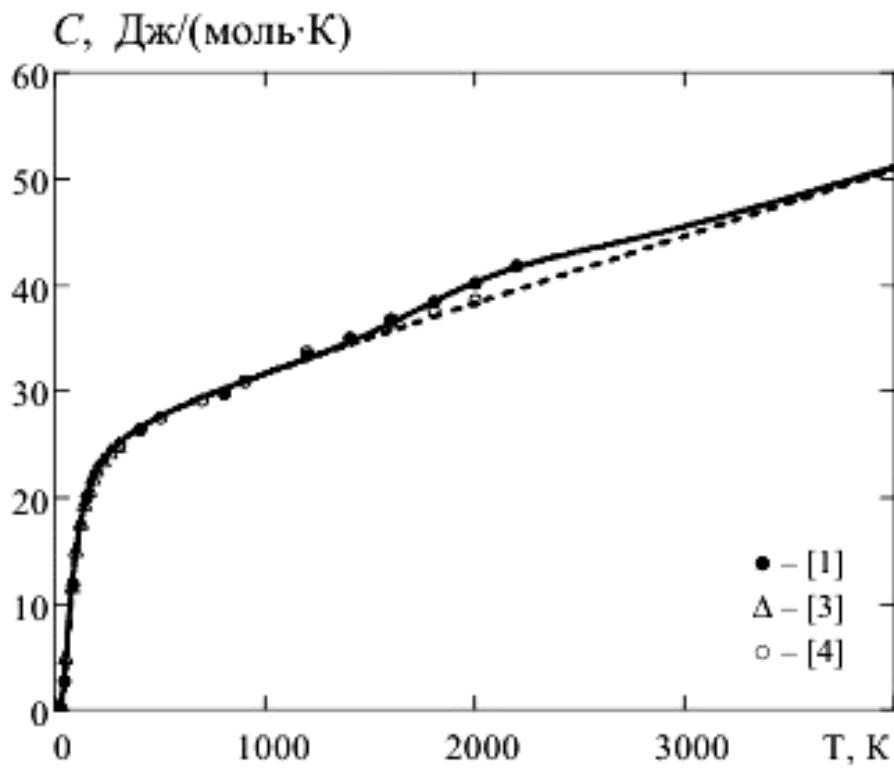


2.1.1. Лёгкая триада платины (триада палладия)

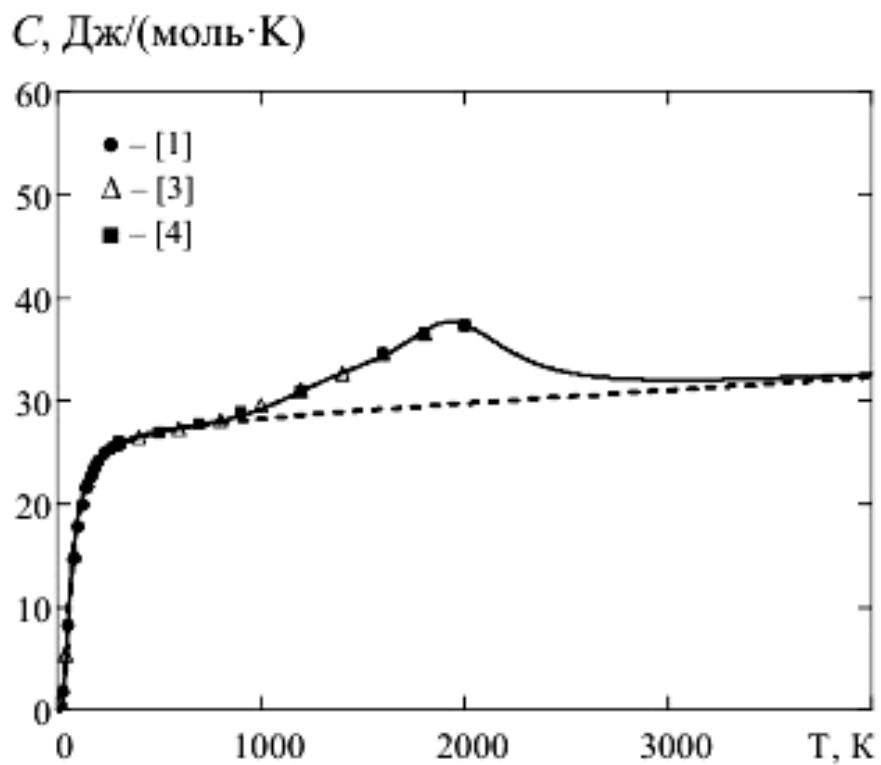
2.1.1.1. Рутений, Ru



2.1.1.2. Родий, Rh

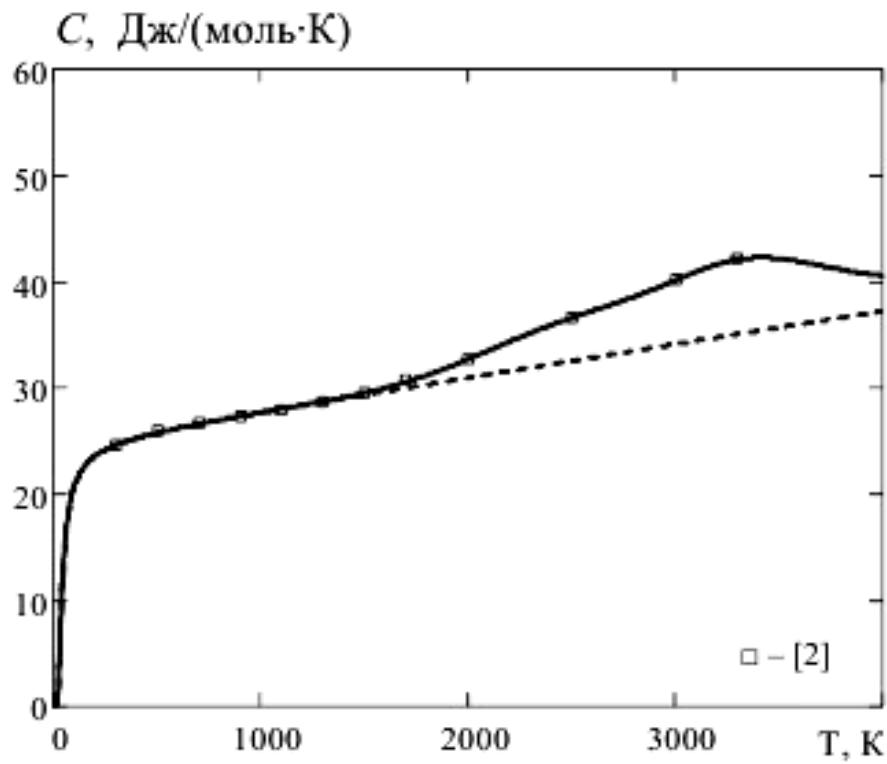


2.1.1.3. Палладий, Pd

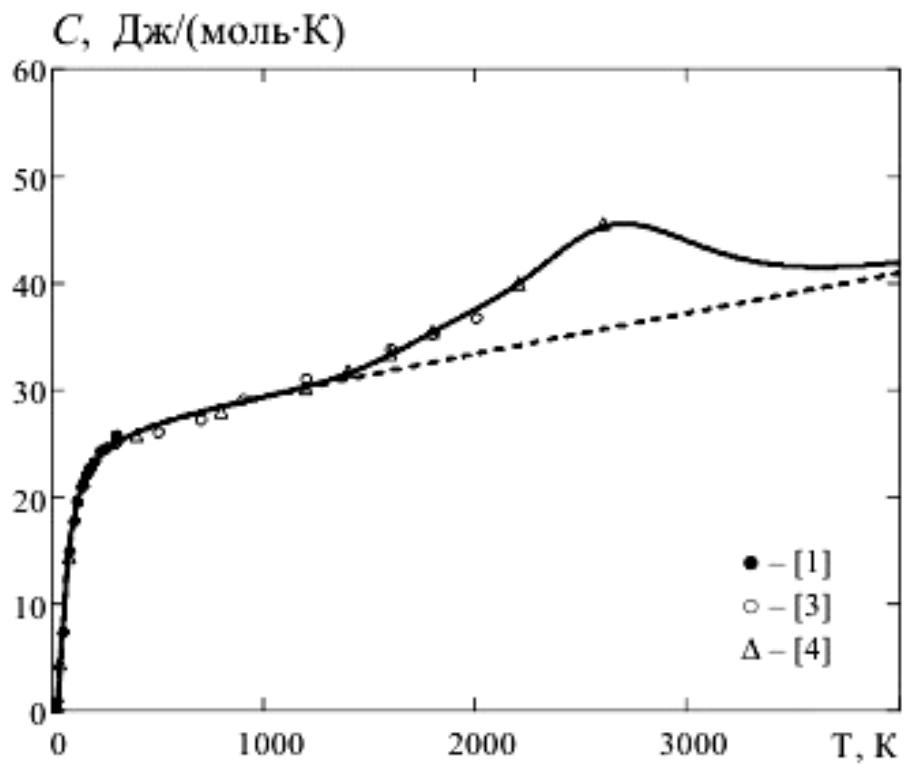


2.1.2. Тяжёлая триада платины (триада платины)

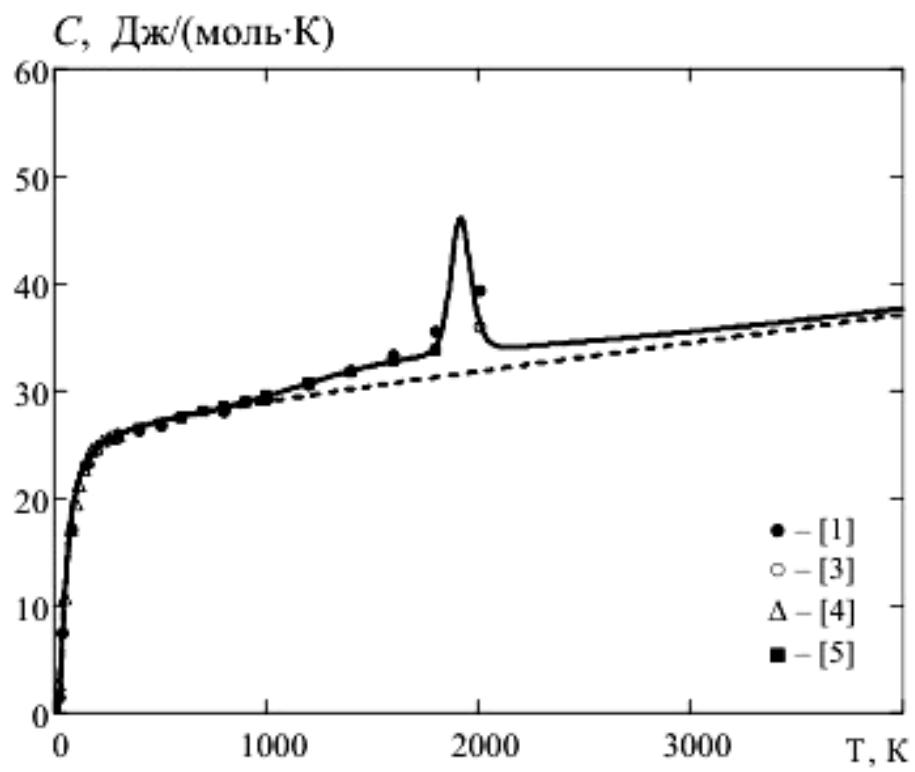
2.1.2.1. Осмий, Os



2.2.2. Иридий, Ir



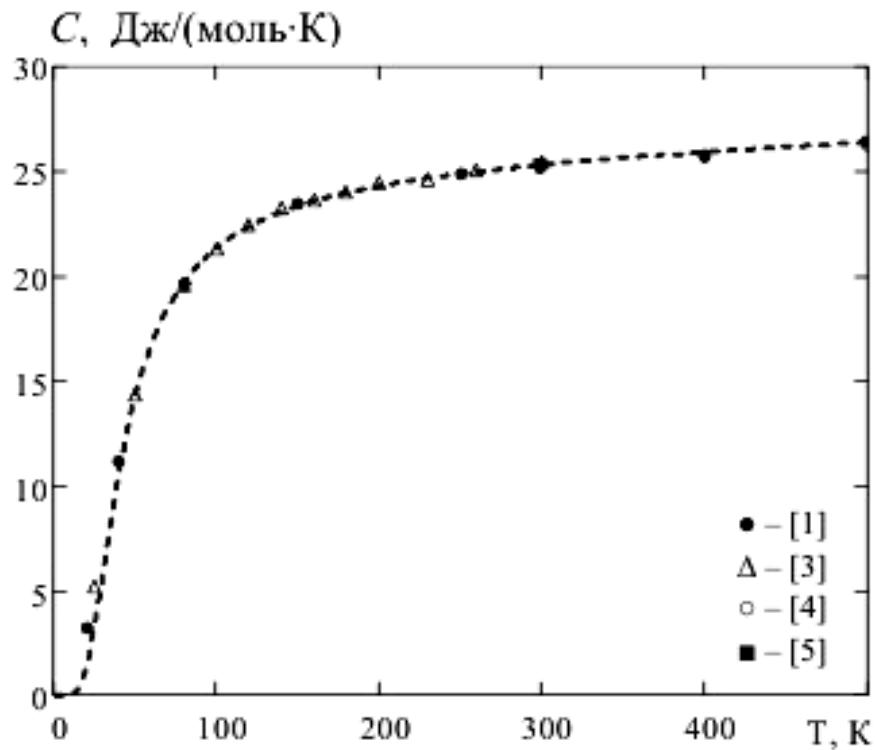
2.2.3. Платина, Pt



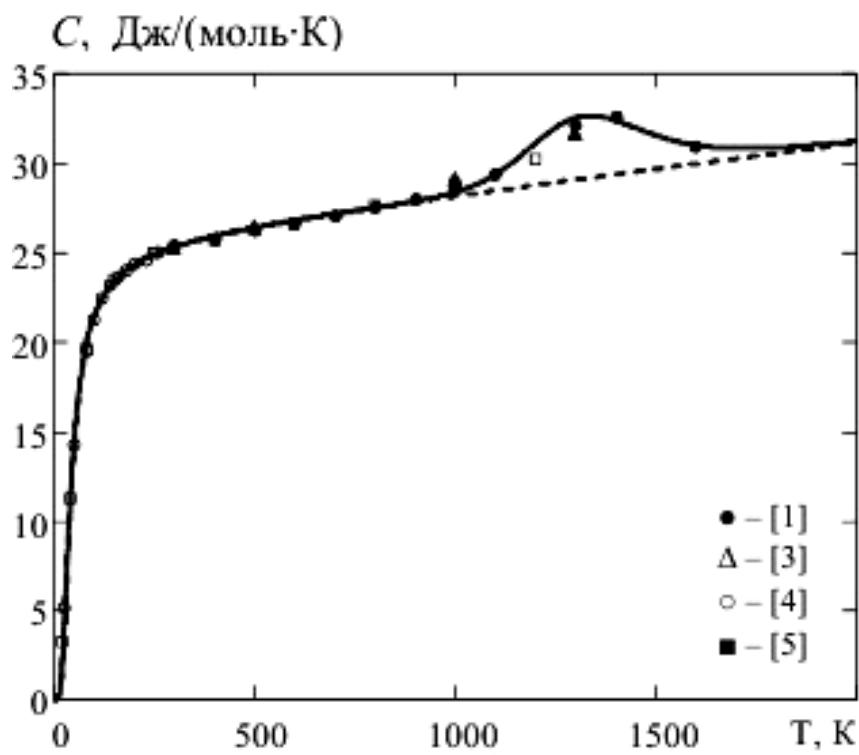
2.2. Драгоценные металлы (I группа)

2.2.1. Золото, Au

a) низкотемпературный диапазон

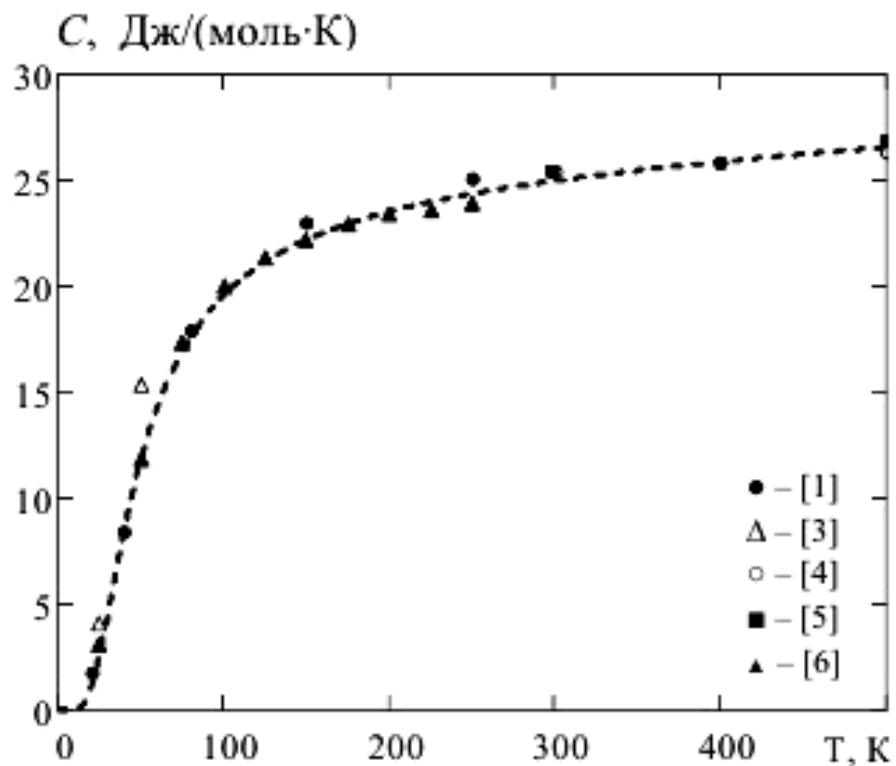


б) интервал температур [0, 2000]

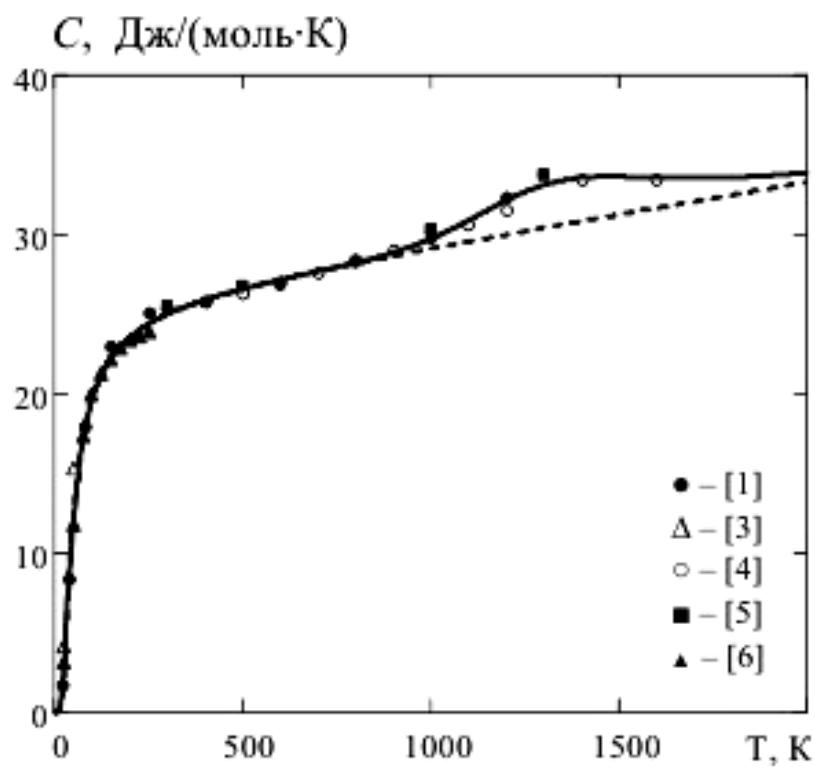


2.2.2. С е р е б р о , Ag

а) низкотемпературный диапазон



б) интервал температур [0, 2000]



Литература

1. *Благородные металлы.* Справ. изд. под ред. Савицкого Е.М. М.: Металлургия, 1984. 592 с. ●
2. *Онуфриев С.В.* Термодинамические свойства рутения и осмия // ТВТ. 2021. Т. 59. № 5. С. 668. □
3. *Новицкий Л.А., Кожевников И.Г.* Теплофизические свойства материалов при низких температурах. Справочник. М.: Машиностроение, 1975. 216 с. Δ
4. *Зиновьев В.Е.* Теплофизические свойства металлов при высоких температурах. М.: Металлургия, 1989. 384 с. ○
5. *Дорогокупец П.И., Соколова Т.С., Данилов Б.С., Литасов К.Д.* Почти абсолютные уравнения состояния алмаза, Ag, Al, Au, Cu, Mo, Nb, Pt, Ta, W для квазигидростатических условий // Geodynamics & Tectonophysics. 2012. Т. 3. № 2. С. 129. ■
6. *Киттель Ч.* Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978. 792 с. ▲

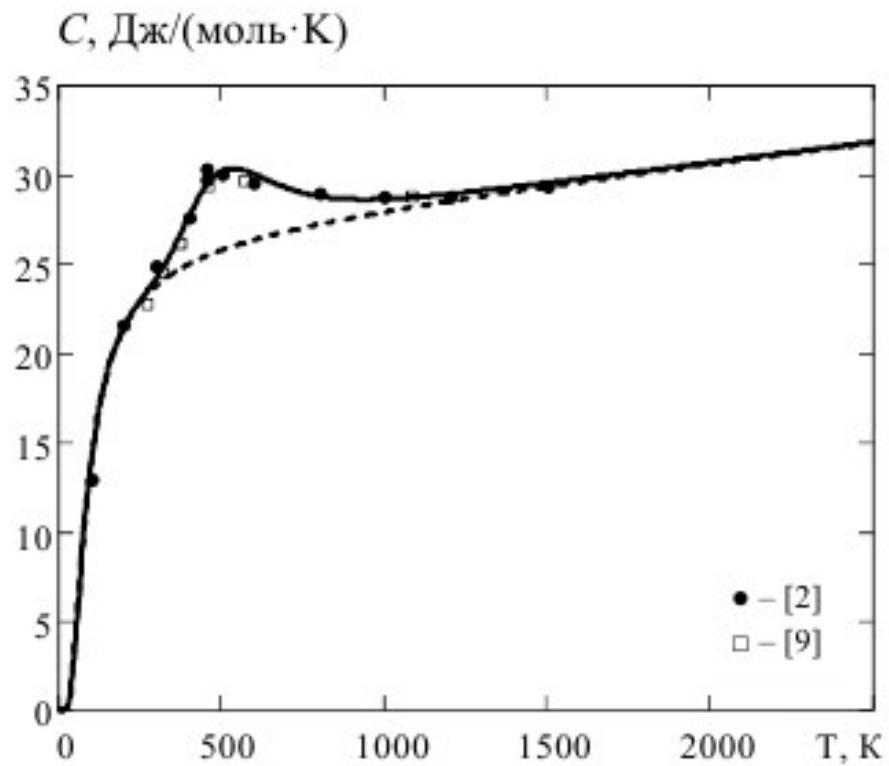
3. Группы металлов I группа

Таблица 5.

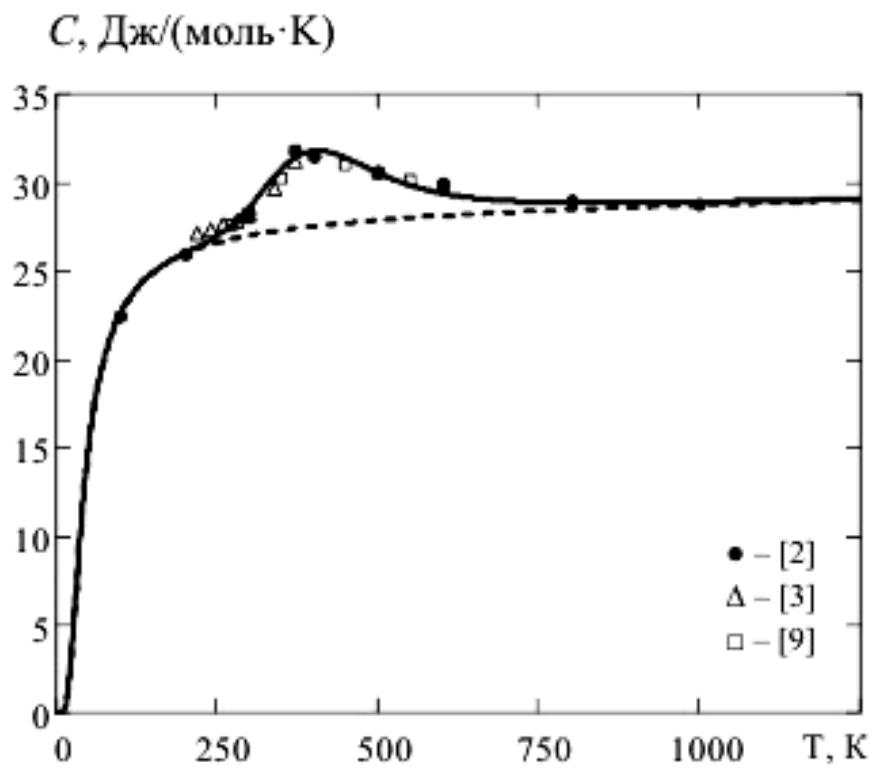
Параметры и коэффициенты модели для расчёта
температурных зависимостей теплоёмкостей металлов

Металл Параметр	Li	Na	K	Rb	Cs	Cu
<i>Базисная линия</i>						
a_0	0.75	0.74	0.75	0.75	0.74	0.74
T_x, K	121	60	41	36	34	99
$k_1 \cdot 10^4$	22	7	25	31	7	23
k_2	32.6	35.0	34.6	35.0	35.5	32.4
<i>Агрегатный переход</i>						
a_{01}	2.6	3.2	3.1	4.7	2.6	3.4
T_{x1}, K	545	418	397	348	371	1482
k_{31}	3.3	2.6	2.5	1.6	3.2	2.1

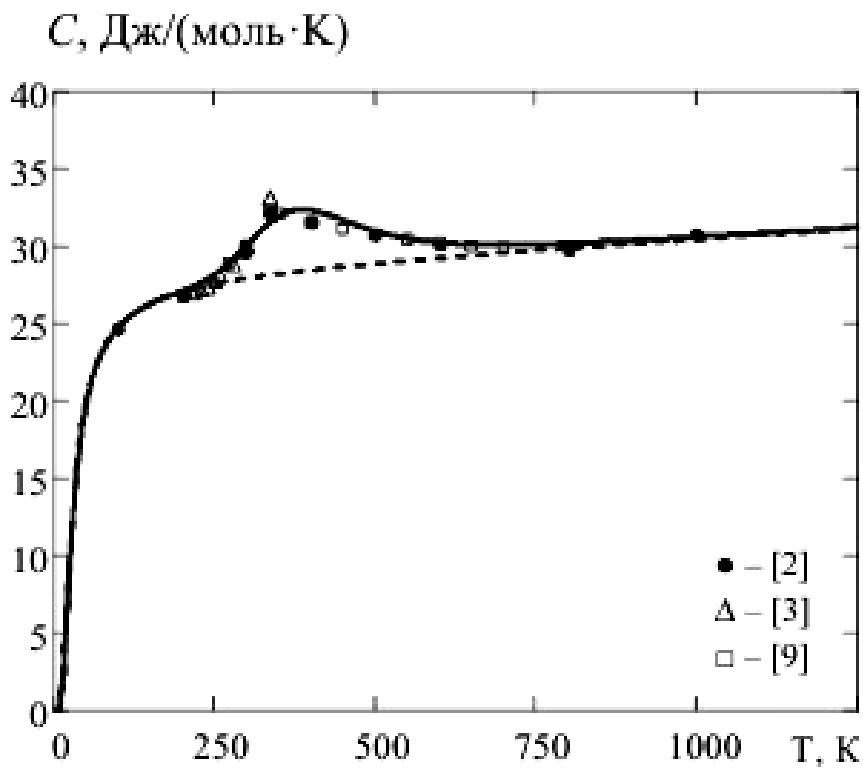
1.1. Литий, Li



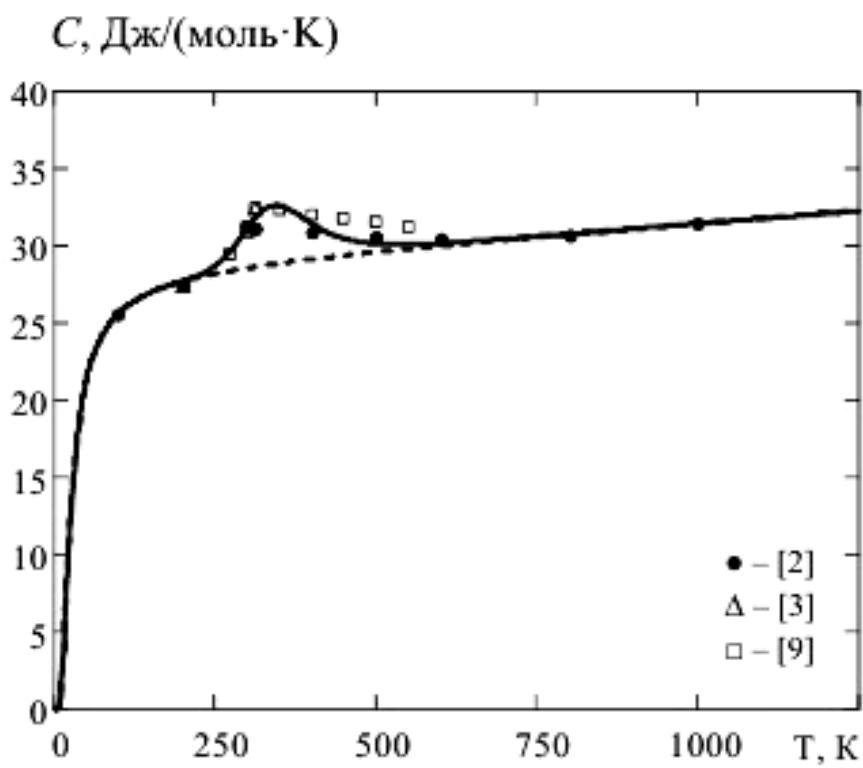
1.2. Натрий, Na



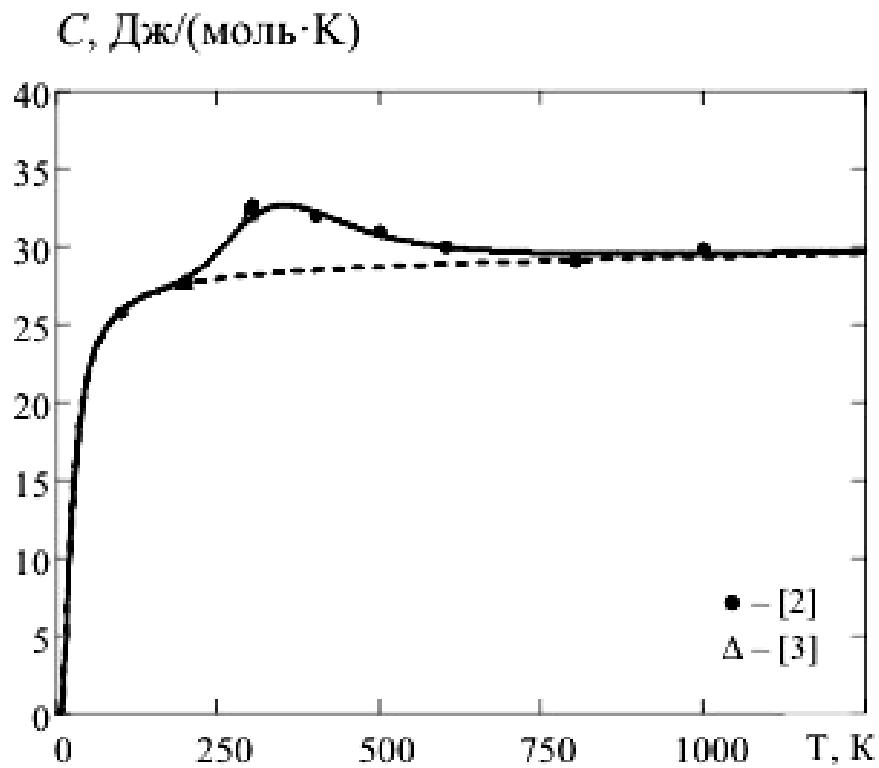
1.3. Калий, K



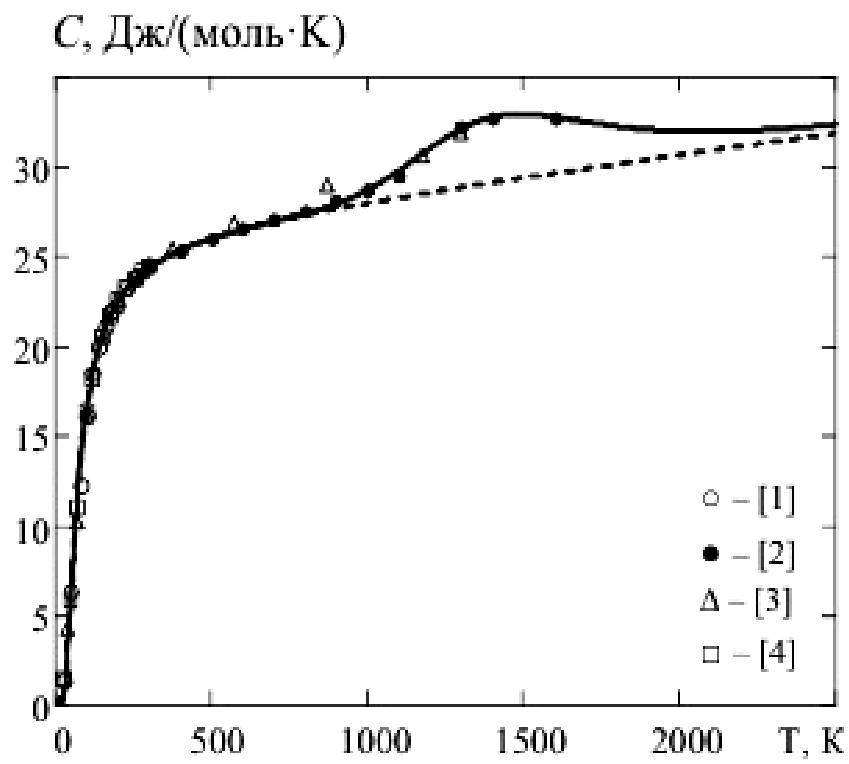
1.4. Рубидий, Rb



1.5. Цезий, Cs



1.6. Медь, Cu

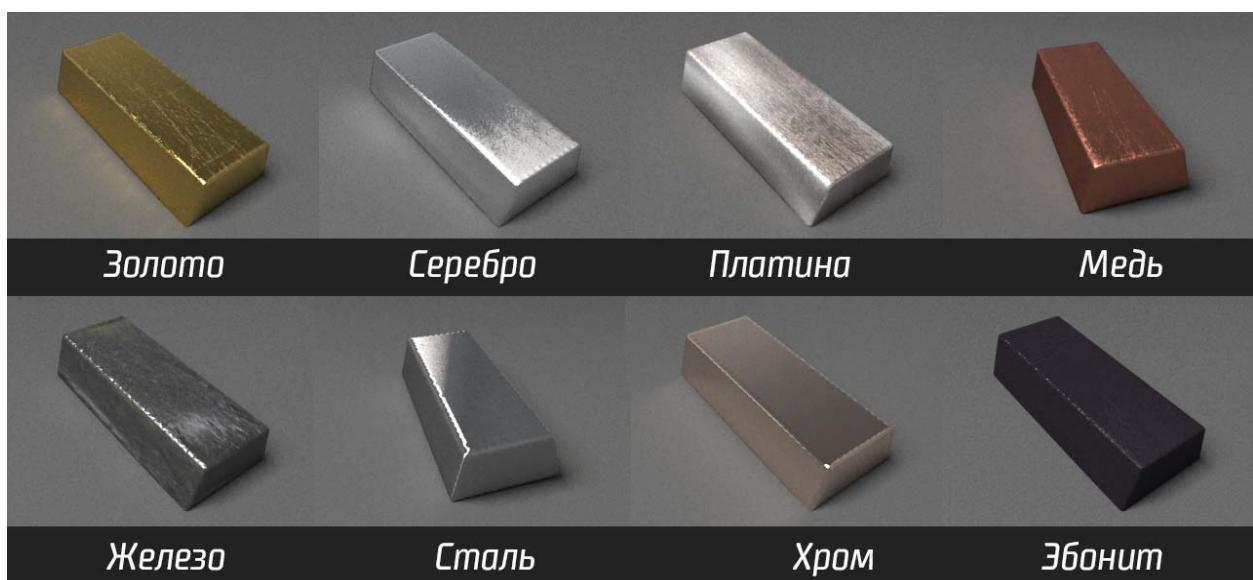


II группа

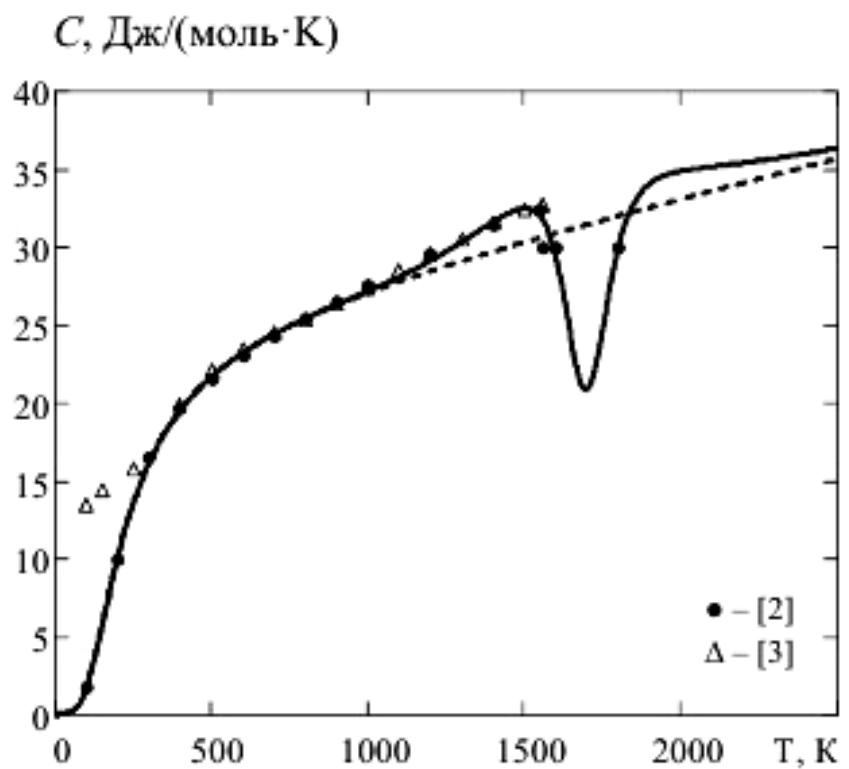
Таблица 6.
Параметры и коэффициенты модели для расчёта
температурных зависимостей теплоёмкостей металлов

Металл Параметр \n\	Be	Mg	Ca	Sr	Ba	Zn	Cd
<i>Базисная линия</i>							
a_0	0.74	0.68	0.45	0.47	0.53	0.56	0.53
T_x , K	314	112	99	47	48	88	60
$k_1 \cdot 10^4$	47	42	25	50	60	44	13
k_2	30.5	33.7	39.3	36.7	37.0	35.0	36.3
<i>Полиморфное превращение и агрегатный фазовый переход</i>							
a_{01}	19.3	3.7	2.2	3.2	3.0	3.8	1.8
T_{x1} , K	1700 ^P	932	911	1070	501	830	750
k_{31}	-1.4	0.9	3.8	4.8	4.5	1.23	2.9
a_{02}	3.6	-	9.4	-	2.0	-	-
T_{x2} , K	1720 ^P	-	900	-	862	-	-
k_{32}	1.6	-	0.4	-	8.0	-	-
a_{03}	-	-	12.4	-	7.4	-	-
T_{x3} , K	-	-	1010	-	1398 ^P	-	-
k_{33}	-	-	0.92	-	-4.1	-	-
a_{04}	-	-	10.2	-	1.8	-	-
T_{x4} , K	-	-	1290 ^P	-	1427	-	-
k_{34}	-	-	-0.7	-	6.7	-	-

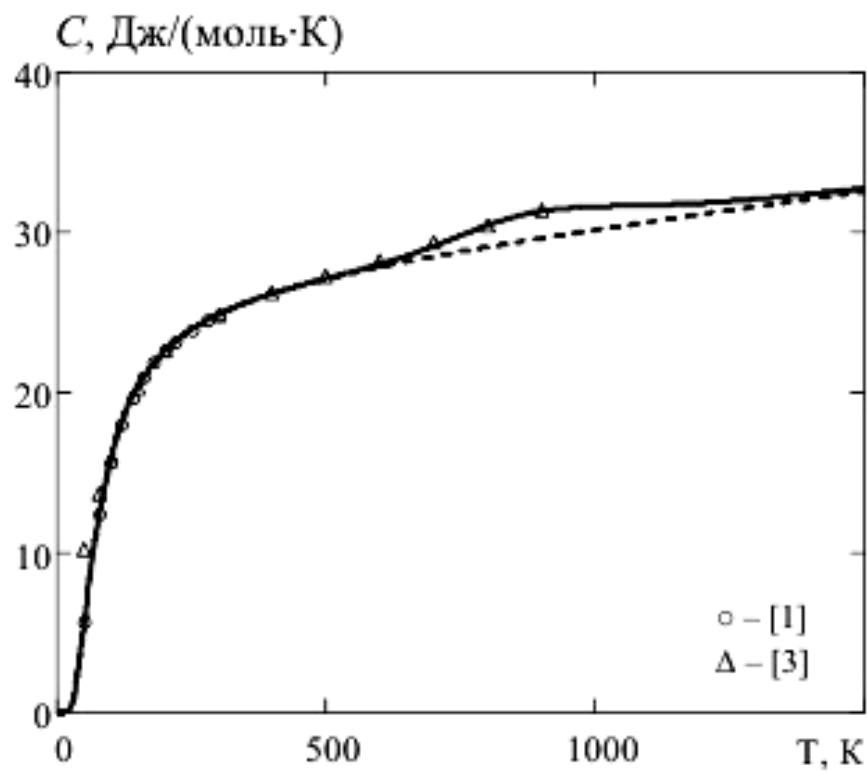
^P – полиморфное превращение



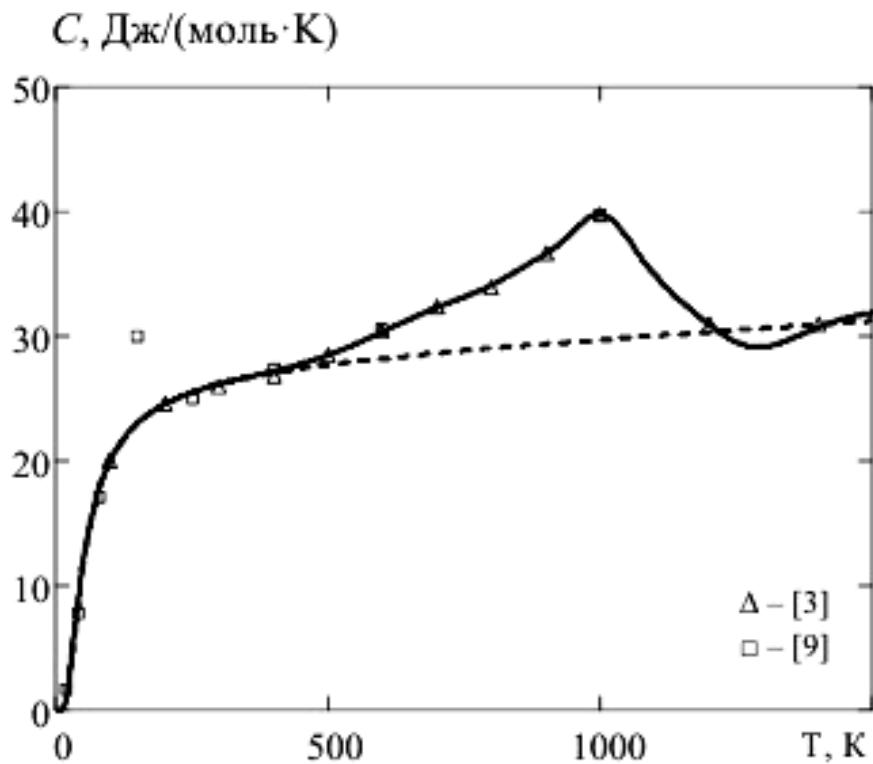
2.1. Бериллий, Be



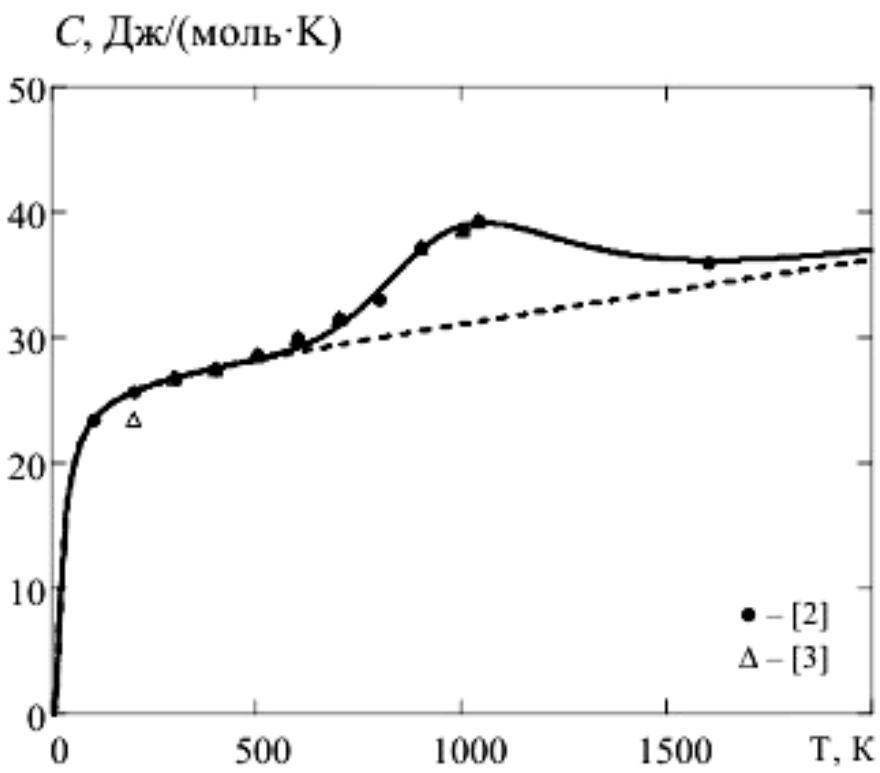
2.2. Магний, Mg



2.3. Кальций, Ca

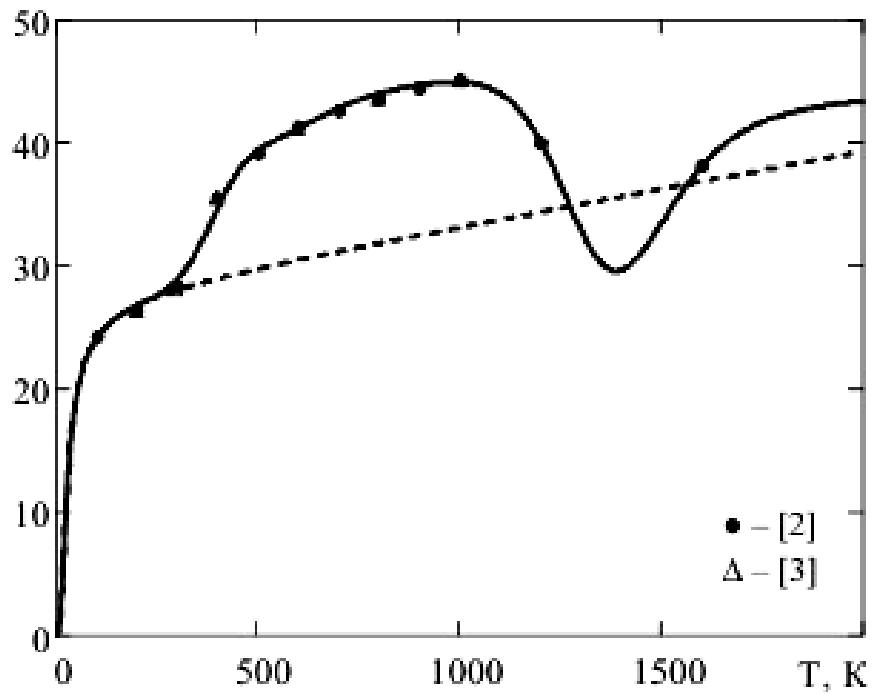


2.4. Струнций, Sr



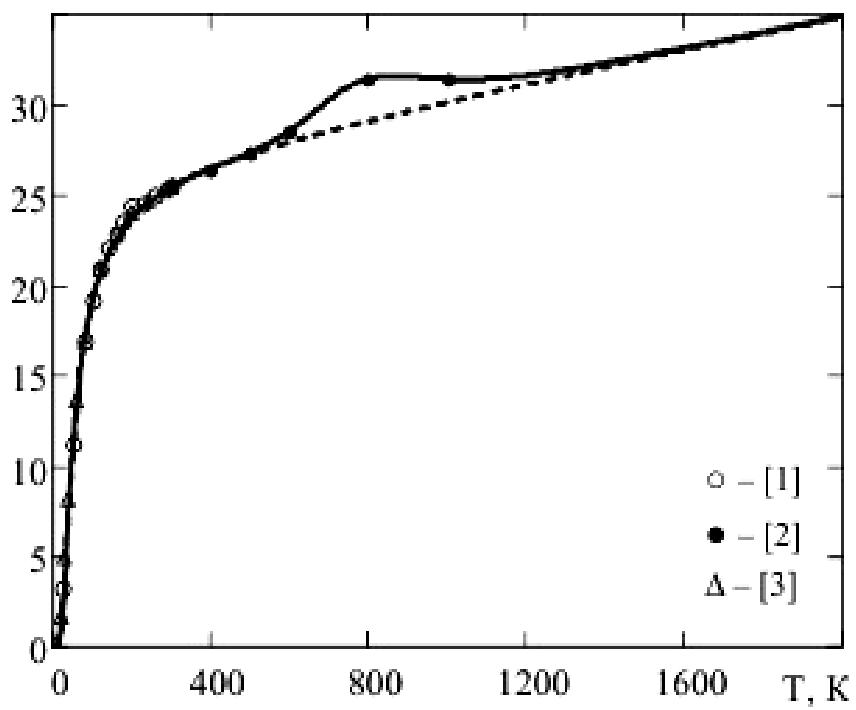
2.5. Барий, Ba

$C, \text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$

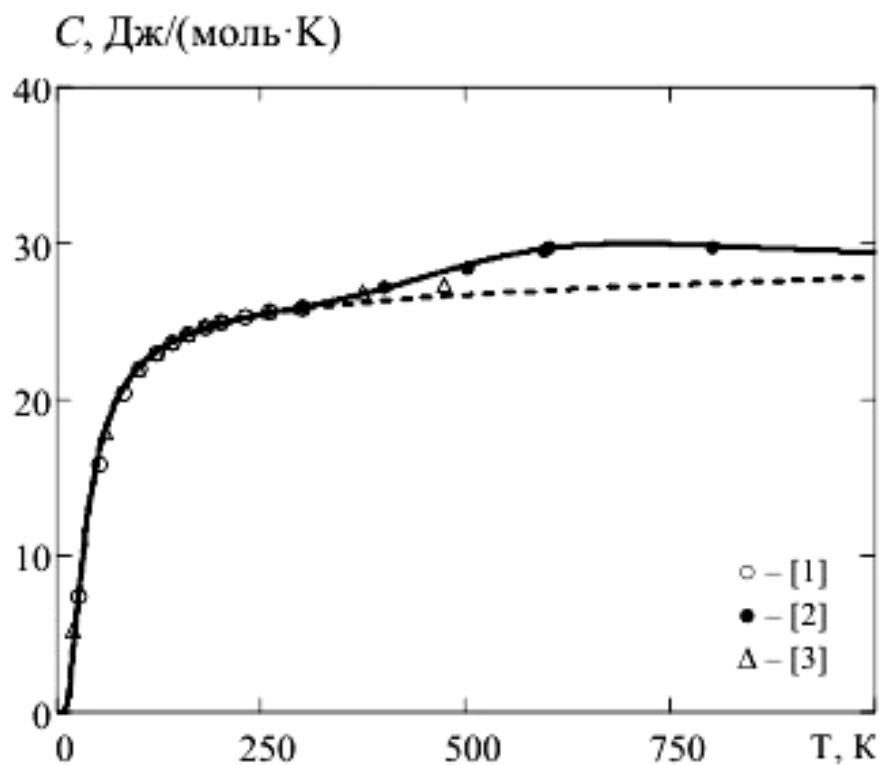


2.6. Цинк, Zn

$C, \text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$



2.7. Кадмий, Cd



III группа

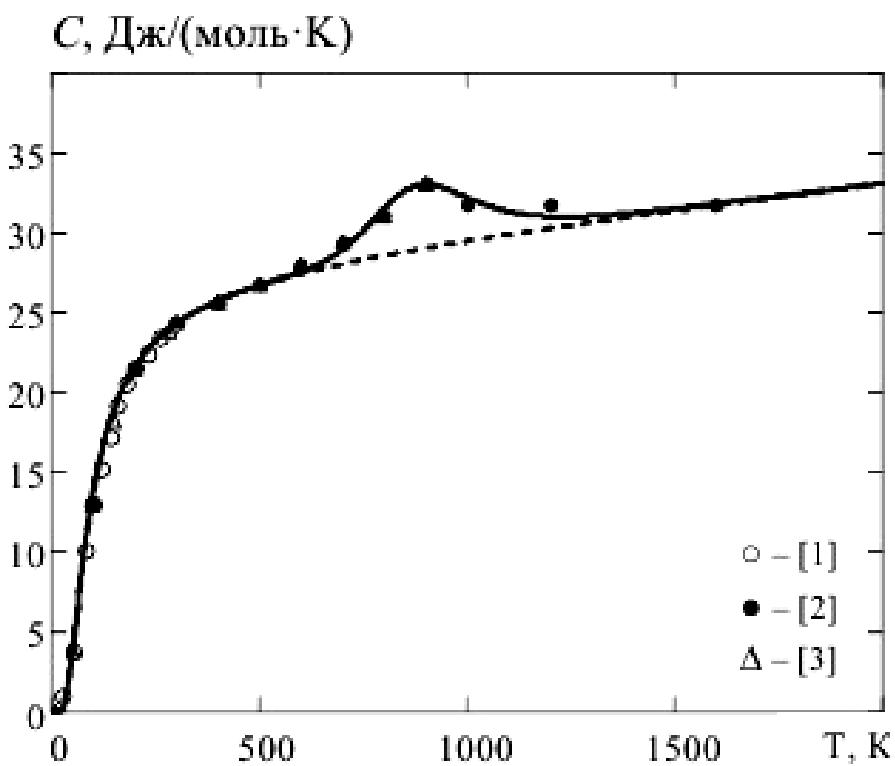
Таблица 7.

Параметры и коэффициенты модели для расчёта температурных зависимостей теплоёмкостей металлов

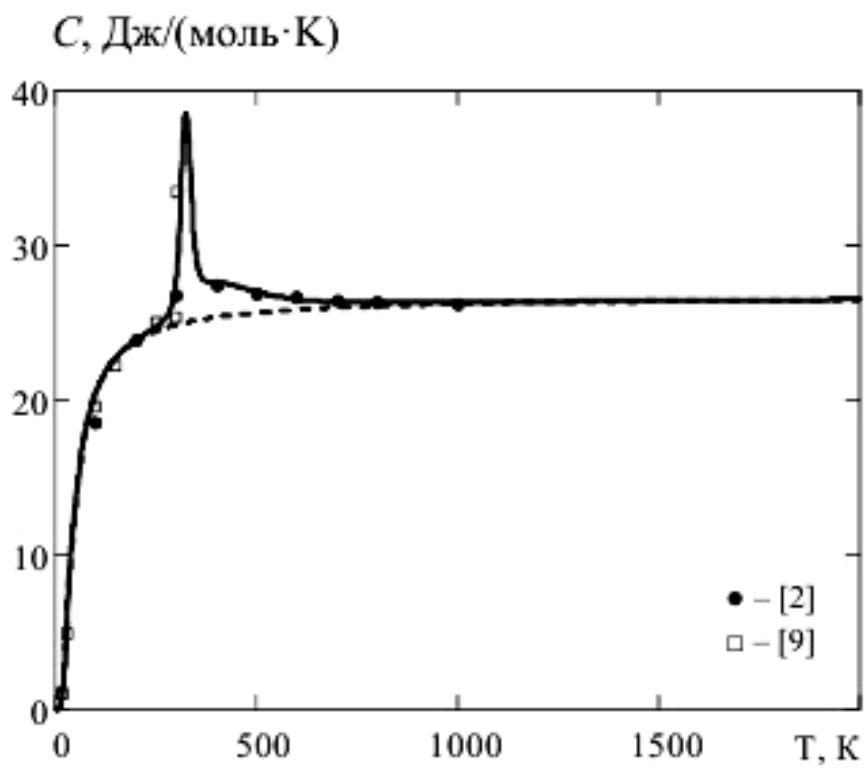
Металл Параметр	Al	Ga	In	Tl	Sc	Y
<i>Базисная линия</i>						
a_0	0.56	0.56	0.54	0.49	0.58	18.5
T_x, K	148	73	50	26	117	274
$k_1 \cdot 10^4$	30	0	0	23	20	44
k_2	36.7	35.5	37.2	36.3	37	25.8
<i>Полиморфное превращение и фазовые переходы</i>						
a_{01}	5.3	20.0	3.4	12.2	7.0	22.0
T_{x1}, K	900	325 ^m	446	553	1752	1507
k_{31}	1.5	1.2	1.3	1.13	3.2	0.58
a_{02}	—	3.0	—	—	1.4	0.87
T_{x2}, K	—	410	—	—	1964	1917
k_{32}	—	1.45	—	—	6.6	3.0

^m – магнитный переход

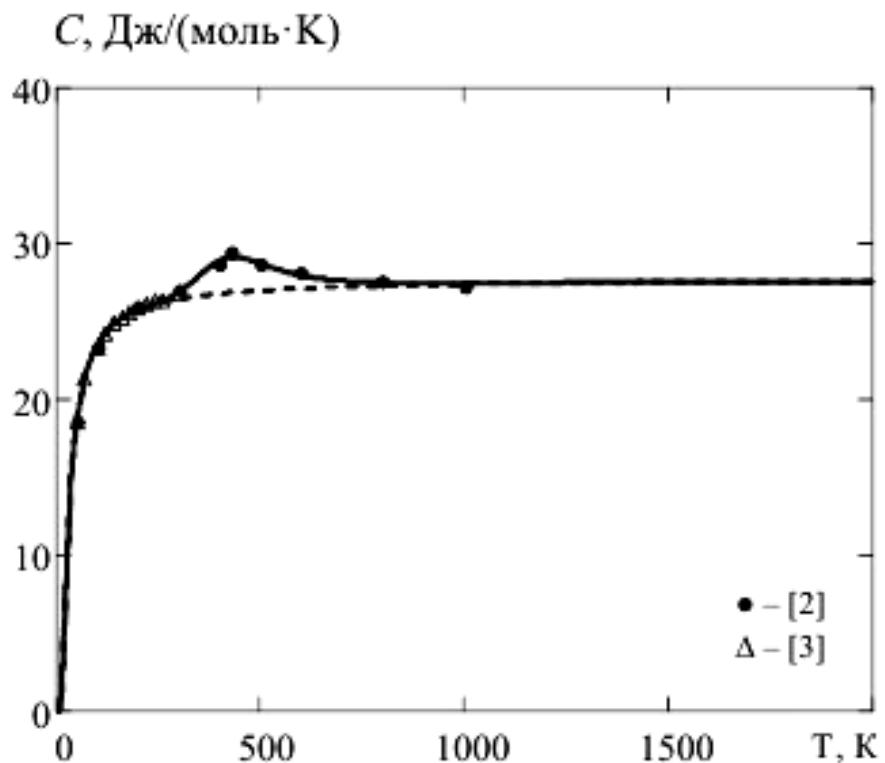
3.1. Алюминий, Al



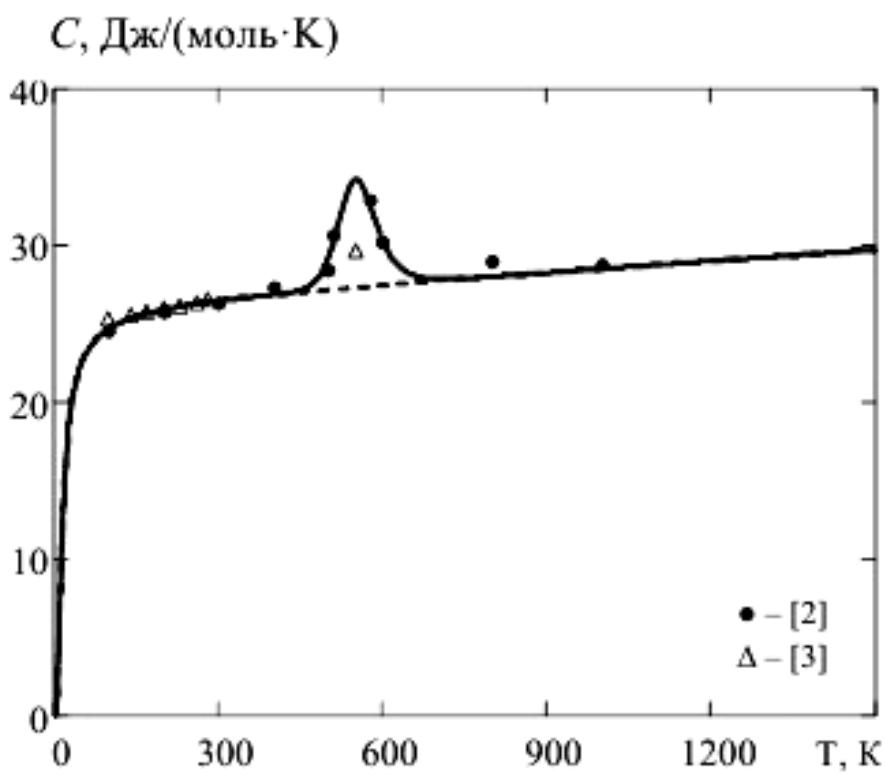
3.2. Галлий, Ga



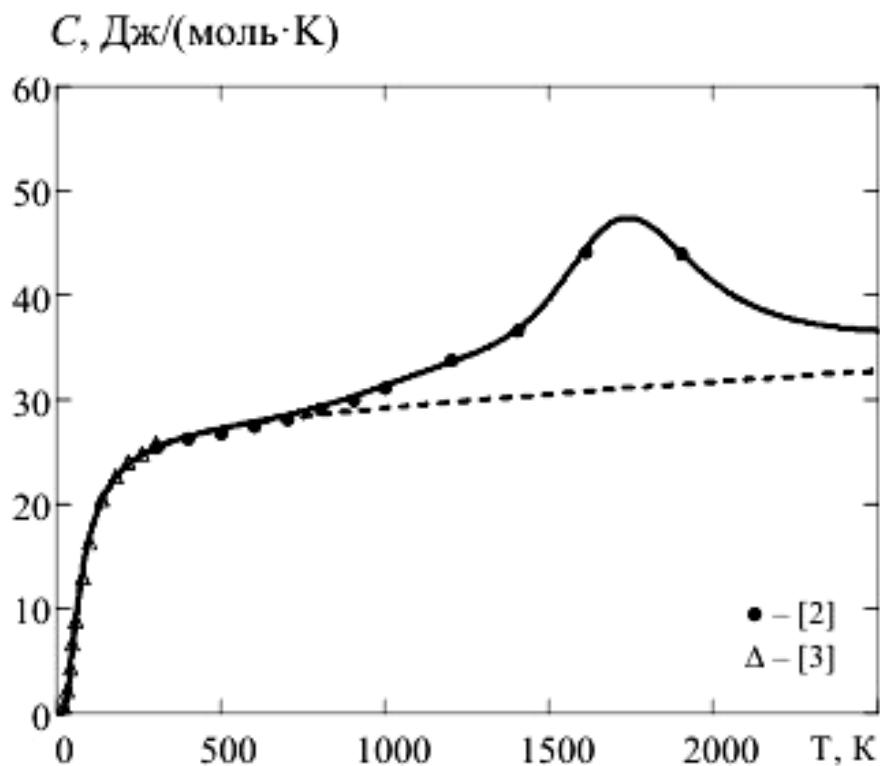
3.3. Индий, In



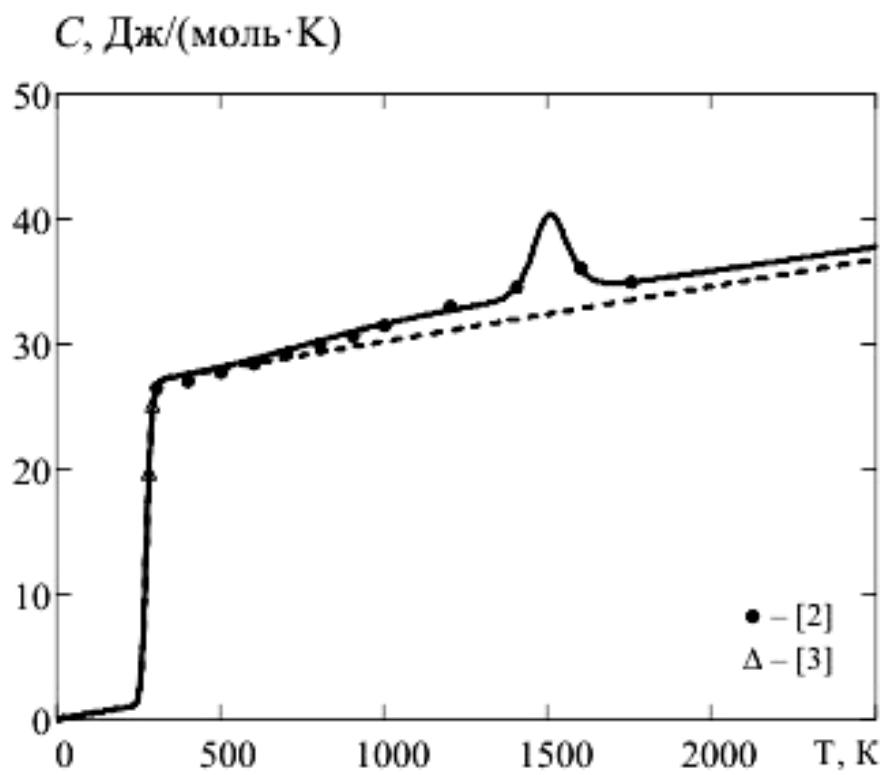
3.4. Таллий, Tl



3.5. Скандий, Sc



3.6. Иттрий, Y



IV группа

Таблица 8.

Параметры и коэффициенты модели для расчёта
температурных зависимостей теплоёмкостей металлов

Металл Параметр \n\	Sn	Pb	Ti	Zr	Hf
<i>Базисная линия</i>					
a_0	0.45	0.79	0.53	0.47	2.2
T_x , К	64	29	153	99	43
$k_1 \cdot 10^4$	10	40	46	89	78
k_2	38.8	31.7	37.9	35.0	23.8
<i>Полиморфное превращение и фазовые переходы</i>					
a_{01}	5.8	6.6	7.1	2000	7.8
T_{x1} , К	480	601	1293 ^p	1195 ^s	1009 ^p
k_{21} / k_{31}	1.5	0.3	- 0.8	- 7.9	- 0.3
a_{02}	-	-	24.8	88.0	2000
T_{x2} , К	-	-	1720	2160 ^s	2195 ^s
k_{22} / k_{32}	-	-	0.6	0.0029	-7.5
a_{03}	-	-	-	-	47.0
T_{x3} , К	-	-	-	-	2550
k_{23} / k_{33}	-	-	-	-	0.6

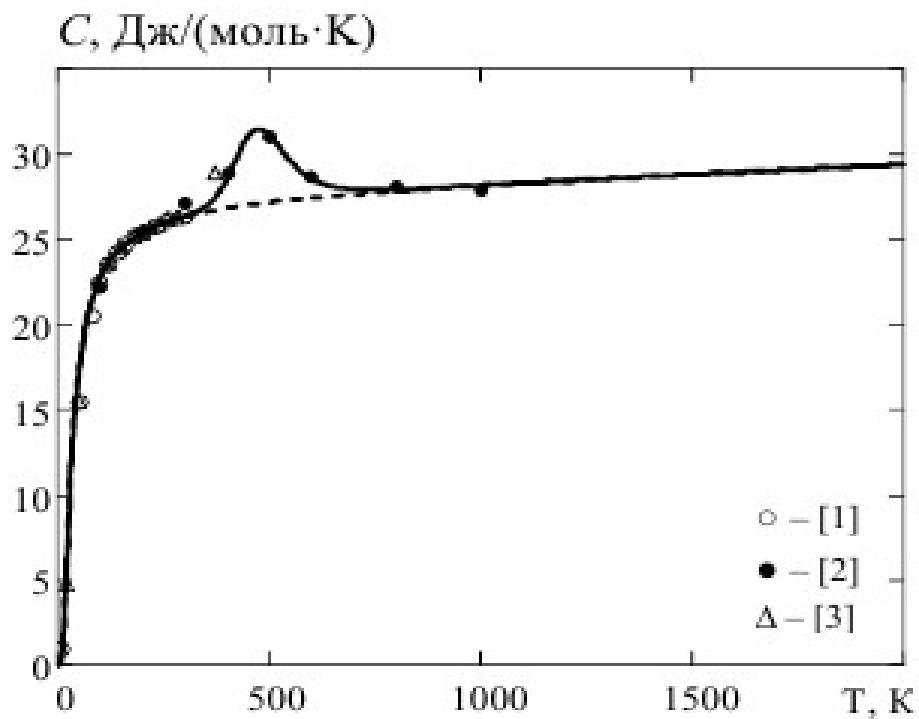
^p – полиморфное превращение

^s – структурный переход

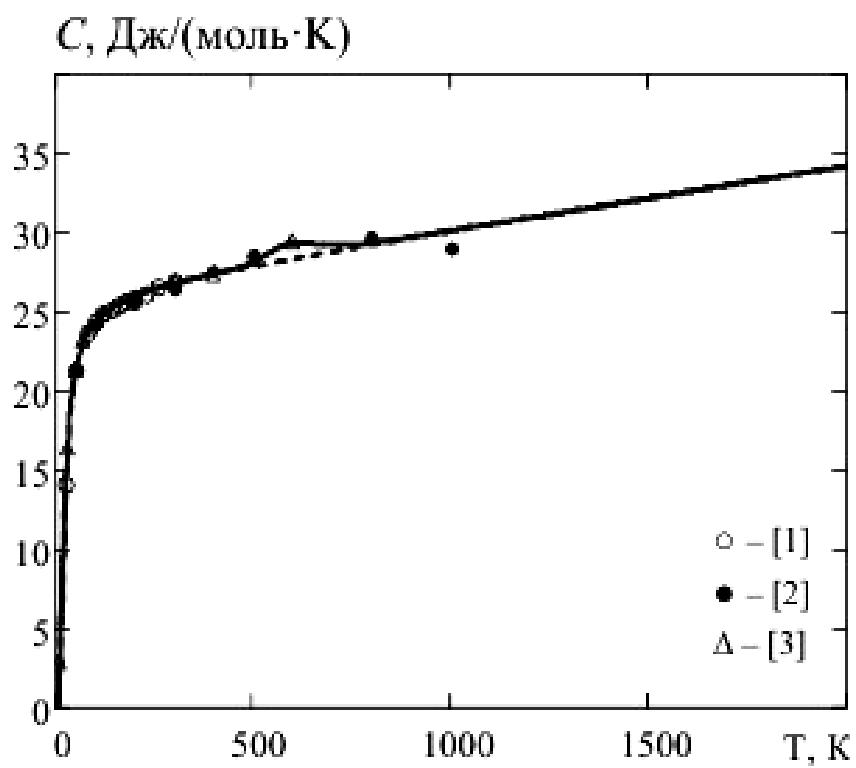
Разнообразие металлов



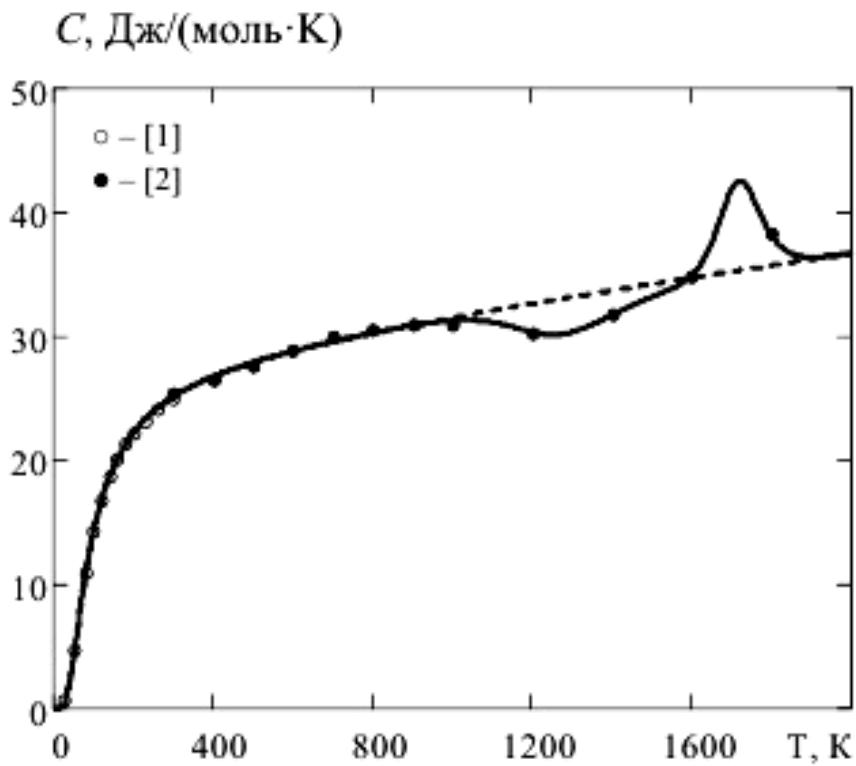
4.1. Олово, Sn



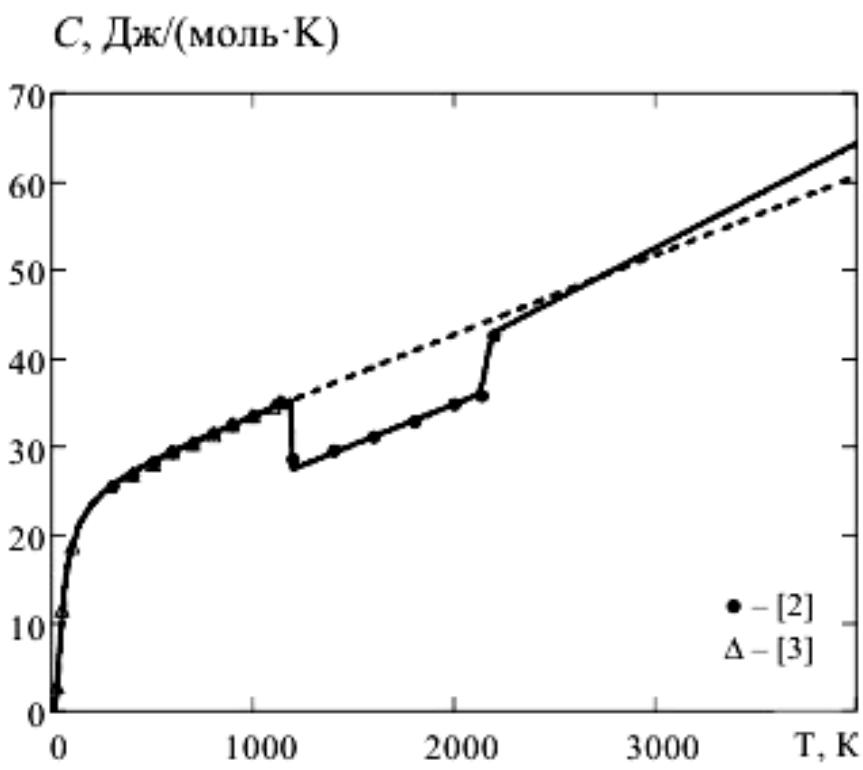
4.2. Свинец, Pb



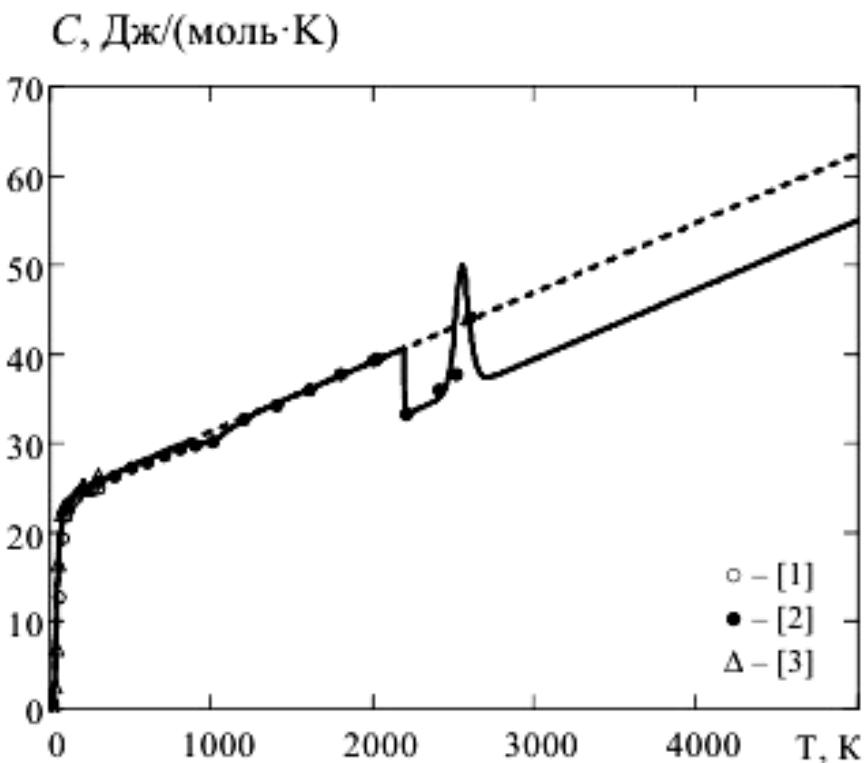
4.3. Титан, Ti



4.4. Цирконий, Zr



4.5. Гафний, Hf



V группа

Таблица 9.

Параметры и коэффициенты модели для расчёта
температуруных зависимостей теплоёмкостей металлов

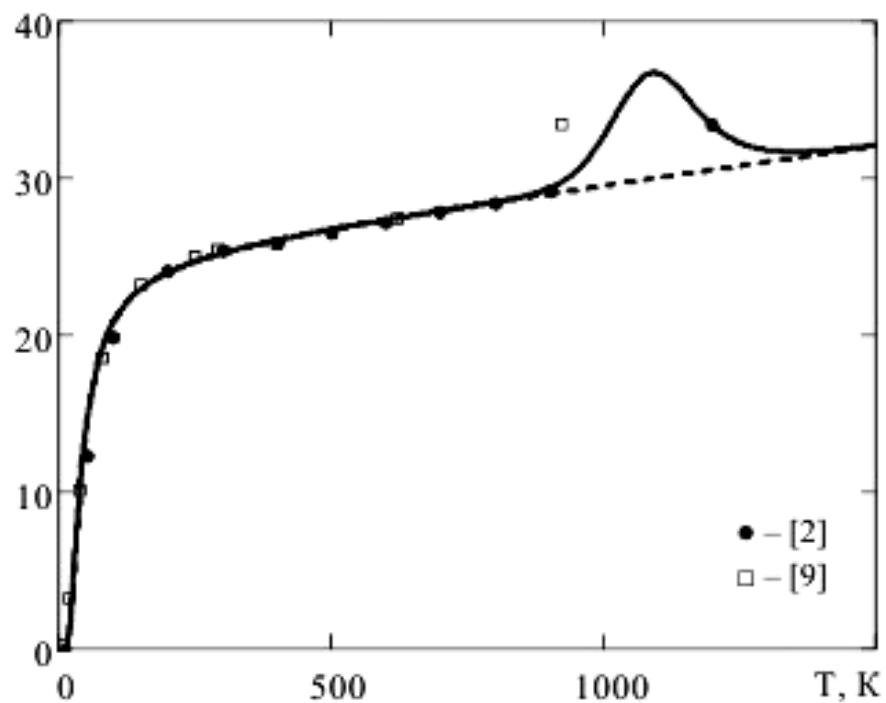
Металл Параметр \ Металл	Sb	Bi	V	Nb	Ta
<i>Базисная линия</i>					
a_0	0.87	0.73	2.4	0.57	0.58
$T_x, \text{К}$	54	43	34	94	81
$k_1 \cdot 10^4$	48	86	45	2	73
k_2	29.5	31.8	24.8	36.4	34.3
<i>Фазовые переходы</i>					
a_{01}	10.5	9.9	1.7	1.2	1.0
$T_{x1}, \text{К}$	1094	426	2710	2720	1130
k_{21} / k_{31}	1.28	1.2	10.4	7.1	- 2.9
a_{02}	-	-	-	2.7	2000^s
$T_{x2}, \text{К}$	-	-	-	3400	2195
k_{22} / k_{32}	-	-	-	8.0	- 7.5
a_{03}	-	-	-	-	65.0
$T_{x3}, \text{К}$	-	-	-	-	2490^s
k_{23} / k_{33}	-	-	-	-	0.0031

^s – структурный переход



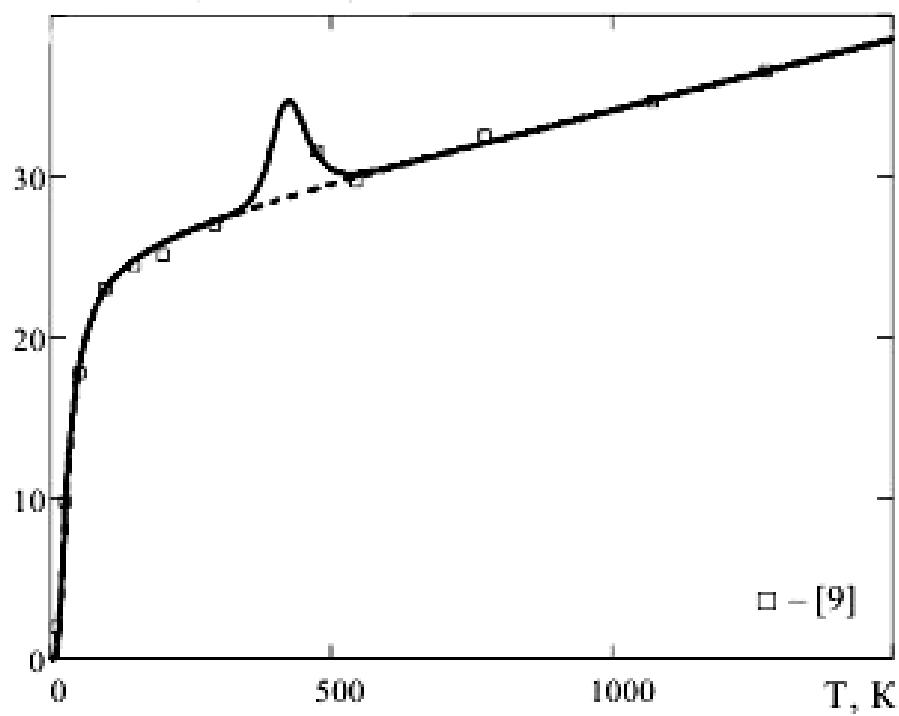
5.1. Сурьма, Sb

C , Дж/(моль·К)



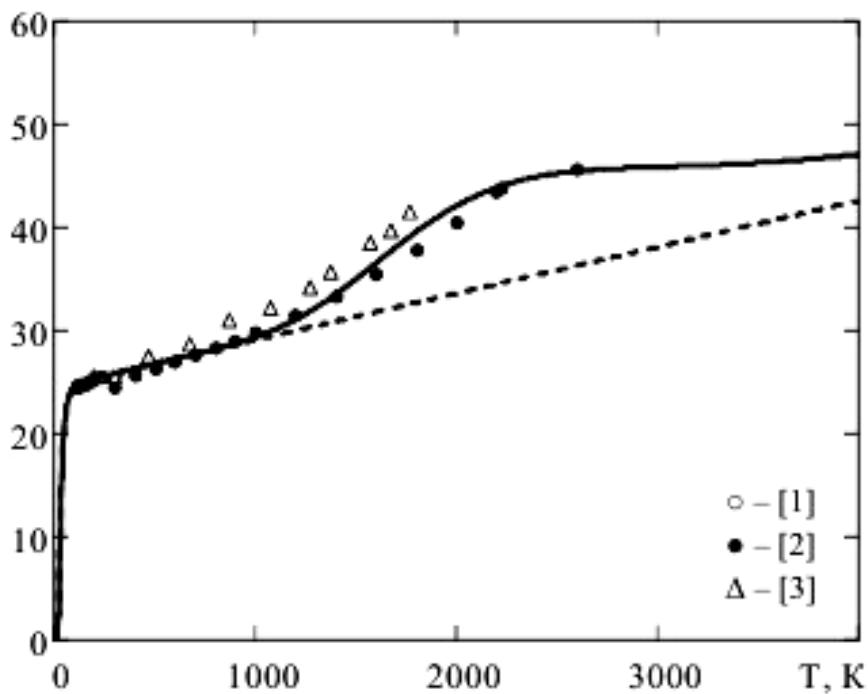
5.2. Висмут, Bi

C , Дж/(моль·К)



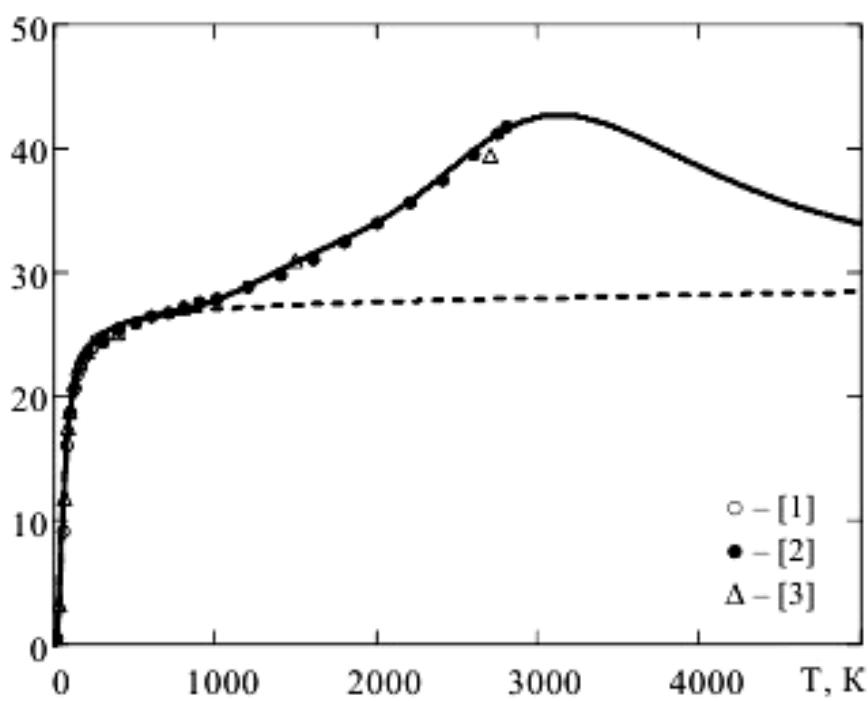
5.3. Ванадий, V

$C, \text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$

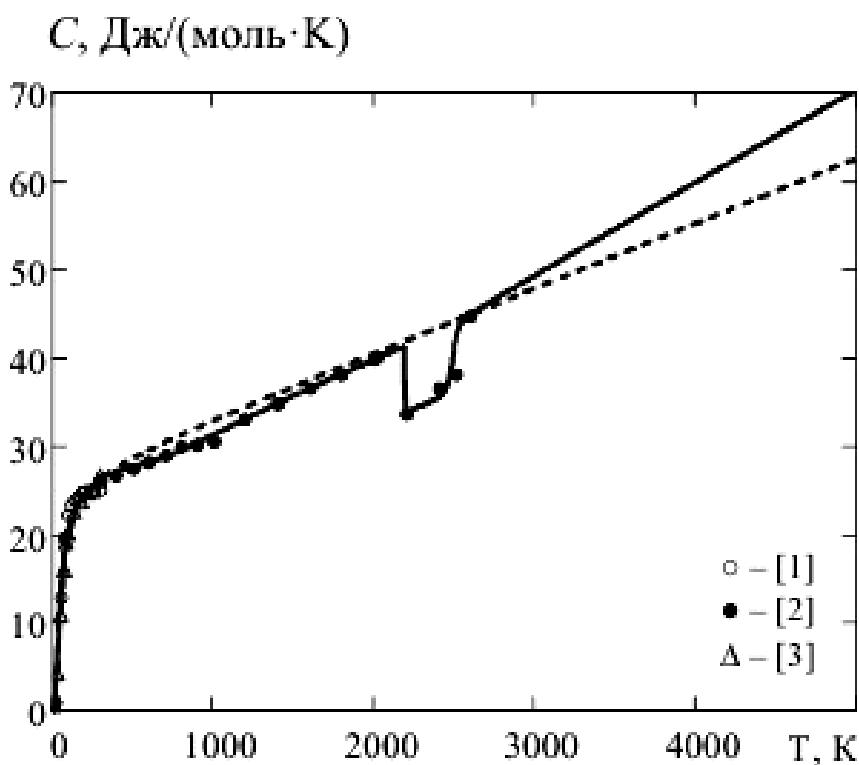


5.4. Ниобий, Nb

$C, \text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$



5.5. Тантал, Та



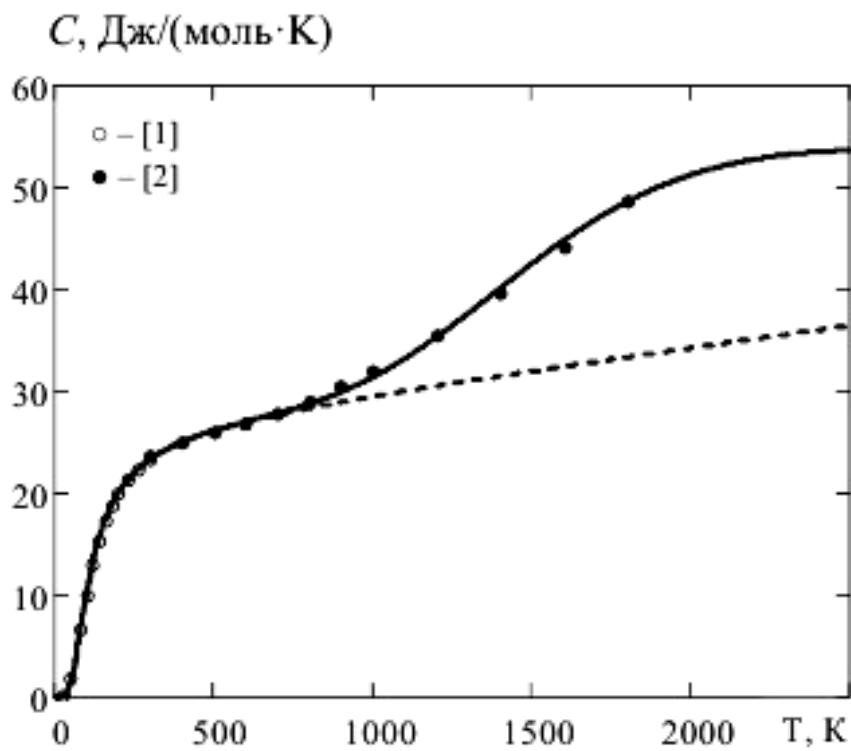
VI группа

Таблица 10.

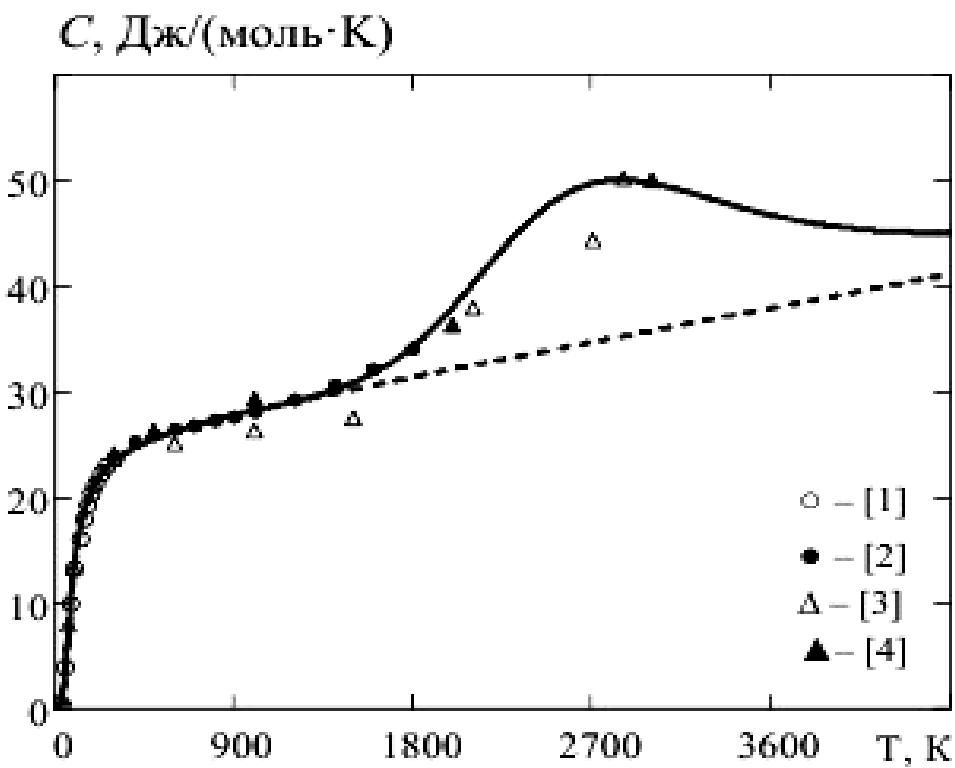
Параметры и коэффициенты модели для расчёта
температурных зависимостей теплоёмкостей металлов

Металл Параметр	Cr	Mo	W
<i>Базисная линия</i>			
<i>a</i> ₀	0.88	0.83	0.85
<i>T_x</i> , К	144	112	98
<i>k₁</i> ·10 ⁴	42	35	13
<i>k₂</i>	30.9	30.4	32.2
<i>Фазовые переходы</i>			
<i>a₀₁</i>	1.2	2.8	3.2
<i>T_{x1}</i> , К	2880	2895	3800
<i>k₃₁</i>	25.7	10.4	12.9

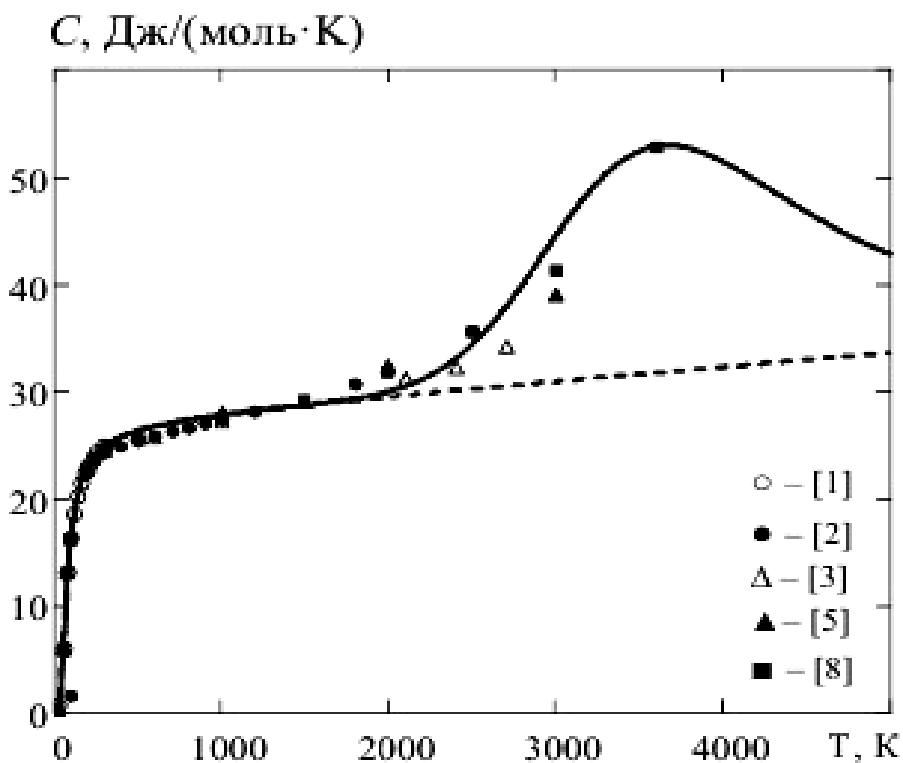
6.1. Хром, Cr



6.2. Молибден, Mo



6.3. Вольфрам, W



VII группа

Таблица 11.

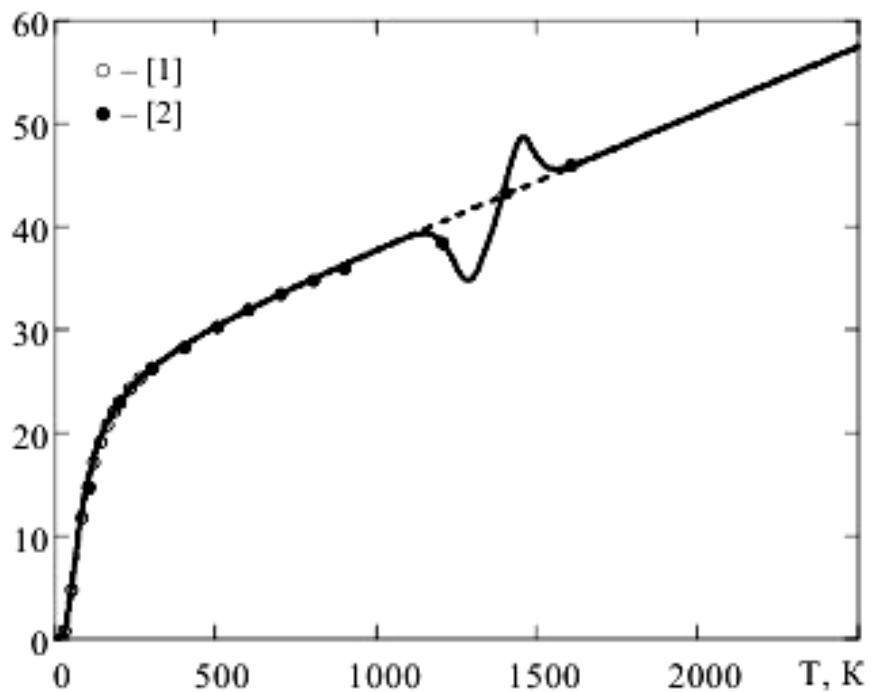
Параметры и коэффициенты модели для расчёта
температурных зависимостей теплоёмкостей металлов

Металл Параметр	Mn	Tс	Re
<i>Базисная линия</i>			
a_0	0.64	5.2	0.56
T_x, K	125	189	83
$k_1 \cdot 10^4$	128	11	34
k_2	33.02	20.6	34.7
<i>Фазовые переходы</i>			
a_{01}	17.1	1.4	2.4
T_{x1}, K	1293 ^p	1590	2280
k_{21} / k_{31}	-0.8	11.1	1.9
a_{02}	27.2	2.0	-
T_{x2}, K	1450 ^{pr}	2195	-
k_{22} / k_{32}	0.4	1.8	-

^p – полиморфное превращение; ^{pr} – прогноз

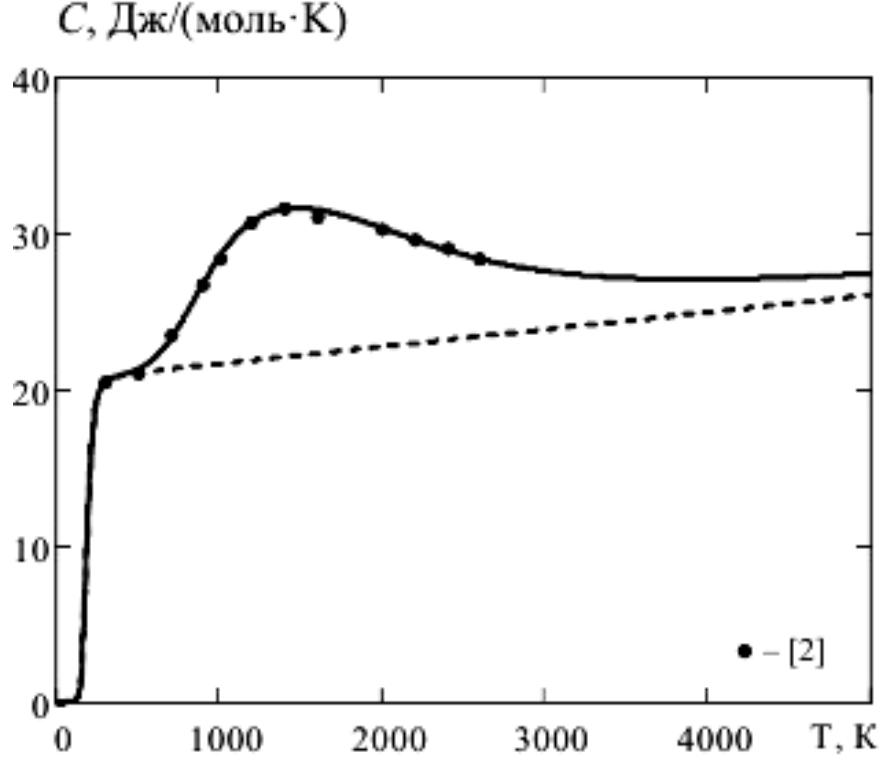
7.1. Марганец, Mn

$C, \text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$

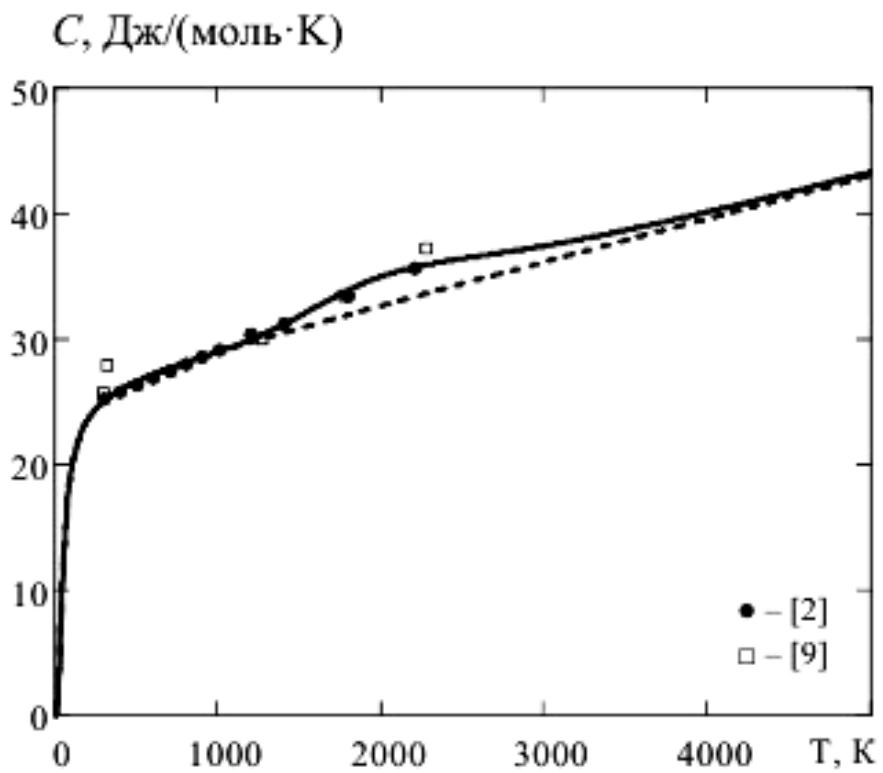


7.2. Технеций, Tc

$C, \text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$



7.3. Рений, Re



Редкоземельные металлы

Лантан и лантаноиды

Таблица 12.

Параметры и коэффициенты модели для расчёта
температурных зависимостей теплоёмкостей металлов

Металл Параметр \ Металл	La	Ce	Pr	Nd	Pm*	Sm	Eu	Gd
<i>Базисная линия</i>								
a_0	0.57	1.2	1.6	0.67	—	1.3	1.7	0.86
T_x , К	50	32	21	38	—	247	97	39
$k_1 \cdot 10^4$	1	100	20	40	—	80	65	78
k_2	37.6	27.7	28.5	37.4	—	43.0	27.6	30.4
<i>Фазовые переходы</i>								
a_{01}	2000	4.8	1.3	2.8	—	26.3	4.3	1.1
T_{x1} , К	583 ^s	967	1208	1168	—	973	1110	170
k_{21} / k_{31}	0.6	1.0	8.8	6.5	—	-0.26	3.1	9.9
a_{02}	2000	—	2.7	19.7	—	52.0	—	1.5
T_{x2} , К	1141 ^s	—	1361	1327	—	1351	—	235
k_{22} / k_{32}	5.4	—	6.2	2.0	—	-0.08	—	1.98
a_{03}	138.0	—	—	—	—	—	—	3.8
T_{x3} , К	1193 ^s	—	—	—	—	—	—	235.5
k_{23} / k_{33}	-6.8	—	—	—	—	—	—	2.4
a_{04}	2.45	—	—	—	—	—	—	19.7
T_{x4} , К	1298	—	—	—	—	—	—	270 ^m
k_{24} / k_{34}	4.4	—	—	—	—	—	—	3.5
a_{05}	—	—	—	—	—	—	—	27.0
T_{x5} , К	—	—	—	—	—	—	—	1536
k_{25} / k_{35}	—	—	—	—	—	—	—	-0.73

^s – структурный переход

^m – магнитный переход

* – данные в литературе отсутствуют

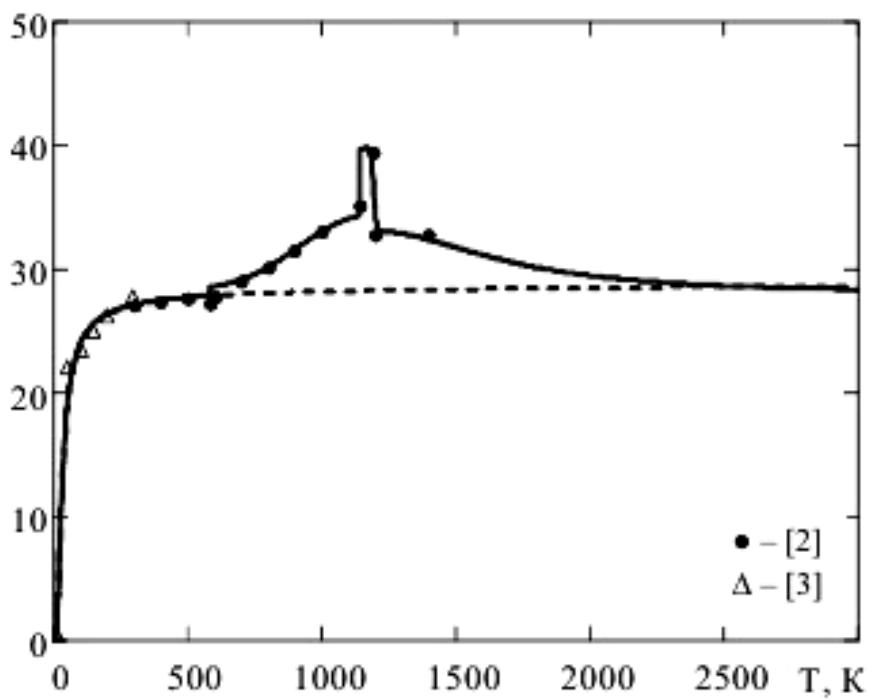
Таблица 12 (продолжение)

Металл Параметр \	Tb	Dy	No	Er	Tm	Yb	Lu
<i>Базисная линия</i>							
a_0	0.64	0.86	0.67	1.17	0.70	2.3	1.3
T_x , К	44	39	36	23	20	162	49
$k_1 \cdot 10^4$	88	34	15	70	3	56	0
k_2	35.2	30.4	35.2	27.2	34.3	27.0	29.6
<i>Фазовые переходы</i>							
a_{01}	3.1	0.9	13.3	3.3	2.5	19.9	2.1
T_{x1} , К	133	112	119 ^m	43	1120	1000	1470
k_{21} / k_{31}	6.9	8.9	7.7	2.1	2.5	0.26	4.7
a_{02}	7.0	2.5	7.5	2.2	3.5	5.7	4.1
T_{x2} , К	193 ^m	117	178 ^s	73	1366	1238	1772
k_{22} / k_{32}	5.7	5.3	6.7	6.2	8.3	1.66	3.4
a_{03}	2.0	15.9	2000.0	8.0	4.0	—	6.1
T_{x3} , К	538	164 ^m	298 ^s	84	1869	—	2068
k_{23} / k_{33}	−2.8	4.6	−6.6	0.39	3.6	—	4.2
a_{04}	12.7	4.5	3.7	6.0	16.0	—	—
T_{x4} , К	1320	1230	1320	106	1995	—	—
k_{24} / k_{34}	1.05	1.5	3.1	1.58	0.35	—	—
a_{05}	122.2	7.8	8.8	8.4	—	—	—
T_{x5} , К	1560 ^s	1430	1440	124	—	—	—
k_{25} / k_{35}	0.14	1.4	0.9	−1.29	—	—	—
a_{06}	60.0	9.7	8.7	11.2	—	—	—
T_{x6} , К	1627 ^s	1662	1669	301	—	—	—
k_{26} / k_{36}	−0.52	2.4	3.2	3.2	—	—	—
a_{07}	11.0	39.7	31.7	7.0	—	—	—
T_{x7} , К	1812	1682	1712	1455	—	—	—
k_{27} / k_{37}	0.6	0.24	0.39	0.64	—	—	—
a_{08}	—	100.0	70.0	15.0	—	—	—
T_{x8} , К	—	1682 ^s	1736	1616	—	—	—
k_{28} / k_{38}	—	−0.5	−0.19	0.3	—	—	—
a_{09}	—	15.0	—	24.0	—	—	—
T_{x9} , К	—	1860	—	1735	—	—	—
k_{29} / k_{39}	—	1.42	—	0.27	—	—	—
a_{010}	—	—	—	87.0	—	—	—
T_{x10} , К	—	—	—	1763	—	—	—
k_{210} / k_{310}	—	—	—	0.04	—	—	—

^s – структурный переход^m – магнитный переход

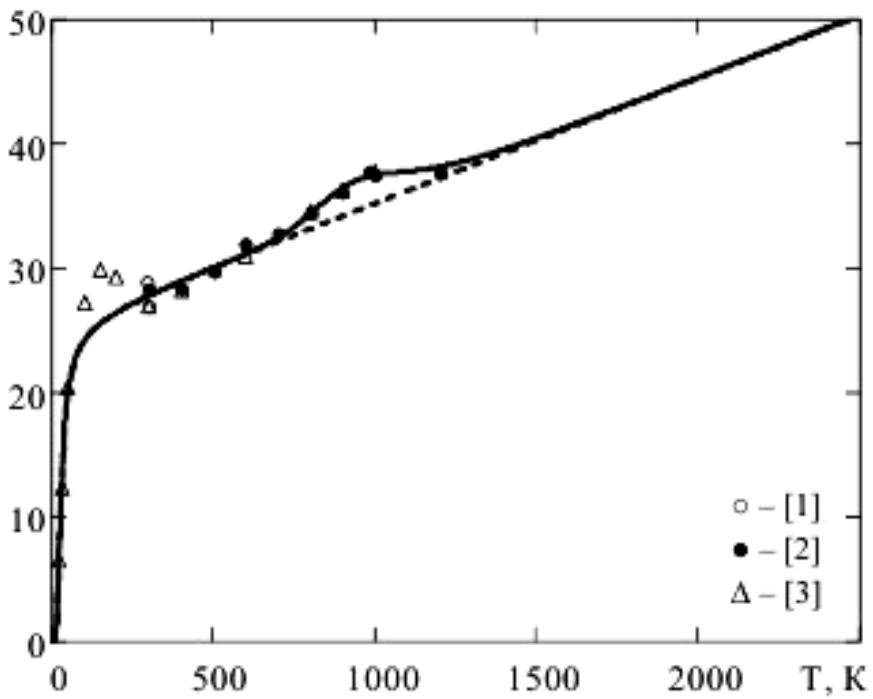
L1. Лантан, La

C , Дж/(моль·К)



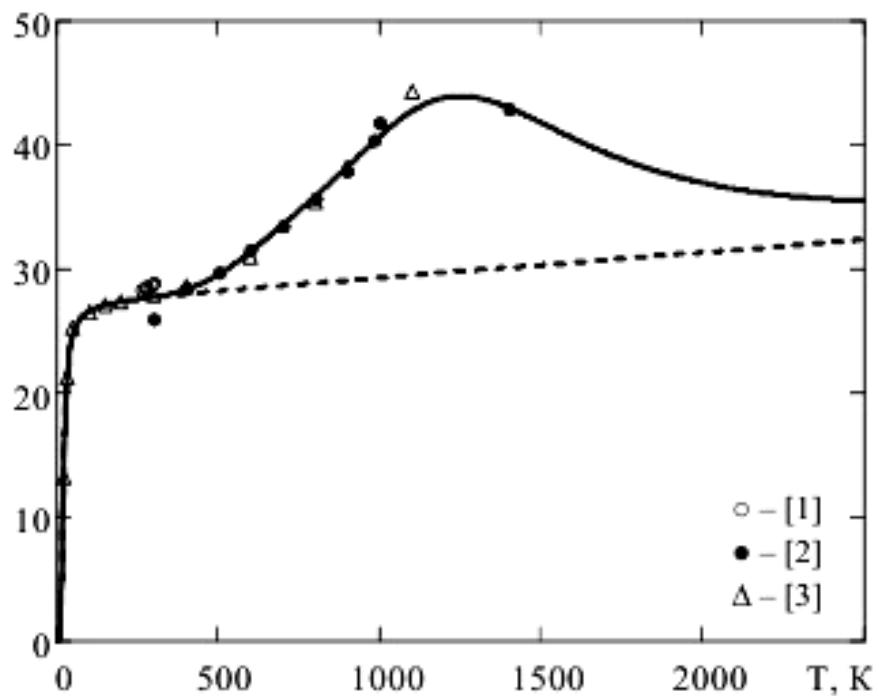
L2. Церий, Ce

C , Дж/(моль·К)



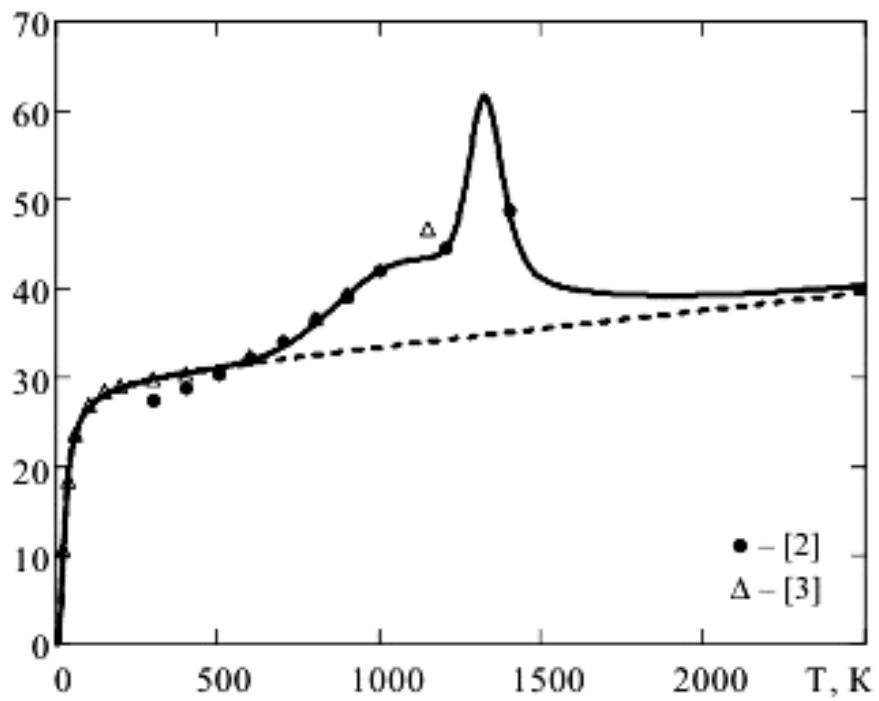
L3. Празеодим, Pr

C , Дж/(моль·К)

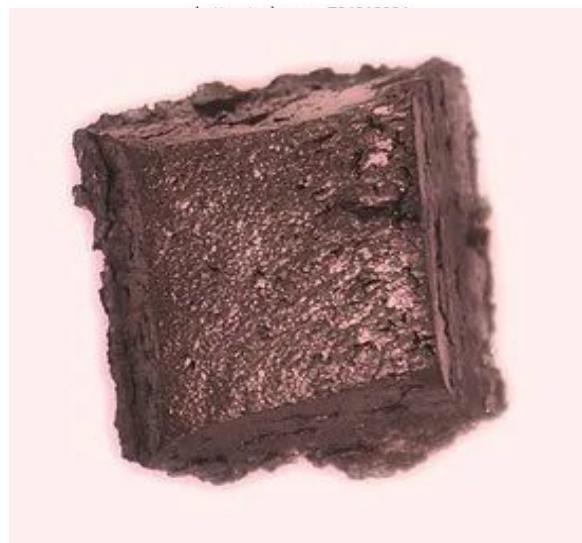
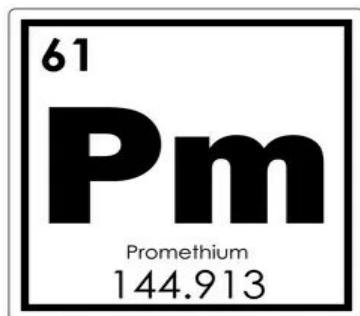


L4. Неодим, Nd

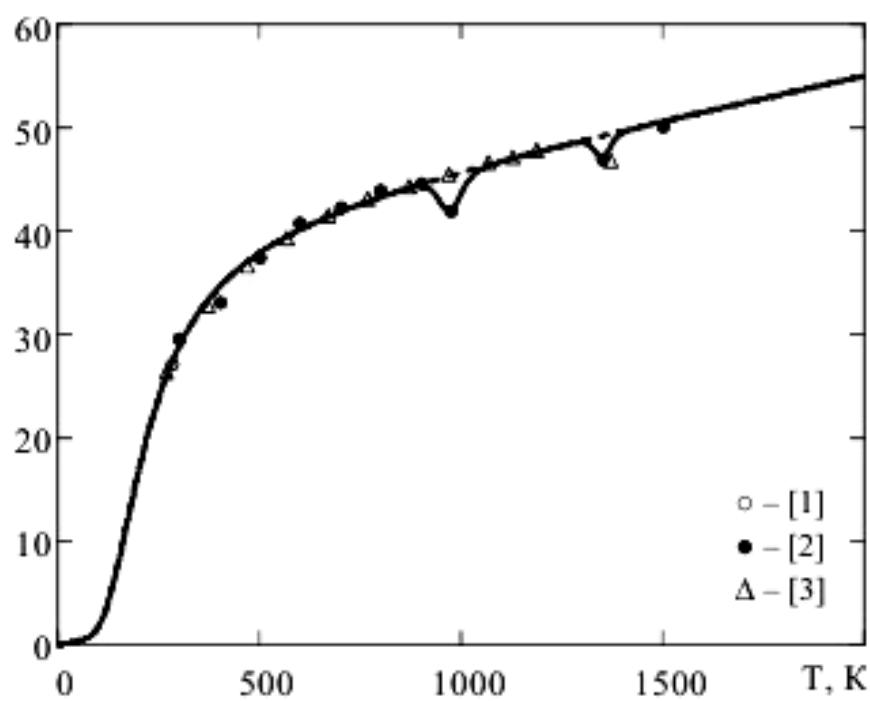
C , Дж/(моль·К)



L5. Прометий, Pm

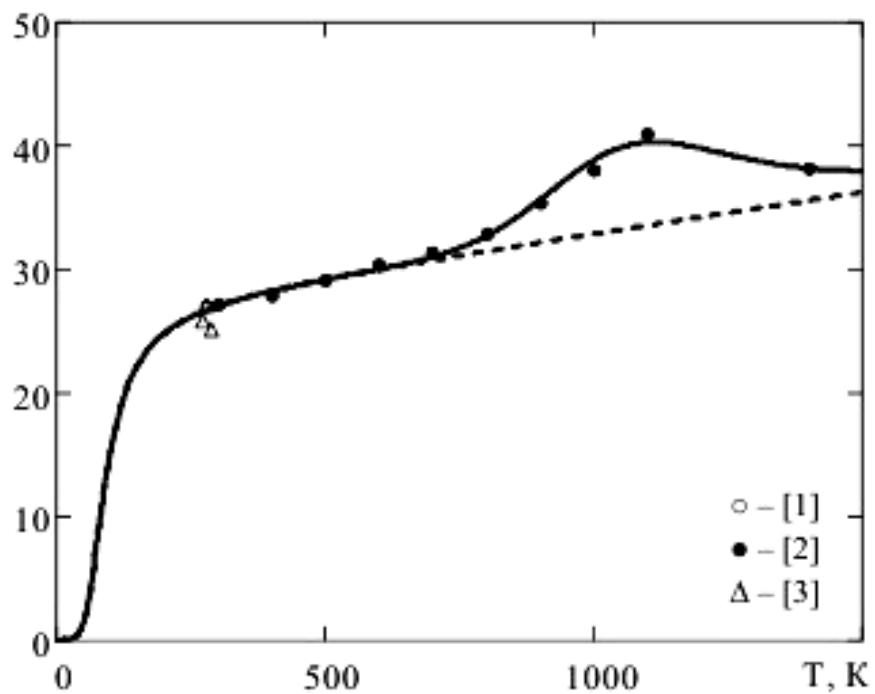


C , Дж/(моль·К)



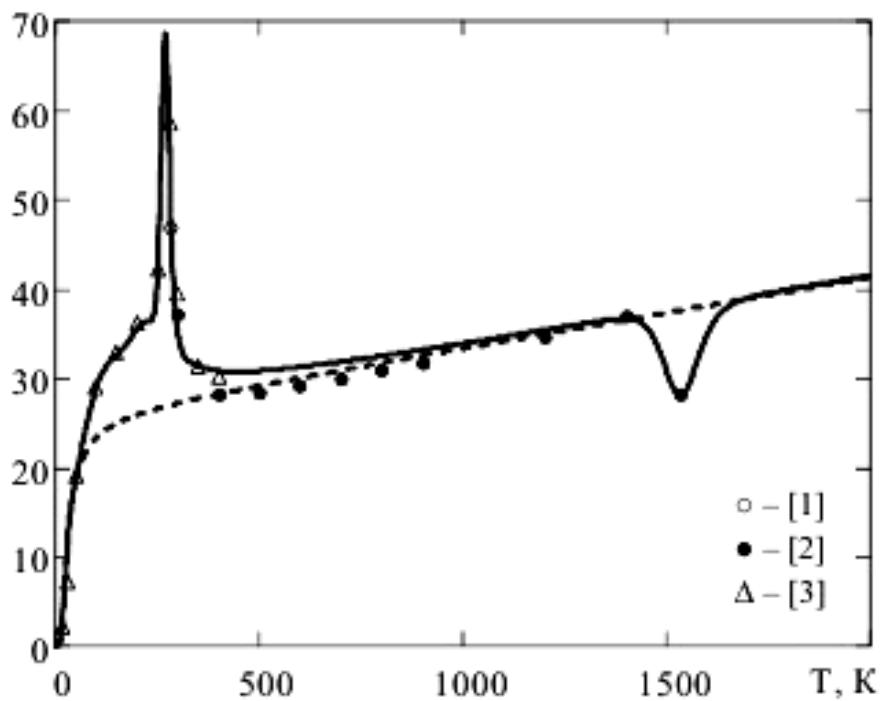
L7. Европий, Eu

C , Дж/(моль·К)

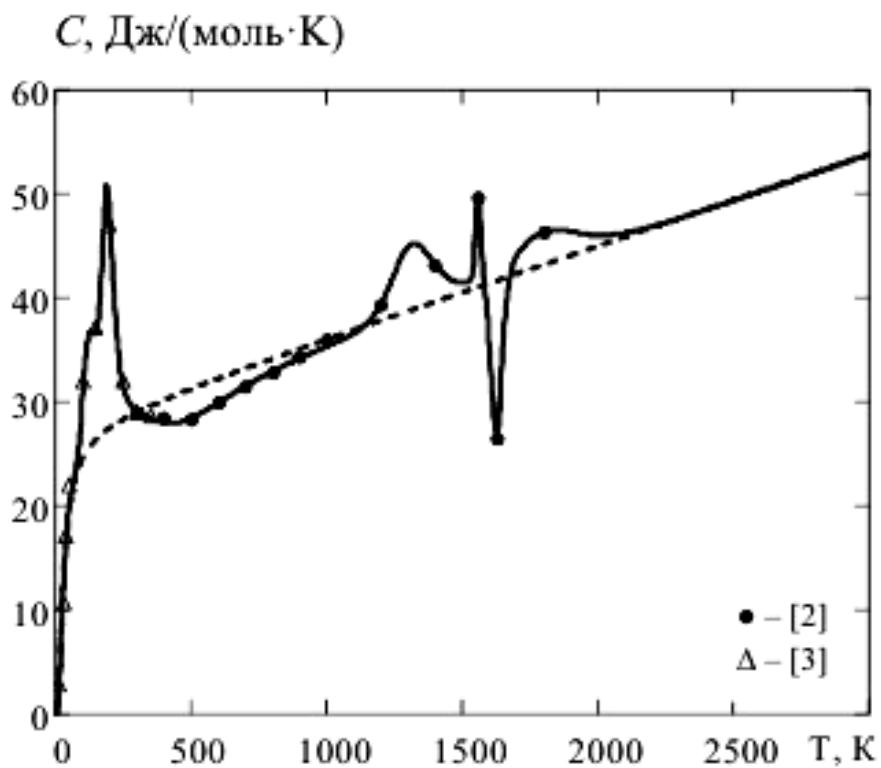


L8. Гадолиний, Gd

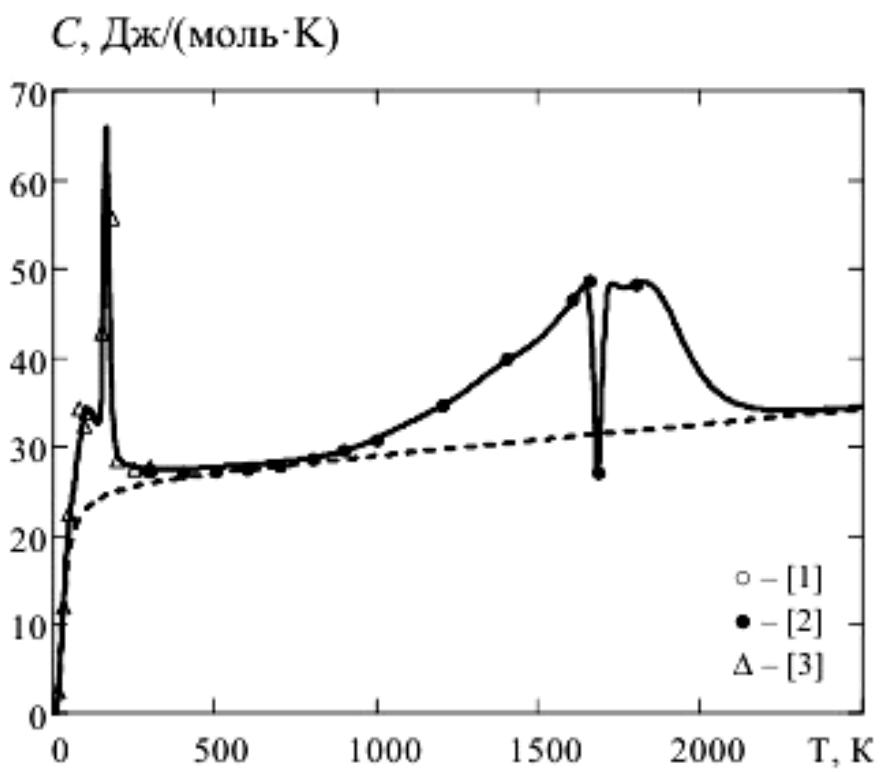
C , Дж/(моль·К)



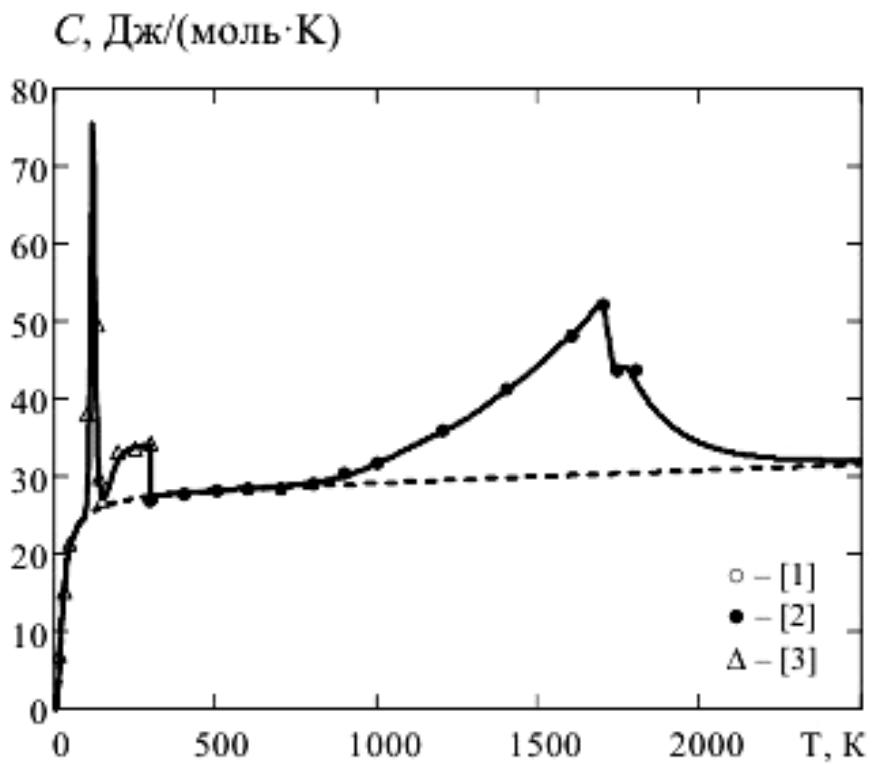
L9. Тербий, Tb



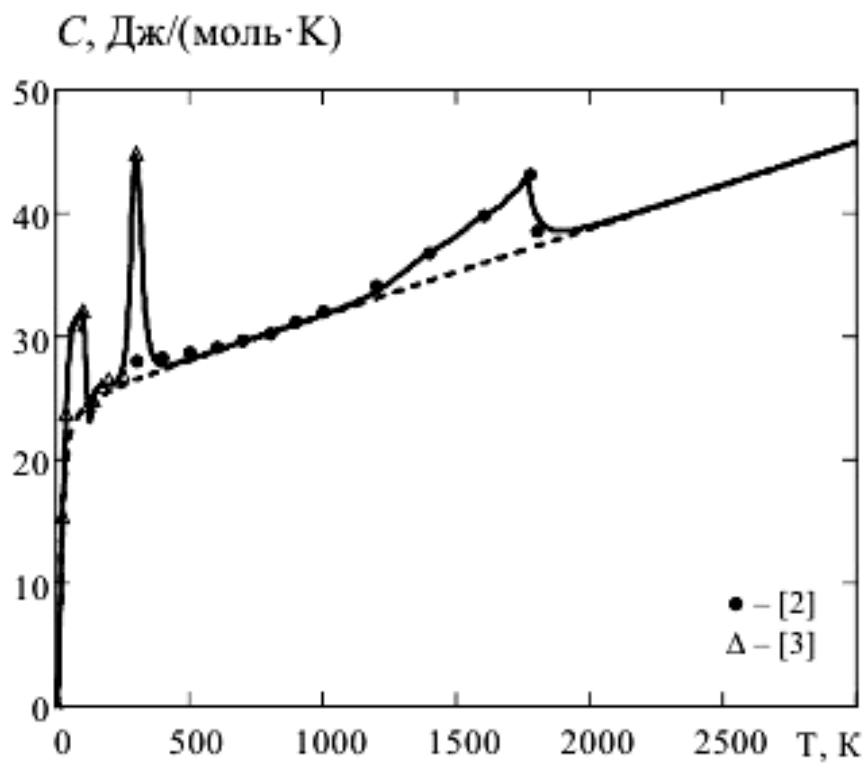
L10. Диспрозий, Dy



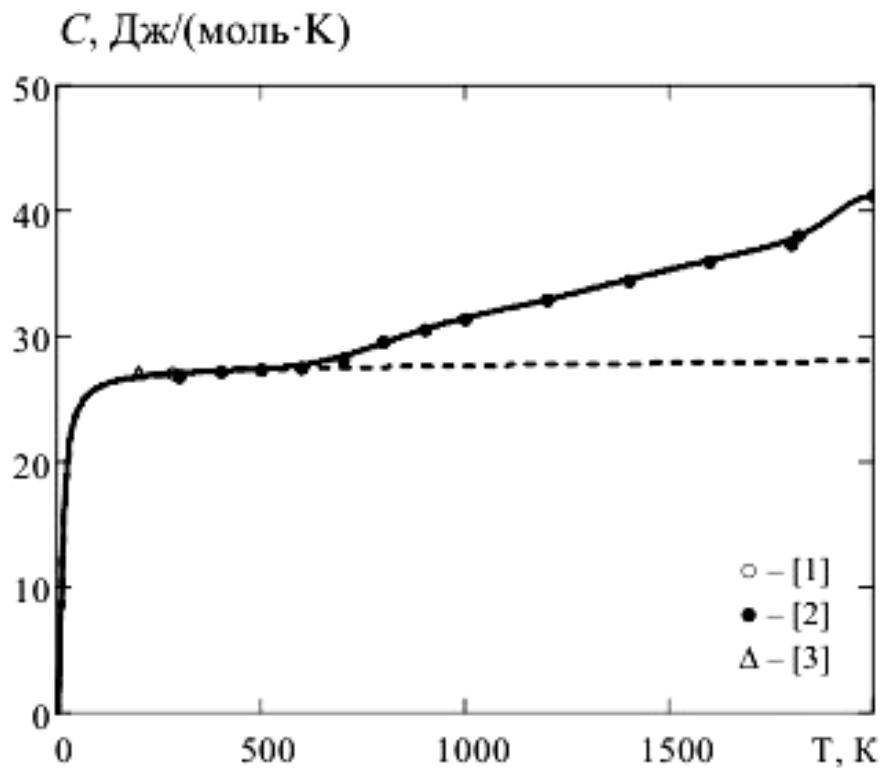
L11. Гольмий, Ho



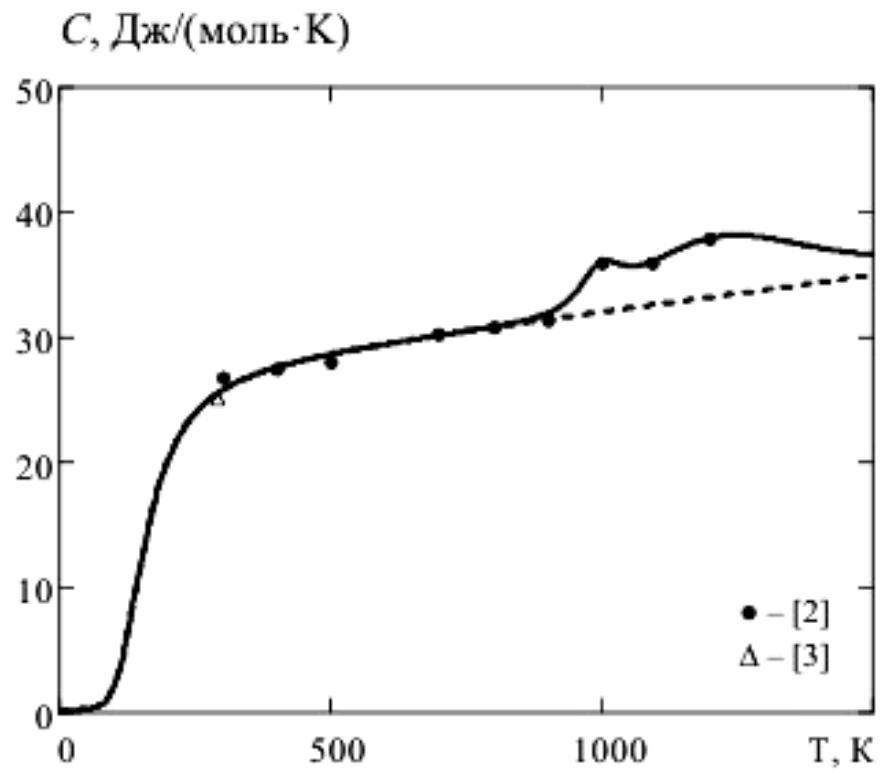
L12. Эрбий, Er



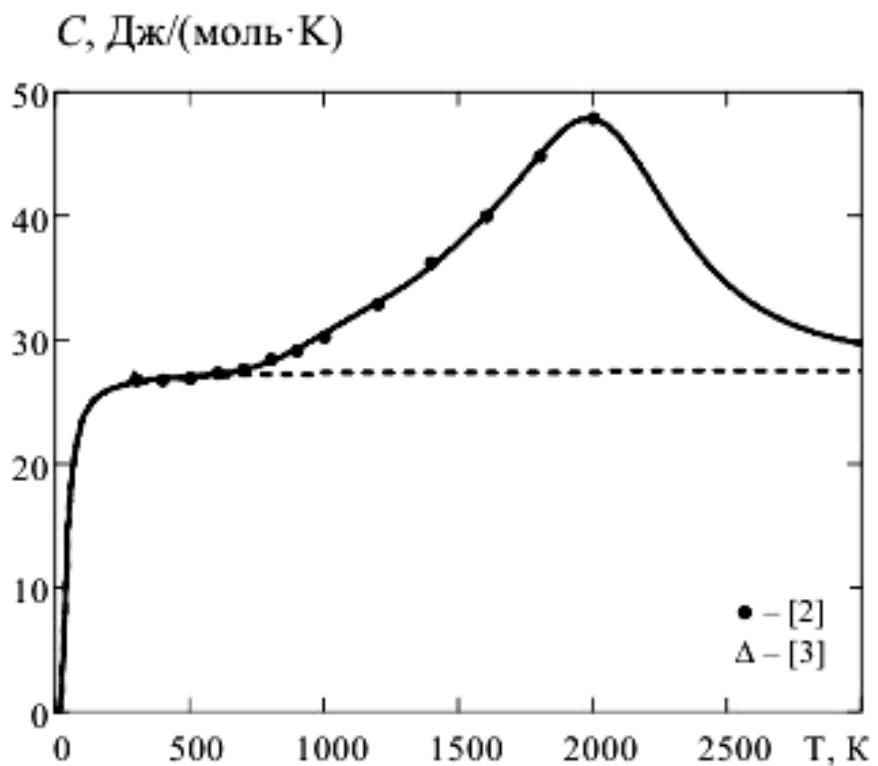
L13. Тулий, Tm



L14. Иттербий, Yb



L15. Лютейций, Lu



**Применение меди
латунь**



бронза



Радиоактивные металлы

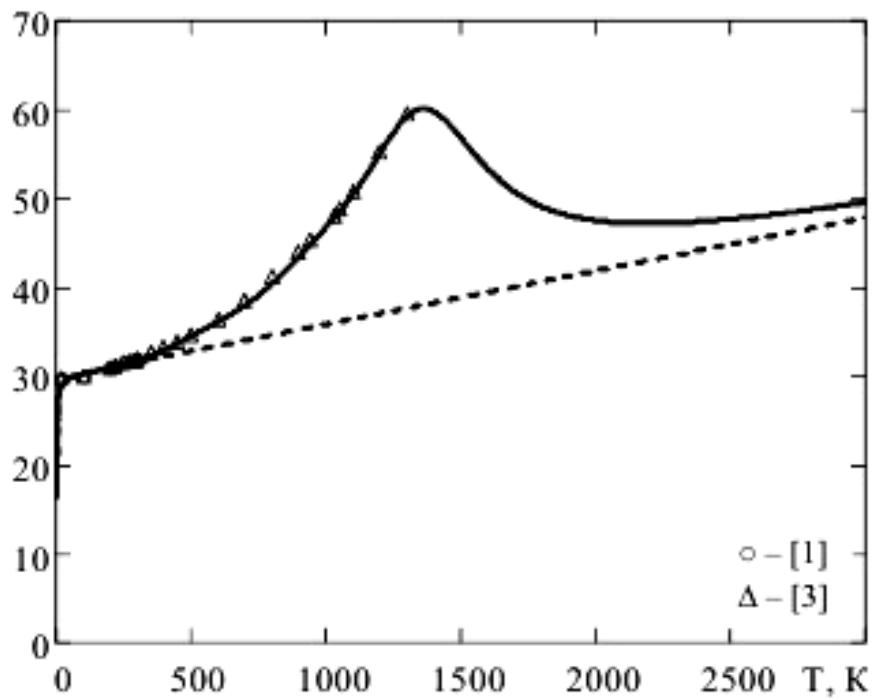
Таблица 13.

Параметры и коэффициенты модели для расчёта
температурных зависимостей теплоёмкостей металлов

Металл Параметр	U	Pu	Th		
			[2]	[3]	[9]
<i>Базисная линия</i>					
a_0	1.17	1.19	0.87	0.87	0.87
$T_x, \text{К}$	3	24	38	38	38
$k_1 \cdot 10^4$	60	20	64	64	64
k_2	32.7	36	29.6	29.6	29.6
<i>Фазовые переходы</i>					
a_{01}	1.6	19.9	3	1.9	0.62
$T_{x1}, \text{К}$	780	330	1060	672	1302
k_{31}	2.6	0.35	0.65	15.0	9.7
a_{02}	2.1	5.6	7	3.7	1.5
$T_{x2}, \text{К}$	1340	527	1300	837	1597
k_{32}	10.1	0.85	0.29	8.5	9.2
a_{03}	5.9	8.7	18	—	4
$T_{x3}, \text{К}$	1390	619	1459	—	1684
k_{33}	3.67	0.67	0.11	—	3.1
a_{04}	—	14.3	29.0	—	—
$T_{x4}, \text{К}$	—	697	1564	—	—
k_{34}	—	0.34	0.11	—	—
a_{05}	—	24	98	—	—
$T_{x5}, \text{К}$	—	941	1600	—	—
k_{35}	—	0.65	0.019	—	—
a_{06}	—	—	8.9	—	—
$T_{x6}, \text{К}$	—	—	2344	—	—
k_{36}	—	—	2.0	—	—

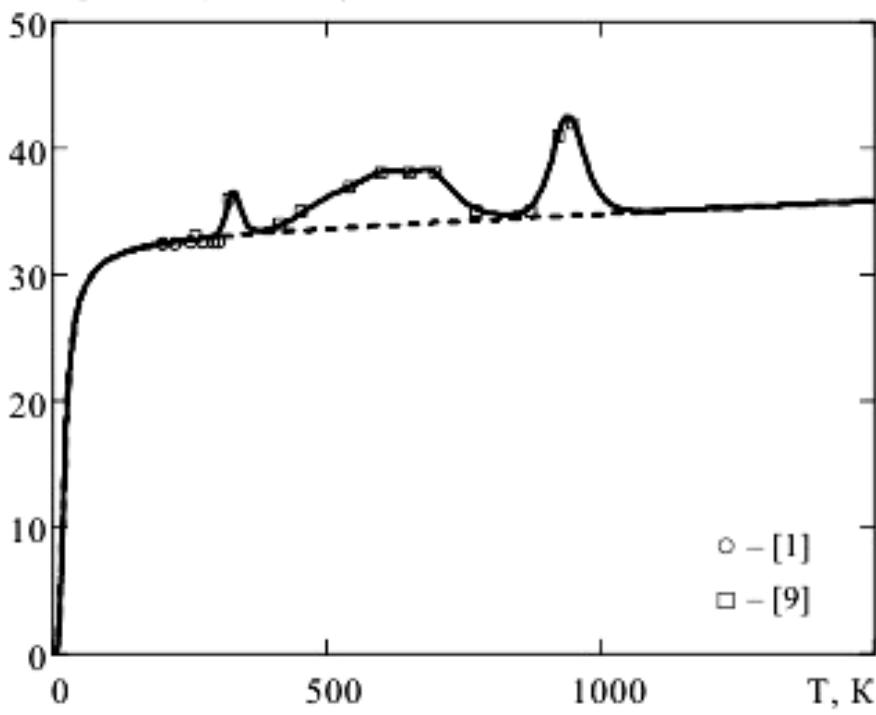
U1. Уран, U

$C, \text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$

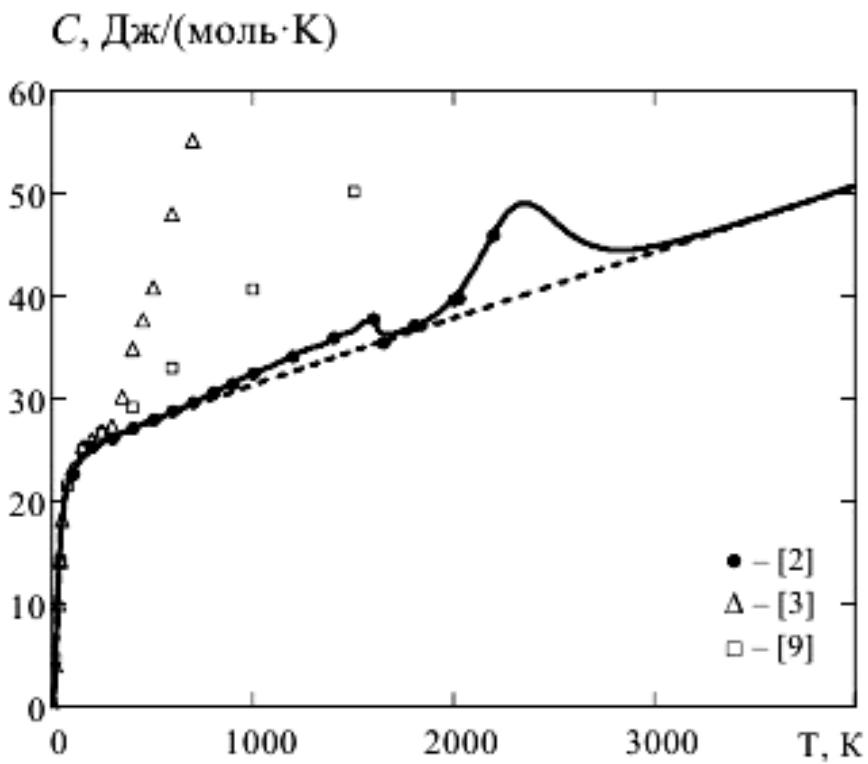


U2. Плутоний, Pu

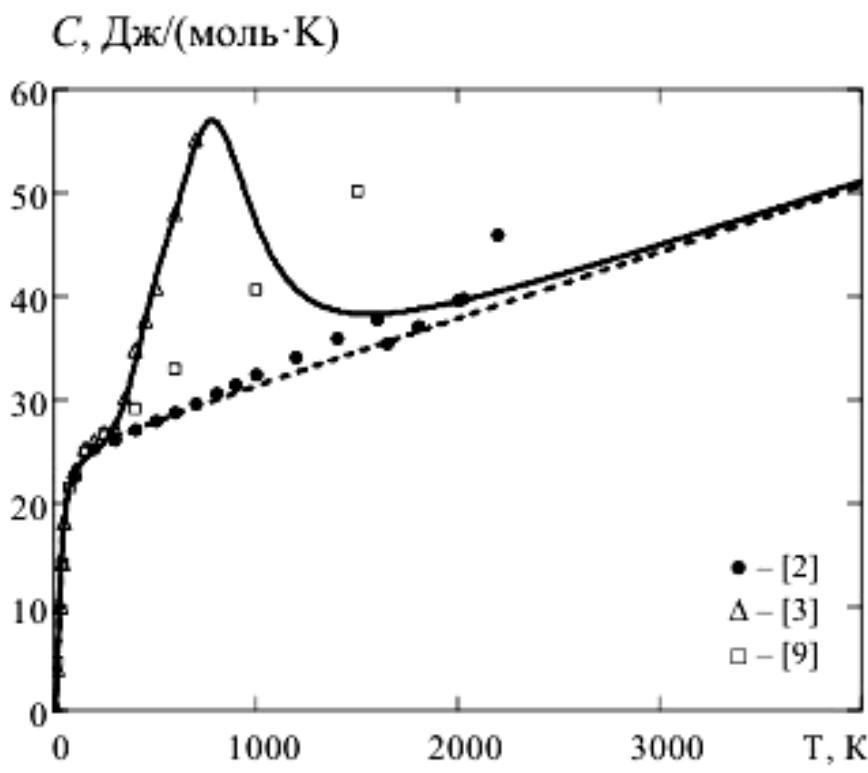
$C_p, \text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$



U3. Торий, Th [2]

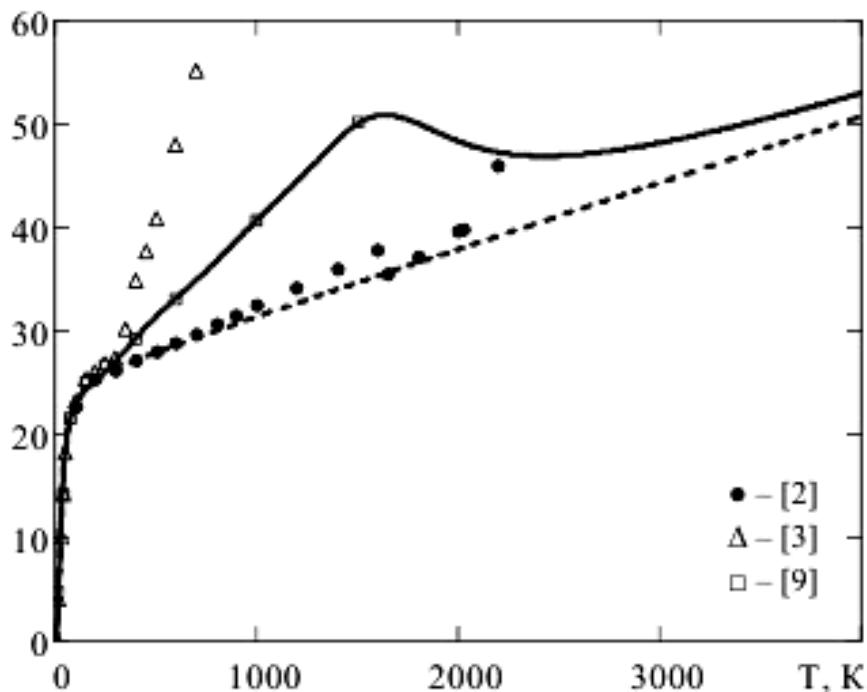


Торий, Th [3]



Торий, Th [9]

$C, \text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$



Литература

- Новицкий Л.А., Кожевников И.Г., Термофизические свойства материалов при низких температурах. Справочник. М.: Машиностроение, 1975. ○
- Зиновьев В.Е. Термофизические свойства металлов при высоких температурах. М.: Металлургия, 1989. ●
- Лариков Л.Н., Юрченко Ю.Ф. Структура и свойства металлов и сплавов. Термодинамические свойства металлов и сплавов. Киев: Наукова думка, 1985. Δ
- Giauque W.F., Meads P.F. The Heat Capacities and Entropies of Aluminium and Copper from 15 to 300 K. J. Amer. Chem. Soc. 1941. Vol. 63. P. 1897–1901. □
- Дорогокупец П.И., Соколова Т.С., Данилов Б.С., Литасов К.Д. Почти абсолютные уравнения состояния алмаза, Ag, Al, Au, Cu, Mo, Nb, Pt, Ta, W для квазигидростатических условий. Geodynamics & Tectonophysics. 2012. Vol. 3, No 2, P.P. 129–166. ▲
- Новикова С.И. Термическое расширение твердых тел. М.: Наука, 1974. ■
- Казанцев Е.И. Промышленные печи. Справочное руководство для расчетов и проектирования. М.: Металлургия, 1975.
- Бодряков В.Ю. О корреляции температурных зависимостей теплового расширения и теплоемкости вплоть до точки плавления тугоплавкого металла: вольфрам. ТВТ. 2015. Т. 53. № 5. С. 676–682.
- Свойства элементов. Справочник. М.Е. Дриц (ред.). М.: Металлургия, 1985. □

Таблица 14.

Температурные зависимости теплоёмкостей металлов

$$C_p, \text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$$

T, K	Fe	Co	Ni	Ru	Rh	Pd	Os	Ir	Pt	Au
2	0.017	0.018	0.010	0.010	0.012	0.0024	0.0063	0.0074	0.0052	0.0056
4	0.035	0.068	0.020	0.021	0.025	0.0048	0.012	0.015	0.010	0.011
6	0.052	0.513	0.030	0.031	0.037	0.0072	0.019	0.022	0.016	0.017
8	0.070	1.769	0.040	0.042	0.050	0.0096	0.026	0.030	0.021	0.023
10	0.087	3.659	0.050	0.052	0.062	0.012	0.047	0.037	0.027	0.035
20	0.177	12.476	0.119	0.117	0.148	0.094	1.656	0.209	0.421	1.254
30	0.361	16.705	0.497	0.452	0.622	1.029	6.299	1.468	2.849	5.649
40	0.970	18.853	1.647	1.594	2.056	3.536	10.879	4.147	6.891	10.509
50	2.244	20.133	3.545	3.592	4.343	6.924	14.187	7.342	10.814	14.159
60	4.090	20.989	5.827	6.012	6.952	10.241	16.455	10.298	13.932	16.674
70	6.228	21.611	8.154	8.420	9.458	13.052	18.040	12.761	16.270	18.423
80	8.400	22.092	10.328	10.586	11.672	15.302	19.189	14.741	18.017	19.679
90	10.444	22.48	12.272	12.442	13.554	17.076	20.053	16.322	19.344	20.613
100	12.288	22.806	13.973	14.001	15.131	18.479	20.723	17.594	20.374	21.331
200	22.017	24.732	22.722	21.109	22.454	24.123	23.572	23.126	24.563	24.286
300	25.608	25.972	25.952	23.460	25.000	25.693	24.596	24.960	25.881	25.295
400	27.716	27.048	28.271	24.795	26.492	26.457	25.239	26.001	26.622	25.910
500	29.423	28.061	30.993	25.770	27.605	26.941	25.741	26.754	27.156	26.382
600	31.509	29.056	34.78	26.580	28.541	27.315	26.176	27.371	27.602	26.786
700	34.679	31.321	31.889	27.300	29.379	27.679	26.573	27.914	28.021	27.153
800	38.489	32.691	31.909	27.966	30.160	28.119	26.948	28.411	28.457	27.500
900	42.634	34.702	32.407	28.597	30.904	28.693	27.308	28.881	28.942	27.861
1000	54.106	37.312	32.978	29.205	31.626	29.413	27.659	29.338	29.488	28.362
1200	33.657	42.709	34.14	30.378	33.055	31.082	28.353	30.299	30.699	31.085
1400	34.522	46.126	35.279	31.547	34.585	32.640	29.094	31.538	31.850	32.377
1600	35.930	40.011	37.665	32.906	36.361	34.369	29.992	33.293	32.735	31.005
1800	43.534	39.454	42.787	34.996	38.346	36.582	31.171	35.415	34.243	30.857
2000	45.223	40.944	38.607	38.692	40.207	37.117	32.668	37.530	36.763	31.229
2500	49.568	45.282	41.172	50.575	43.164	33.647	36.586	44.300	34.594	32.566
3000	—	—	—	47.657	45.488	—	40.108	43.905	35.501	—
3500	—	—	—	48.268	48.185	—	42.157	41.546	36.546	—
4000	—	—	—	45.972	—	—	40.557	41.915	—	—
4500	—	—	—	—	—	—	40.381	—	—	—

Таблица 14 (продолжение)
 $C_p, \text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$

T, K	Ag	Li	Na	K	Rb	Cs	Cu	Be	Mg	Ca
2	0.0079	0.0044	0.0014	0.005	0.0062	0.0014	0.0046	0.0094	0.0084	0.005
4	0.016	0.0088	0.0028	0.010	0.013	0.0033	0.0092	0.019	0.017	0.010
6	0.024	0.013	0.0043	0.020	0.038	0.040	0.014	0.028	0.025	0.015
8	0.032	0.018	0.008	0.091	0.208	0.293	0.018	0.038	0.034	0.021
10	0.048	0.022	0.028	0.353	0.725	0.996	0.023	0.047	0.042	0.038
20	1.090	0.061	1.738	5.984	8.164	9.312	0.139	0.094	0.149	1.142
30	4.510	0.407	6.511	12.734	14.988	16.025	1.112	0.141	0.925	4.478
40	8.493	1.580	11.333	17.076	18.934	19.740	3.376	0.189	2.850	8.336
50	11.799	3.573	14.964	19.746	21.277	21.911	6.273	0.247	5.476	11.631
60	14.298	5.958	17.542	21.483	22.784	23.296	9.101	0.340	8.181	14.211
70	16.170	8.339	19.392	22.684	23.824	24.246	11.552	0.503	10.627	16.204
80	17.593	10.502	20.757	23.558	24.583	24.934	13.574	0.773	12.713	17.758
90	18.701	12.378	21.794	24.221	25.162	25.453	15.220	1.171	14.453	18.991
100	19.583	13.974	22.604	24.742	25.619	25.860	16.560	1.703	15.898	19.988
200	23.526	21.438	26.005	27.113	27.729	27.954	22.461	10.114	22.586	24.540
300	24.979	24.237	28.610	30.057	31.147	31.781	24.337	16.134	24.885	26.158
400	25.875	27.681	31.792	32.300	31.420	32.220	25.326	19.536	26.179	27.198
500	26.561	30.212	30.540	30.977	30.119	30.739	25.990	21.695	27.119	28.475
600	27.146	30.043	29.383	30.240	30.154	29.969	26.502	23.237	28.009	30.341
700	27.682	29.266	28.954	30.098	30.438	29.661	26.941	24.440	29.136	32.288
800	28.222	28.802	28.836	30.192	30.767	29.555	27.379	25.445	30.440	34.078
900	28.857	28.638	28.838	—	31.104	—	27.923	26.339	31.318	36.604
1000	29.718	28.653	28.887	—	—	—	28.699	27.198	31.603	39.774
1200	32.125	—	—	—	—	—	31.016	29.150	31.834	30.926
1400	33.545	—	—	—	—	—	32.732	31.636	—	30.691
1600	33.542	—	—	—	—	—	32.734	29.451	—	—
1800	33.552	—	—	—	—	—	32.230	29.910	—	—
2000	33.900	—	—	—	—	—	31.966	34.896	—	—
2500	—	—	—	—	—	—	32.336	—	—	—
3000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 14 (продолжение)
 $C_p, \text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$

T, K	Sr	Ba	Zn	Cd	Al	Ga	In	Tl	Sc	Y
2	0.010	0.012	0.0088	0.0026	0.006	0	0	0.0048	0.004	0.0088
4	0.022	0.024	0.018	0.0052	0.012	0	0.0002	0.174	0.008	0.018
6	0.089	0.058	0.026	0.010	0.018	0.0001	0.014	1.347	0.012	0.026
8	0.412	0.232	0.036	0.047	0.024	0.004	0.128	3.623	0.016	0.035
10	1.149	0.707	0.050	0.193	0.030	0.031	0.488	6.285	0.020	0.044
20	8.153	6.958	0.848	3.916	0.088	1.736	6.146	15.547	0.173	0.088
30	13.725	12.988	3.734	9.379	0.533	5.937	12.179	19.403	1.297	0.132
40	17.044	16.786	7.416	13.502	1.821	10.087	16.104	21.325	3.663	0.176
50	19.117	19.192	10.691	16.298	3.827	13.276	18.600	22.457	6.555	0.220
60	20.512	20.814	13.292	18.228	6.129	15.607	20.269	23.202	9.347	0.264
70	21.511	21.973	15.305	19.613	8.396	17.324	21.447	23.731	11.779	0.308
80	22.264	22.844	16.873	20.645	10.460	18.619	22.316	24.127	13.813	0.352
90	22.853	23.525	18.114	21.441	12.271	19.621	22.980	24.437	15.493	0.396
100	23.329	24.073	19.114	22.071	13.833	20.414	23.503	24.687	16.882	0.440
200	25.677	26.782	23.695	24.853	21.603	23.841	25.751	25.910	23.269	0.880
300	26.765	28.864	25.405	25.922	24.321	27.648	26.894	26.461	25.385	26.119
400	27.555	34.623	26.458	27.106	25.768	27.591	28.911	26.852	26.494	27.594
500	28.268	39.329	27.349	28.607	26.737	26.996	28.717	29.158	27.238	28.142
600	29.196	41.129	28.551	29.667	27.580	26.511	27.954	30.317	27.864	28.790
700	30.908	42.796	30.270	29.976	28.965	26.336	27.622	27.868	28.527	29.511
800	33.786	43.986	31.461	29.854	31.556	26.292	27.507	28.013	29.325	30.251
900	36.989	44.668	31.596	29.622	33.035	26.295	27.474	28.260	30.286	30.958
1000	38.879	44.905	—	—	32.231	26.315	27.471	28.510	31.370	31.603
1200	38.203	40.143	—	—	31.033	26.365	27.494	29.000	33.618	32.690
1400	36.638	29.679	—	—	31.263	26.412	27.522	29.482	36.656	34.463
1600	36.151	38.055	—	—	31.833	26.451	27.548	29.959	44.033	35.962
1800	—	42.246	—	—	32.469	26.483	27.570	—	46.742	35.122
2000	—	—	—	—	33.116	26.509	27.588	—	41.238	35.850
2500	—	—	—	—	34.719	—	—	—	36.582	37.761
3000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39.757
3500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41.815
4000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 14 (продолжение)
 $C_p, \text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$

T, K	Sn	Pb	Ti	Zr	Hf	Sb	Bi	V	Nb	Ta
2	0.002	0.008	0.0092	0.018	0.016	0.0096	0.017	0.009	0.0004	0.015
4	0.0041	0.018	0.018	0.036	0.031	0.019	0.034	0.018	0.0008	0.029
6	0.012	0.098	0.028	0.053	0.047	0.029	0.056	0.027	0.0012	0.044
8	0.079	0.525	0.037	0.072	0.062	0.040	0.122	0.036	0.0018	0.059
10	0.308	1.541	0.046	0.097	0.078	0.062	0.341	0.045	0.0045	0.082
20	4.727	10.521	0.125	1.012	0.306	1.552	5.172	0.923	0.532	1.115
30	10.313	16.387	0.623	3.880	3.313	6.017	11.290	8.697	2.946	4.410
40	14.326	19.400	1.991	7.355	10.266	10.584	15.374	16.861	6.439	8.299
50	17.018	21.124	4.067	10.410	15.844	13.965	17.949	20.632	9.777	11.601
60	18.878	22.223	6.418	12.848	18.954	16.318	19.659	22.316	12.530	14.154
70	20.218	22.982	8.717	14.758	20.661	17.981	20.864	23.178	14.702	16.102
80	21.221	23.540	10.807	16.267	21.673	19.197	21.761	23.684	16.407	17.610
90	21.998	23.969	12.639	17.479	22.329	20.117	22.458	24.014	17.757	18.801
100	22.616	24.312	14.223	18.472	22.788	20.837	23.019	24.248	18.842	19.762
200	25.358	25.979	22.218	23.357	24.631	23.993	25.850	25.247	23.577	24.301
300	26.321	26.765	25.144	25.506	25.603	25.229	27.310	25.803	25.041	26.111
400	28.504	27.360	26.780	27.004	26.460	26.061	32.736	26.297	25.749	27.077
500	31.104	28.151	27.922	28.251	27.281	26.744	30.446	26.770	26.172	27.632
600	28.538	29.326	28.826	29.376	28.086	27.356	30.495	27.236	26.468	28.117
700	27.913	29.180	29.598	30.432	28.876	27.929	31.385	27.703	26.722	28.718
800	27.901	29.327	30.286	31.446	29.579	28.493	32.297	28.188	26.995	29.464
900	28.009	29.686	30.894	32.431	29.866	29.355	33.200	28.722	27.335	30.309
1000	28.140	30.089	31.306	33.397	30.077	32.681	34.096	29.346	27.768	31.203
1200	28.405	30.915	30.365	27.391	—	33.421	35.868	31.046	28.898	33.015
1400	28.657	31.738	31.746	29.252	—	31.767	37.626	33.493	30.211	34.780
1600	28.897	—	34.965	31.092	—	—	—	36.502	31.490	36.482
1800	29.129	—	38.162	32.919	—	—	—	39.541	32.711	38.129
2000	29.354	—	36.726	34.736	—	—	—	42.072	34.053	39.735
2500	29.901	—	39.165	46.503	—	—	—	45.224	38.809	40.995
3000	—	—	41.550	52.448	—	—	—	45.860	42.534	49.238
3500	—	—	—	58.379	—	—	—	46.266	41.587	54.540
4000	—	—	—	64.303	—	—	—	—	38.532	59.812
4500	—	—	—	70.222	—	—	—	—	35.822	65.065

Таблица 14 (продолжение)
 $C_p, \text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$

T, K	Cr	Mo	W	Mn	Tc	Re	La	Ce	Pr	Nd
2	0.0084	0.007	0.0026	0.026	0.0022	0.0068	0.0002	0.020	0.004	0.008
4	0.017	0.014	0.0052	0.051	0.0044	0.014	0.0005	0.040	0.008	0.016
6	0.025	0.021	0.0078	0.077	0.0066	0.020	0.0094	0.061	0.022	0.053
8	0.034	0.028	0.010	0.102	0.0088	0.028	0.095	0.101	0.172	0.276
10	0.042	0.035	0.013	0.128	0.011	0.044	0.390	0.240	0.839	0.898
20	0.085	0.085	0.068	0.296	0.022	1.058	5.761	5.506	13.152	8.697
30	0.164	0.427	0.708	0.948	0.033	4.317	11.984	13.044	20.669	15.514
40	0.483	1.598	2.575	2.553	0.044	8.144	16.143	17.512	23.465	19.486
50	1.300	3.616	5.332	4.862	0.055	11.384	18.805	19.987	24.748	21.881
60	2.675	6.039	8.261	7.370	0.066	13.886	20.587	21.485	25.455	23.444
70	4.454	8.445	10.919	9.739	0.077	15.790	21.842	22.481	25.898	24.535
80	6.409	10.611	13.162	11.835	0.088	17.258	22.766	23.194	26.201	25.339
90	8.353	12.473	15.003	13.636	0.099	18.411	23.472	23.737	26.423	25.958
100	10.170	14.041	16.504	15.171	0.112	19.337	24.027	24.169	26.593	26.450
200	20.022	21.217	22.933	22.958	13.388	23.519	26.401	26.444	27.362	28.757
300	23.325	23.513	24.815	26.242	20.501	25.037	27.144	27.794	27.752	29.743
400	25.015	24.737	25.734	28.459	20.985	25.941	27.510	28.957	28.347	30.429
500	26.139	25.579	26.309	30.277	21.338	26.611	27.751	30.053	29.563	31.042
600	27.028	26.242	26.724	31.906	22.040	27.168	28.632	31.154	31.415	31.854
700	27.861	26.809	27.051	33.429	23.262	27.661	29.175	32.477	33.581	33.354
800	28.788	27.319	27.326	34.889	24.934	28.117	30.178	34.400	35.853	35.932
900	29.938	27.791	27.567	36.307	26.784	28.556	31.601	36.485	38.258	39.194
1000	31.401	28.240	27.785	37.695	28.496	28.995	33.069	37.492	40.708	41.906
1200	35.327	29.129	28.174	38.603	30.789	29.959	34.213	38.156	43.828	44.289
1400	40.116	30.180	28.529	43.957	31.608	31.150	32.386	39.586	43.004	48.701
1600	44.817	31.759	28.882	45.826	31.564	32.547	31.157	41.417	40.523	39.853
1800	48.634	34.316	29.306	48.364	31.083	33.913	30.165	43.364	38.376	39.210
2000	51.258	38.032	29.957	50.977	30.396	34.987	29.493	45.346	36.951	39.200
2500	53.643	47.930	34.384	—	28.690	36.411	28.666	50.341	35.490	40.293
3000	—	49.701	44.484	—	27.646	37.427	28.370	55.346	35.405	41.969
3500	—	47.183	52.377	—	27.194	38.682	28.261	60.352	35.839	—
4000	—	45.450	51.363	—	27.106	40.133	—	—	—	—
4500	—	45.064	46.654	—	27.231	41.692	—	—	—	—

Таблица 14 (продолжение)
 $C_p, \text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$

T, K	*Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
2	—	0.016	0.013	0.016	0.018	0.0068	0.0030	0.014	0.0007	0.011
4	—	0.032	0.026	0.031	0.035	0.014	0.0068	0.028	0.128	0.022
6	—	0.048	0.039	0.049	0.063	0.023	0.052	0.078	1.262	0.034
8	—	0.064	0.052	0.101	0.181	0.066	0.332	0.390	3.744	0.045
10	—	0.080	0.065	0.284	0.536	0.240	1.063	1.309	6.788	0.056
20	—	0.160	0.130	5.120	6.411	5.055	9.007	11.393	17.156	0.112
30	—	0.240	0.209	11.601	12.758	11.895	15.301	18.572	21.090	0.168
40	—	0.320	0.475	15.911	16.827	17.295	18.837	24.894	22.931	0.224
50	—	0.402	1.410	18.806	19.393	21.429	20.939	28.087	23.972	0.281
60	—	0.493	3.410	21.169	21.153	24.576	22.297	30.255	24.637	0.347
70	—	0.620	6.313	23.385	22.627	27.254	23.239	30.975	25.096	0.456
80	—	0.828	9.541	25.487	24.369	29.885	23.928	31.647	25.433	0.688
90	—	1.176	12.571	27.363	26.907	32.266	24.504	31.822	25.689	1.168
100	—	1.721	15.153	28.914	30.298	33.793	26.402	32.060	25.892	2.034
200	—	16.729	24.817	35.520	48.403	28.842	32.324	26.127	26.781	20.171
300	—	28.753	27.037	34.984	29.132	27.409	27.456	44.675	27.083	25.776
400	—	34.589	28.248	30.838	28.013	27.417	27.871	27.643	27.250	27.598
500	—	37.903	29.178	30.813	28.425	27.632	28.171	28.163	27.412	28.647
600	—	40.144	30.024	31.232	29.915	27.916	28.426	28.877	27.737	29.452
700	—	41.860	31.020	31.812	31.513	28.247	28.700	29.592	28.419	30.161
800	—	43.286	32.707	32.468	32.932	28.704	29.144	30.305	29.458	30.866
900	—	44.337	35.617	33.165	34.183	29.507	30.031	31.018	30.564	31.918
1000	—	43.595	38.838	33.886	35.328	30.892	31.594	31.746	31.462	35.994
1200	—	47.759	39.804	35.368	39.376	34.511	35.695	33.640	32.910	37.961
1400	—	49.478	38.189	36.655	43.215	39.595	41.080	36.807	34.524	37.171
1600	—	51.505	38.069	34.900	35.709	46.104	48.158	39.809	36.060	—
1800	—	53.275	—	39.933	46.349	48.243	42.348	39.912	37.753	—
2000	—	—	—	41.488	46.030	38.209	34.325	38.945	—	—
2500	—	—	—	45.361	49.339	34.424	32.099	42.289	—	—
3000	—	—	—	49.244	—	—	—	45.783	—	—
3500	—	—	—	53.134	—	—	—	—	—	—
4000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* – данные в литературе отсутствуют

Таблица 14 (продолжение) $C_p, \text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$

T, K	Lu	U	Pu	Th		
				[2]	[3]	[9]
2	0	7.757	0.0040	0.013	0.013	0.013
4	0	21.024	0.0082	0.026	0.026	0.026
6	0	24.991	0.041	0.041	0.041	0.041
8	0.00004	26.598	0.322	0.095	0.095	0.095
10	0.0012	27.438	1.262	0.289	0.289	0.289
20	0.667	28.884	13.835	5.243	5.243	5.243
30	4.782	29.332	22.265	11.619	11.619	11.619
40	10.590	29.572	26.055	15.699	15.699	15.699
50	15.185	29.737	28.005	18.166	18.166	18.166
60	18.262	29.865	29.157	19.751	19.751	19.751
70	20.296	29.973	29.909	20.842	20.842	20.842
80	21.683	30.068	30.438	21.638	21.638	21.638
90	22.666	30.156	30.829	22.246	22.246	22.246
100	23.389	30.237	31.132	22.729	22.729	22.730
200	25.955	30.937	32.453	25.069	25.093	25.153
300	26.581	31.693	33.255	26.206	27.334	27.011
400	26.858	32.895	33.678	27.083	33.371	29.219
500	27.028	34.477	36.131	27.870	41.408	31.298
600	27.219	36.089	38.129	28.658	47.997	33.100
700	27.579	37.916	37.996	29.540	54.482	34.848
800	28.247	40.363	34.857	30.545	56.889	36.725
900	29.256	43.403	37.629	31.543	52.854	38.713
1000	30.492	46.705	36.365	32.403	47.304	40.681
1200	33.023	54.985	35.225	34.211	40.719	44.427
1400	35.944	59.740	35.638	35.771	38.622	48.388
1600	39.962	53.328	36.051	37.867	38.317	50.810
1800	44.817	49.042	36.462	37.002	38.746	50.054
2000	47.822	47.499	36.870	39.766	39.518	48.345
2500	34.554	47.660	37.886	47.352	42.075	46.911
3000	29.680	49.564	38.897	44.870	44.985	48.173
3500	28.537	52.019	39.905	47.593	48.026	50.380
4000	—	54.708	—	50.743	51.129	52.982
4500	—	—	—	53.938	54.264	55.787

Таблица 15.

Оценка характерных температур модели T_x (К) по температуре Дебая θ_D (К)
и температурам фазовых переходов T_{ph} (К)

Металл	T_{x0}	θ_D [14]	T_{x0}/θ_D	T_{xi}				T_{ph} [14]		
				1	2	3	4	T_s	$T_{C(N)}$	T_m
Ag	73	221	0.33	1398	—	—	—	—	—	1235.08
Al	148	390	0.379	900	—	—	—	—	—	933.61
Au	52.2	178	0.293	1335	—	—	—	—	—	1337.58
Ba	48	116	0.414	501	862	1398	1427	—	—	1002
Be	314	1031	0.305	1700	1720	—	—	1550	—	1560
Bi	43	116	0.371	426	—	—	—	—	—	544.59
Ca	99	230	0.43	900	911	1010	1290	740	—	1123
Cd	60	321	0.187	750	—	—	—	—	—	594.26
Ce	32	138	0.232	967	—	—	—	989	12.8	1077
Co	27	886	0.03	698	1190	1314 1350	1368 1369	700	1394 1430	1767
Cr	144	424	0.34	2880	—	—	—	—	311	2180
Cs	34	43	0.791	371	—	—	—	—	—	301.5
Cu	99	310	0.319	1482	—	—	—	—	—	1357.6
Dy	39	158	0.247	112	164	1682	1860	1654	83.5; 177.5	1682
Er	23	163	0.141	43	124	1455	1763		19.9; 84	1802
Eu	97	127	0.764	1110	—	—	—	—	90	1095
Fe	140	448	0.313	1188 1667	955 997	1022 1043	1183 1665	1183 1667	1042	1810
Ga	73	240	0.304	325	410	—	—	275.6	—	302.92
Gd	39	155	0.252	170	235	270	1536	1535	291.8	1586
Hf	43	213	0.202	1009	2195	2550	—	2016	—	2506
Ho	36	161	0.224	119	298	1440	1736	—	17.5; 131.6	1743
In	50	129	0.388	446	—	—	—	—	—	429.78
Ir	89	228	0.39	2160	2730	—	—	—	—	2723
K	41	100	0.41	397	—	—	—	—	—	336.86
La	50	135	0.37	583	1141	1193	1298	583 1138	—	1191
Li	121	448	0.27	545	—	—	—	75	—	453.69
Lu	49	116	0.422	1470	1772	2068	—	—	—	1936
Mg	42	330	0.127	932	—	—	—	—	—	923
Mn	125	363	0.344	1293	1450	—	—	1410	95; 580; 660	1519
Mo	112	377	0.297	2895	—	—	—	—	—	2896
Na	60	155	0.387	418	—	—	—	35	—	371.01
Nb	94	260	0.362	2720	3400	—	—	—	—	2742

Таблица 15 (продолжение)

Nd	38	148	0.257	1168	1327	—	—	1168	19.55	1294
Ni	156	345	0.452	492	543	603	632 633	—	629.63	1728
Os	52	400	0.13	2850	3430	—	—	—	—	3283
Pb	29	87	0.333	601	—	—	—	—	—	600.65
Pd	83	275	0.302	1828	1984	—	—	—	—	1827
Pm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pr	21	138	0.152	1208	1361	—	—	1075	25	1204
Pt	67	225	0.298	1916	2042	—	—	—	—	2045
Pu	24	176	0.136	330	527	697	941	396; 757	60	912.7
Rb	36	59	0.61	348	—	—	—	—	—	312.47
Re	83	275	0.302	2280	—	—	—	—	—	3463
Rh	110	350	0.314	2273	—	—	—	—	—	2236
Ru	108	415	0.26	2502	2607	—	—	—	—	2607
Sb	54	200	0.27	1094	—	—	—	—	—	903.5
Sc	117	476	0.246	1752	1964	—	—	1610	—	1814
Sm	247	184	1.342	973	1351	—	—	990-1007	13; 105	1315
Sn	64	254	0.252	480	—	—	—	286.2	—	505.12
Sr	47	148	0.318	1070	—	—	—	488; 878	—	1041
Ta	81	225	0.36	1130	2195	2490	—	—	—	3295
Tb	44	158	0.278	133 193 538	1320 1560	1627	1812	1562	219 227.5	1629
Tc	189	122	1.549	1590	2195	—	—	—	—	2473
Te	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Th	38	100	0.38	1060	1459	1564	2344	1650	—	2023
Ti	153	380	0.403	1293	1720	—	—	1156	—	1944
Tl	26	91	0.286	553	—	—	—	508	—	576.2
Tm	20	167	0.12	1120	1366	1869	1995	—	22; 55	1818
U	3	300	0.01	780	1340	1390	—	23; 1040	—	1408
V	34	390	0.087	2710	—	—	—	—	—	2220
W	98	312	0.314	3800	—	—	—	—	—	3693
Y	274	214	1.28	1507	1917	—	—	1751	—	1795
Yb	162	118	1.373	1000	1238	—	—	1068	—	1092
Zn	44	237	0.186	830	—	—	—	—	—	692.73
Zr	99	250	0.396	1195	2160	—	—	1136	—	2133

Таблица 16.

Коэффициенты модели k_1 и электронной теплоёмкости γ_e ,
мДж/(моль·К²)

Металл	k_1, γ_e , мДж/(моль·К ²)						Магнитные свойства
	k_1	[1]	[2]	[3] т(Э)	[4]	[5-7]	
Ag	3.93	6.8	0.68	1.5(1.6)	0.609	0.64 [7]	диамагнетик
Al	3.0	1.35	1.419	2.2(3.0)	1.36	1.35 [7]	парамагнетик
Au	2.8	0.764	0.764	1.5(1.6)	0.7	0.69 [7]	диамагнетик
Ba	6.0	2.7	2.835	4.7(6.5)	2.7	2.7 [7]	парамагнетик
Be	4.7	0.21	0.1764	1.2(0.5)	0.222	0.17 [7]	диамагнетик
Bi	8.6	0.021	0.008	4.3(0.2)	—	0.0085 [7]	диамагнетик
Ca	2.5	2.9	3.045	3.6(6.5)	2.73	2.73 [7]	парамагнетик
Cd	1.3	0.688	0.722	2.3(1.7)	0.69	0.69 [7]	диамагнетик
Ce	10.0	7.5	—	—	—	12.8 [7]	парамагнетик
Co	9.2	4.7	4.956	—	4.75	4.4 [7]	ферромагнетик
Cr	4.2	1.4	1.47	—	1.55	1.42 [7]	антиферромагнетик
Cs	0.7	—	3.36	5.3(7.7)	3.2	3.97 [7]	парамагнетик
Cu	2.3	0.688	0.731	1.2(1.6)	0.7	0.69 [7]	диамагнетик
Dy	3.4	9.12	—	—	—	—	ферромагнетик
Er	7.0	10.7	—	—	—	8.7 [6] 10.0 [6,7]	ферромагнетик
Eu	6.5	3.69	—	—	—	6 [7]	парамагнетик
Fe	8.7	5.0	5.25	1.5(12)	5.02	4.9 [7]	ферромагнетик
Ga	0.0	—	0.542	2.4(1.5)	0.6	0.6 [7]	диамагнетик
Gd	7.8	9.2	—	—	—	6.38 [7]	ферромагнетик
Hf	7.8	2.6	2.268	—	2.64	2.15 [7]	парамагнетик
Ho	1.5	7.9	—	—	—	6 [7]	ферромагнетик
In	0.0	1.672	1.764	2.9(4.3)	1.84	1.66 [7]	диамагнетик
Ir	3.7	3.27	4.011	—	3.14	3.14 [7]	парамагнетик
K	2.5	2.11	2.1084	4.0(4.7)	2.08	2.08 [7]	парамагнетик
La	0.1	10(α)	10.5	—	—	9.4 [6] 9.45 [7]	парамагнетик
Li	2.2	1.8	1.722	1.8(4.2)	1.75	1.65 [7]	парамагнетик
Lu	0.0	3.26	—	—	—	11.3 [6] 8.19 [7]	парамагнетик
Mg	4.2	1.3	1.365	2.4(3.2)	1.37	1.26 [7]	парамагнетик
Mn	12.8	18	9.66	1.5(40)	18	12.8 [7]	антиферромагнетик
Mo	3.5	1.82	2.1	—	2.11	1.83 [7]	парамагнетик
Na	0.7	1.4	1.4784	2.6(3.5)	1.37	1.38 [7]	парамагнетик
Nb	0.2	7.8	8.19	1.6(20)	8.82	7.8 [7]	парамагнетик

Таблица 16 (продолжение)

Nd	4.0	1.9	—	—	—	—	парамагнетик
Ni	5.0	—	7.392	—	7.28	7.04 [7]	ферромагнетик
Os	3.1	2.35	2.52	—	2.35	2.05 [7]	парамагнетик
Pb	4.0	3.13	3.133	3.6(7.0)	3.36	2.99 [7]	диамагнетик
Pd	1.2	9.57	9.912	—	9.9	9.45 [7]	парамагнетик
Pm	—	—	—	—	—	—	—
Pr	2.0	7.28	—	—	—	20; 26.2 [6]	парамагнетик
Pt	2.6	6.43	7.14	—	6.63	6.54 [7]	парамагнетик
Pu	2.0	—	—	—	—	25 [7]	—
Rb	3.1	2.52	2.52	4.6(5.8)	2.41	2.63 [7]	парамагнетик
Re	3.4	2.35	2.394	—	2.45	2.29 [7]	парамагнетик
Rh	6.2	4.65	5.166	—	4.89	4.65 [7]	парамагнетик
Ru	5.2	3.0	3.465	—	3.35	3.1 [7]	парамагнетик
Sb	4.8	0.24	0.126	3.9(1.5)	—	0.12 [7]	диамагнетик
Sc	2.0	—	11.214	—	—	10.3 [7]	парамагнетик
Sm	8.0	11.5	—	—	—	13.5 [7]	парамагнетик
Sn	1.0	—	1.869	3.3(4.4)	1.75	0; 1.78 [7]	парамагнетик
Sr	5.0	3.6	3.78	4.3(8.7)	3.65	3.64 [7]	парамагнетик
Ta	7.3	6.15	6.3	—	5.85	5.4..6.9 [7]	парамагнетик
Tb	8.8	12.17	—	—	—	4.1 [7]	ферромагнетик
Tc	1.1	—	—	—	—	4 [7]	—
Te	—	—	—	—	—	0 [7]	—
Th	6.4	4.31	—	—	4.68	4.08 [7]	парамагнетик
Ti	4.6	3.52	3.528	—	3.55	3.305; 3.58 [5] 3.36 [7]	парамагнетик
Tl	2.3	1.47	1.587	3.1(3.5)	1.52	1.47 [7]	диамагнетик
Tm	0.3	7.15	—	—	—	—	ферромагнетик
U	6.0	11.0	—	—	10.9	8.14 [7]	парамагнетик
V	4.5	9.82	9.744	—	9.2	9.82 [7]	парамагнетик
W	1.3	0.9	1.47	—	1.21	1.01 [7]	парамагнетик
Y	4.4	8.5	10.71	—	—	7.92; 8.75 [6] 8.2 [7]	парамагнетик
Yb	5.6	3.8	—	—	—	2.9 [7]	парамагнетик
Zn	4.4	0.633	0.672	1.8(1.4)	0.627	0.64 [7]	диамагнетик
Zr	8.9	2.78	2.94	—	3.03	2.77 [7]	парамагнетик
Металл	k_1	[1]	[2]	[3] т(Э)	[4]	[5-7]	Магнитные свойства

Таблица 17.

Оценка коэффициентов модели k_1 ($\text{мДж}/(\text{моль}\cdot\text{K}^2)$) и k_2 ($\text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$)
 { m_A , г/моль; T_m , К; H_m , кДж/моль}

Металл	k_1	k_2	n_a	m_a	T_m	H_m [7]	ξ	η
Ag	3.93	32.7	47	107.9	1234	11.3	[1.3; 1.4]	[1.1; 1.2]
Al	3	36.7	13	26.98	934	10.8	[1.2; 1.3]	[1.1; 1.2]
Au	2.8	29.3	79	197	1338	12.6	[1.2; 1.3]	[1.0; 1.1]
Ba	6	37	56	137.3	998	7.53	[1.4; 1.5]	[1.1; 1.2]
Be	4.7	30.5	4	9.012	1551	13	[1.5; 1.6]	[1.1; 1.2]
Bi	8.6	31.8	83	209	545	11	[1.0; 1.1]	[0.8; 0.9]
Ca	2.5	39.3	20	40.08	1112	8.66	[1.3; 1.4]	[1.2; 1.3]
Cd	1.3	36.3	48	112.4	594	6.2	[0.8; 0.9]	[1.1; 1.2]
Ce	10	27.7	58	140.12	1077	5.2	[1.9; 2.0]	[1.2; 1.3]
Co	9.2	31	27	58.93	1768	16.3	[1.9; 2.0]	[1.1; 1.2]
Cr	4.2	30.9	24	52	2163	16.3	[1.7; 1.8]	[1.1; 1.2]
Cs	0.7	35.5	55	132.9	302	2.1	[0.6; 0.7]	[1.2; 1.3]
Cu	2.3	32.4	29	63.54	1357	12.1	[1.2; 1.3]	[1.1; 1.2]
Dy	3.4	30.4	66	162.5	1682	10.9	[1.5; 1.6]	[1.1; 1.2]
Er	7	27.2	68	167.3	1798	19.9	[1.6; 1.7]	[1.0; 1.1]
Eu	6.5	27.6	63	152	1095	9.2	[1.5; 1.6]	[1.0; 1.1]
Fe	8.7	32.9	26	55.85	1808	13.8	[2.0; 2.1]	[1.1; 1.2]
Ga	0	35.5	31	69.72	303	5.59	[0.0; 0.1]	[0.9; 1.0]
Gd	7.8	30.4	64	157.3	1584	10	[1.8; 1.9]	[1.1; 1.2]
Hf	7.8	23.8	72	178.5	2423	23.9	[1.8; 1.9]	[0.9; 1.0]
Ho	1.5	35.2	67	164.9	1743	12.4	[1.2; 1.3]	[1.1; 1.2]
In	0	37.2	49	114.8	2273	3.34	[0.0; 0.1]	[1.8; 1.9]
Ir	3.7	31.7	77	192.2	2720	26.3	[1.5; 1.6]	[1.0; 1.1]
K	2.5	34.6	19	39.1	337	2.33	[1.0; 1.1]	[1.2; 1.3]
La	0.1	37.6	57	138.9	1193	6.3	[0.6; 0.7]	[1.3; 1.4]
Li	2.2	32.6	3	6.94	454	3	[1.0; 1.1]	[1.2; 1.3]
Lu	0	29.6	71	175	1929	18.8	[0.0; 0.1]	[1.0; 1.1]
Mg	4.2	33.7	12	24.3	923	8.56	[1.3; 1.4]	[1.1; 1.2]
Mn	12.8	33.02	25	54.94	1518	12.1	[2.0; 2.1]	[1.1; 1.2]
Mo	3.5	30.4	42	95.94	2896	36	[1.5; 1.6]	[1.0; 1.1]
Na	0.7	35	11	22.99	371	2.6	[0.7; 0.8]	[1.2; 1.3]
Nb	0.2	36.4	41	92.91	2743	28	[0.7; 0.8]	[1.1; 1.2]

Таблица 17 (продолжение)

Nd	4	37.4	60	144.2	1297	10.68	[1.4; 1.5]	[1.1; 1.2]
Ni	5	38.7	28	58.7	1728	17.6	[1.6; 1.7]	[1.1; 1.2]
Os	3.1	29.1	76	190.2	3300	31.8	[1.5; 1.6]	[1.0; 1.1]
Pb	4	31.7	82	207.2	601	4.77	[1.1; 1.2]	[1.1; 1.2]
Pd	1.2	31.56	46	106.4	1827	17	[1.1; 1.2]	[1.1; 1.2]
Pm	—	—	61	145	1353	10.5	—	—
Pr	2	28.5	59	140.9	1208	6.9	[1.2; 1.3]	[1.2; 1.3]
Pt	2.6	30.93	78	195.1	2045	20	[1.3; 1.4]	[1.0; 1.1]
Pu	2	36	94	244	913	2.8	[1.3; 1.4]	[1.4; 1.5]
Rb	3.1	35	37	85.47	312	2.19	[0.9; 1.0]	[1.2; 1.3]
Re	3.4	34.7	75	186.2	3463	33.1	[1.6; 1.7]	[1.1; 1.2]
Rh	6.2	31.54	45	102.9	2236	21.8	[1.7; 1.8]	[1.0; 1.1]
Ru	5.2	29	44	101.1	2523	24.3	[1.7; 1.8]	[1.0; 1.1]
Sb	4.8	29.5	51	121.8	904	20.1	[1.0; 1.1]	[0.8; 0.9]
Sc	2	37	21	44.96	1812	14.2	[1.3; 1.4]	[1.2; 1.3]
Sm	8	43	62	150.4	1345	8.6	[1.8; 1.9]	[1.2; 1.3]
Sn	1	38.8	50	118.7	505	7.2	[0.6; 0.7]	[1.0; 1.1]
Sr	5	36.7	38	87.62	1041	8	[1.4; 1.5]	[1.2; 1.3]
Ta	7.3	34.3	73	180.9	3288	35	[1.9; 2.0]	[1.0; 1.1]
Tb	8.8	35.2	65	158.9	1630	10.8	[1.9; 2.0]	[1.2; 1.3]
Tc	1.1	20.6	43	98.91	2473	24	[1.1; 1.2]	[0.9; 1.0]
Te	—	—	52	127.6	723	17.5	—	—
Th	6.4	29.6	90	232	2023	16.7	[1.7; 1.8]	[1.0; 1.1]
Ti	4.6	37.9	22	47.9	1941	15.1	[1.7; 1.8]	[1.2; 1.3]
Tl	2.3	36.3	81	204.4	577	4.2	[1.0; 1.1]	[1.1; 1.2]
Tm	0.3	34.3	69	168.9	1818	16.9	[0.7; 0.8]	[1.1; 1.2]
U	6	32.7	92	238	1306	9.2	[1.5; 1.6]	[1.1; 1.2]
V	4.5	24.8	23	50.94	2163	17.6	[1.7; 1.8]	[1.0; 1.1]
W	1.3	32.2	74	183.9	3680	35.1	[1.3; 1.4]	[1.0; 1.1]
Y	4.4	25.8	39	88.9	1796	11	[1.7; 1.8]	[1.1; 1.2]
Yb	5.6	27	70	173	1097	7.7	[1.5; 1.6]	[1.1; 1.2]
Zn	4.4	35	30	65.38	693	7.2	[1.2; 1.3]	[1.1; 1.2]
Zr	8.9	35	40	91.22	2128	14.6	[2.0; 2.1]	[1.2; 1.3]
Металл	k_1	k_2	n_A	m_A	T_m	H_m	ζ	η

Распределение металлов по интервалам изменения отношения характерной температуры модели для базисной линии T_{x0} к температуре Дебая θ_D (T_{x0}/θ_D , табл. 15) имеет вид:

Интервал	0; 0.2	0.2; 0.5	0.5; 1.6
Число металлов	11	45	7

Таким образом, оценку температуры T_{x0} можно находить из соотношения:

$$T_{x0} = (0.2 - 0.5) \theta_D.$$

Отличие модельного коэффициента k_1 (табл. 16), входящего в выражение для описания вклада «электронного» типа в теплоёмкость, и коэффициента электронной теплоемкости γ_e [2,8] определяется рядом причин. Они связаны с изменением топологии поверхности Ферми и её натяжением, влиянием концентраций примесей на химический потенциал свободных электронов [8]. Также на электронную теплоёмкость могут оказывать влияние магнонная подсистема, процессы упорядочения фазы, равновесные вакансии, расщепление кристаллического поля (эффект Шоттки) [9-14] и т.д.

Для оценки коэффициентов k_1 (мДж/(моль·К²)) и k_2 (Дж/(моль·К)) (табл. 17) предлагается использовать феноменологические соотношения:

$$k_1^0 = \xi^4 \cdot \left(\frac{15 \cdot m_a}{n_a \cdot T_m} \right)^2 \cdot \frac{H_m}{R}, \quad k_2^0 = \eta^4 \cdot \frac{m_a}{n_a} \cdot \frac{H_m}{T_m},$$

здесь ξ и η – параметры пропорциональности, принимающие значения из интервалов табл. 17, для поиска оптимальных величин коэффициентов k_1 и k_2 ; m_a (г/моль) и n_a – атомная масса и номер элемента соответственно, T_m (К) и H_m (Дж/моль) – температура и удельная энталпия плавления, R – универсальная газовая постоянная. Например, для серебра указанным в табл. 16 интервалам для ξ и η соответствуют диапазоны для k_1 от 3.023 до 4.066, а для k_2 – от 30.779 до 43.593 при вычисленных оптимальных значениях $k_1 = 3.93$ и $k_2 = 32.7$.

Литература

1. *Свойства элементов*. Справочник. М.Е. Дриц (ред.). М.: Металлургия, 1985. 671 с.
 2. *Лившиц Б.Г., Крапошин В.С., Линецкий Я.Л.* Физические свойства металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1980. 320 с.
 3. *Ашкрофт Н., Мермин Н.* Физика твердого тела. Т.1. М.: Мир, 1978. С. 62.
 4. Gopal, E.S.R. Specific Heats at Low Temperatures. Plenum Press: New York, 1966. 240 p.
 5. *Теплофизические свойства титана и его сплавов*. Справочник / Пелецкий В.Э., Чеховской В.Я., Бельская Э.А. и др. М.: Металлургия, 1985. 103 с.
 6. *Кольчугина Н.Б.* Физико-химические основы и практические аспекты очистки редкоземельных металлов и создания высокоэффективных магнито-твердых материалов R-Fe-B (R=Nd, Pr, Tb, Dy). Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. М.: 2018. 341 с. Режим доступа: [https://www.imet.ac.ru/upload/dissertations/Диссертация_Кольчугиной_Н.Б._\(2018-03-19\).pdf](https://www.imet.ac.ru/upload/dissertations/Диссертация_Кольчугиной_Н.Б._(2018-03-19).pdf).
 7. Физические величины: Справочник / А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А. М. Братковский и др. Под. ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. М.: Энергоатомиздат, 1991. (1232 с.) С. 205-206.
 8. *Лифшиц И.М., Азбель М.Я. Каганов М.И.* Электронная теория металлов. М.: Наука, 1971. 415 с.
 9. *Маделунг О.* Теория твердого тела. М.: Наука, 1980. 416 с.
 10. *Займан Дж.* Электроны и фононы. М.: Иностранная литература, 1962. 488 с.
 11. *Стенли Г.* Фазовые переходы и критические явления. М.: Мир, 1973. 298 с.
 12. *Ма Ш.* Современная теория критических явлений. М.: Мир, 1980. 298 с.
 13. *Ноздрев В.Ф., Федорищенко Н.В.* М.: Мир, 1973. 298 Молекулярная акустика. М.: Высшая школа, 1974. 288 с.
 14. *Зиновьев В.Е.* Теплофизические свойства металлов при высоких температурах. М.: Металлургия, 1989. 384 с.
-

II. Коэффициент теплового линейного расширения

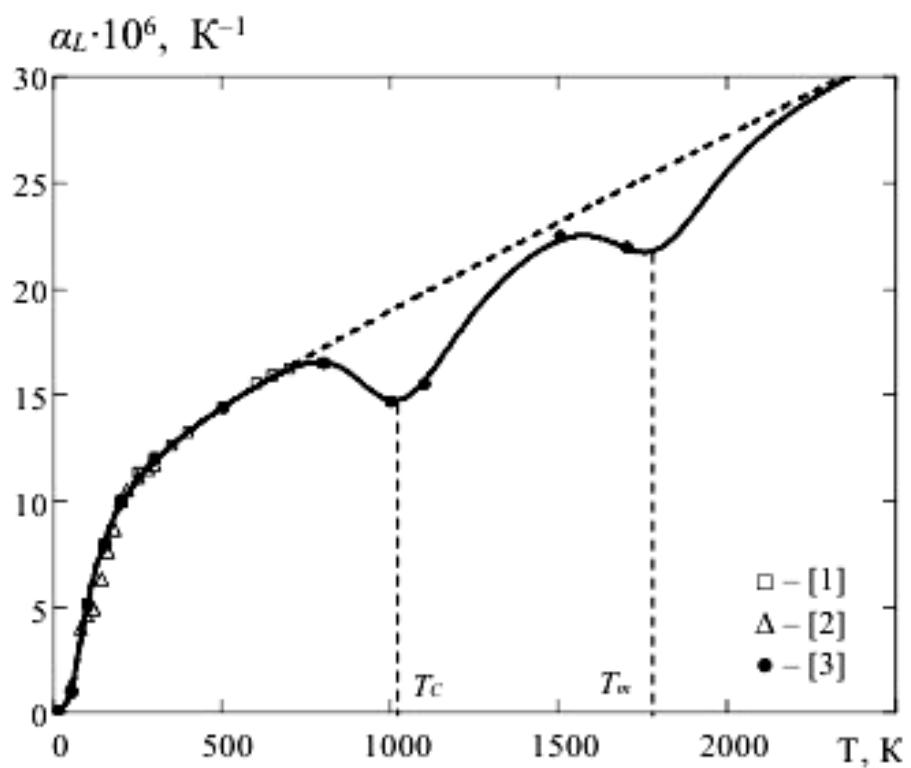
1. Триада железа

Таблица 18.

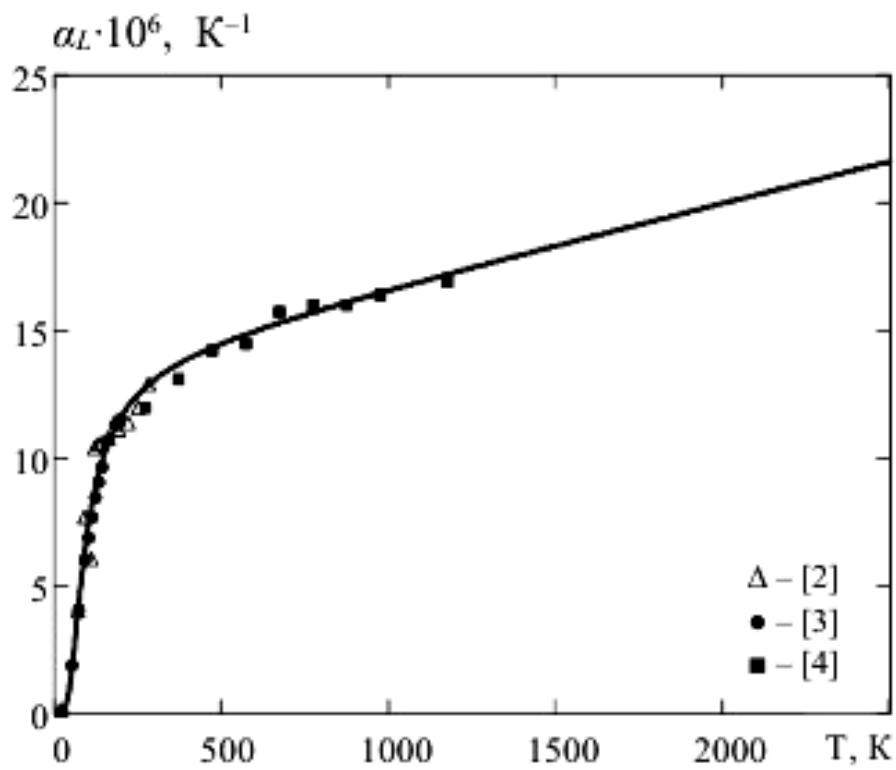
Параметры теоретической модели для расчёта коэффициентов линейного теплового расширения (КТЛР) триады железа

Параметр \ Металл	Fe	Co	Ni
<i>Базисная линия</i>			
a_0	0.756	0.96	0.735
T_{x0}	154	114	134
$q_1 \cdot 10^4$	80	32	57
q_2	14	15.8	16
<i>Фазовые переходы в подсистемах</i>			
a_{01}	5.28	–	23.4
T_{x1}	1063	–	639
q_{31}	–1.68	–	1.06
a_{02}	9.3	–	12.2
T_{x2}	1810	–	670
q_{32}	–0.76	–	–0.5
a_{03}	–	–	3.4
T_{x3}	–	–	1728
q_{33}	–	–	2.0

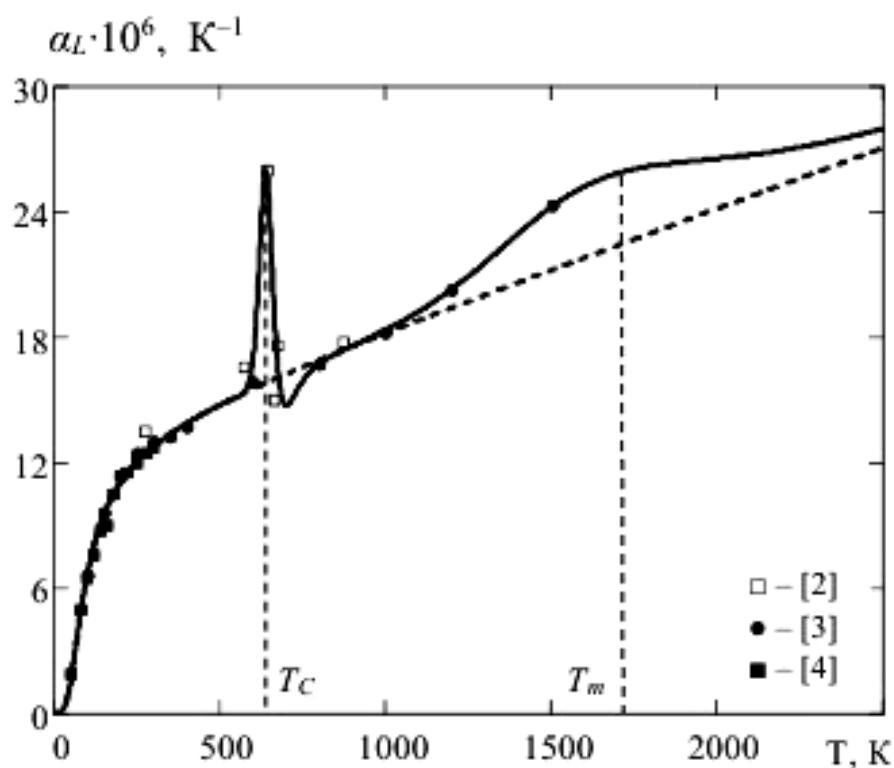
1.1. Железо, Fe



1.2. Кобальт, Co



1.3. Никель, Ni



Литература

1. Шелудяк Ю.Е., Каипоров Л.Я., Малинин Л.А., Цалков В.Н. Теплофизические свойства компонентов горючих систем / Справочник под ред. Н.А. Силина. М.: НПО «Информация и технико-экономические исследования», 1992. 184 с. □
2. Новикова С.И. Тепловое расширение твердых тел. М.: Наука, 1974. 292 с. Δ
3. Новицкий Л.А., Кожевников И.Г. Теплофизические свойства материалов при низких температурах. Справочник. М.: Машиностроение, 1975. 216 с. ●
4. Свойства элементов. Справочник. М.Е. Дриц (ред.). М.: Металлургия, 1985. ■

2.1. Триады платины

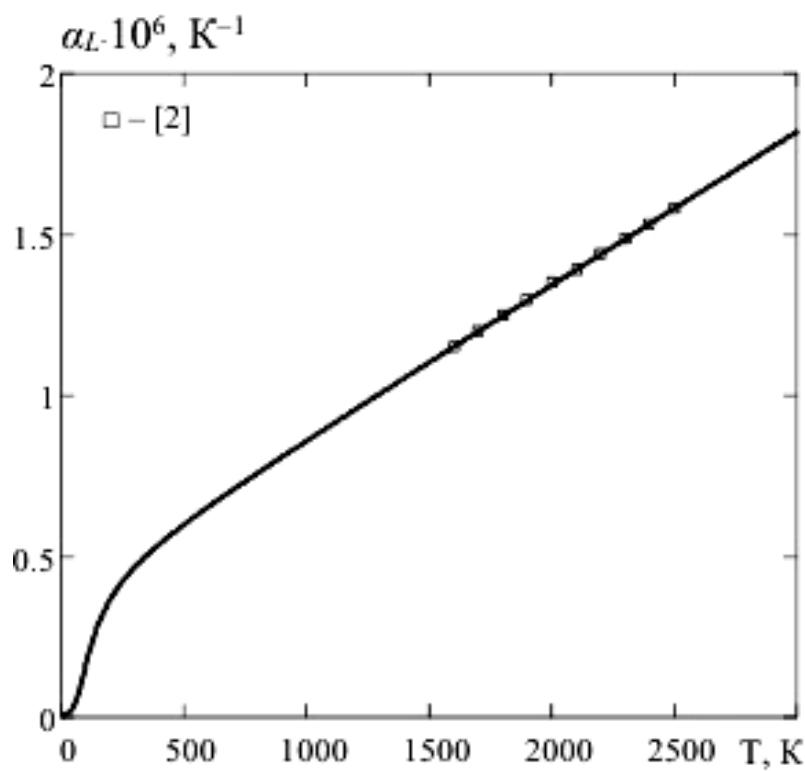
Таблица 19.

Параметры и коэффициенты теоретической модели для расчёта изобарических КЛТР металлов триад палладия и платины

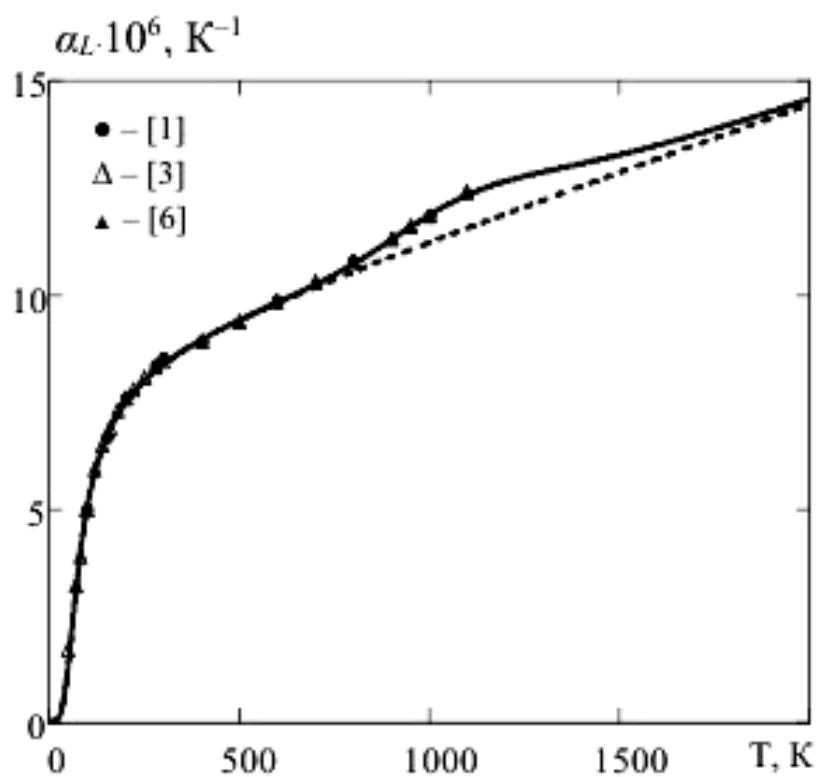
Параметр \ Металл	Ru	Rh	Pd	Os	Ir	Pt
<i>Базисная линия</i>						
a_0	0.837	0.88	0.93	0.799	0.56	0.824
T_{x0} , K	168	104	67	111	88	73
$q_1 \cdot 10^4$	4.734	31	65	21.612	18.9	17
q_2	0.48	9.8	12	4.2	8.4	10.9
<i>Агрегатный переход</i>						
a_{01}	–	3.2	–	–	3.9	2.1
T_{x1} , K	–	1194	–	–	2590	2380
q_{31}	–	0.48	–	–	1.4	2.5

2.1.1. Лёгкая триада платины (триада палладия)

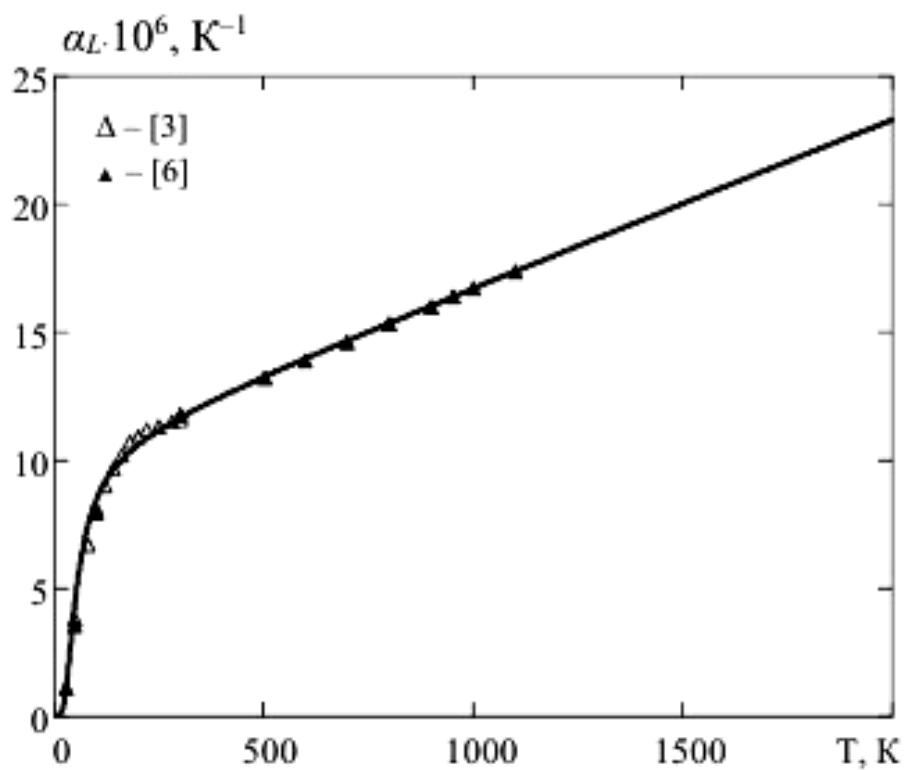
2.1.1.1. Рутений, Ru



2.1.1.2. Родий, Rh

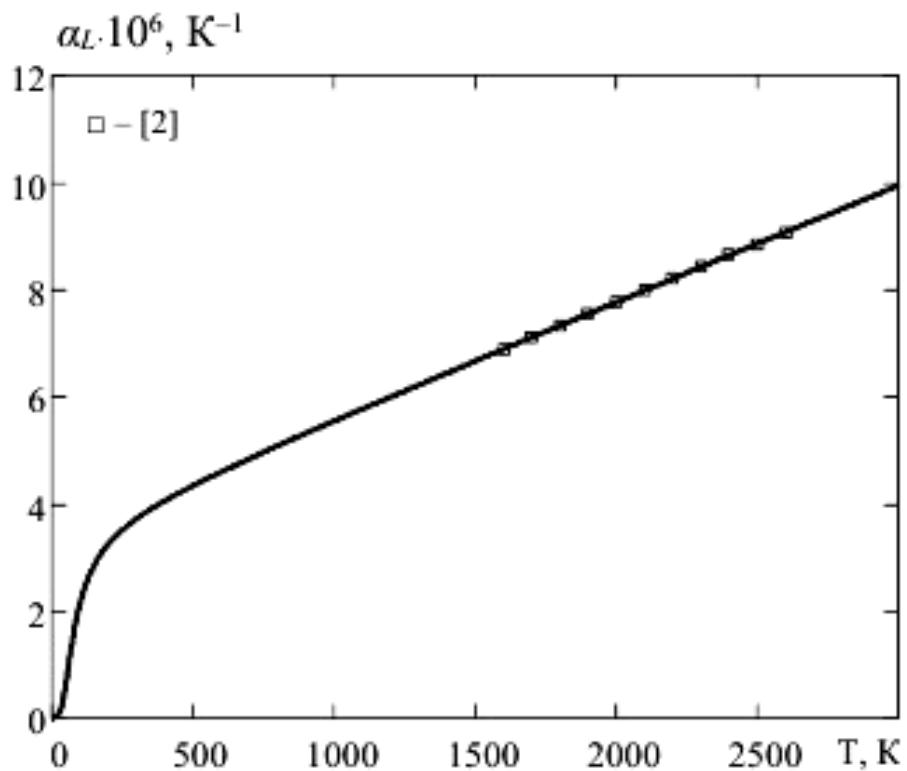


2.1.1.3. Палладий, Pd

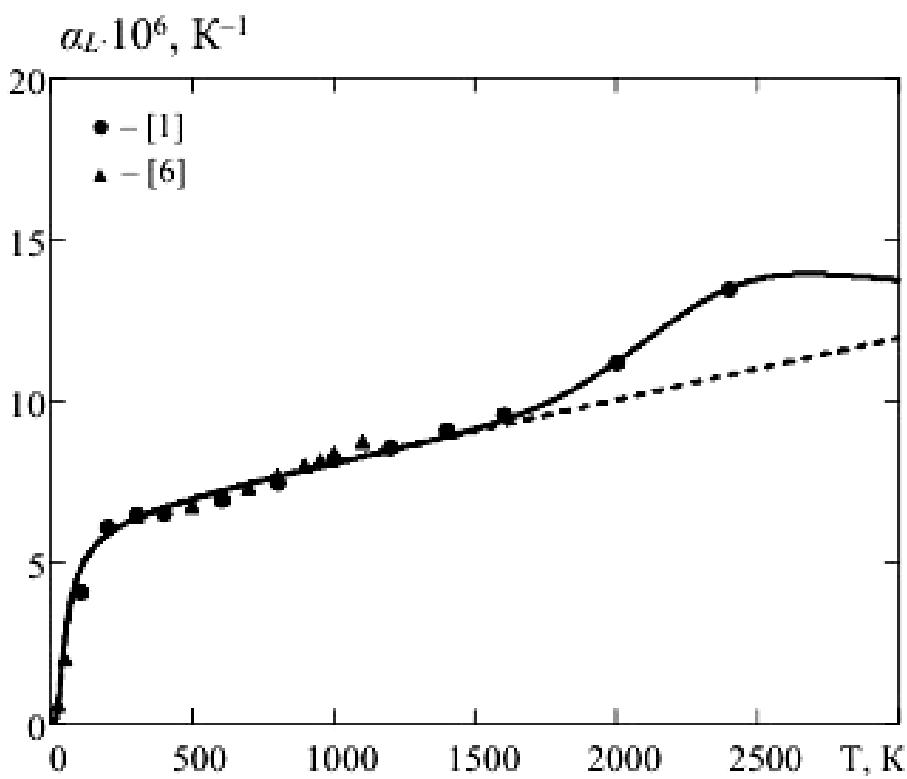


2.1.2. Тяжёлая триада платины (триада платины)

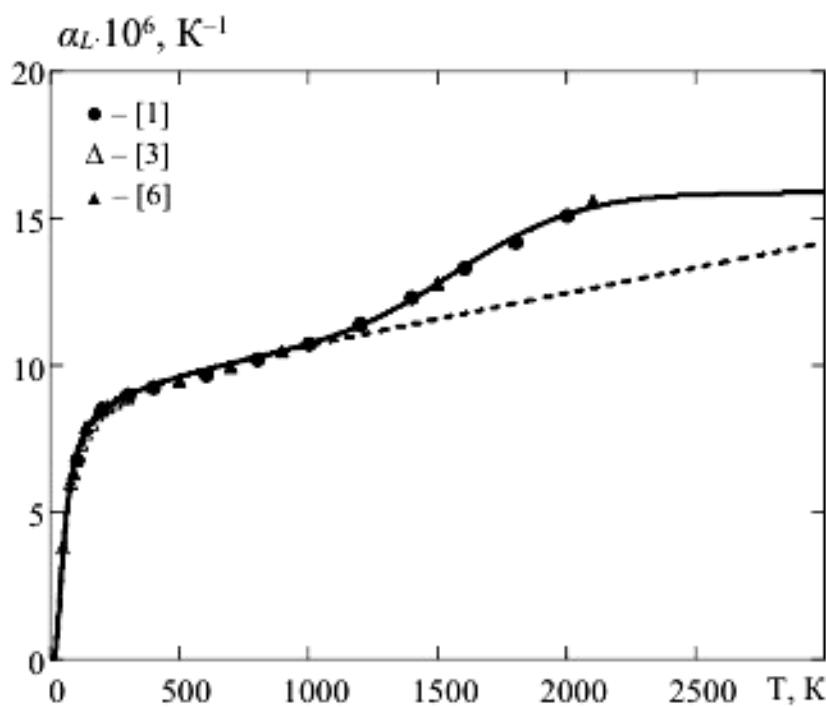
2.1.2.1. Осмий, Os



2.1.2.2. Иridий, Ir



2.1.2.3. Платина, Pt



2.2. Драгоценные металлы

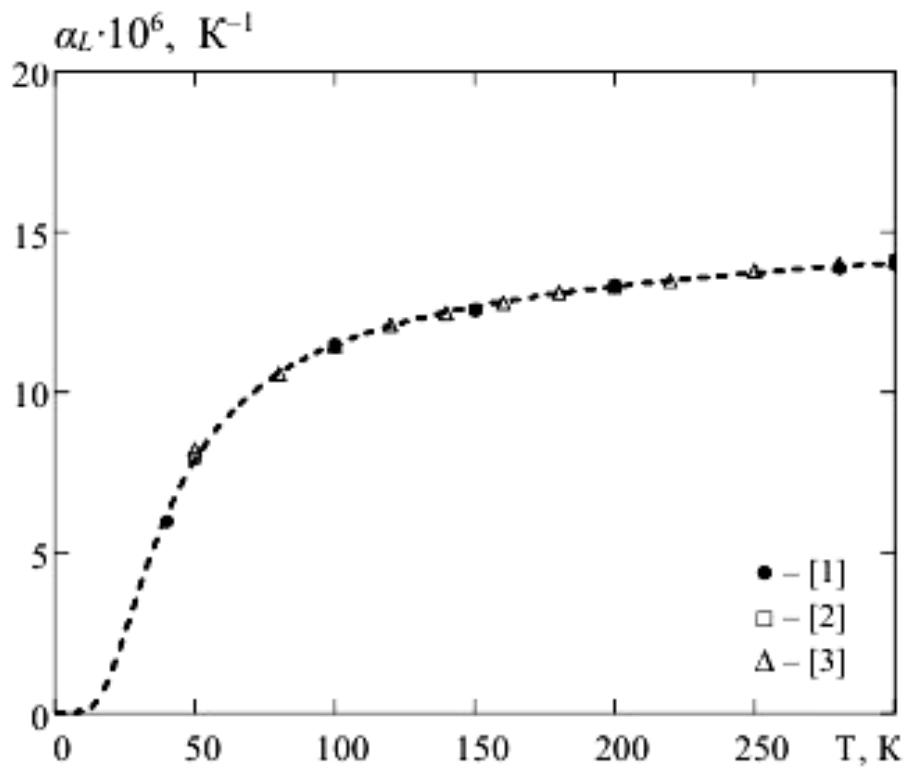
Таблица 20.

Параметры и коэффициенты теоретической модели для расчёта изобарических КЛТР драгоценных металлов

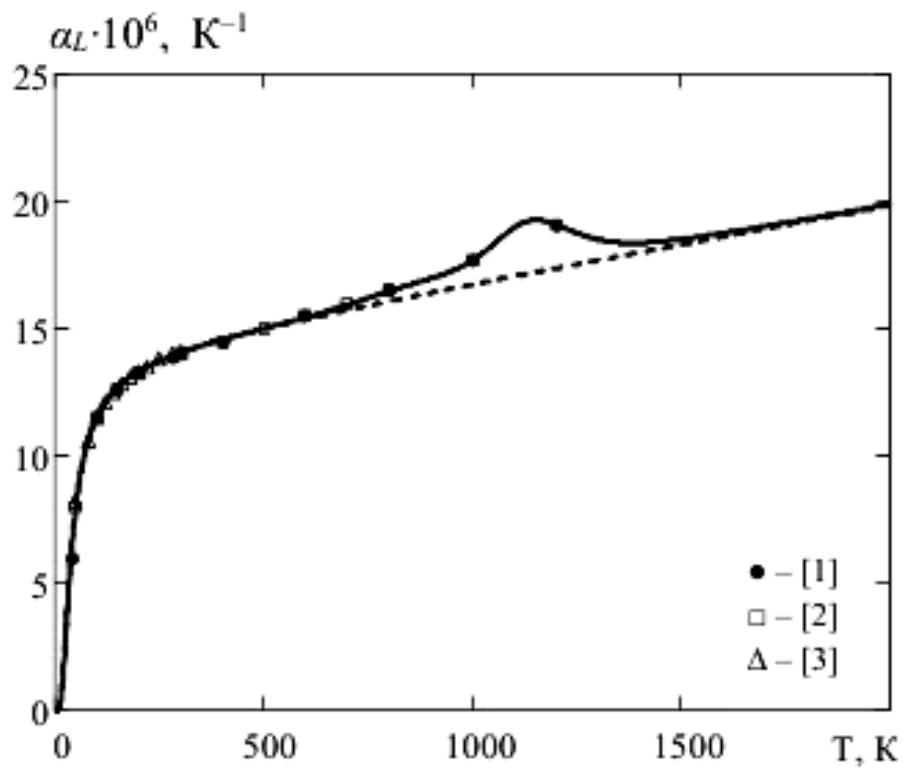
Параметр \ Металл	Au	Ag
<i>Базисная линия</i>		
a_0	0.70	0.86
T_{x0}, K	58	71
$q_1 \cdot 10^4$	30	17
q_2	17.4	23.2
<i>Фазовый переход</i>		
a_{01}	3.0	2.6
T_{x1}, K	990	879
q_{31}	0.34	1.3
a_{02}	9.1	2.4
T_{x2}, K	1150	1446
q_{32}	0.37	5.1

2.2.1. З о л о т о , Au

a) низкотемпературный диапазон

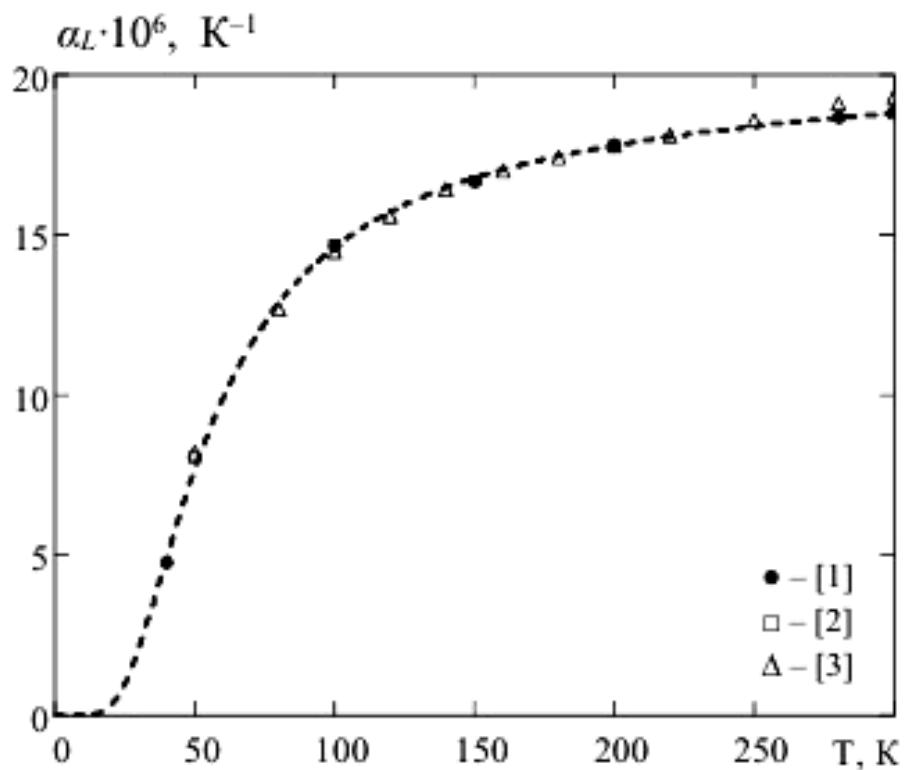


б) интервал температур $[0, 2000]$

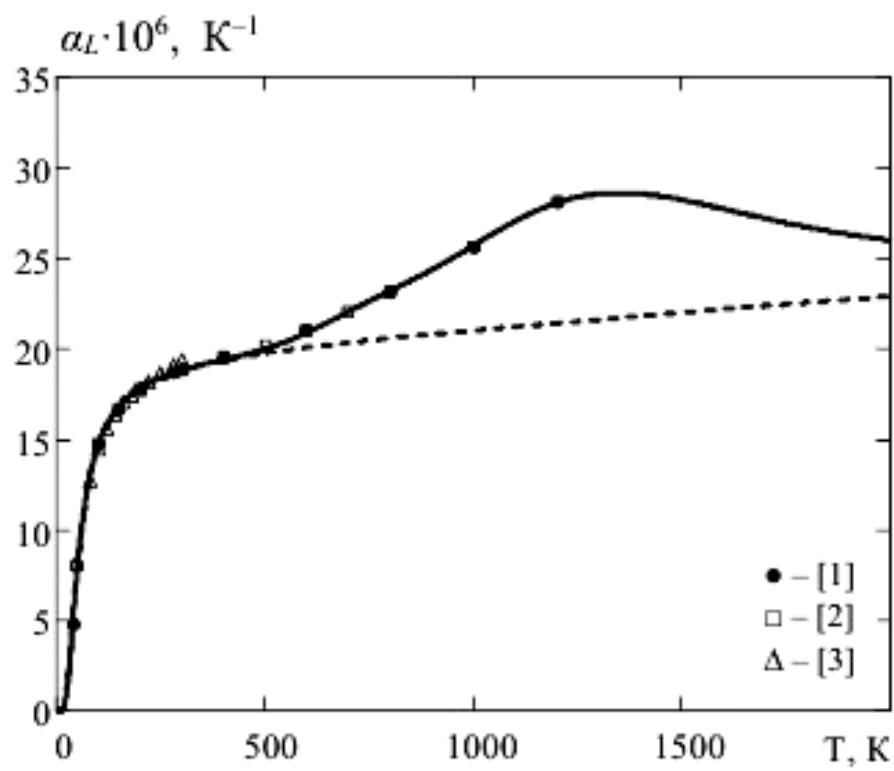


2.2.2. С е р е б р о , Ag

a) низкотемпературный диапазон



б) интервал температур $[0, 2000]$



Литература

1. *Благородные металлы.* Справ. изд. под ред. Савицкого Е.М. М.: Металлургия, 1984. 592 с. ●
2. *Лариков Л.Н., Юрченко Ю.Ф.* Структура и свойства металлов и сплавов. Тепловые свойства металлов и сплавов. Справочник. Киев: Наукова думка, 1985. 437 с. □
3. *Новицкий Л.А., Кожевников И.Г.* Теплофизические свойства материалов при низких температурах. Справочник. М.: Машиностроение, 1975. 216 с. Δ
4. *Зиновьев В.Е.* Теплофизические свойства металлов при высоких температурах. М.: Металлургия, 1989. 384 с. ○
5. *Дорогокупец П.И., Соколова Т.С., Данилов Б.С., Литасов К.Д.* Почти абсолютные уравнения состояния алмаза, Ag, Al, Au, Cu, Mo, Nb, Pt, Ta, W для квазигидростатических условий // Geodynamics & Tectonophysics. 2012. Т. 3. № 2. С. 129. ■
6. *Новикова С.И.* Тепловое расширение твердых тел. М.: Наука, 1974. 292 с. ▲



3. Цветные, редкоземельные и радиоактивные металлы

Таблица 21.

Теоретические параметры для расчёта изобарических КЛТР металлов

Металл Параметр \	Al	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Cr	*Cs
<i>Базисная линия</i>									
a_0	0.6	0.64	0.76	0.78	0.65	1.1	0.81	0.56	—
T_{x0} , K	154	121	105	44	77	48	9	231	—
$q_1 \cdot 10^4$	90	60	20	0.7	50	42	1	30	—
q_2	32	34.9	22	17.1	28	34.6	7.4	10.9	—
<i>Фазовый переход</i>									
a_{01}	5.1	—	2.1	—	1.5	12.8	3.63	9.4	—
T_{x1} , K	900	—	1463	—	750	247	1052	282	—
q_{31}	1.2	—	3.8	—	3.3	—1.1	1.63	—0.7	—
a_{02}	—	—	—	—	4.5	26.0	—	3.4	—
T_{x2} , K	—	—	—	—	800	581	—	2043	—
q_{32}	—	—	—	—	0.7	0.44	—	2.7	—
a_{03}	—	—	—	—	11.8	—	—	—	—
T_{x3} , K	—	—	—	—	804	—	—	—	—
q_{33}	—	—	—	—	0.72	—	—	—	—

* – данные в литературе отсутствуют



Таблица 21 (продолжение)

Металл Параметр \	Cu	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Hf	Ho	In
<i>Базисная линия</i>									
a_0	0.76	0.81	0.86	0.78	0.6	0.78	0.88	0.85	0.59
T_{x0} , К	105	73	76	78	50	70	63	47	48
$q_1 \cdot 10^4$	20	17	16	8	59	8	21	0	35
q_2	22	9.4	11.6	23.9	22	8	7.1	9.6	37.2
<i>Фазовый переход</i>									
a_{01}	2.4	3.4	2.4	4.1	15.3	3.6	28.0	8.5	2.1
T_{x1} , К	1165	510	1516	306	80	584	2100	91	245
q_{31}	1.8	0.89	8	7.62	0.11	0.66	1.11	-4	1.2
a_{02}	7.3	1.8	-	8.7	-	2.8	-	2.5	2.6
T_{x2} , К	1403	997	-	396	-	1060	-	650	370
q_{32}	1.66	3.16	-	0.34	-	2	-	0.9	1.9
a_{03}	-	-	-	-	-	6.3	-	3.1	7.8
T_{x3} , К	-	-	-	-	-	1240	-	1105	400
q_{33}	-	-	-	-	-	2.3	-	2.2	1.8

Таблица 21 (продолжение)

Металл Параметр \	K	La	Li	Lu	Mg	Mn	Mo	Na	Nb
<i>Базисная линия</i>									
a_0	0.67	2.9	0.72	0.65	0.61	1.9	0.78	0.79	0.56
T_{x0} , К	30	83	133	37	132	93	121	98	103
$q_1 \cdot 10^4$	0	5	503	51	30	251	13	310	13
q_2	87	4.4	46.6	10.1	37.3	16.5	6.6	84	9.7
<i>Фазовый переход</i>									
a_{01}	8.1	0.8	-	3	2.8	2.9	1.8	-	-
T_{x1} , К	301	10	-	105	737	40	2926	-	-
q_{31}	4	0.47	-	1.92	1.83	-18	0.95	-	-
a_{02}	-	0.96	-	2.9	6.8	-	-	-	-
T_{x2} , К	-	930	-	173	823	-	-	-	-
q_{32}	-	3.6	-	1.2	0.86	-	-	-	-
a_{03}	-	1.6	-	8.0	-	-	-	-	-
T_{x3} , К	-	1340	-	308	-	-	-	-	-
q_{33}	-	6.93	-	0.25	-	-	-	-	-
a_{04}	-	-	-	4	-	-	-	-	-
T_{x4} , К	-	-	-	807	-	-	-	-	-
q_{34}	-	-	-	0.9	-	-	-	-	-

Таблица 21 (продолжение)

Металл Параметр \	Nd	Pb	Pr	Pu	Re	Sb	Sc	*Sm	Sn
<i>Базисная линия</i>									
a_0	0.81	0.8	5.8	0.89	2.5	0.78	0.73	—	0.34
T_{x0} , К	10	26	24	90	53	60	78	—	84
$q_1 \cdot 10^4$	74	91	79	690	16	0	12	—	160
q_2	3.6	31.8	1	53	4.3	14.14	13	—	26
<i>Фазовый переход</i>									
a_{01}	1.5	5.1	2.8	—	5.9	1.5	1.4	—	4.7
T_{x1} , К	24	601	73	—	423	740	1803	—	454
q_{31}	7	0.9	2.1	—	-0.28	0.6	2.6	—	1.5
a_{02}	2.6	—	2.3	—	4.8	—	—	—	—
T_{x2} , К	121	—	113	—	552	—	—	—	—
q_{32}	3.3	—	2.67	—	-0.4	—	—	—	—
a_{03}	2.4	—	2.7	—	6.3	—	—	—	—
T_{x3} , К	300	—	167	—	677	—	—	—	—
q_{33}	1.2	—	1.03	—	-0.19	—	—	—	—
a_{04}	6.8	—	2.1	—	4.8	—	—	—	—
T_{x4} , К	435	—	267	—	847	—	—	—	—
q_{34}	0.02	—	1.34	—	-0.54	—	—	—	—
a_{05}	2.0	—	4.4	—	4.1	—	—	—	—
T_{x5} , К	820	—	333	—	1137	—	—	—	—
q_{35}	-0.18	—	0.11	—	-0.96	—	—	—	—
a_{06}	6.3	—	1.1	—	4.8	—	—	—	—
T_{x6} , К	1207	—	530	—	1490	—	—	—	—
q_{36}	0.94	—	-0.4	—	-1.08	—	—	—	—

* – данные в литературе отсутствуют



Таблица 21 (продолжение)

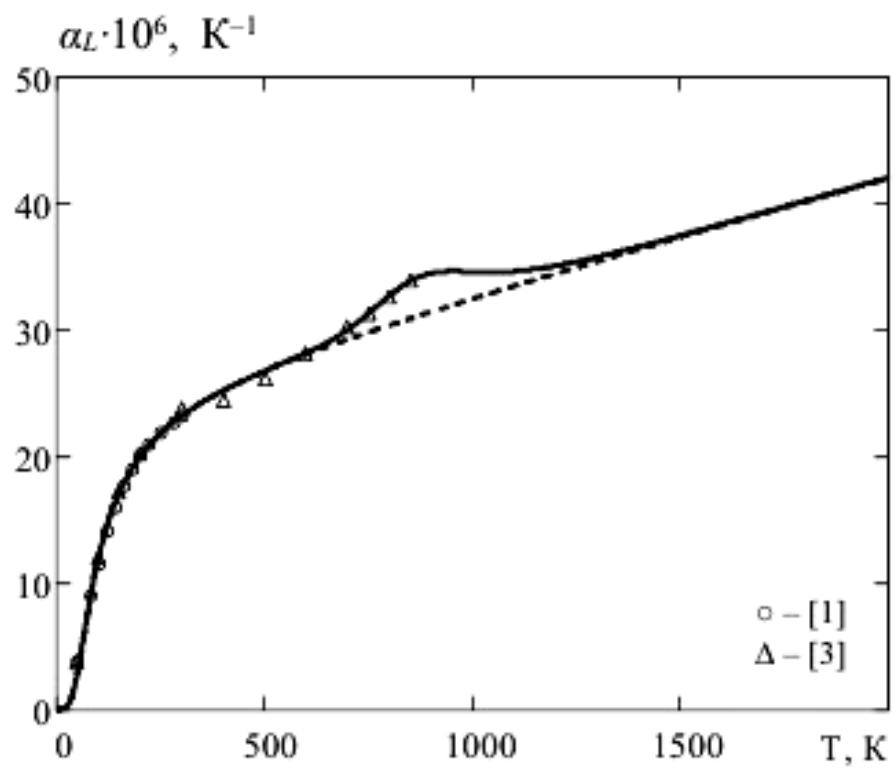
Металл Параметр \	Sr	Ta	Tb	*Tc	Te	Th	Ti	Tl
<i>Базисная линия</i>								
a_0	0.72	0.78	3.7	—	0.84	0.95	0.78	1.8
T_{x0} , К	47	71	248	—	35	52	122	24
$q_1 \cdot 10^4$	42	6	53	—	89	59	30.7	205
q_2	27.6	8.2	6.85	—	20	11.6	10.3	24.8
<i>Фазовый переход</i>								
a_{01}	0.9	1.6	6.6	—	—	4.6	4.4	2.83
T_{x1} , К	6	3100	517	—	—	241	422	485
q_{31}	— 0.11	0.7	0.05	—	—	— 0.23	— 0.08	— 1.667
a_{02}	6.9	—	14.0	—	—	3.1	6	—
T_{x2} , К	9.6	—	650	—	—	586	900	—
q_{32}	0.038	—	— 0.012	—	—	0.2	0.16	—
a_{03}	—	—	—	—	—	—	15.5	—
T_{x3} , К	—	—	—	—	—	—	990	—
q_{33}	—	—	—	—	—	—	0.06	—

* – данные в литературе отсутствуют

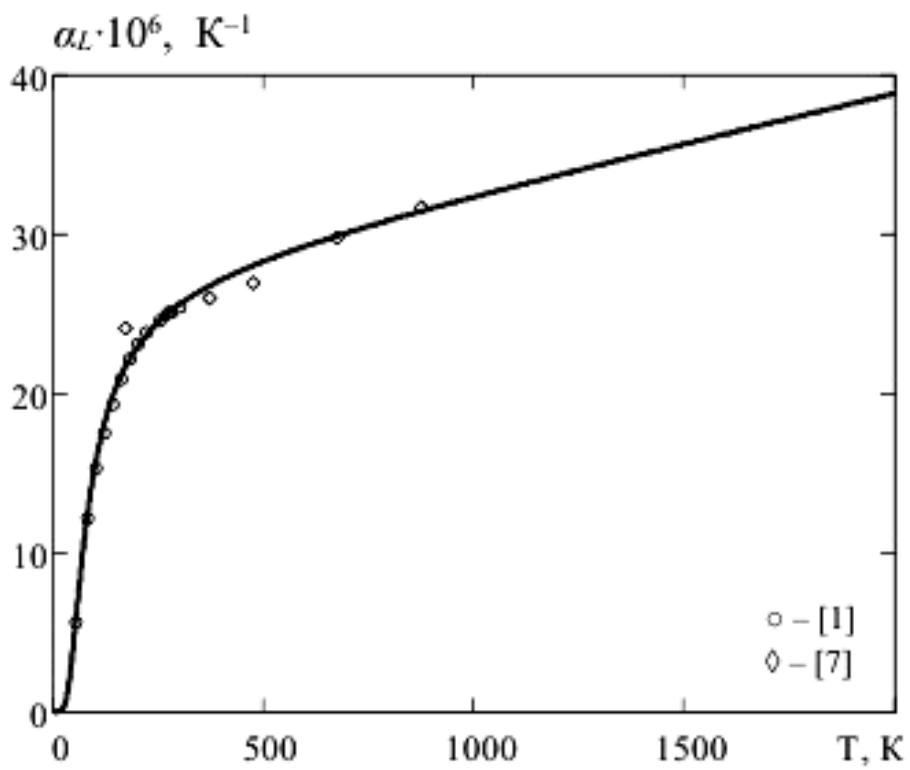
Таблица 21 (продолжение)

Металл Параметр \	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
<i>Базисная линия</i>								
a_0	2.8	0.86	0.73	0.41	0.96	1.2	0.95	0.72
T_{x0} , К	48	17	109	165	88	10.2	56	89
$q_1 \cdot 10^4$	0	56	14.4	0	4	80	45	12
q_2	14.8	15	10.35	7.4	11.8	24.7	34.7	7.5
<i>Фазовый переход</i>								
a_{01}	10.8	1.1	1.4	1.8	1.3	3.4	8.4	1.6
T_{x1} , К	1110	497	1590	2890	1100	797	663	1180
q_{31}	0.48	0.8	3.46	1.96	0.72	2.14	0.7	0.8
a_{02}	—	2.8	4.7	2.9	4.2	9	—	5.2
T_{x2} , К	—	707	1680	3900	1187	908	—	1300
q_{32}	—	2.7	0.66	1.75	1.78	0.31	—	0.7
a_{03}	—	4.5	—	—	—	—	—	—
T_{x3} , К	—	960	—	—	—	—	—	—
q_{33}	—	2.54	—	—	—	—	—	—

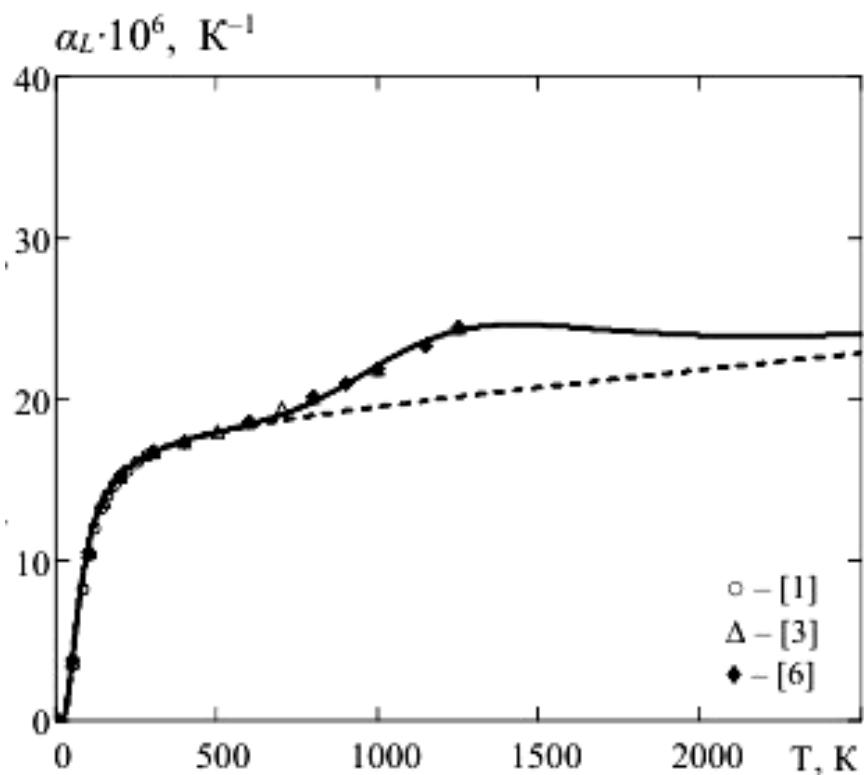
3.1. Алюминий, Al



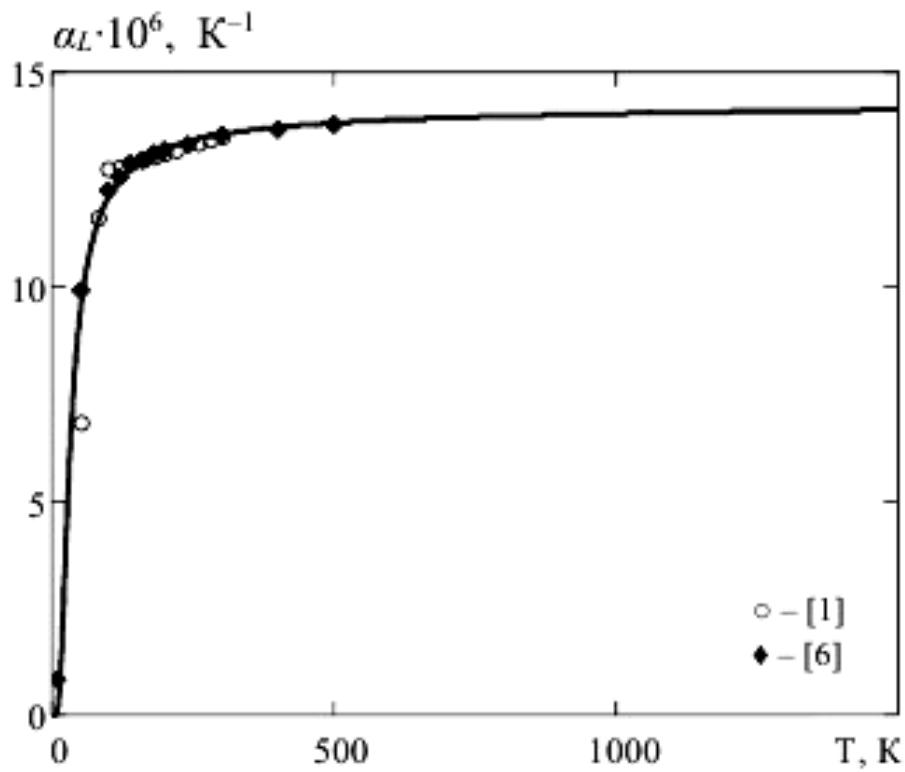
3.2. Барий, Ba



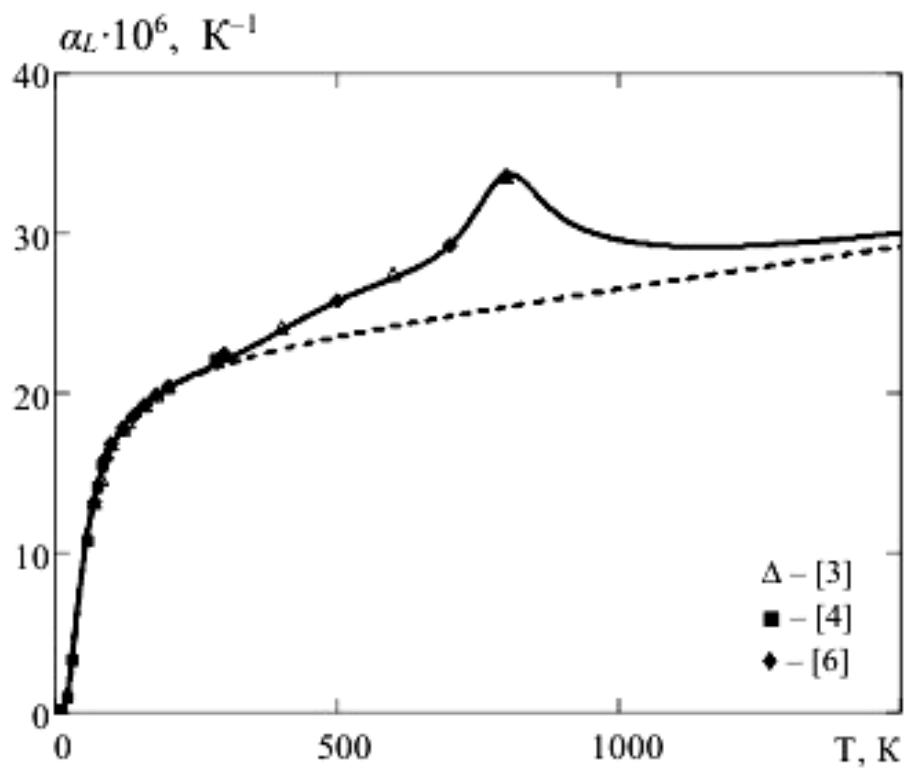
3.3. Б е р и л л и й , Be



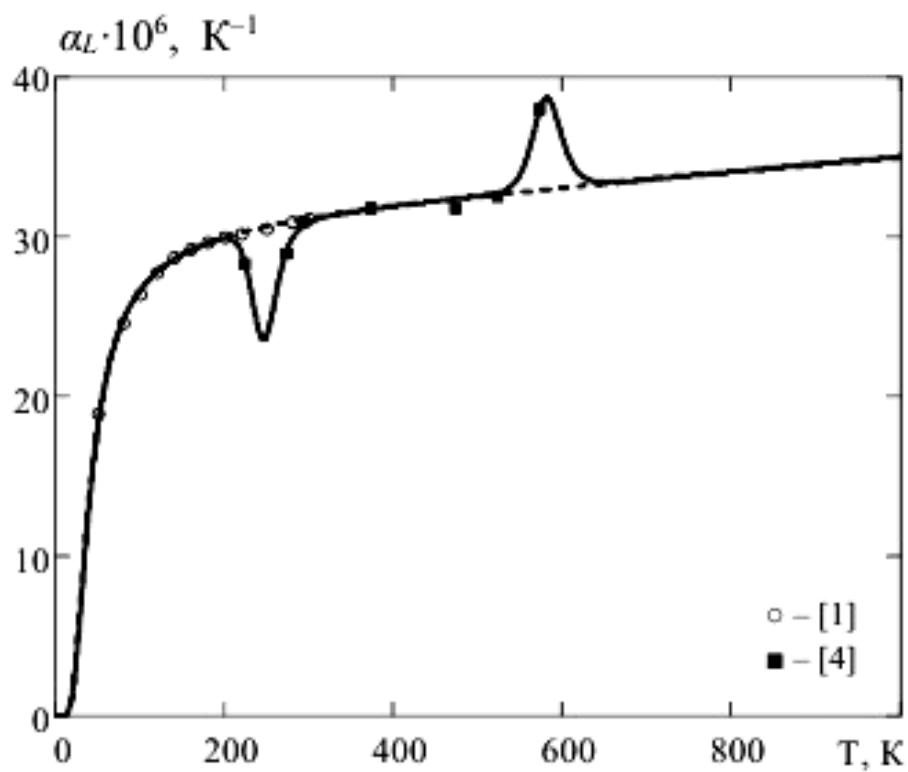
3.4. В и с м у т , Bi



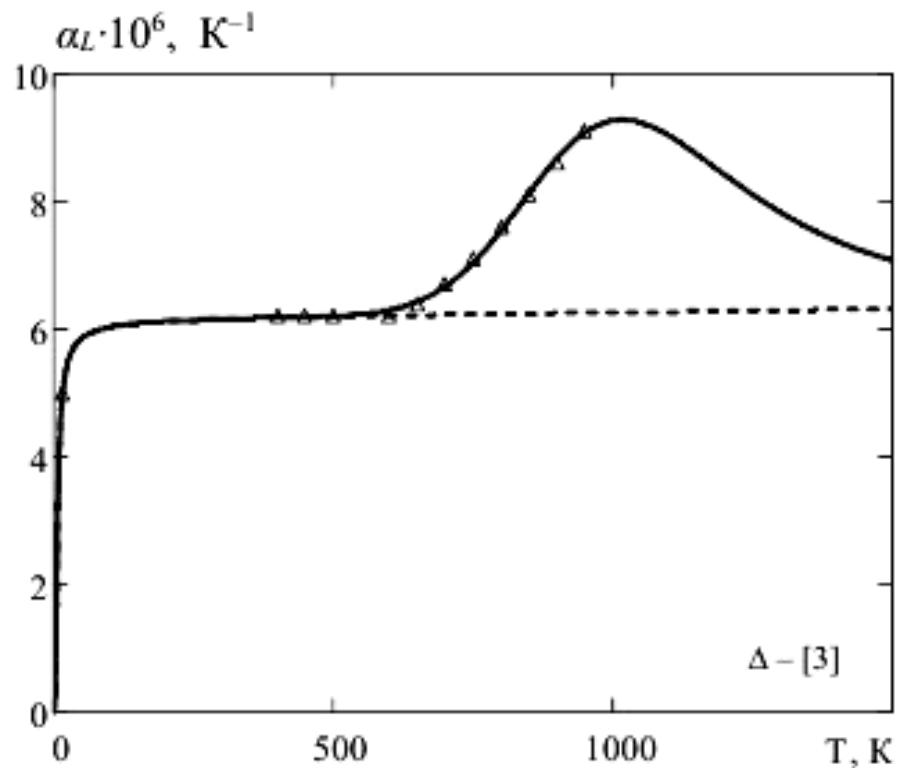
3.5. К альций, Ca



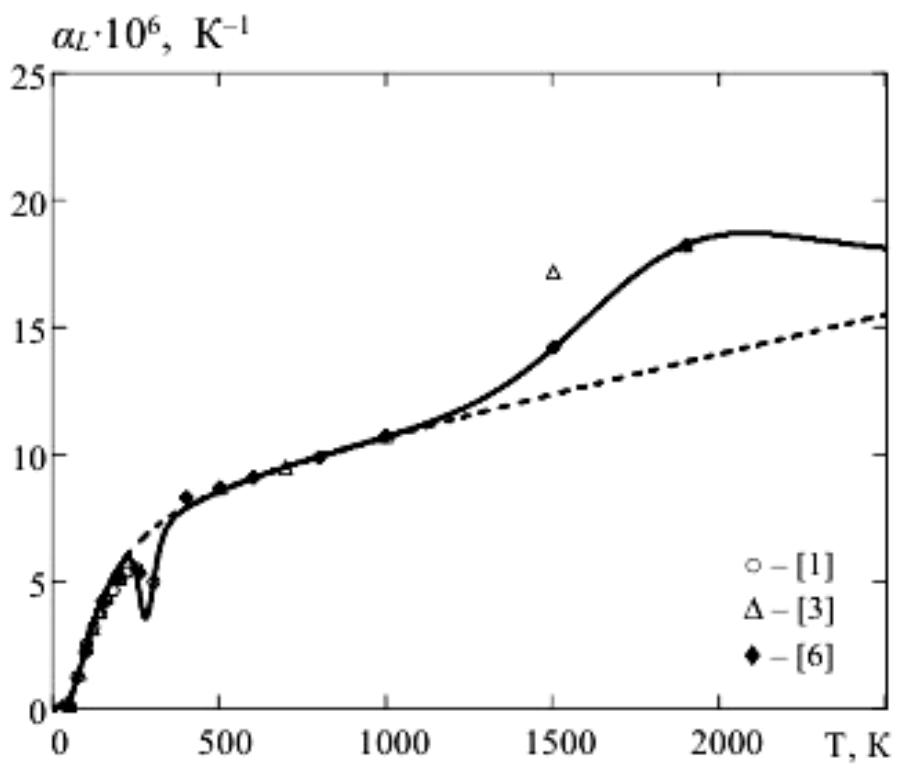
3.6. Кадмий, Cd



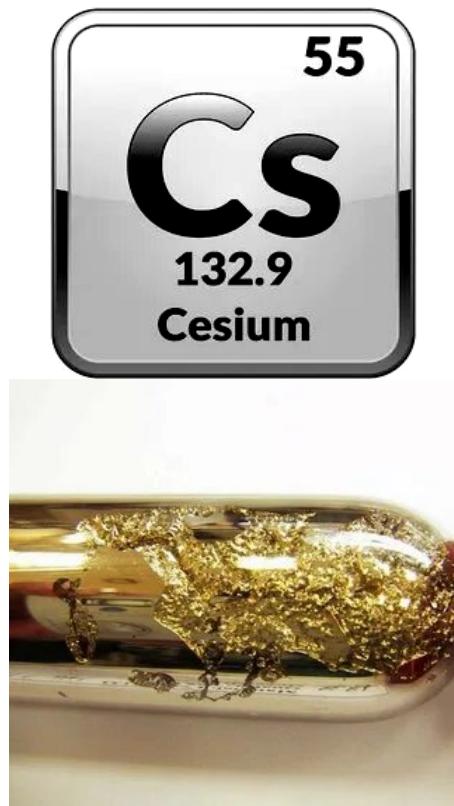
3.7. Ц е р и й , Ce



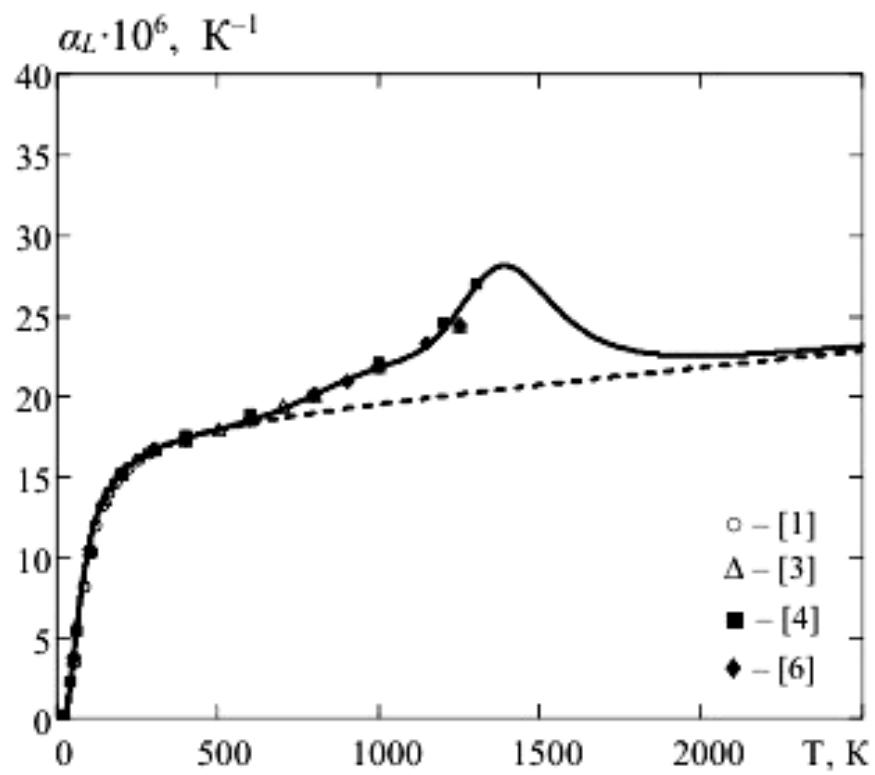
3.8. Х р о м , Cr



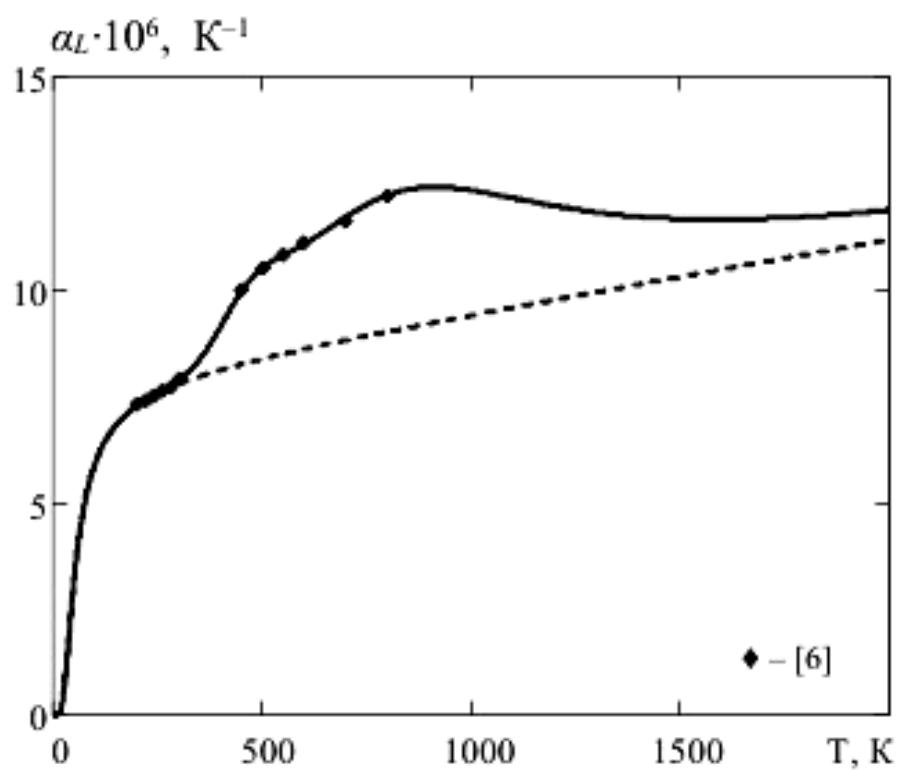
3.9. Цезий, Cs



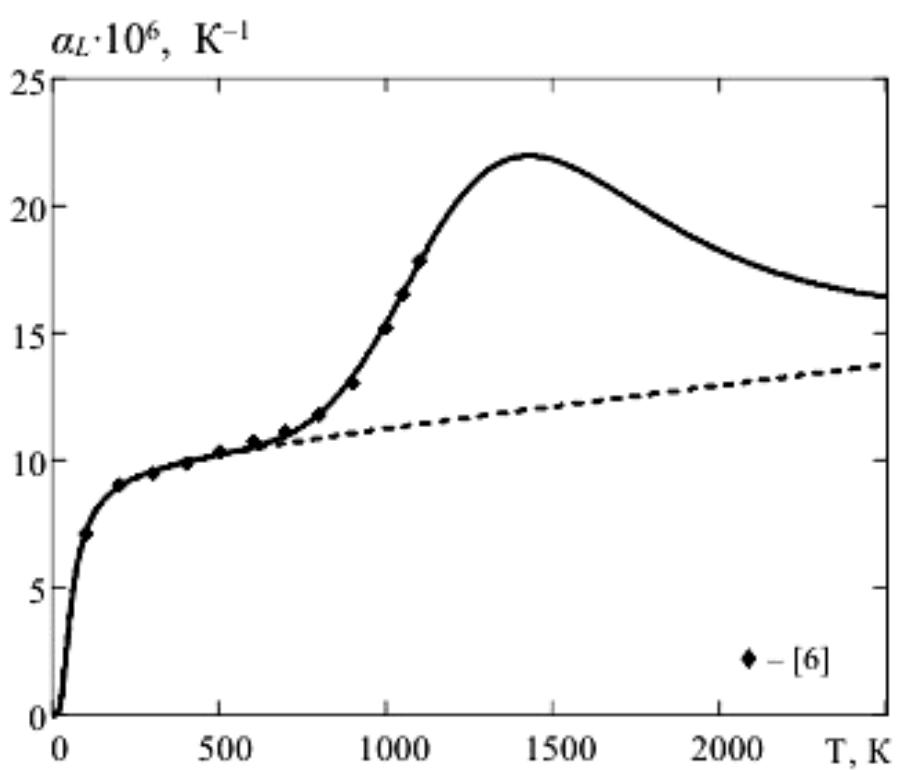
3.10. Медь, Cu



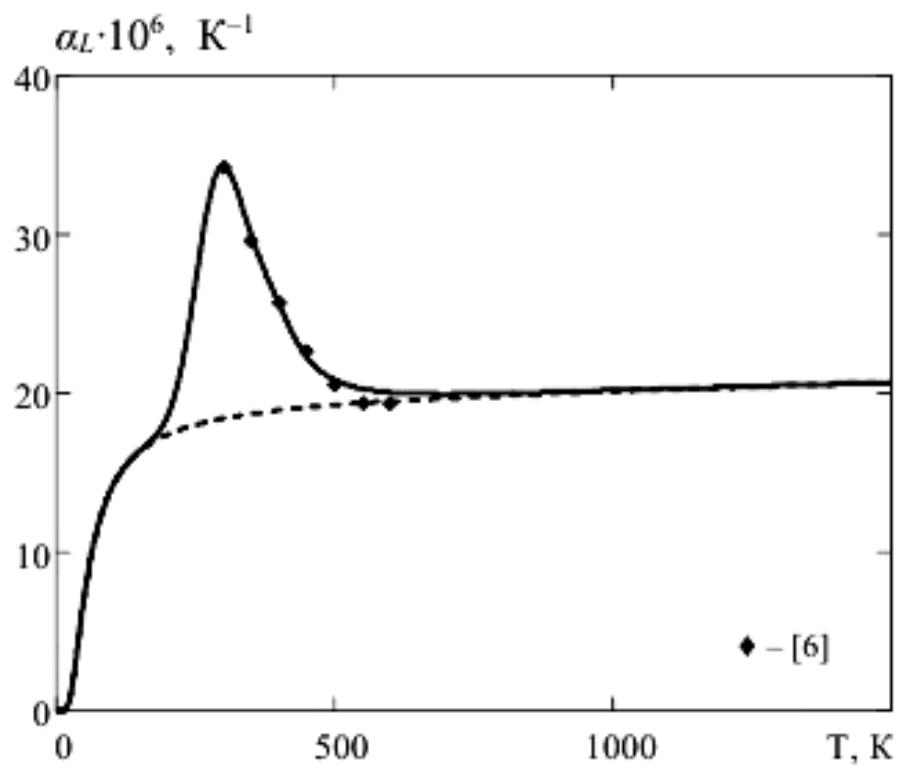
3.11. Диспрозий, Dy



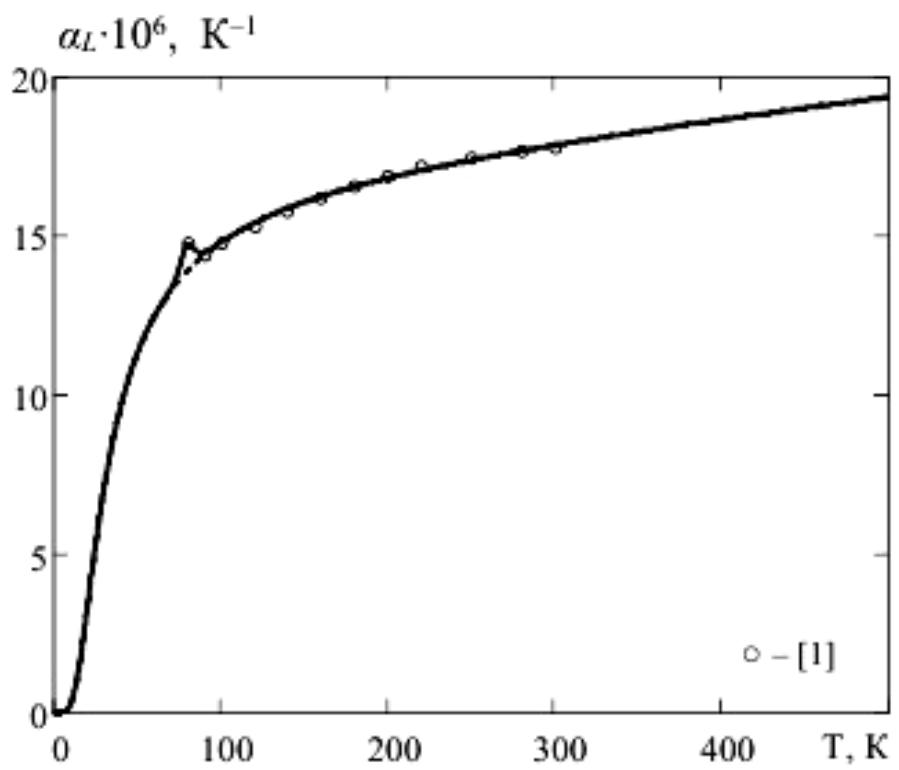
3.12. Эрбий, Er



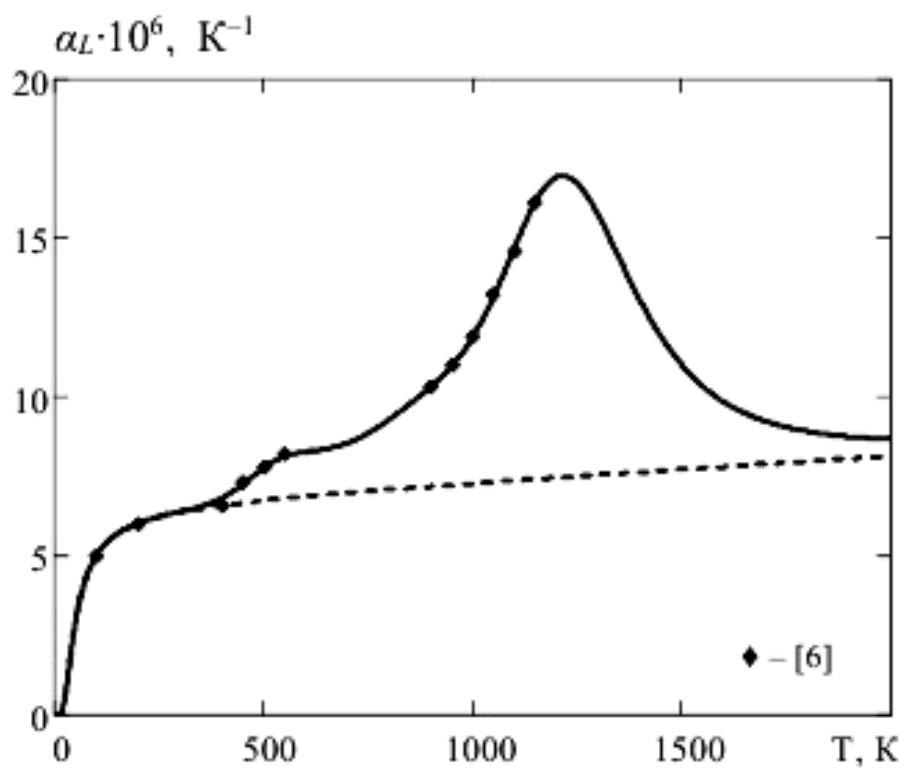
3.13. Европий, Eu



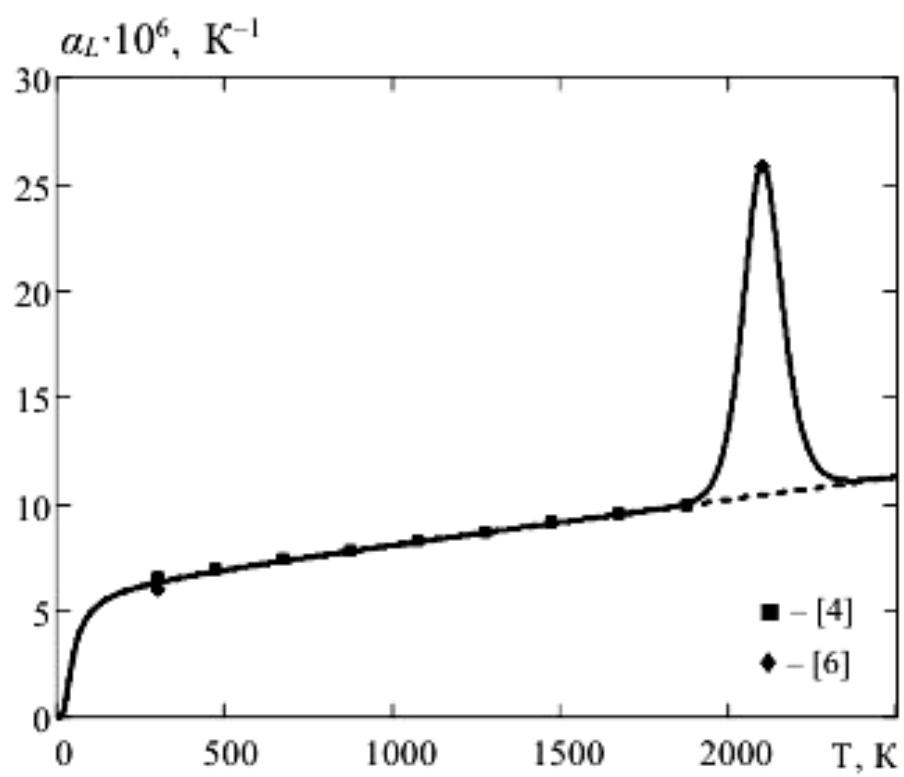
3.14. Галлий, Ga



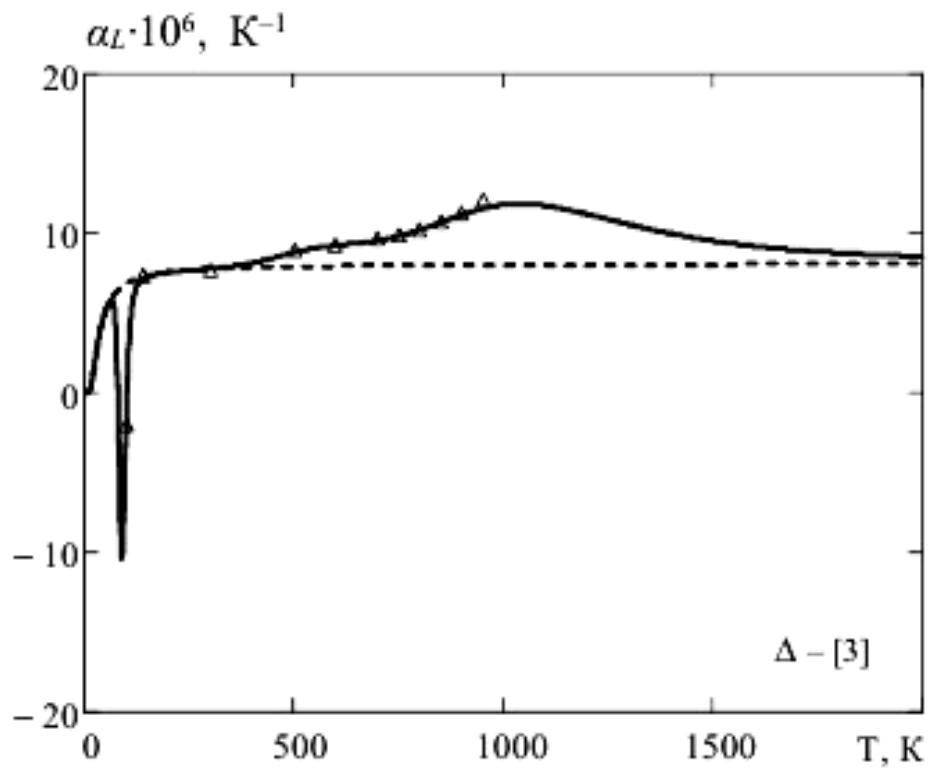
3.15. Гадолиний, Gd



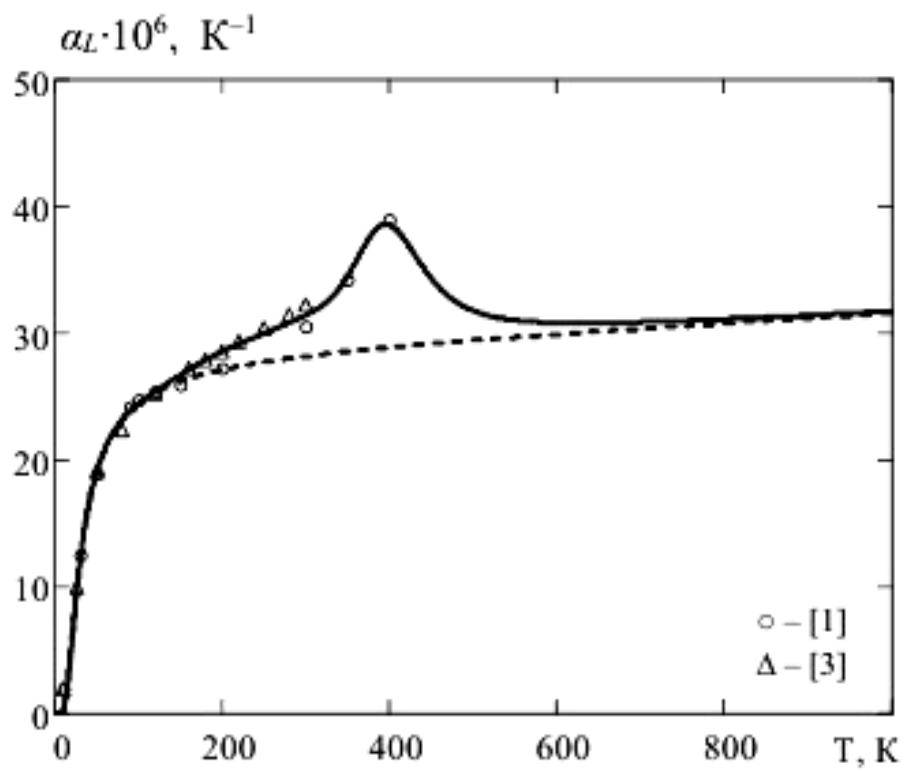
3.16. Гафний, Hf



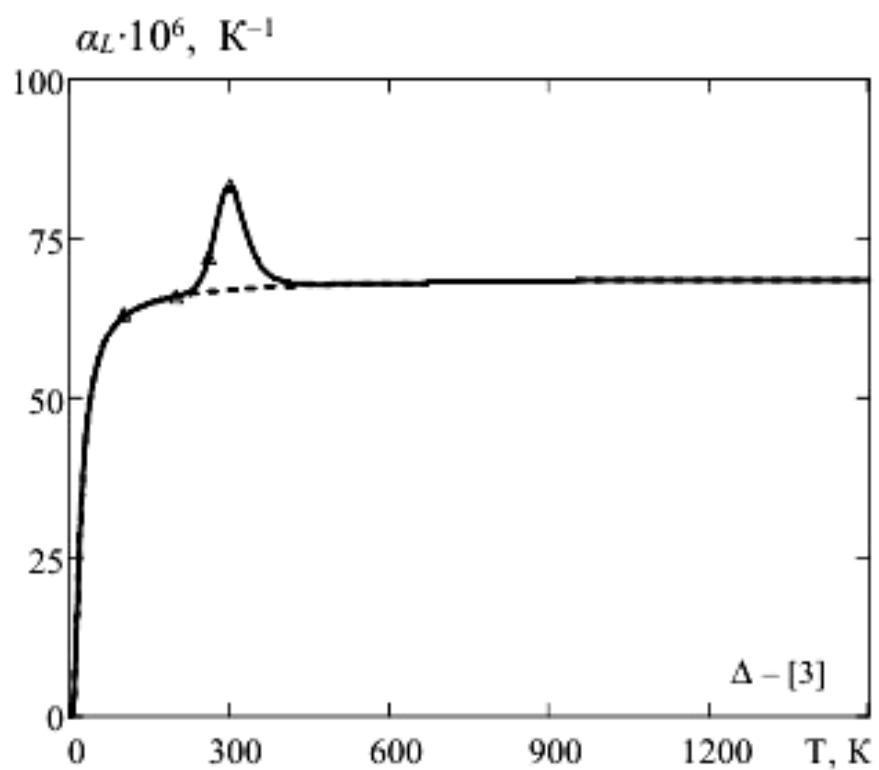
3.17. Г о л ь м и й , Ho



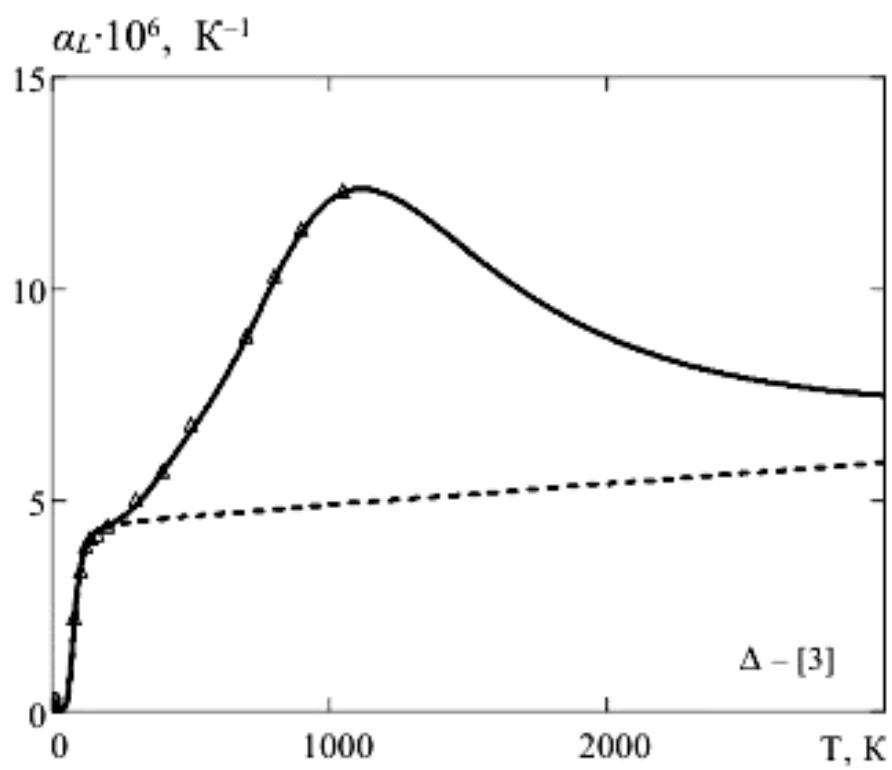
3.18. И н д и й , In



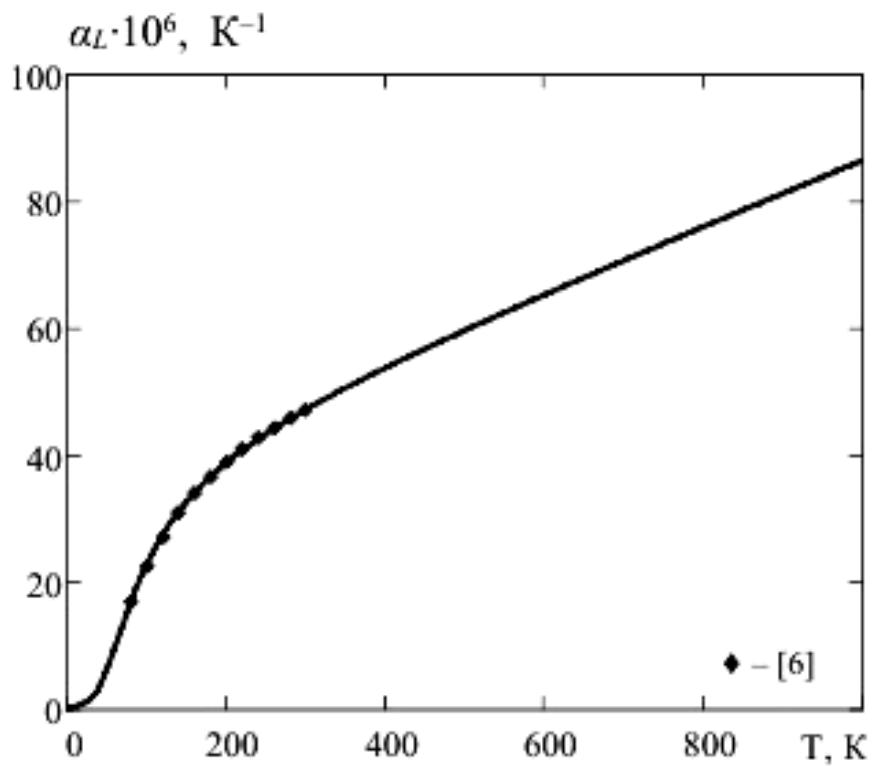
3.19. Калий, K



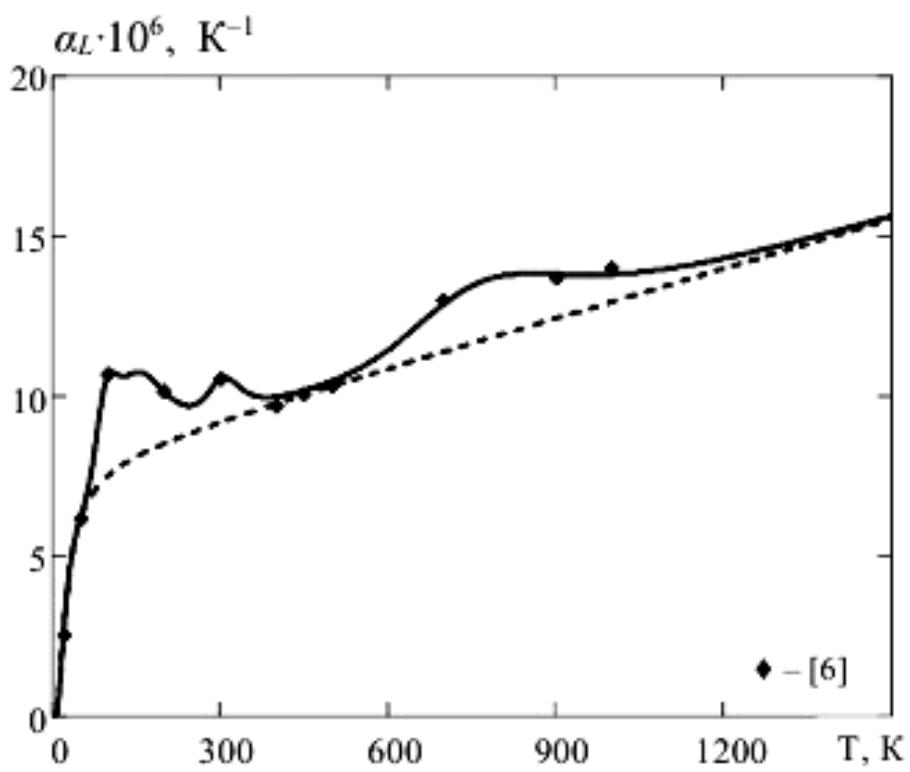
3.20. Лантан, La



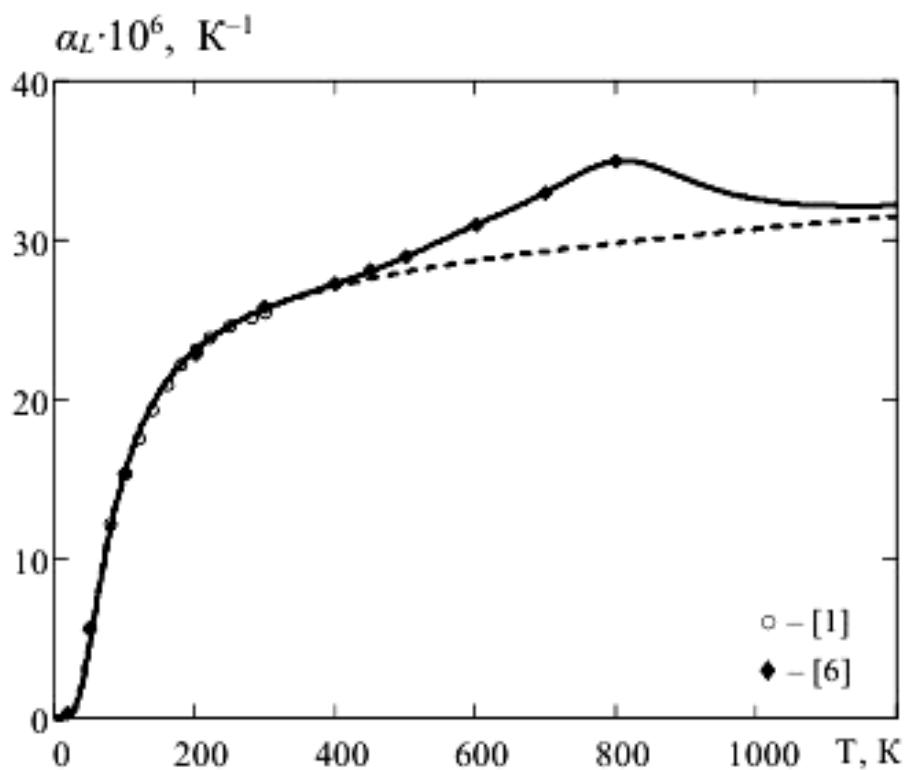
3.21. Л и т и й, Li



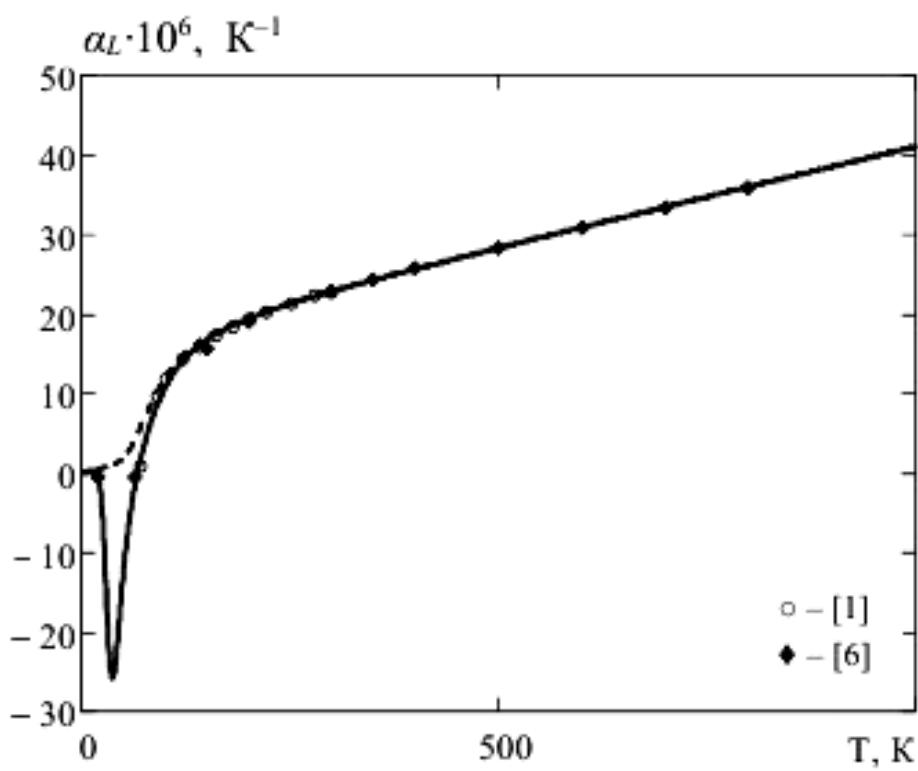
3.22. Л ю т е ц и й, Lu



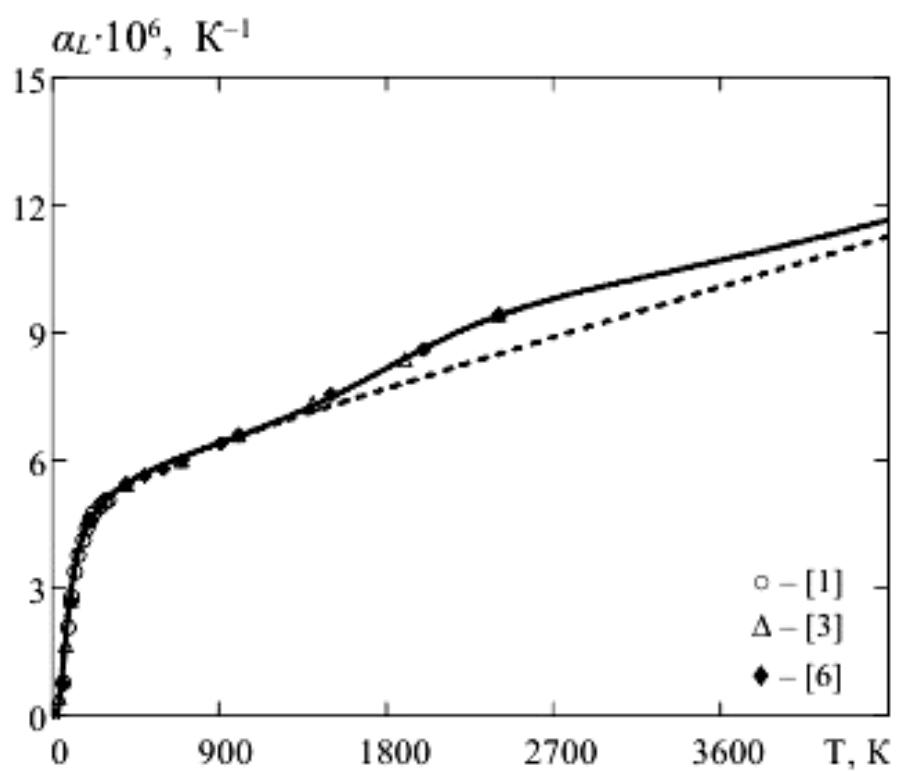
3.23. Магний, Mg



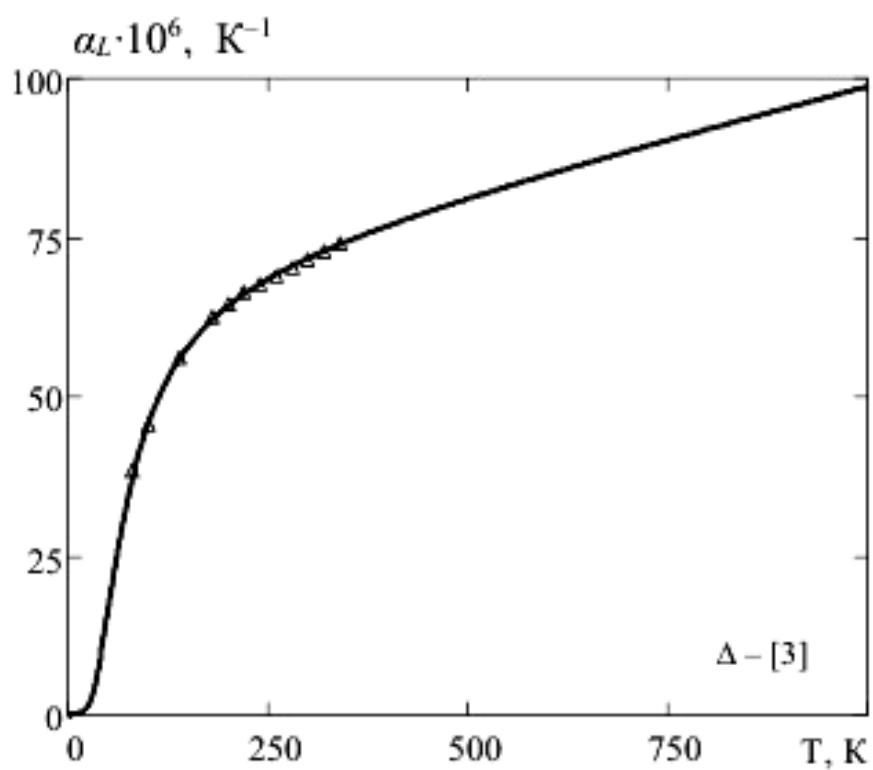
3.24. Марганец, Mn



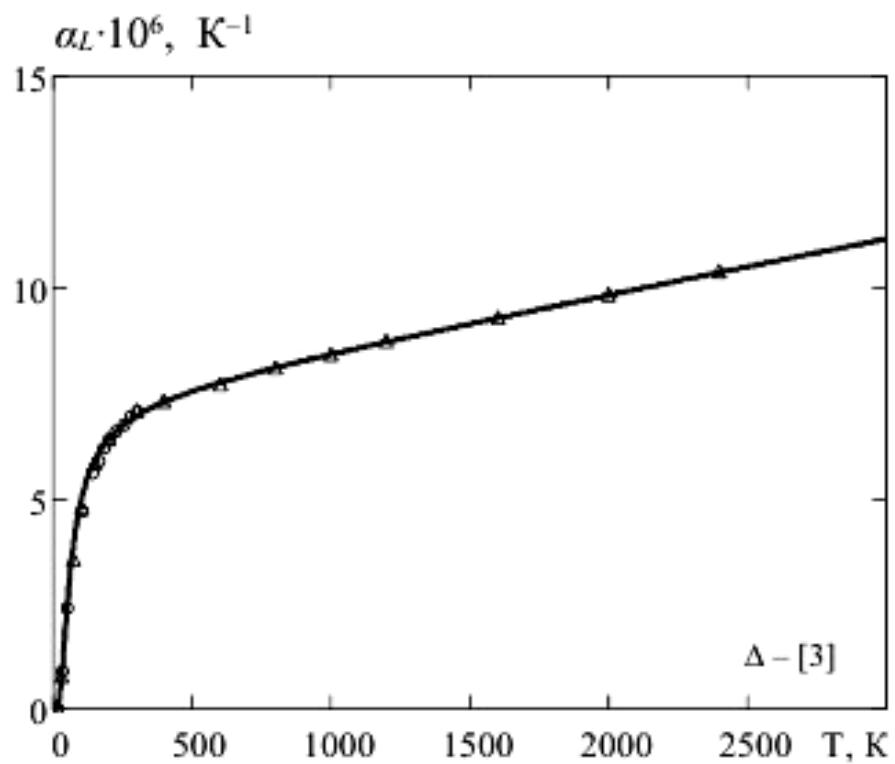
3.25. М о л и б д е н , Mo



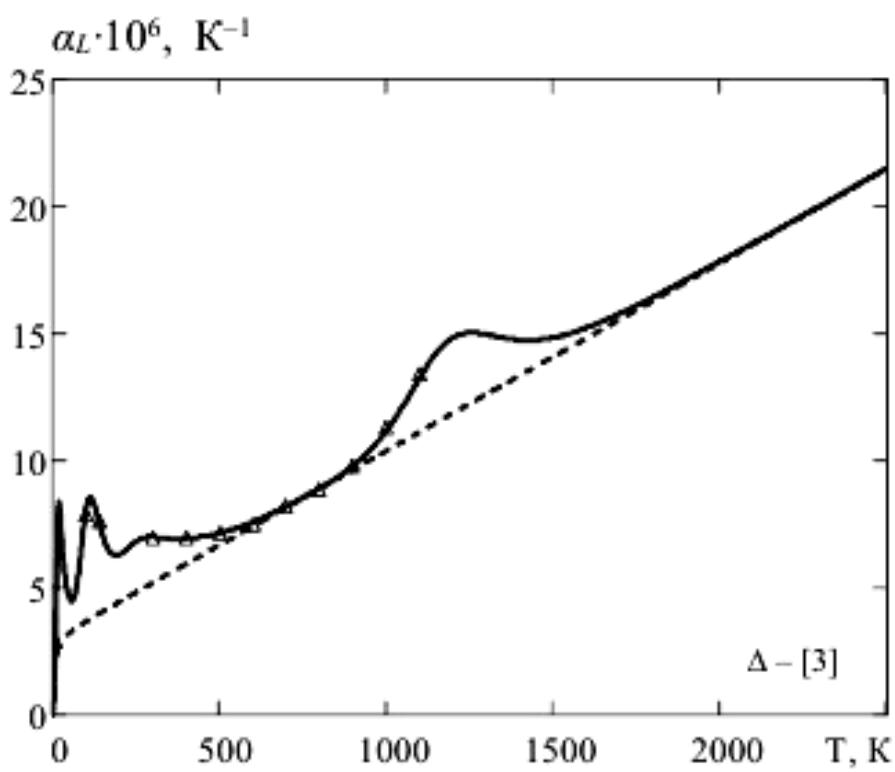
3.26. Н а т р и й , Na



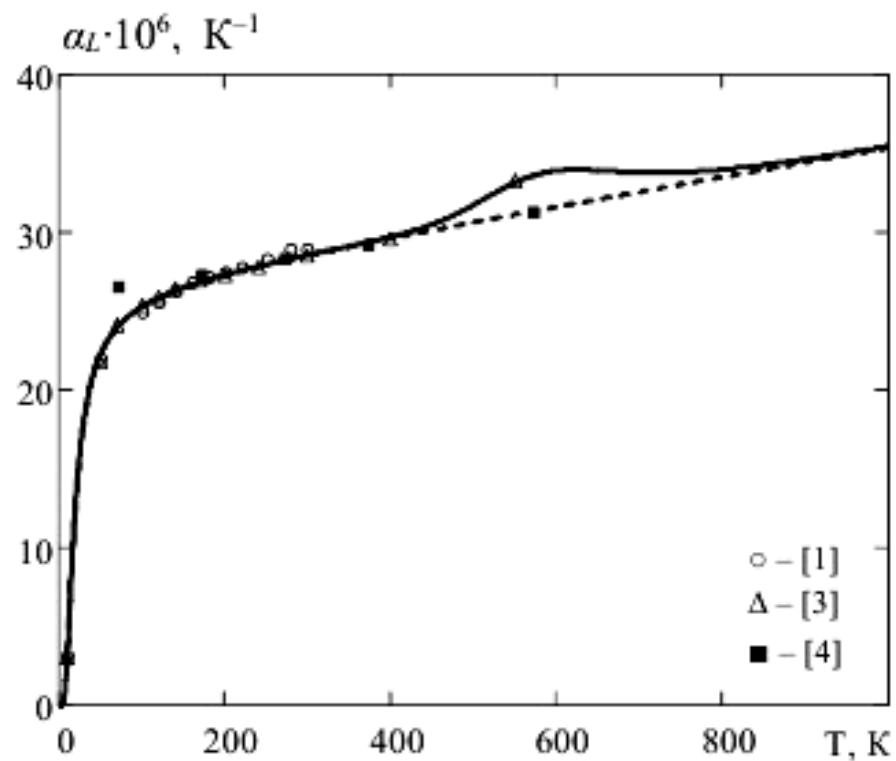
3.27. Н и о б и й , Nb



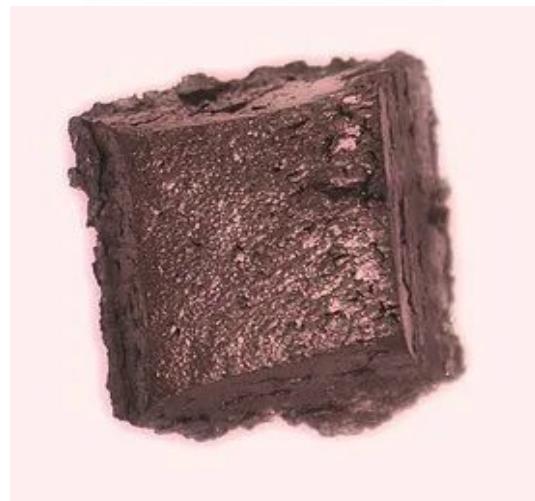
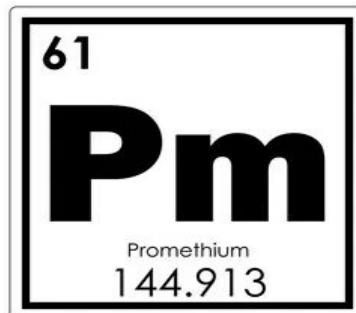
3.28. Н е о д и м , Nd



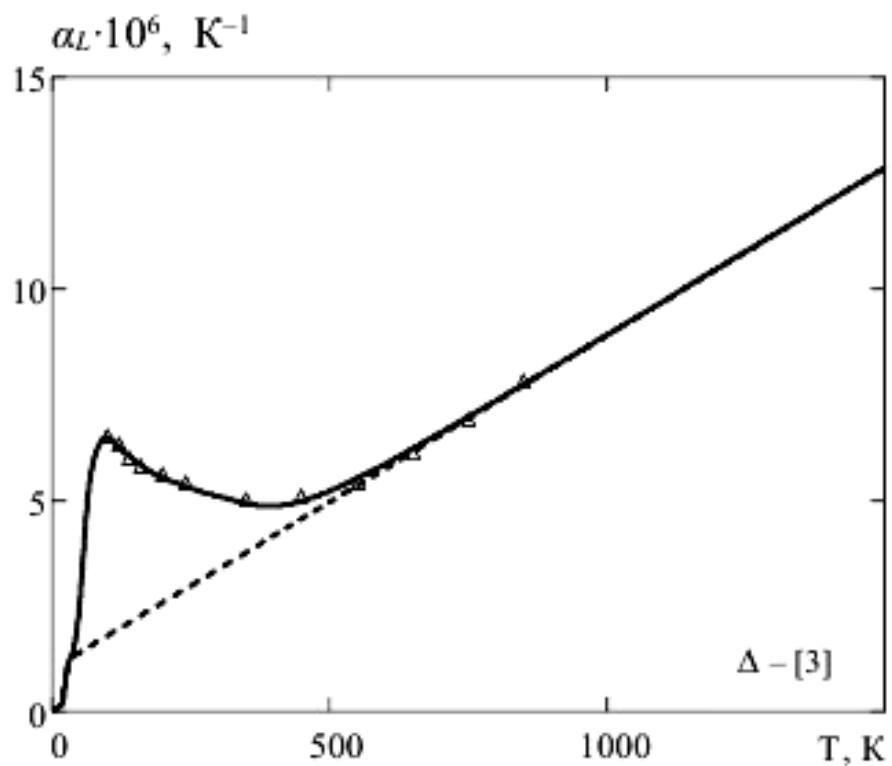
3.29. С в и н е ц , Pb



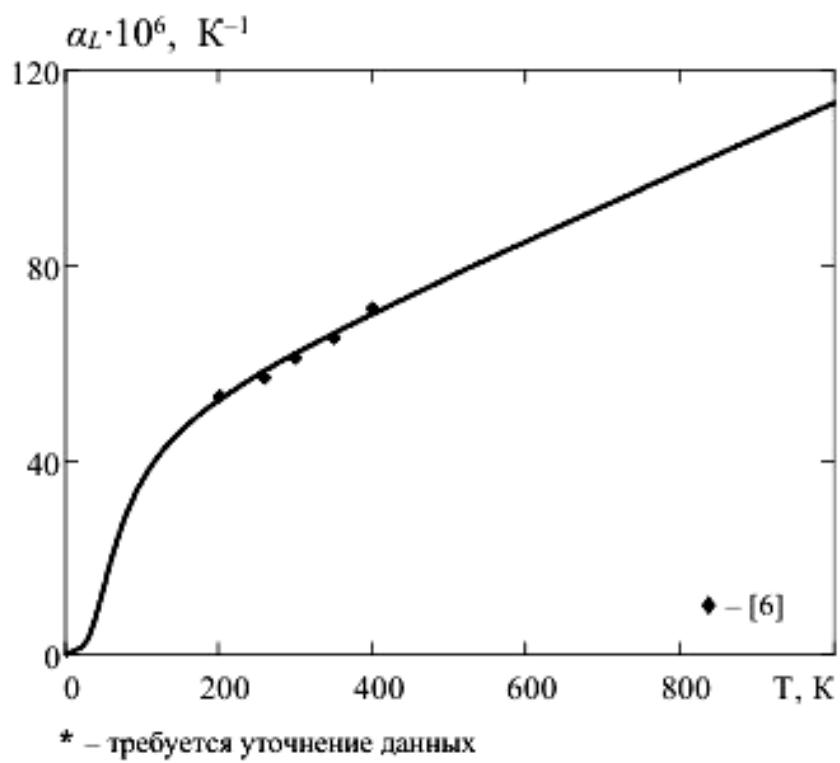
3.30. Прометий, Pm



3.31. Празеодим, Pr

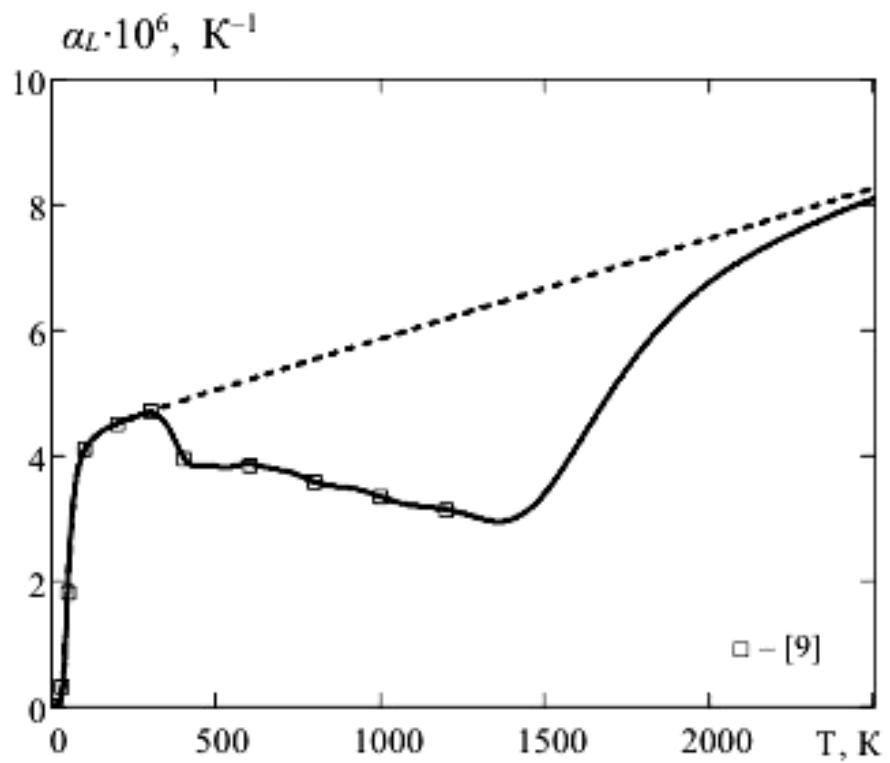


3.32. Плутоний, *Pu

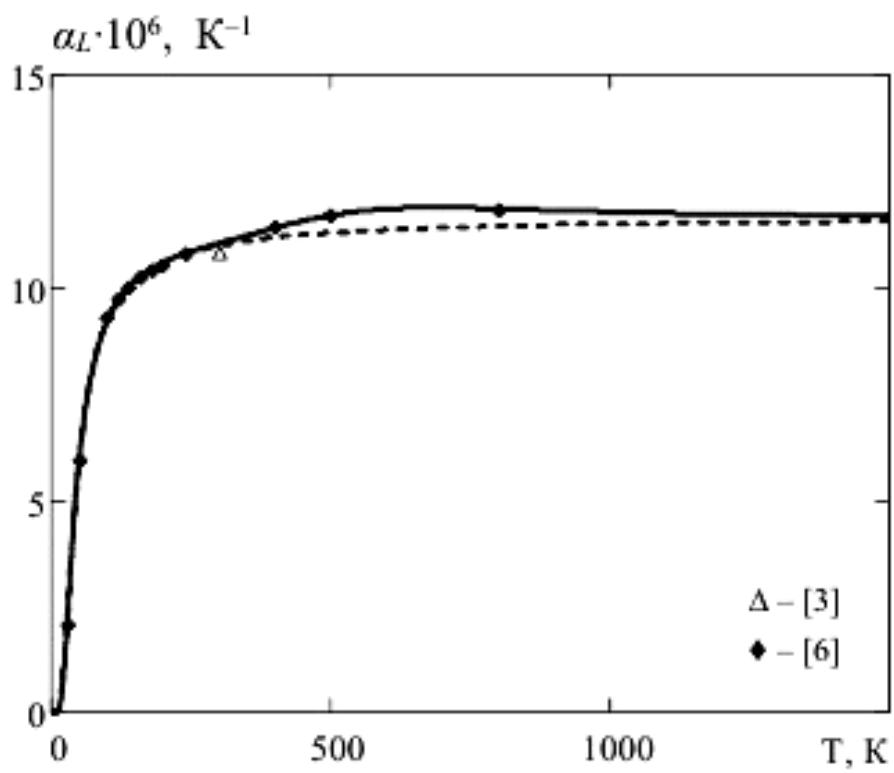


* – требуется уточнение данных

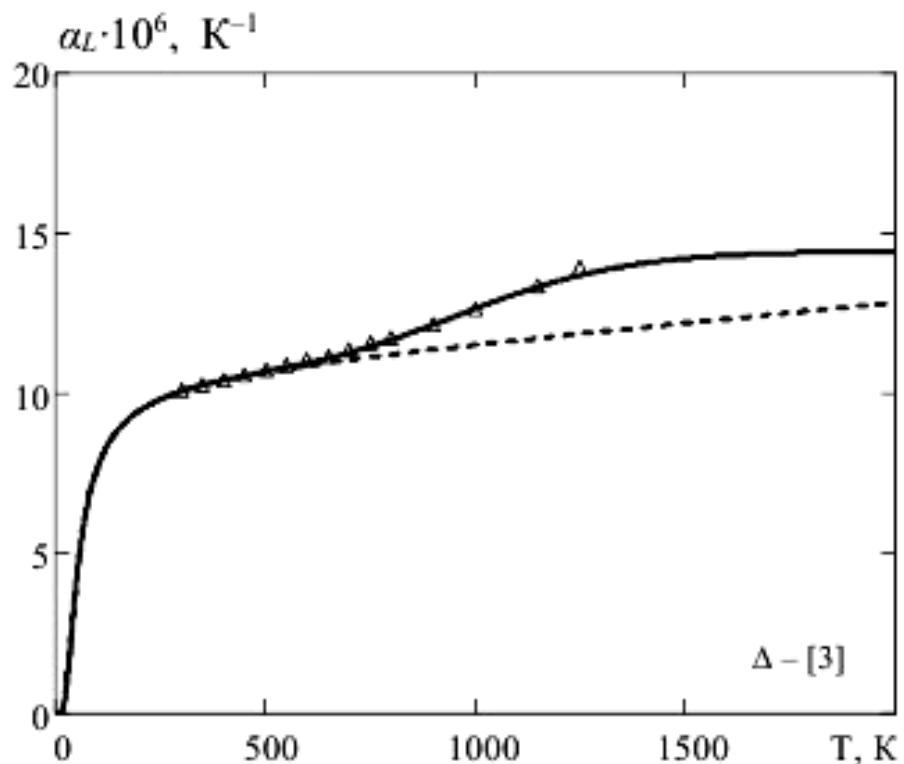
3.33. Рений, Re



3.34. Сурьма, Sb



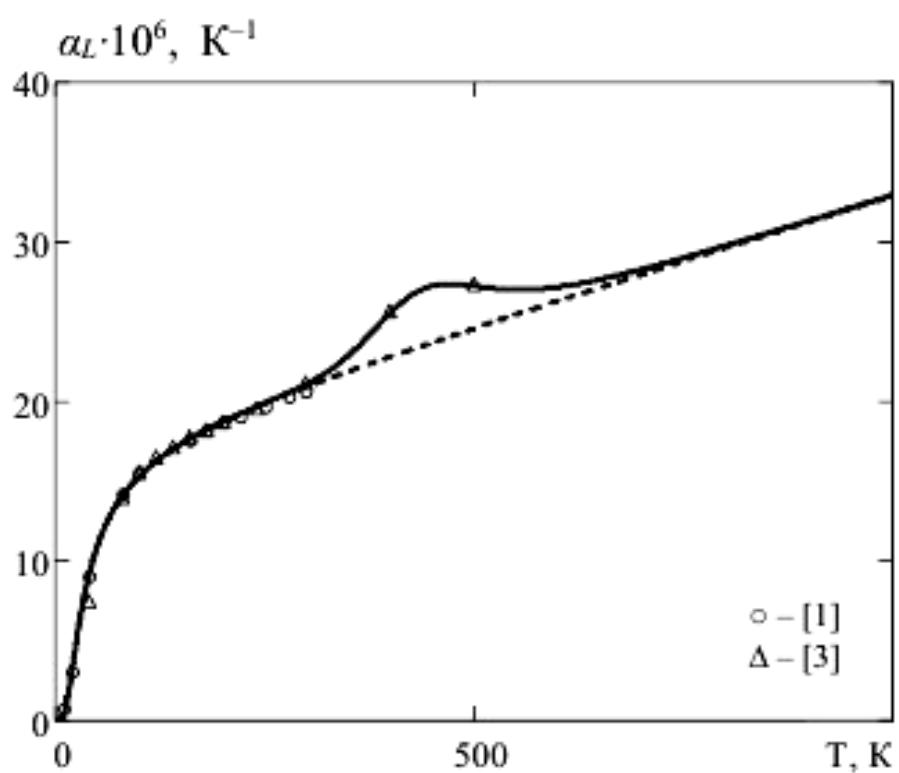
3.35. Скандий, Sc



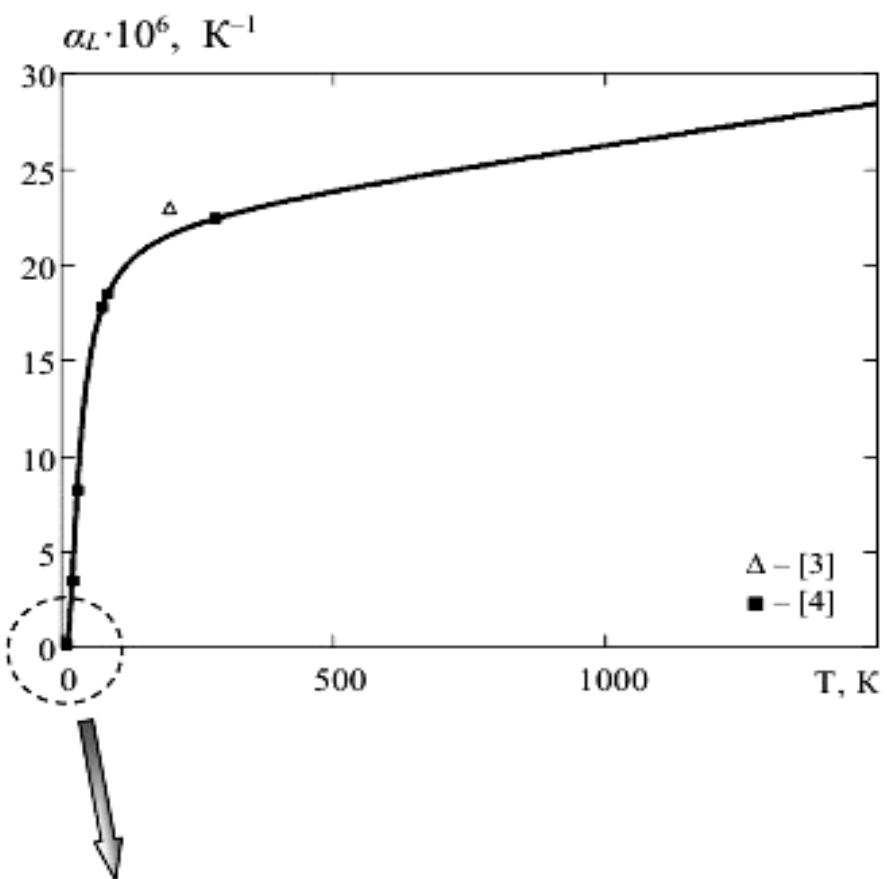
3.36. Самарий, Sm

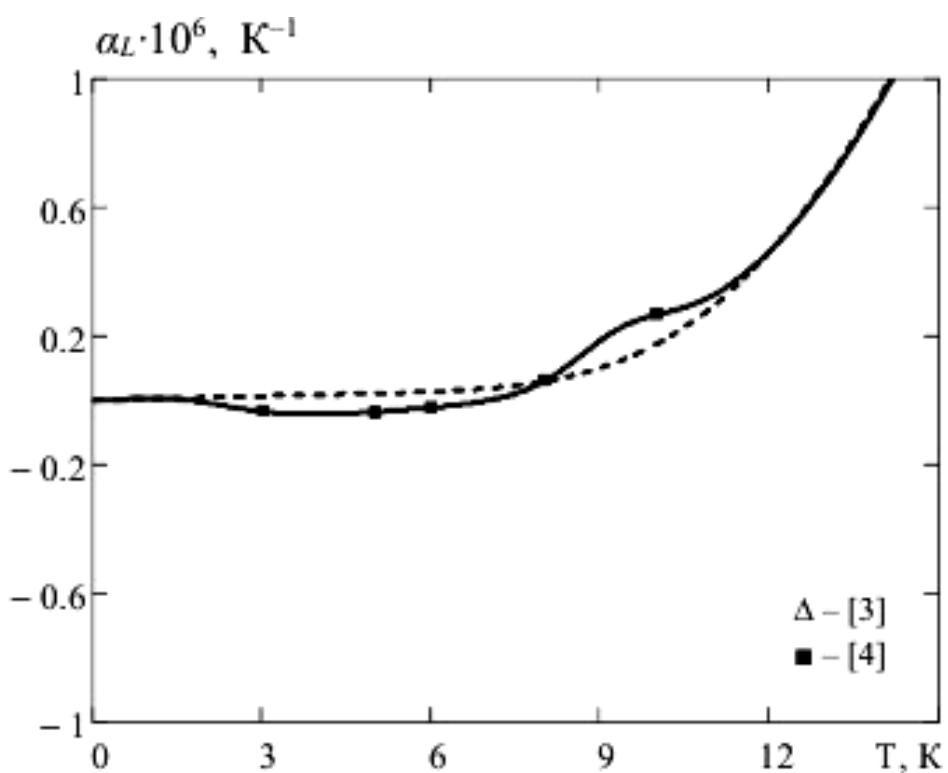


3.37. Олово, Sn

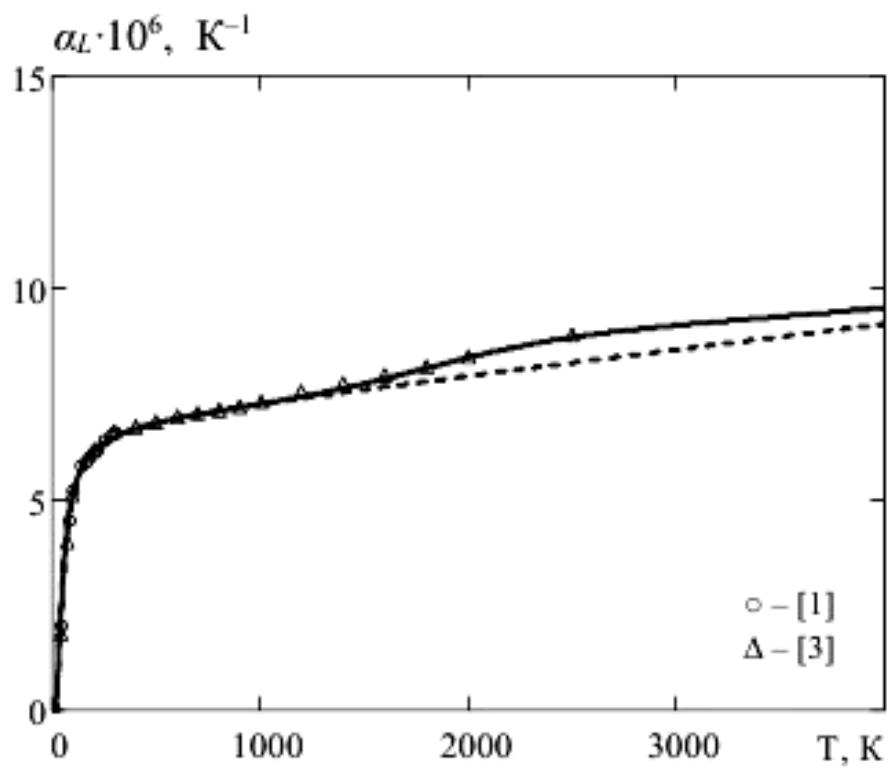


3.38. Странций, Sr

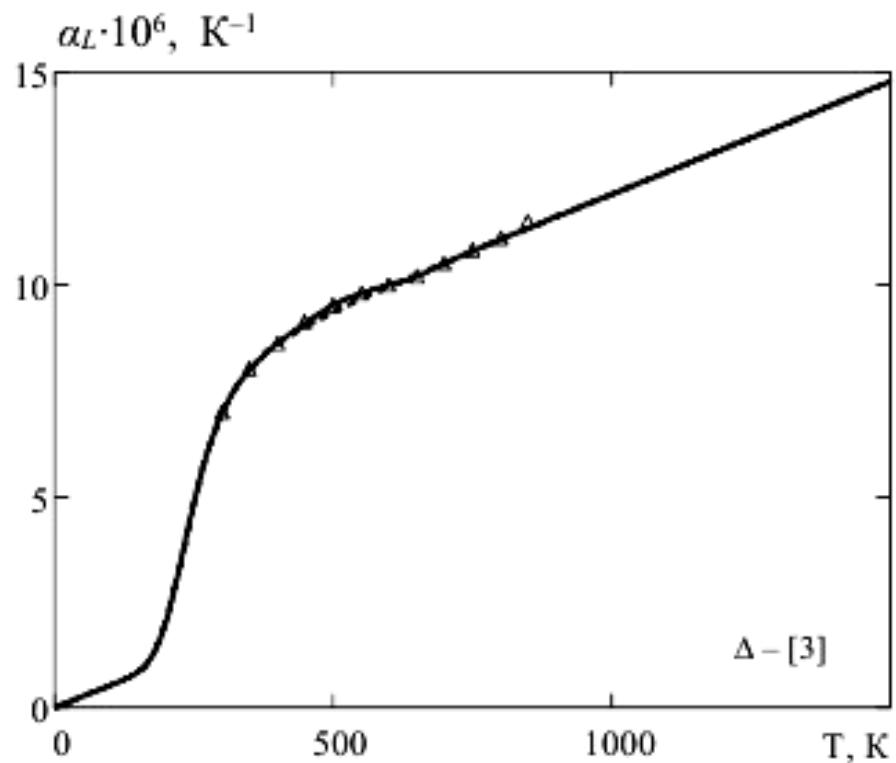




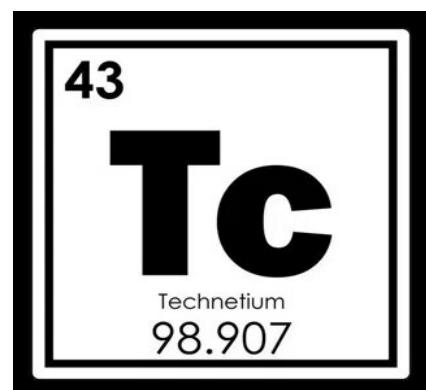
3.39. Та н т а л, Ta



3.40. Тербий, Tb

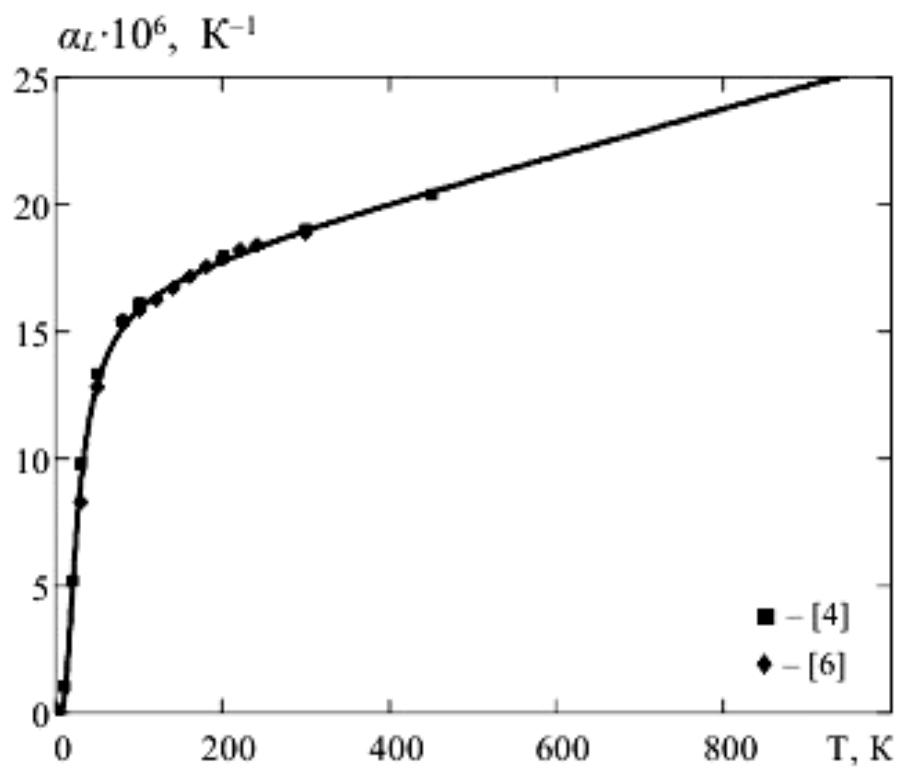


3.41. Технеций, Tc

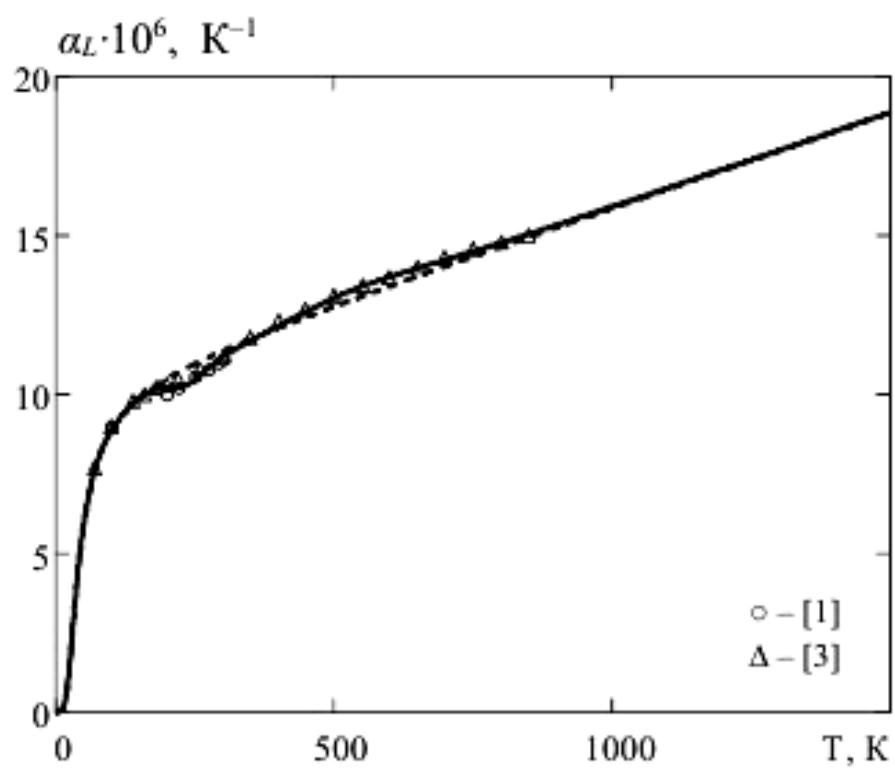


43 Tc
Technetium

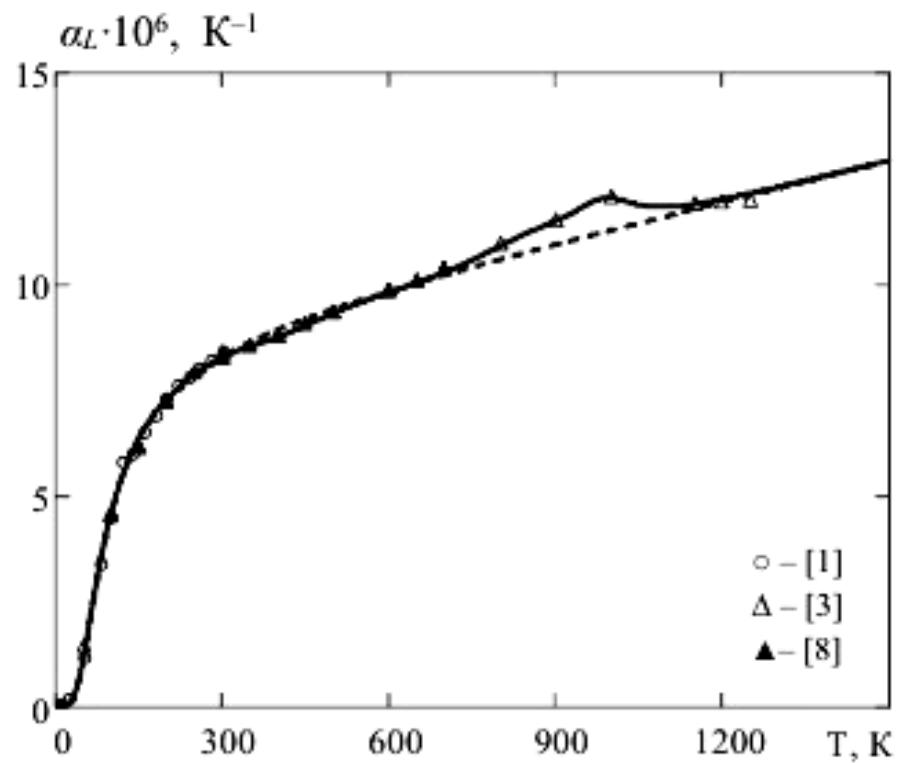
3.42. Теллур, Te



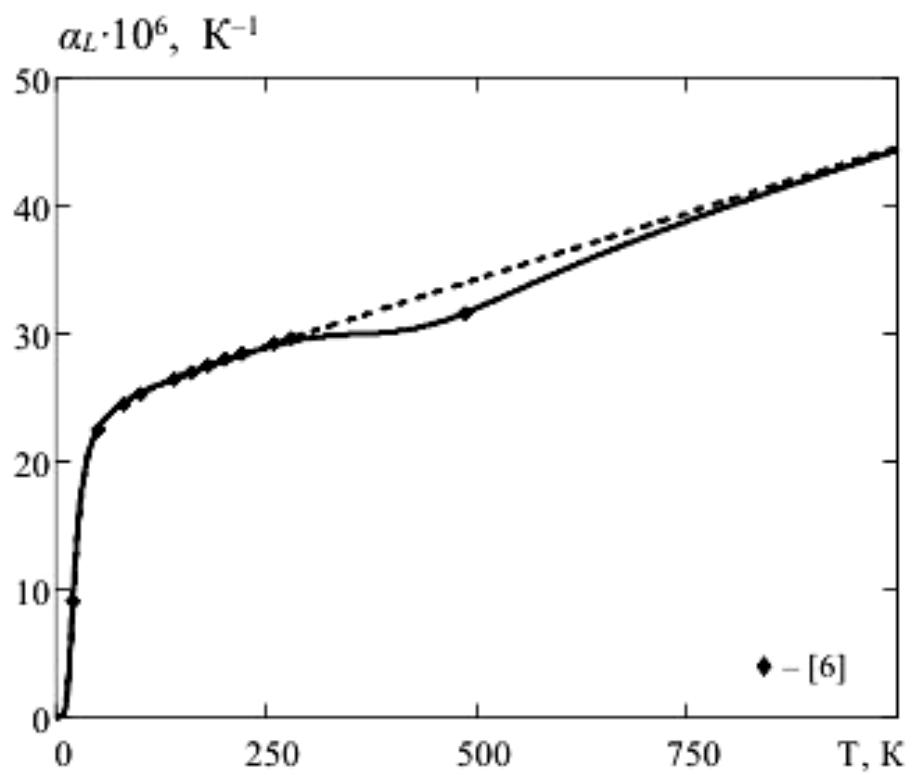
3.43. Торий, Th



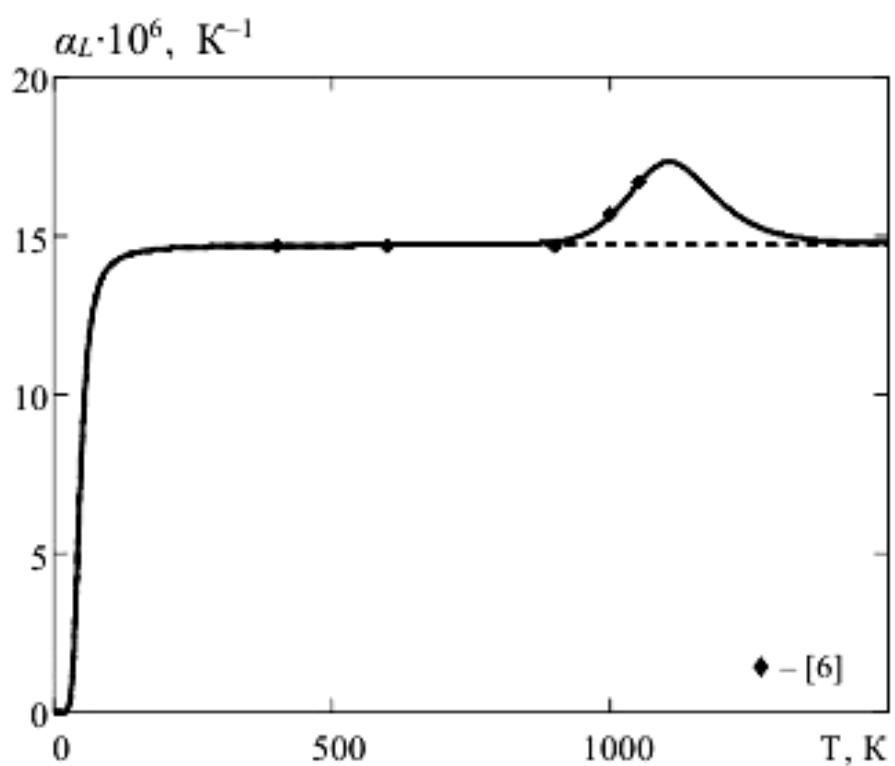
3.44. Титан, Ti



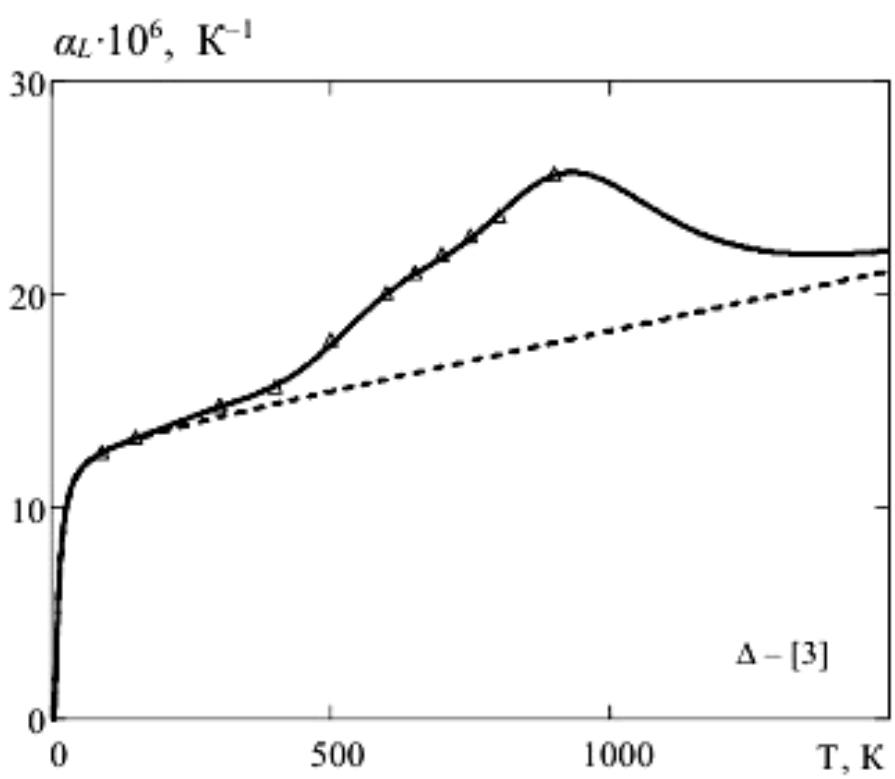
3.45. Таллий, Tl



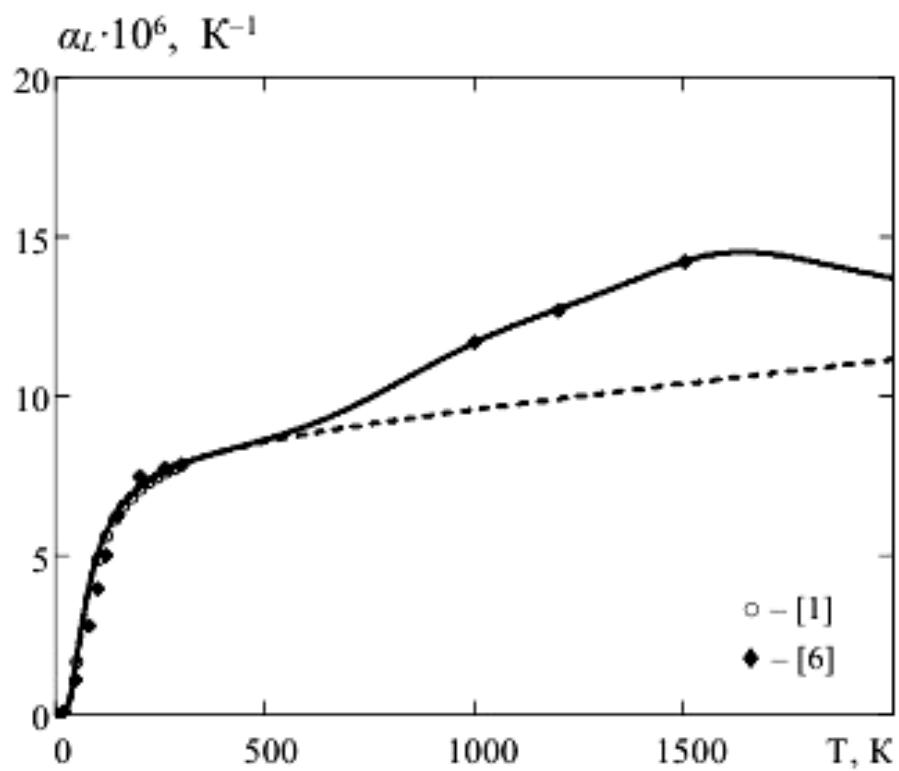
3.46. Т у л и й , Тм



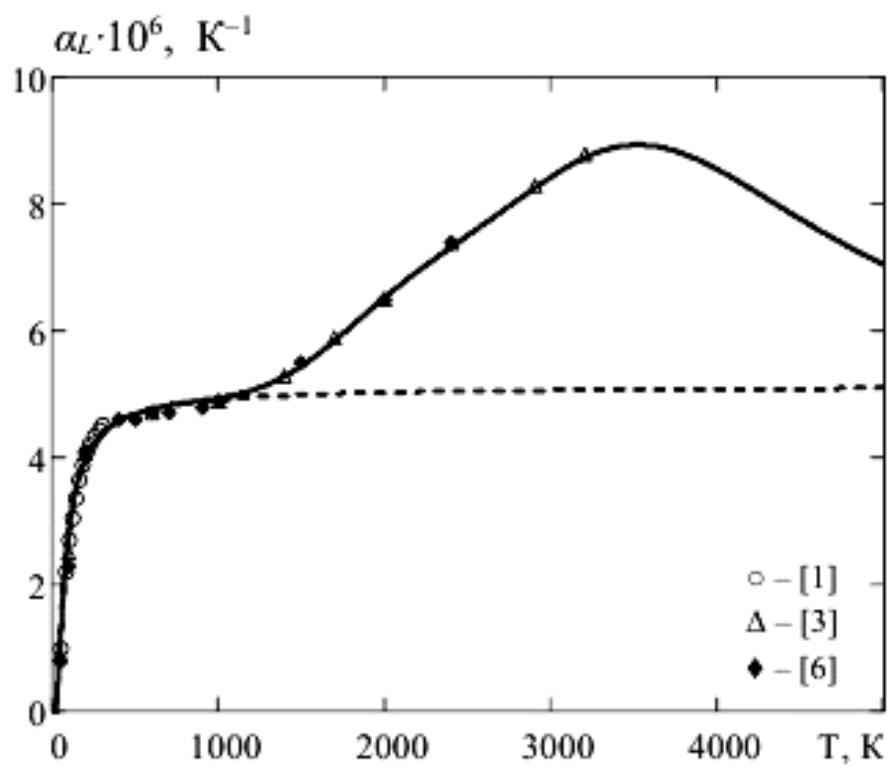
3.47. Уран , U



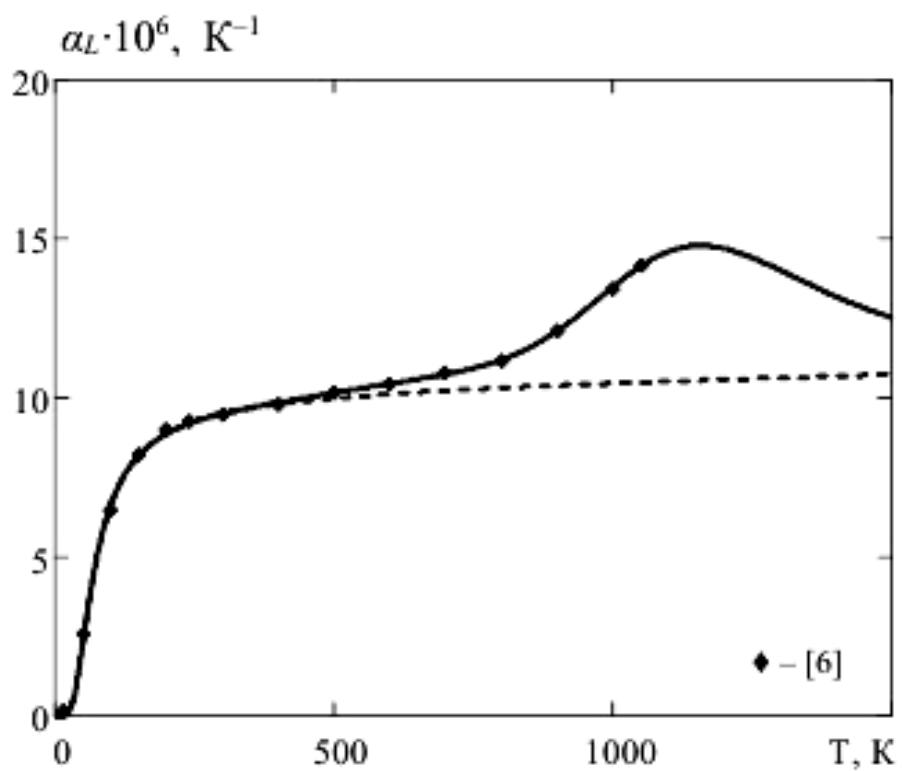
3.48. Ванадий, V



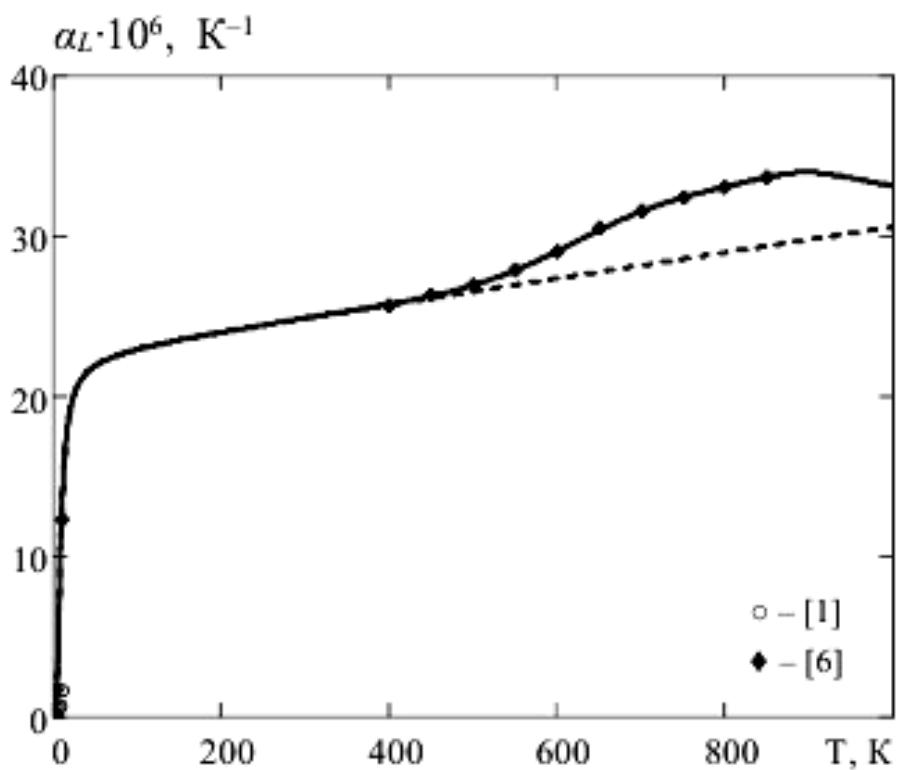
3.49. Вольфрам, W



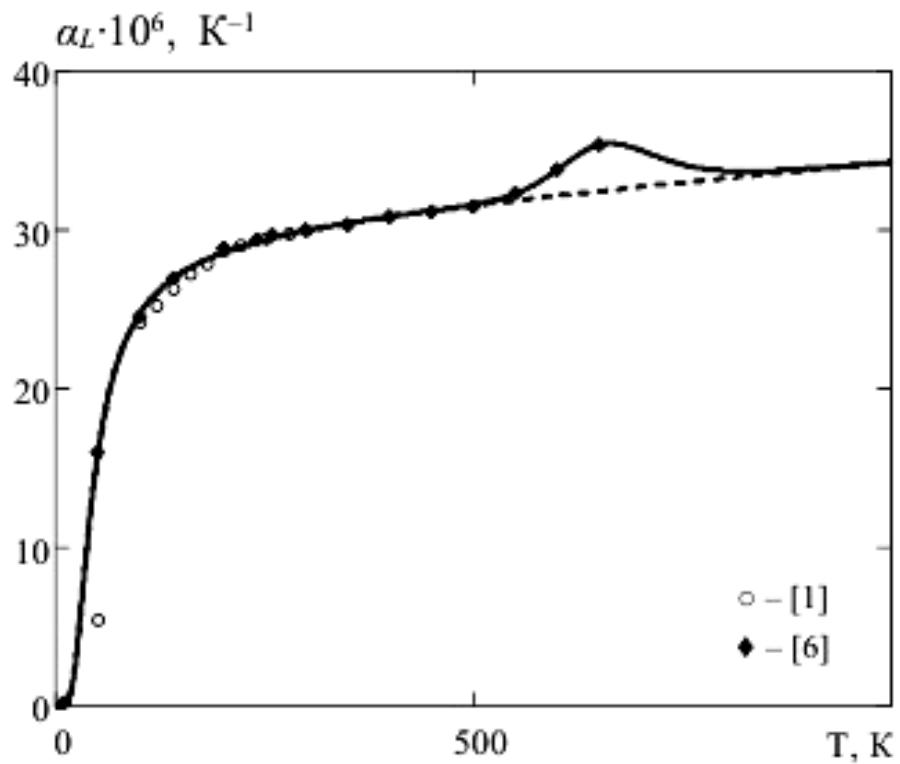
3.50. Иттрий, Y



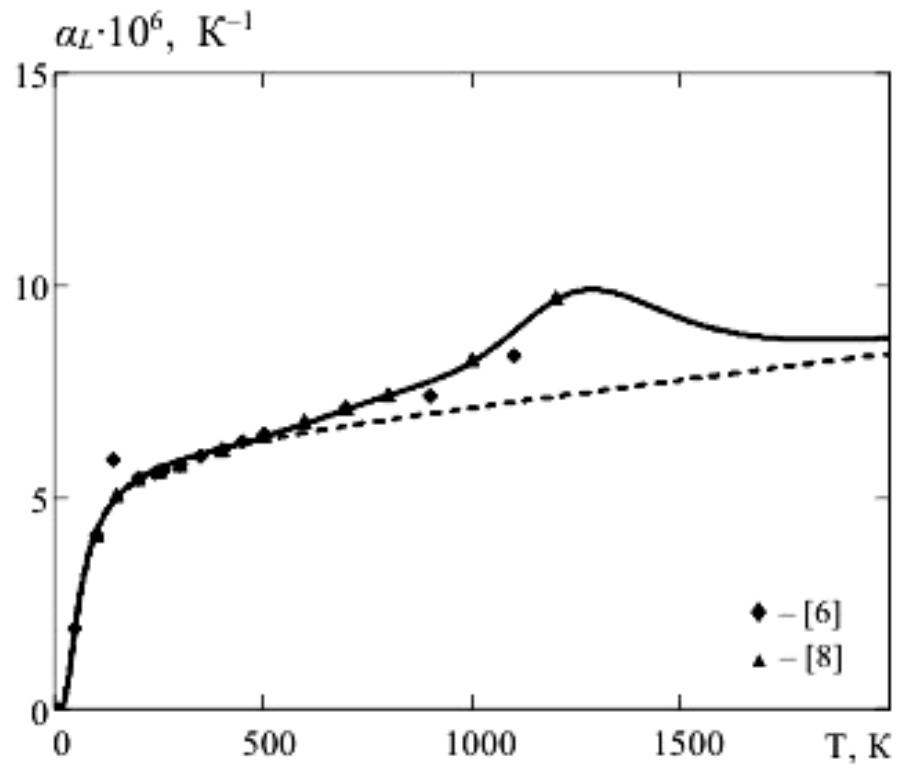
3.51. Иттербий, Yb



3.52. Цинк, Zn



3.53. Цирконий, Zr



Литература

1. *Новицкий Л.А., Кожевников И.Г.* Теплофизические свойства материалов при низких температурах. Справочник. М.: Машиностроение, 1975. 216 с. ○
2. *Зиновьев В.Е.* Теплофизические свойства металлов при высоких температурах. М.: Металлургия, 1989. 384 с. ●
3. *Лариков Л.Н., Юрченко Ю.Ф.* Структура и свойства металлов и сплавов. Тепловые свойства металлов и сплавов. Киев: Наукова думка, 1985. 437 с. Δ
4. *Свойства элементов.* Справочник. М.Е. Дриц (ред.). М.: Металлургия, 1985. 671 с. ■
5. *Дорогокупец П.И., Соколова Т.С., Данилов Б.С., Литасов К.Д.* Почти абсолютные уравнения состояния алмаза, Ag, Al, Au, Cu, Mo, Nb, Pt, Ta, W для квазигидростатических условий. Geodynamics & Tectonophysics. 2012. Vol. 3, No 2, P.P. 129–166.
6. *Новикова С.И.* Тепловое расширение твердых тел. М.: Наука, 1974. 292 с. ♦
7. *Казанцев Е.И.* Промышленные печи. Справочное руководство для расчетов и проектирования. М.: Металлургия, 1975. 368 с. ◇
8. *Ю.Е. Шелудяк, Л.Я. Каипоров, Л.А. Малинин, В.Н. Цалков,* Термофизические свойства компонентов горючих систем / Справочник под ред. Н.А. Силина. М.: НПО «Информация и технико-экономические исследования», 1992. 184 с. ▲
9. *Физические величины.* Справочник / А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др.; Под. ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. М.: Энергоатомиздат, 1991. 1232 с. □

Таблица 22.

Температурные зависимости КТЛР металлов

$$\alpha_L \cdot 10^6, \text{ K}^{-1}$$

T, K	Fe	Co	Ni	Ru	Rh	Pd	Os	Ir	Pt	Au
2	0.016	0.0064	0.011	0.0009	0.0062	0.013	0.0043	0.0038	0.0034	0.006
4	0.032	0.013	0.023	0.0019	0.012	0.026	0.0086	0.0076	0.0068	0.012
6	0.048	0.019	0.034	0.0028	0.019	0.039	0.013	0.011	0.010	0.018
8	0.064	0.026	0.046	0.0038	0.025	0.052	0.017	0.015	0.014	0.027
10	0.080	0.032	0.057	0.0047	0.031	0.065	0.022	0.020	0.017	0.051
20	0.161	0.066	0.118	0.0095	0.068	0.280	0.046	0.220	0.171	1.198
30	0.267	0.169	0.268	0.014	0.219	1.294	0.120	0.921	0.990	3.797
40	0.506	0.568	0.718	0.021	0.677	2.921	0.319	1.813	2.295	6.167
50	0.978	1.406	1.533	0.033	1.429	4.489	0.631	2.608	3.563	7.880
60	1.678	2.575	2.586	0.051	2.300	5.742	0.989	3.240	4.589	9.083
70	2.522	3.862	3.709	0.075	3.141	6.694	1.334	3.732	5.377	9.949
80	3.413	5.100	4.783	0.104	3.884	7.420	1.643	4.116	5.978	10.594
90	4.282	6.209	5.756	0.134	4.512	7.985	1.907	4.422	6.444	11.092
100	5.091	7.165	6.611	0.164	5.038	8.436	2.132	4.671	6.813	11.487
200	9.805	11.628	11.043	0.367	7.475	10.600	3.249	5.854	8.407	13.300
300	11.865	13.076	12.795	0.467	8.373	11.660	3.724	6.347	8.977	14.049
400	13.239	13.886	13.906	0.538	8.945	12.496	4.058	6.682	9.331	14.564
500	14.361	14.476	14.778	0.598	9.403	13.252	4.340	6.956	9.607	14.999
600	15.357	14.965	17.139	0.653	9.816	13.970	4.599	7.201	9.845	15.434
700	16.196	15.402	14.750	0.706	10.236	14.668	4.844	7.429	10.064	15.931
800	16.522	15.807	16.751	0.758	10.718	15.353	5.082	7.648	10.275	16.467
900	15.741	16.191	17.602	0.808	11.283	16.030	5.315	7.859	10.492	16.970
1000	14.723	16.562	18.362	0.858	11.860	16.701	5.544	8.066	10.732	17.678
1200	17.855	17.276	20.320	0.956	12.648	18.033	5.996	8.474	11.352	19.092
1400	21.319	17.968	22.988	1.053	13.062	19.355	6.441	8.894	12.242	18.375
1600	22.456	18.646	25.231	1.150	13.491	20.671	6.884	9.399	13.328	18.750
1800	21.912	19.316	26.198	1.246	14.002	21.984	7.324	10.129	14.365	19.304
2000	25.560	19.979	26.551	1.342	14.566	23.294	7.762	11.206	15.125	19.891
2500	31.195	21.620	27.976	1.580	16.068	26.563	8.854	13.770	15.793	21.388
3000	—	—	—	1.818	17.610	—	9.941	13.748	15.916	—
3500	—	—	—	2.056	19.161	—	11.027	13.735	16.211	—
4000	—	—	—	2.293	—	—	12.112	14.254	—	—
4500	—	—	—	—	—	—	13.195	—	—	—

Таблица 22 (продолжение)
 $a_L \cdot 10^6, K^{-1}$

<i>T, K</i>	<i>Ag</i>	<i>Al</i>	<i>Ba</i>	<i>Be</i>	<i>Bi</i>	<i>Ca</i>	<i>Cd</i>	<i>Ce</i>	<i>Cr</i>	*Cs
2	0.0034	0.018	0.012	0.004	0.0001	0.010	0.0084	0.026	0.006	—
4	0.0068	0.036	0.024	0.008	0.0003	0.020	0.017	0.863	0.012	—
6	0.010	0.054	0.036	0.012	0.0013	0.030	0.025	2.279	0.018	—
8	0.014	0.072	0.048	0.016	0.016	0.040	0.034	3.327	0.024	—
10	0.018	0.090	0.060	0.020	0.085	0.055	0.050	4.000	0.030	—
20	0.319	0.190	0.174	0.074	2.281	0.772	1.604	5.249	0.060	—
30	2.070	0.493	0.884	0.541	5.570	3.381	7.420	5.602	0.096	—
40	4.909	1.374	2.671	1.796	7.887	6.669	13.722	5.763	0.172	—
50	7.668	2.886	5.176	3.579	9.351	9.528	18.271	5.855	0.336	—
60	9.888	4.776	7.827	5.451	10.307	11.750	21.298	5.915	0.610	—
70	11.576	6.759	10.276	7.150	10.965	13.441	23.347	5.957	0.981	—
80	12.855	8.652	12.403	8.596	11.439	14.741	24.792	5.988	1.414	—
90	13.836	10.369	14.204	9.794	11.795	15.761	25.853	6.012	1.877	—
100	14.605	11.890	15.719	10.782	12.071	16.578	26.661	6.031	2.342	—
200	17.787	19.994	22.970	15.207	13.207	20.326	29.883	6.121	5.570	—
300	18.793	23.244	25.608	16.631	13.548	22.052	30.904	6.157	4.763	—
400	19.374	25.250	27.160	17.393	13.714	23.911	31.916	6.180	7.880	—
500	19.963	26.792	28.308	17.925	13.814	25.766	32.541	6.206	8.542	—
600	20.856	28.208	29.263	18.408	13.881	27.263	36.083	6.299	9.056	—
700	22.017	30.053	30.112	18.994	13.931	29.197	33.594	6.665	9.504	—
800	23.176	32.748	30.895	19.809	13.970	33.522	34.076	7.541	9.914	—
900	24.350	34.520	31.636	20.875	14.002	30.051	34.547	8.677	10.303	—
1000	25.676	34.635	32.347	22.065	14.028	28.881	—	9.267	10.693	—
1200	28.034	35.097	33.713	23.966	14.072	28.940	—	8.421	11.618	—
1400	28.538	36.611	35.030	24.601	14.106	29.578	—	7.386	13.110	—
1600	27.705	38.393	36.317	24.451	—	—	—	6.880	15.366	—
1800	26.696	40.229	37.584	24.146	—	—	—	6.657	17.567	—
2000	25.963	42.074	—	23.944	—	—	—	6.557	18.612	—
2500	—	46.670	—	—	—	—	—	6.494	18.111	—
3000	—	—	—	—	—	—	—	6.509	—	—
3500	—	—	—	—	—	—	—	6.545	—	—
4000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* – данные в литературе отсутствуют

Таблица 22 (продолжение)
 $a_L \cdot 10^6, \text{ K}^{-1}$

T, K	Cu	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Hf	Ho	In
2	0.004	0.0034	0.0032	0.0016	0.012	0.0016	0.0042	0	0.007
4	0.008	0.0068	0.0064	0.0032	0.024	0.0032	0.0084	0	0.014
6	0.012	0.010	0.0096	0.0048	0.039	0.0048	0.013	0.0001	0.031
8	0.016	0.014	0.013	0.0064	0.088	0.0064	0.017	0.0024	0.130
10	0.020	0.017	0.016	0.0086	0.239	0.0087	0.022	0.018	0.450
20	0.074	0.161	0.125	0.272	3.239	0.175	0.200	0.879	6.053
30	0.541	0.891	0.823	1.844	6.998	0.912	0.958	2.652	12.383
40	1.796	2.024	2.098	4.456	9.598	1.927	1.977	4.091	16.555
50	3.579	3.111	3.446	7.079	11.295	2.831	2.857	5.044	19.214
60	5.451	3.986	4.589	9.252	12.451	3.531	3.520	5.658	20.995
70	7.150	4.656	5.485	10.944	13.328	4.056	4.009	5.574	22.255
80	8.596	5.169	6.177	12.247	14.748	4.453	4.374	0.205	23.193
90	9.794	5.567	6.715	13.260	14.490	4.758	4.655	-10.388	23.920
100	10.782	5.882	7.140	14.061	14.800	4.999	4.877	-2.227	24.512
200	15.207	7.265	8.949	18.610	16.821	6.030	5.884	7.542	28.582
300	16.631	7.872	9.565	34.268	17.853	6.393	6.315	7.780	31.428
400	17.394	9.128	9.933	25.677	18.657	6.827	6.626	8.145	38.517
500	17.945	10.501	10.218	20.831	19.373	7.769	6.895	8.795	31.762
600	18.495	11.060	10.511	20.051	20.046	8.278	7.143	9.244	30.800
700	19.206	11.699	10.967	19.946	20.694	8.547	7.379	9.545	30.856
800	20.103	12.214	11.825	19.992	21.328	9.292	7.608	10.207	31.103
900	21.016	12.397	13.300	20.080	21.952	10.332	7.833	11.159	31.413
1000	21.762	12.326	15.396	20.180	22.569	11.881	8.055	11.779	31.748
1200	24.127	11.961	19.922	20.386	23.789	16.911	-	11.193	32.450
1400	28.074	11.709	21.929	20.586	24.998	13.021	-	9.975	33.163
1600	24.565	11.642	21.226	20.778	26.199	9.851	-	9.190	33.878
1800	22.788	11.710	19.635	-	27.396	8.918	-	8.764	34.593
2000	22.526	11.866	18.223	-	28.589	8.674	-	8.530	35.306
2500	23.131	12.459	16.415	-	-	8.764	-	8.282	-
3000	-	-	-	-	-	9.079	-	-	-
3500	-	-	-	-	-	9.445	-	-	-
4000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4500	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 22 (продолжение)
 $a_L \cdot 10^6, K^{-1}$

T, K	K	La	Li	Lu	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Nd
2	0	0.0072	0.101	0.010	0.006	0.050	0.0026	0.062	0.0026	0.0203
4	0.014	0.145	0.201	0.021	0.012	0.100	0.0052	0.124	0.0052	0.3209
6	0.407	0.242	0.302	0.043	0.018	0.151	0.0078	0.186	0.0078	0.9674
8	2.130	0.230	0.402	0.131	0.024	0.201	0.010	0.248	0.010	1.655
10	5.582	0.193	0.503	0.344	0.030	0.251	0.013	0.310	0.013	2.608
20	29.449	0.090	1.020	2.615	0.100	-0.126	0.029	0.797	0.118	8.405
30	43.500	0.063	1.839	4.443	0.670	-14.61	0.097	3.205	0.636	6.753
40	50.719	0.062	3.595	5.502	2.246	-24.99	0.321	8.957	1.471	5.315
50	54.887	0.144	6.425	6.183	4.593	-13.32	0.714	16.664	2.332	4.669
60	57.551	0.480	9.905	6.808	7.187	-4.362	1.200	24.440	3.080	4.499
70	59.386	1.170	13.532	7.692	9.662	1.203	1.694	31.323	3.690	4.814
80	60.721	2.017	16.983	8.915	11.860	5.208	2.151	37.092	4.180	5.681
90	61.733	2.746	20.114	10.058	13.750	8.277	2.551	41.846	4.576	6.906
100	62.527	3.266	22.896	10.646	15.355	10.640	2.894	45.764	4.899	7.992
200	65.929	4.391	38.873	10.130	23.063	19.412	4.546	64.262	6.396	6.305
300	83.197	4.857	47.259	10.534	25.691	22.822	5.124	71.748	6.947	7.016
400	68.320	5.684	53.829	9.983	27.240	25.637	5.457	76.850	7.278	6.943
500	67.831	6.626	59.732	10.481	28.933	28.294	5.702	81.087	7.525	7.155
600	67.979	7.644	65.323	11.446	30.955	30.890	5.905	84.918	7.731	7.601
700	68.114	8.858	70.742	12.878	32.991	33.455	6.086	88.527	7.915	8.204
800	68.218	10.181	76.058	13.750	34.950	36.004	6.254	92.002	8.085	8.916
900	-	11.336	81.307	13.820	33.846	38.543	6.415	95.389	8.246	9.807
1000	-	12.081	86.510	13.812	32.571	41.075	6.574	98.716	8.400	11.194
1200	-	12.240	-	14.305	32.177	46.126	6.904	-	8.697	14.846
1400	-	11.400	-	15.158	-	51.168	7.276	-	8.982	14.754
1600	-	10.384	-	16.119	-	56.203	7.705	-	9.262	15.247
1800	-	9.516	-	17.115	-	61.235	8.170	-	9.537	16.461
2000	-	8.852	-	18.125	-	66.264	8.630	-	9.808	17.863
2500	-	7.880	-	20.668	-	-	9.543	-	10.480	21.522
3000	-	7.472	-	23.218	-	-	10.125	-	11.144	25.215
3500	-	7.333	-	25.769	-	-	10.608	-	11.804	-
4000	-	-	-	-	-	-	11.108	-	12.461	-
4500	-	-	-	-	-	-	11.647	-	13.117	-

Таблица 22 (продолжение)
 $a_L \cdot 10^6, K^{-1}$

<i>T, K</i>	Pb	*Pm	Pr	**Pu	Re	Sb	Sc	*Sm	Sn
2	0.0182	—	0.0158	0.138	0.0032	0	0.0024	—	0.032
4	0.0412	—	0.0316	0.276	0.0064	0	0.0048	—	0.064
6	0.2074	—	0.0474	0.414	0.0096	0	0.0072	—	0.100
8	0.919	—	0.063	0.552	0.013	0.0006	0.0096	—	0.169
10	2.373	—	0.079	0.690	0.016	0.0058	0.013	—	0.329
20	12.338	—	0.247	1.484	0.033	0.598	0.210	—	2.970
30	17.863	—	1.157	3.536	0.139	2.455	1.182	—	6.388
40	20.603	—	1.522	7.929	0.771	4.444	2.647	—	8.993
50	22.177	—	2.605	13.734	1.910	5.976	4.042	—	10.847
60	23.198	—	4.385	19.569	2.856	7.070	5.171	—	12.203
70	23.920	—	5.630	24.733	3.428	7.855	6.043	—	13.237
80	24.467	—	6.160	29.084	3.757	8.431	6.715	—	14.059
90	24.900	—	6.419	32.710	3.956	8.868	7.239	—	14.735
100	25.258	—	6.487	35.752	4.086	9.207	7.655	—	15.307
200	27.289	—	5.515	52.326	4.514	10.589	9.457	—	18.731
300	28.544	—	5.080	61.860	4.672	11.039	10.065	—	21.089
400	29.701	—	4.855	69.942	3.972	11.397	10.415	—	25.551
500	31.734	—	5.212	77.508	3.833	11.694	10.683	—	27.252
600	33.902	—	5.855	84.834	3.865	11.844	10.949	—	27.189
700	33.777	—	6.587	92.029	3.768	11.874	11.272	—	28.290
800	33.971	—	7.351	99.146	3.582	11.849	11.677	—	29.771
900	34.633	—	8.128	106.212	3.490	11.811	12.150	—	31.351
1000	35.462	—	8.911	113.243	3.344	11.776	12.649	—	32.960
1200	37.250	—	10.485	127.236	3.145	11.725	13.524	—	36.194
1400	39.076	—	12.063	141.172	2.990	11.696	14.065	—	39.427
1600	—	—	13.641	155.073	4.188	11.679	14.313	—	42.654
1800	—	—	15.221	168.951	5.752	11.670	14.405	—	45.875
2000	—	—	16.801	182.813	6.769	—	14.445	—	49.093
2500	—	—	20.750	217.423	8.102	—	14.589	—	57.125
3000	—	—	24.700	251.996	9.008	—	—	—	—
3500	—	—	28.650	286.547	9.840	—	—	—	—
4000	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4500	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* – данные в литературе отсутствуют

** – требуется уточнение данных

Таблица 22 (продолжение)
 $a_L \cdot 10^6, K^{-1}$

T, K	Sr	Ta	Tb	*Tc	Te	Th	Ti	Tl	**Tm
2	-0.007	0.0012	0.011	-	0.018	0.012	0.0061	0.041	0
4	-0.044	0.0024	0.021	-	0.036	0.024	0.0123	0.082	0
6	-0.023	0.0036	0.032	-	0.059	0.035	0.0184	0.124	0
8	0.058	0.0048	0.042	-	0.140	0.048	0.0246	0.183	0
10	0.266	0.0066	0.053	-	0.384	0.063	0.0307	0.365	0
20	3.530	0.163	0.106	-	4.597	0.648	0.065	8.529	0.0058
30	8.582	0.887	0.159	-	8.876	2.484	0.178	17.296	0.497
40	12.234	1.909	0.212	-	11.402	4.426	0.527	20.870	3.641
50	14.602	2.833	0.265	-	12.913	5.875	1.139	22.519	8.225
60	16.185	3.554	0.318	-	13.898	6.885	1.897	23.466	11.159
70	17.297	4.096	0.371	-	14.592	7.602	2.675	24.107	12.628
80	18.116	4.507	0.424	-	15.114	8.132	3.397	24.593	13.376
90	18.745	4.823	0.477	-	15.526	8.540	4.034	24.993	13.789
100	19.243	5.072	0.530	-	15.865	8.866	4.582	25.340	14.037
200	21.555	6.125	2.052	-	17.779	10.205	7.284	27.891	14.593
300	22.541	6.468	6.953	-	18.974	11.174	8.272	29.640	14.667
400	23.232	6.660	8.599	-	20.009	12.156	8.750	30.154	14.694
500	23.810	6.796	9.502	-	20.984	13.030	9.317	31.998	14.707
600	24.334	6.906	9.981	-	21.930	13.699	9.811	34.901	14.715
700	24.828	7.000	10.485	-	22.859	14.227	10.290	37.575	14.720
800	25.302	7.087	11.051	-	23.778	14.762	10.926	39.965	14.727
900	25.764	7.169	11.589	-	24.691	15.325	11.505	42.201	14.808
1000	26.218	7.249	12.124	-	25.599	15.904	12.041	44.359	15.624
1200	27.108	7.420	13.191	-	27.406	17.082	12.025	48.570	16.054
1400	27.984	7.618	14.255	-	-	18.269	12.617	52.723	14.826
1600	28.850	7.849	15.317	-	-	19.456	13.246	56.852	14.745
1800	-	8.099	16.378	-	-	20.643	13.878	-	14.738
2000	-	8.345	17.440	-	-	21.829	14.508	-	-
2500	-	8.825	20.091	-	-	24.791	16.071	-	-
3000	-	9.109	-	-	-	27.749	17.626	-	-
3500	-	9.318	-	-	-	30.704	-	-	-
4000	-	9.526	-	-	-	33.659	-	-	-
4500	-	9.751	-	-	-	36.612	-	-	-

* – данные в литературе отсутствуют

** – требуется уточнение данных

Таблица 22 (продолжение)
 $a_L \cdot 10^6, K^{-1}$

Т, К	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
2	0.0112	0.0029	0	0.0008	0.017	0.009	0.0024
4	0.0782	0.0058	0	0.0016	0.616	0.018	0.0048
6	0.648	0.0086	0	0.0024	3.928	0.027	0.0072
8	1.938	0.012	0	0.003	8.480	0.036	0.010
10	3.517	0.014	0	0.004	12.134	0.051	0.012
20	8.574	0.044	0.019	0.025	19.036	1.189	0.076
30	10.340	0.260	0.180	0.293	20.735	5.741	0.453
40	11.157	0.829	0.530	1.087	21.480	11.237	1.145
50	11.632	1.640	0.975	2.245	21.915	15.606	1.901
60	11.950	2.496	1.423	3.445	22.215	18.717	2.567
70	12.185	3.280	1.830	4.500	22.444	20.922	3.110
80	12.371	3.952	2.183	5.367	22.631	22.525	3.543
90	12.526	4.513	2.483	6.062	22.792	23.727	3.888
100	12.659	4.979	2.737	6.617	22.935	24.657	4.166
200	13.700	7.121	3.965	8.878	24.003	28.558	5.414
300	14.675	7.853	4.375	9.510	24.887	29.951	5.863
400	15.680	8.276	4.574	9.856	25.761	30.834	6.149
500	17.599	8.634	4.692	10.155	26.946	31.596	6.418
600	20.007	9.057	4.769	10.445	29.059	33.765	6.728
700	21.691	9.614	4.823	10.740	31.556	35.004	7.070
800	23.711	10.290	4.865	11.191	33.082	33.729	7.402
900	25.581	11.007	4.902	12.099	33.971	33.852	7.733
1000	25.194	11.671	4.942	13.490	33.143	—	8.188
1200	22.481	12.729	5.062	14.690	33.070	—	9.647
1400	21.868	13.738	5.286	13.186	34.218	—	9.618
1600	22.351	14.490	5.637	12.082	—	—	8.931
1800	23.202	14.245	6.077	11.612	—	—	8.716
2000	24.188	13.701	6.532	11.436	—	—	8.758
2500	26.851	13.272	7.508	11.410	—	—	9.187
3000	29.602	13.544	8.434	11.545	—	—	9.732
3500	32.378	14.033	8.937	11.719	—	—	10.307
4000	35.164	—	8.548	—	—	—	10.893
4500	—	—	7.758	—	—	—	11.484

III. Термофизические свойства

Температуропроводность

Температуропроводность твердых тел a ($\text{м}^2/\text{с}$) вычисляется по формуле

$$a = \lambda / (c_p \rho)$$

где λ , $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К}) = \text{кг}\cdot\text{м}/(\text{с}^3\cdot\text{К})$ – теплопроводность;

$c_p = C_p/m_a$, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К}) = \text{м}^2/(\text{с}^2\cdot\text{К})$ – изобарная удельная теплоёмкость;

m_a , $\text{г}/\text{моль} = 10^{-3}$ $\text{кг}/\text{моль}$ – атомная масса металла;

ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$ – плотность.

Термофизические свойства

Таблица 23.

01. Алюминий, Al

$m_a = 26.982 \cdot 10^{-3}$ $\text{кг}/\text{моль}$ (табл. 2); $\rho(293 \text{ К}) = 2689 \text{ кг}/\text{м}^3$ [1]

$T, \text{К}$	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{К}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [2]	$a \cdot 10^6$ [3]
50	1350	142	2.89	2695	3532.5	358	–
100	300.4	513	11.89	2708	216.4	228	186
200	236.8	801	19.99	2704	109.4	109	111
300	235.9	901	23.24	2688	97.4	93.8	90
400	238.2	955	25.25	2667	93.5	93.6	83
500	234.7	991	26.79	2645	89.5	88.8	76
600	230.1	1022	28.21	2621	85.9	83.7	71
700	224.4	1073	30.05	2594	80.6	78.4	67
800	220.4	1170	32.75	2561	73.6	73.6	64
900	217.6	1224	34.52	2530	70.2	69.2	62
1000	100.6	1195	34.64	2505	33.6	36.4	24
1200	106.4	1150	35.10	2455	37.7	39.5	25
1400	–	1159	36.61	2398	–	42.4	–
1600	–	1180	38.39	2337	–	44.8	–
1800	–	1203	40.23	2275	–	46.8	–

Таблица 24.**02. Серебро, Ag**
 $m_a = 107.87 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 10500$ кг/м³ [1]

T, K	λ [4]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [4]	$a \cdot 10^6$ [2]
50	770 [5]	109	7.67	10559	666.7	—	—
100	475	182	14.6	10590	247.1	227	—
200	441	218	17.79	10552	191.6	181	181
300	433	232	18.79	10496	178.2	174	174
400	426	240	19.37	10435	170.2	170	170
500	418.6 [2]	246	19.96	10371	163.9	—	166
600	411	252	20.86	10302	158.5	161	161
700	406.9 [2]	257	22.02	10225	155.1	—	155
800	397	262	23.18	10142	149.6	149	149
900	389.8 [2]	268	24.35	10054	144.9	—	143
1000	383	275	25.68	9958	139.6	137	137
1200	358.5 [2]	298	28.03	9756	123.4	124	124
1400	167 [2]	311	28.54	9591	56	—	58
1600	174 [2]	311	27.71	9471	59.1	—	—

Таблица 25.**03. Золото, Au**
 $m_a = 196.97 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 19320$ кг/м³ [1]

T, K	λ [4]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [4]	$a \cdot 10^6$ [2]
50	439 [5]	72	7.88	19432	314.3	—	—
100	360	108	11.49	19449	170.9	155	—
200	326	123	13.3	19392	136.3	135	—
300	315	128	14.05	19314	127	128	128
400	309	132	14.56	19230	122.2	123	123
500	302.9 [2]	134	15	19142	118.1	—	119
600	296	136	15.43	19049	114.3	115	115
700	289.2 [2]	138	15.93	18951	110.7	—	111
800	284	140	16.47	18848	107.9	107	107
900	272.9 [2]	141	16.97	18741	102.9	—	103
1000	271	144	17.68	18622	101.1	99	98.9
1200	260.7 [2]	158	19.09	18366	89.9	91	91.1
1400	—	164	18.37	18209	—	—	—
1600	—	157	18.75	17997	—	—	—

Таблица 26.**04. Рутений, Ru**
 $m_a = 101.07 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 12410$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [4]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6 [4]$	$a \cdot 10^6 [2]$
50	495 [6]	36	0.03	12410	1122	—	—
100	150	139	0.16	12411	87.2	101	—
200	125	209	0.37	12411	48.2	45	—
300	117	232	0.47	12410	40.6	40.3	40.3
400	115	245	0.54	12408	37.8	38.9	38.9
500	99 [2]	255	0.6	12405	31.3	—	37.3
600	105	263	0.65	12403	32.2	35.6	35.6
700	90.1 [2]	270	0.71	12399	26.9	—	33.8
800	96	277	0.76	12396	28	31.9	31.9
900	81.7 [2]	283	0.81	12392	23.3	—	30.5
1000	89	289	0.86	12387	24.9	29	29
1200	83	301	0.96	12378	22.3	26	26
1400	80	312	1.05	12367	20.7	26.4	26.4
1600	77	326	1.15	12354	19.1	23.3	22.3

Таблица 27.**05. Родий, Rh**
 $m_a = 102.91 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 12410$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [4]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6 [4]$	$a \cdot 10^6 [2]$
50	—	42	1.43	12423	—	—	—
100	185	147	5.04	12446	101.1	101	—
200	156	218	7.47	12436	57.5	56.2	56.2
300	152	243	8.37	12408	50.4	49.9	50
400	145	257	8.95	12374	45.5	46.5	48.5
500	140.8 [2]	268	9.4	12338	42.5	—	46.7
600	135	277	9.82	12299	39.6	40.2	40.2
700	129.5 [2]	285	10.24	12257	37	—	37.4
800	126	293	10.72	12211	35.2	34.5	34.5
900	119.9 [2]	300	11.28	12160	32.8	—	32.7
1000	121	307	11.86	12105	32.5	30.8	30.8
1200	118	321	12.65	11997	30.6	28.3	28.3
1400	115	336	13.06	11894	28.8	26.3	26.3
1600	109	353	13.49	11787	26.2	24.6	24.6

Таблица 28.**06. Палладий, Pd**
 $m_a = 106.42 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 12020$ кг/м³ [1]

T, K	λ [4]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [4]	$a \cdot 10^6$ [2]
50	81 [6]	65	4.49	12059	103.2	—	—
100	76	174	8.44	12079	36.2	37.7	—
200	75	227	10.6	12056	27.4	26.1	26.1
300	75.2	241	11.66	12017	25.9	24.5	24.5
400	75.5	249	12.5	11972	25.4	24.6	24.6
500	74.5 [2]	253	13.25	11922	24.7	—	24.7
600	79	257	13.97	11867	25.9	24.9	24.9
700	76.9 [2]	260	14.67	11809	25	—	25
800	83	264	15.35	11746	26.7	25.1	25.1
900	80.15 [2]	270	16.03	11679	25.5	—	25.2
1000	87	276	16.7	11609	27.1	25.4	25.4
1200	88.2	292	18.03	11458	26.4	25.5	25.5
1400	86.9	307	19.35	11294	25.1	25.2	25.2
1600	86	323	20.67	11119	23.9	24.2	24.2

Таблица 29.**07. Осмий, Os**
 $m_a = 190.2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 22570$ кг/м³ [1]

T, K	λ [4]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [4]	$a \cdot 10^6$ [2]
50	245 [6]	75	0.63	22580	145.5	—	—
100	113 [6]	109	2.13	22598	45.9	93	—
200	93	124	3.25	22590	33.2	35.3	35.3
300	87	129	3.72	22568	29.8	30	30
400	86	133	4.06	22541	28.8	29.4	29.4
500	87.2 [2]	135	4.34	22509	28.6	—	29
600	85	138	4.6	22475	27.5	28.6	28.6
700	86.9 [2]	140	4.84	22437	27.7	—	28.2
800	86.6 [2]	142	5.08	22397	27.3	27.7	27.7
900	84.8 [2]	144	5.31	22354	26.4	—	27.1
1000	84.9 [2]	145	5.54	22308	26.2	26.9	26.5
1200	84.5 [2]	149	6	22208	25.5	26.1	25.7
1400	83.8 [2]	153	6.44	22097	25	25.3	24.9
1600	83.7 [2]	158	6.88	21977	24.2	24.5	24.4

Таблица 30.**08. Иридий, Ir**
 $m_a = 192.22 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 22420$ кг/м³ [1]

T, K	λ [4]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [4]	$a \cdot 10^6$ [2]
50	650 [5,6]	38	2.61	22463	757.6	—	—
100	173 [5,6]	92	4.67	22481	84.1	84.2	—
200	151	120	5.85	22457	55.9	55.8	55.8
300	147	130	6.35	22417	50.5	50.2	50.2
400	141	135	6.68	22372	46.6	48.2	48.2
500	141.23 [2]	139	6.96	22324	45.5	—	46.7
600	136	142	7.2	22272	42.9	45.1	45.1
700	137.4 [2]	145	7.43	22218	42.6	—	43.6
800	130	148	7.65	22162	39.7	42	42
900	131.7 [2]	150	7.86	22104	39.7	—	40
1000	125	153	8.07	22043	37.2	38	38
1200	121	158	8.47	21915	35	34.9	34.9
1400	117	164	8.89	21777	32.7	32.2	32.2
1600	110	173	9.4	21623	29.4	30	30

Таблица 31.**09. Платина, Pt**
 $m_a = 195.08 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 21450$ кг/м³ [1]

T, K	λ [4]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [4]	$a \cdot 10^6$ [2]
50	—	55	3.56	21506	—	—	—
100	85.6	104	6.81	21535	38.1	35.9	—
200	79	126	8.41	21500	29.2	26.8	26.8
300	74.1	133	8.98	21446	26	25.2	25.2
400	73.2	136	9.33	21386	25.1	24.7	24.7
500	72.6 [2]	139	9.61	21323	24.5	—	24.5
600	73	141	9.84	21257	24.3	24.4	24.4
700	74.5 [2]	144	10.06	21190	24.5	—	24.4
800	74.8	146	10.28	21120	24.3	24.4	24.4
900	77.4 [2]	148	10.49	21048	24.8	—	24.6
1000	76.9	151	10.73	20973	24.3	24.8	24.8
1200	83.2	157	11.35	20807	25.4	26	26
1400	88.3	163	12.24	20612	26.2	26.6	26.6
1600	89.5	168	13.33	20385	26.2	25.7	25.7

Таблица 32.**10. Литий, Li**
 $m_a = 6.94 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 534$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$ [2]
50	235 [6]	515	6.43	537	850.9	713
100	104.9	2014	22.9	541	96.3	104
200	92.2	3089	38.87	540	55.3	55.3
300	86.7	3492	47.26	533	46.5	45.4
400	78.9	3989	53.83	525	37.7	38.2
500	44.4	4353	59.73	515	19.8	20.3
600	47.9	4329	65.32	504	22	22.7
700	—	4217	70.74	492	—	—
800	54.4	4150	76.06	479	27.4	27.1
900	—	4127	81.31	465	—	—
1000	59.9	4129	86.51	451	32.2	31.1
1200	64.9	4168	96.83	423	36.8	34.7
1500	69	4258	112.17	380	42.7	39.6
1600	—	4291	117.26	366	—	—

Таблица 33.**11. Натрий, Na**
 $m_a = 22.99 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 971$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$ [2]
50	158 [6]	651	16.66	983	247	232
100	134.4	983	45.76	997	137	139
200	143.8	1131	64.26	989	128.6	129
300	140.3	1244	71.75	970	116.3	118
400	86.9	1383	76.85	948	66.3	68.8
500	81.8	1328	81.09	924	66.6	68.4
600	76.8	1278	84.92	901	66.7	67.6
700	—	1259	88.53	876	—	—
800	67.2	1254	92	852	62.9	64.6
900	—	1254	95.39	827	—	—
1000	58.2	1257	98.72	803	57.7	59.7
1200	—	—	—	—	—	—
1400	—	—	—	—	—	—
1600	—	—	—	—	—	—

Таблица 34.**12. Калий, K**
 $m_a = 39.1 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 862$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$ [2]
50	112 [6]	505	54.89	898	247	229
100	104.7	633	62.53	894	185	188
200	103.1	693	65.93	878	169.3	172
300	102.1	769	83.2	860	154.4	157
400	52.5	826	68.32	844	75.3	80
500	48.1	792	67.83	827	73.4	77.5
600	44.3	773	67.98	811	70.6	74.8
700	—	770	68.11	796	—	—
800	37.4	772	68.22	781	62	68
900	—	777	68.3	767	—	—
1000	31.8	783	68.36	753	54	60.3
1200	—	795	68.46	727	—	—
1400	—	808	68.53	702	—	—
1600	—	822	68.58	679	—	—

Таблица 35.**13. Рений, Re**
 $m_a = 186.21 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 21020$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$ [2]
50	—	61	1.91	21049	—	—
100	—	104	4.086	21070	—	—
200	—	126	4.514	21047	—	—
300	49.4	134	4.672	21018	17.5	17.3
400	49.4	139	3.972	20993	16.9	16.9
500	50	143	3.833	20970	16.7	16.8
600	50.6	146	3.865	20945	16.6	16.7
700	51.4	149	3.768	20924	16.5	17.3
800	52.5	151	3.582	20906	16.6	16.7
900	54.3	153	3.49	20887	17	16.9
1000	56	156	3.344	20872	17.2	17.2
1200	60.3	161	3.145	20842	18	17.8
1400	63.4	167	2.99	20813	18.2	18.3
1600	67.1	175	4.188	20680	18.6	18.8

Таблица 36.**14. Щезий, Cs**
 $m_a = 132.91 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 1873$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$ [2]
50	—	165	—	—	—	122
100	40.8	195	—	—	—	103
200	37.8	210	—	—	—	92.6
300	36.6	239	97 [6]	1869	81.9	79.4
400	20.1	242	—	—	—	46.8
500	19.3	231	—	—	—	48.1
600	18.3	225	—	—	—	48.6
700	—	223	—	—	—	—
800	16.1	222.4	—	—	—	47.4
900	—	222.2	—	—	—	—
1000	14.3	222.4	—	—	—	44
1200	—	223	—	—	—	—
1400	—	224	—	—	—	—
1600	—	225	—	—	—	—

Таблица 37.**15. Медь, Cu**
 $m_a = 63.55 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 8960$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$ [2]	$\alpha \cdot 10^6$ [3]
50	1250	99	3.58	8983	1409.7	—	—
100	482	261	10.78	9016	205.2	—	209
200	413	353	15.21	8998	129.9	130	129
300	401.9	383	16.63	8957	117.2	117	116
400	391.5	399	17.39	8910	110.3	111	112
500	385.4	409	17.94	8861	106.3	107	107
600	376.9	417	18.49	8810	102.6	103	103
700	369.7	424	19.21	8755	99.6	99.7	100
800	360.8	431	20.1	8694	96.3	96.3	97
900	355.3	439	21.02	8630	93.7	93.3	94
1000	349.2	452	21.76	8565	90.3	90.3	91
1200	327.5	488	24.13	8408	79.8	80.6	86
1400	175	515	28.07	8196	41.5	42.7	—
1600	184	515	24.57	8173	43.7	45.2	—

Таблица 38.**16. Бериллий, Be**
 $m_a = 9.01 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 1848$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [2]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6 [2]$
50	—	27	3.58	1853	—	—
100	206 [6]	189	10.78	1860	586.2	—
200	194 [6]	1122	15.21	1856	93.1	—
300	199.8	1791	16.63	1847	60.4	59
400	159.6	2168	17.39	1838	40.1	39.8
500	138.5	2408	17.92	1828	31.5	31.5
600	125.7	2579	18.41	1817	29.6	26.9
700	115.2	2713	18.99	1806	23.5	23.5
800	106.9	2824	19.81	1794	21.1	20.9
900	99.1	2923	20.88	1780	19	18.7
1000	92.3	3019	22.06	1765	17.3	16.8
1200	80.1	3235	23.97	1735	14.3	13.8
1400	69.8	3511	24.6	1708	11.6	11.5
1600	—	3269	24.45	1686	—	—

Таблица 39.**17. Магний, Mg**
 $m_a = 24.31 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 1738$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [2]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6 [2]$	$\alpha \cdot 10^6 [3]$
50	465	225	4.59	1744	1183.9	—	—
100	169.2	654	15.36	1754	147.5	148	172
200	158.7	929	23.06	1749	97.6	97.1	106
300	155.6	1024	25.69	1737	87.5	87.4	90
400	152.6	1077	27.24	1723	82.2	82.8	79
500	150.7	1116	28.93	1707	79.1	79.2	71
600	148.3	1152	30.96	1690	76.2	75.6	64
700	145.7	1199	32.99	1671	72.8	72.2	58
800	142.8	1252	34.95	1650	69.1	68.9	52
900	139.6	1288	33.85	1637	66.2	65.6	—
1000	98 [3]	1300	32.57	1626	46.4	—	46
1200	98 [3]	1309	32.18	1598	46.8	—	51
1400	—	1333	32.58	1568	—	—	—
1600	—	1364	33.14	1538	—	—	—

Таблица 40.**18. Кальций, Ca**
 $m_a = 40.08 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 1550$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [2]
50	—	290	9.53	1561	—	—
100	—	499	16.58	1565	—	—
200	—	612	20.33	1559	—	230
300	198	653	22.05	1549	195.8	199
400	182	679	23.91	1538	174.4	178
500	176	710	25.77	1526	162.4	166
600	173	757	27.26	1512	151.1	152
700	173	806	29.2	1497	143.5	140
800	160	850	33.52	1470	127.6	125
900	131	913	30.05	1461	97.6	94.2
1000	121	992	28.88	1437	83.5	81
1200	—	772	28.94	1411	—	—
1400	—	766	29.58	1385	—	—
1600	—	807	30.39	1358	—	—

Таблица 41.**19. Стронций, Sr**
 $m_a = 87.62 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 2630$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [2]
50	—	218	14.6	2658	—	—
100	—	266	19.24	2660	—	—
200	—	293	21.55	2646	—	—
300	36.3	305	22.54	2629	45.2	45.2
400	31.9	314	23.23	2611	38.9	39
500	27.6	323	23.81	2592	33	32.6
600	27.4	333	24.33	2572	32	31
700	27.7	353	24.83	2553	30.8	30
800	28.5	386	25.3	2533	29.2	29.6
900	—	422	25.76	2512	—	23.7
1000	—	444	26.22	2491	—	23.3
1200	—	436	27.11	2449	—	—
1400	—	418	27.98	2406	—	—
1600	—	413	28.85	2363	—	—

Таблица 42.**20. Барий, Ba**
 $m_a = 137.33 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 3594$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$ [2]
50	—	140	5.18	3608	—	—
100	29	175	15.72	3627	45.6	—
200	24.5	195	22.97	3617	34.7	31.4
300	20.2	210	25.61	3592	26.8	27.4
400	—	252	27.16	3563	—	—
500	—	286	28.31	3532	—	—
600	—	299	29.26	3500	—	—
700	—	312	30.11	3467	—	—
800	—	320	30.89	3433	—	—
900	—	325	31.64	3398	—	—
1000	—	327	32.35	3363	—	—
1200	—	292	33.71	3292	—	—
1400	—	216	35.03	3219	—	—
1600	—	277	36.32	3146	—	—

Таблица 43.**21. Цинк, Zn**
 $m_a = 65.39 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 7133$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$ [2]	$\alpha \cdot 10^6$ [3]
50	—	164	15.61	7215	—	—	—
100	117 [3]	292	24.66	7236	55.3	55	55
200	118 [3]	362	28.56	7190	45.3	44.8	44.7
300	115	389	29.95	7129	41.5	41.6	41.8
400	110	405	30.83	7063	38.5	38.9	38.9
500	108	418	31.6	6996	36.9	36.5	36.5
600	103	437	33.76	6918	34.1	34.1	34.2
700	—	463	35	6841	—	—	—
800	55	481	33.73	6785	16.8	15.8	—
900	—	483	33.85	6719	—	—	—
1000	67	481	34.28	6650	21	—	—
1200	—	484	35.23	6509	—	—	—
1400	—	494	36.18	6368	—	—	—
1600	—	507	37.12	6227	—	—	—

Таблица 44.**22. Кадмий, Cd**
 $m_a = 112.41 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 8650$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$ [2]
50	120	145	18.27	8767	94.4	—
100	103	196	26.66	8786	59.7	—
200	99.3	221	29.88	8723	51.5	50.5
300	95.9	231	30.9	8644	48.1	48
400	95.3	241	31.92	8562	46.2	46
500	93.4	254	32.54	8479	43.3	43.5
600	50	264	36.08	8372	22.6	23.6
700	—	267	33.59	8309	—	—
800	57	266	34.08	8224	26.1	27.3
900	—	264	34.55	8138	—	—
1000	—	262	35.01	8052	—	—
1200	—	260	35.91	7880	—	—
1400	—	260	36.79	7708	—	—
1600	—	261	37.66	7537	—	—

Таблица 45.**23. Индий, In**
 $m_a = 114.82 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 7310$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$ [2]
50	104	162	19.21	7414	86.6	86.2
100	97.7	205	24.51	7415	64.4	64.6
200	89.5	224	28.58	7369	54.2	54
300	81.4	234	31.43	7305	47.6	47.9
400	73.8	252	38.52	7221	40.6	40.8
500	38.6	250	31.76	7169	21.5	22.2
600	40.7	243	30.8	7108	23.5	24.1
700	—	241	30.86	7045	—	—
800	45.6	240	31.1	6980	27.3	28.2
900	—	239.3	31.41	6914	—	—
1000	—	239.3	31.75	6849	—	—
1200	—	239.5	32.45	6717	—	—
1400	—	239.7	33.16	6585	—	—
1600	—	239.9	33.88	6453	—	—

Таблица 46.**24. Таллий, Tl**
 $m_a = 204.38 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 11850$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$ [2]
50	62.6	110	22.52	12048	47.3	—
100	72.4	121	25.34	12026	49.8	50.1
200	58.3	127	27.89	11943	38.5	38.7
300	45.9	129	29.64	11843	29.9	30.1
400	43.6	131	30.15	11736	28.3	27.6
500	42.1	143	32	11619	25.4	25.2
600	—	148	34.9	11481	—	—
700	—	136	37.58	11330	—	—
800	—	137	39.97	11171	—	—
900	—	138.3	42.2	11004	—	—
1000	—	139.5	44.36	10831	—	—
1200	—	141.9	48.57	10467	—	—
1400	—	144.3	52.72	10084	—	—
1600	—	146.6	56.85	9690	—	—

Таблица 47.**25. Олово, Sn**
 $m_a = 118.71 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 5850$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$ [2]
50	115	143	10.85	5897	136	—
100	85.2	191	15.31	5902	75.8	—
200	73.3	214	18.73	5881	58.4	46.6
300	66.6	222	21.09	5847	51.4	40.2
400	62.6	240	25.55	5802	44.9	35.5
500	60.3	262	27.25	5753	40	32.1
600	31.5	240	27.19	5707	23	19
700	—	235	28.29	5655	—	—
800	35.2	235	29.77	5597	26.8	22
900	—	235.9	31.35	5534	—	—
1000	40.5	237	32.96	5468	31.2	25
1200	—	239.3	36.19	5326	—	—
1400	—	241.4	39.43	5173	—	—
1600	—	243.4	42.65	5012	—	—

Таблица 48.**26. Свинец, Pb**
 $m_a = 207.2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 11336$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$ [2]
50	43.6	102	22.18	11522	37.1	35.7
100	39.2	117	25.26	11504	29	29.1
200	36.5	125	27.29	11423	25.5	24.3
300	35.1	129	28.54	11329	24	24.3
400	34.1	132	29.7	11229	23	22.8
500	32.9	136	31.73	11117	21.8	21.5
600	31.6	142	33.9	10993	20.3	20.1
700	—	141	33.78	10887	—	—
800	19	142	33.97	10779	12.5	12.7
900	—	143.3	34.63	10663	—	—
1000	21.4	145.2	35.46	10543	14	15
1200	—	149.2	37.25	10293	—	—
1400	—	153.2	39.08	10034	—	—
1600	—	157.1	40.91	9769	—	—

Таблица 49.**27. Сурьма, Sb**
 $m_a = 121.75 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 6691$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$ [2]	$\alpha \cdot 10^6$ [3]
50	—	115	5.98	6720	—	123	—
100	44.8	171	9.21	6727	38.9	40.8	22.9
200	29.8	197	10.59	6711	22.5	22.5	16
300	24.5	207	11.04	6689	17.7	17.5	13
400	21.3	214	11.4	6667	14.9	15	11.7
500	19.4	220	11.69	6643	13.3	13.4	11
600	18.2	225	11.84	6619	12.2	12.3	11.1
700	17.3	229	11.87	6595	11.4	11.5	12.1
800	16.6	234	11.85	6573	10.8	10.8	13.6
900	16	241.1	11.81	6550	10.1	10.2	15.1
1000	28.7	268.4	11.78	6528	16.4	16.3	—
1200	—	274.5	11.73	6484	—	—	—
1400	—	260.9	11.7	6441	—	—	—
1600	—	267.6	11.68	6398	—	—	—

Таблица 50.**28. Висмут, Bi**
 $m_a = 208.98 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 9780$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$ [2]
50	32.6	86	9.35	9847	38.5	38.4
100	16.5	110	12.07	9849	15.2	15.1
200	9.69	124	13.21	9816	8	8.23
300	7.87	131	13.55	9777	6.2	6.46
400	7.04	157	13.71	9737	4.6	5.62
500	6.63	146	13.81	9697	4.7	5.1
600	12.9	146	13.88	9657	9.2	9.2
700	—	150	13.93	9616	—	—
800	13.5	155	13.97	9577	9.1	10
900	—	158.9	14	9537	—	—
1000	13.8	163.2	14.03	9497	8.9	10.8
1200	—	171.6	14.07	9419	—	—
1400	—	180	14.11	9342	—	—
1600	—	188.4	14.14	9266	—	—

Таблица 51.**29. Скандий, Sc**
 $m_a = 44.96 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(298\text{ K}) = 2989$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$ [2]
50	13.5 [6]	146	4.04	2998	30.89	—
100	14.3 [6]	375	7.66	3003	12.68	—
200	15.3 [6]	518	9.46	2997	9.86	—
300	15.85	565	10.07	2989	9.4	9.35
400	15.9	589	10.42	2980	9.1	9.15
500	16	606	10.68	2970	8.9	9.01
600	16.2	620	10.95	2960	8.8	8.85
700	16.5	634	11.27	2949	8.82	8.75
800	16.9	652	11.68	2937	8.82	8.65
900	17.2	673.6	12.15	2925	8.7	8.6
1000	18.2	697.7	12.65	2911	8.96	8.5
1200	19.4	747.7	13.52	2883	9	8.4
1400	19.9	815.3	14.07	2856	8.6	8.3
1600	20	979.4	14.31	2831	7.2	8

Таблица 52.**30. Иттрий, Y**
 $m_a = 88.91 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(298\text{ K}) = 4469$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [2]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6 [2]$
50	16.6 [6]	2	2.25	4476	1498.65	—
100	15.7 [6]	5	6.62	4487	707.09	—
200	15.8 [6]	10	8.88	4481	356.25	—
300	12.7	294	9.51	4469	9.67	9.6
400	12.6	310	9.86	4456	9.11	9.3
500	12.6	317	10.16	4442	8.96	9.2
600	12.9	324	10.44	4427	9	9.1
700	13.1	332	10.74	4412	8.95	9.1
800	13.5	340	11.19	4395	9.03	9.1
900	14	348.2	12.1	4373	9.19	9.1
1000	14.6	355.4	13.49	4346	9.45	9.4
1200	15.4	367.7	14.69	4298	9.74	9.6
1400	16	387.6	13.19	4282	9.64	9.6
1600	16.9	404.5	12.08	4268	9.79	9.8

Таблица 53.**31. Лантан, La**
 $m_a = 138.91 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(298\text{ K}) = 6145$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [2]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6 [2]$
50	9.43 [6]	135	0.14	6146	11.33	—
100	9.8 [6]	173	3.27	6157	9.2	—
200	11.8 [6]	190	4.39	6153	10.09	—
300	13.1	195	4.86	6145	10.91	10.9
400	15	198	5.68	6134	12.35	12.3
500	17	200	6.63	6120	13.9	12.7
600	18.5	206	7.64	6103	14.71	14
700	21.3	210	8.86	6080	16.68	15.1
800	23.5	217	10.18	6052	12.69	15.4
900	25.5	227.5	11.34	6022	18.61	15.7
1000	27	238.1	12.08	5993	18.93	16.1
1200	—	246.3	12.24	5948	—	—
1400	—	233.1	11.4	5922	—	—
1600	—	224.3	10.38	5905	—	—

Таблица 54.**32. Церий, Ce**
 $m_a = 140.12 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 6770$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$ [2]
50	3.79 [6]	143	5.86	6799	3.91	—
100	6 [6]	172	6.03	6794	5.12	—
200	5 [6]	189	6.12	6782	3.91	—
300	11.18	198	6.16	6769	8.33	8.6
400	13.2	207	6.18	6757	9.45	9.7
500	15	214	6.21	6744	10.37	10.5
600	16.9	222	6.3	6731	11.29	11
700	17.9	232	6.66	6715	11.5	11.4
800	19.5	246	7.54	6693	11.87	11.8
900	21.2	260	8.68	6665	12.22	12.3
1000	22.1	268	9.27	6640	12.44	13.7
1200	—	272	8.42	6618	—	—
1400	—	283	7.39	6608	—	—
1600	—	296	6.88	6592	—	—

Таблица 55.**33. Празеодим, Pr**
 $m_a = 140.91 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 6773$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$ [2]
50	—	176	2.6	6786	—	—
100	7.69 [6]	189	6.49	6799	5.99	—
200	10.6 [6]	194	5.51	6783	8.05	—
300	12	197	5.08	6772	9	—
400	13.2	201	4.85	6762	9.7	—
500	14.9	210	5.21	6751	10.52	10.5
600	15.6	223	5.85	6737	10.39	11
700	17	238	6.59	6719	10.62	11.3
800	18.6	254	7.35	6698	10.91	11.2
900	19.7	272	8.13	6674	10.87	11.1
1000	20.2	289	8.91	6647	10.52	11
1200	—	311	10.49	6585	—	—
1400	—	305	12.06	6512	—	—
1600	—	288	13.64	6429	—	—

Таблица 56.**34. Неодим, Nd**
 $m_a = 144.24 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 7007$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$ [2]
50	—	152	4.67	7031	—	—
100	—	183	7.99	7040	—	—
200	16.6 [6]	199	6.31	7019	11.86	—
300	16.1	206	7.02	7006	11.14	12.1
400	16.3	211	6.94	6991	11.05	11.7
500	16.9	215	7.15	6976	11.26	11.3
600	18	221	7.6	6958	11.71	11.2
700	19.2	231	8.2	6938	11.97	11.1
800	20.5	249	8.92	6913	11.9	11.1
900	22	272	9.81	6884	11.76	11.1
1000	21.5	291	11.19	6844	10.81	10.7
1200	22.4 [6]	307	14.85	6735	10.83	—
1400	—	338	14.75	6680	—	—
1600	—	276	15.25	6612	—	—

Таблица 57.**35. Самарий, Sm**
 $m_a = 150.36 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 7536$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6$ [2]
50	7.32 [6]	3	3.37	7555	362.84	—
100	7.35 [6]	11	7.1	7567	84.87	—
200	12.3 [6]	111	9.33	7556	14.63	—
300	12.8	191	10.38	7534	8.88	8.64
400	13.3	230	11.19	7509	7.7	8.01
500	13.8	252	11.91	7481	7.32	7.39
600	14.1	267	12.59	7450	7.09	7.17
700	14.9	278	13.25	7416	7.22	7.54
800	15.5	288	13.89	7380	7.3	7.82
900	16.1	295	14.52	7342	7.44	8.09
1000	16.5	290	15.14	7302	7.79	8.05
1200	16.9	318	16.38	7215	7.37	8.05
1400	—	329	17.6	7120	—	—
1600	—	343	18.82	7018	—	—

Таблица 58.**36. Европий, Eu**
 $m_a = 151.96 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(298\text{ K}) = 5243$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [2]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6 [2]$
50	—	9	7.08	5271	—	—
100	—	100	14.06	5287	—	—
200	—	163	18.61	5272	—	—
300	9.8	178	34.27	5242	10.51	10.5
400	9.3	186	25.68	5202	9.62	9.8
500	9.5	192	20.83	5178	9.56	9.6
600	10	198	20.05	5149	9.83	9.8
700	10.5	204	19.95	5120	10.05	9.9
800	11.5	215	19.99	5090	10.5	10.4
900	13	234	20.08	5060	10.96	11.1
1000	—	256	20.18	5029	—	—
1200	—	262	20.39	4969	—	—
1400	—	251	20.59	4909	—	—
1600	—	251	20.78	4849	—	—

Таблица 59.**37. Гадолиний, Gd**
 $m_a = 157.25 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 7895$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [2]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6 [2]$
50	19 [6]	120	2.83	7911	20.08	—
100	11.5 [6]	184	5	7918	7.9	—
200	9.98 [6]	226	6.03	7908	5.59	—
300	10.6	222	6.39	7894	6.04	5.7
400	11.6	196	6.83	7878	7.51	8.2
500	12.6	196	7.77	7857	8.18	8.4
600	13	199	8.28	7835	8.35	9
700	13.5	202	8.55	7813	8.54	9.1
800	14.4	206	9.29	7785	8.96	9.4
900	15.1	211	10.33	7749	9.24	9.7
1000	16	215	11.88	7701	9.64	10
1200	17.8	225	16.91	7548	10.49	10.6
1400	20	233	13.02	7568	11.34	11.2
1600	—	222	9.85	7601	—	—

Таблица 60.**38. Тербий, Tb**
 $m_a = 158.93 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 8272$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [2]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6 [2]$
50	—	122	0.27	8274	—	—
100	—	191	0.53	8275	—	—
200	—	305	2.05	8277	—	—
300	10.9	183	6.95	8271	7.19	7.3
400	12.2	176	8.6	8249	8.39	8.3
500	12.7	179	9.5	8223	8.63	8.7
600	13.9	188	9.98	8197	9.01	9
700	14.8	198	10.48	8167	9.14	9.2
800	15.6	207	11.05	8135	9.25	9.3
900	16.4	215	11.59	8101	9.41	9.4
1000	17.5	222	12.12	8065	9.76	9.6
1200	19.4	248	13.19	7985	9.81	9.8
1400	21.8	272	14.25	7898	10.15	10.1
1600	—	225	15.32	7803	—	—

Таблица 61.**39. Диспрозий, Dy**
 $m_a = 162.5 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(298\text{ K}) = 8550$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [2]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$\alpha \cdot 10^6$	$\alpha \cdot 10^6 [2]$
50	13.5 [6]	132	3.11	8570	11.95	—
100	10.5 [6]	208	5.88	8580	5.88	—
200	9.59 [6]	177	7.27	8568	6.31	—
300	10.6	169	7.87	8550	7.35	7.2
400	10.7	169	9.13	8526	7.44	7.3
500	11	170	10.5	8496	7.61	7.5
600	11.5	172	11.06	8465	7.91	7.8
700	13.2	174	11.7	8431	9.01	8.2
800	13	177	12.21	8396	8.77	8.5
900	14	182	12.4	8363	9.22	8.9
1000	15	190	12.33	8334	9.47	9.2
1200	18	212	11.96	8282	10.23	9.8
1400	21.8	244	11.71	8231	10.87	10.3
1600	—	284	11.64	8178	—	—

Таблица 62.**40. Гольмий, Ho**
 $m_a = 164.93 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(298\text{ K}) = 8795$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [2]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6 [2]$
50	7.77 [6]	127	5.04	8828	6.93	—
100	7.62 [6]	160	−2.23	8783	5.42	—
200	13 [6]	196	7.54	8815	7.53	—
300	13	166	7.78	8795	8.88	9
400	13.5	169	8.14	8773	9.11	9.2
500	14	171	8.79	8748	9.37	9.4
600	14	172	9.24	8722	9.31	9.4
700	14.5	174	9.54	8695	9.58	9.7
800	15	177	10.21	8662	9.8	9.8
900	15.5	182	11.16	8621	9.87	9.8
1000	16.3	192	11.78	8582	9.91	9.8
1200	17.4	216	11.19	8536	9.42	9.4
1400	18.5	249	9.97	8514	8.72	9
1600	19.5	292	9.19	8490	7.87	8

Таблица 63.**41. Эрбий, Er**
 $m_a = 167.26 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(298\text{ K}) = 9066$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [2]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6 [2]$
50	9.28 [6]	168	3.45	9089	6.08	—
100	11.9 [6]	192	7.14	9105	6.82	—
200	14.3 [6]	156	8.95	9090	10.07	—
300	14.6	267	9.56	9065	6.03	9.6
400	14	165	9.93	9039	9.37	9.2
500	13.8	168	10.22	9010	9.1	8.9
600	13.7	173	10.51	8980	8.84	8.8
700	14	177	10.97	8948	8.84	8.8
800	14.3	181	11.82	8907	8.86	8.9
900	14.9	185	13.3	8853	9.08	9
1000	15.3	190	15.4	8781	9.18	9.1
1200	16.8	201	19.92	8602	9.71	9.4
1400	18	220	21.93	8453	9.68	9.4
1600	—	238	21.23	8372	—	—

Таблица 64.**42. Тулий, Tm**
 $m_a = 168.93 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(298\text{ K}) = 9321$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [2]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6 [2]$
50	—	142	8.23	9378	—	—
100	—	153	14.04	9399	—	—
200	—	159	14.59	9361	—	—
300	16.2	160	14.67	9320	10.84	10.9
400	15.5	161	14.69	9279	10.36	10.3
500	14.8	162	14.71	9239	9.87	9.9
600	13.5	164	14.71	9198	8.94	9
700	14.2	168	14.72	9158	9.22	9.2
800	15	174	14.73	9119	9.43	9.5
900	15.9	181	14.81	9078	9.68	9.7
1000	16.5	186	15.62	9024	9.82	9.8
1200	17.6	195	16.05	8933	10.11	10.1
1400	18.3	204	14.83	8885	10.08	10.1
1600	—	213	14.75	8813	—	—

Таблица 65.**43. Иттербий, Yb**
 $m_a = 173.04 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 6965$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [2]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6 [2]$
50	—	2	21.92	7078	—	—
100	—	12	22.93	7059	—	—
200	—	117	24	7012	—	—
300	36	149	24.89	6961	34.72	33.4
400	34.5	159	25.76	6908	31.31	31.4
500	33.5	166	26.95	6850	29.54	30.5
600	—	170	29.06	6783	—	—
700	38	174	31.56	6707	32.51	32.5
800	40	178	33.08	6631	33.82	33.9
900	44	184	33.97	6559	36.37	36.9
1000	—	208	33.14	6508	—	—
1200	—	219	33.07	6390	—	—
1400	—	215	34.22	6254	—	—
1600	—	211	35.64	6111	—	—

Таблица 66.**44. Лютеций, Lu**
 $m_a = 174.97 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 9840$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [2]
50	22.8 [6]	87	6.18	9885	26.58	—
100	20.8 [6]	134	10.65	9901	15.72	—
200	19.3 [6]	148	10.13	9868	13.18	12.2
300	16.7	152	10.53	9838	11.17	11.1
400	15.2	154	9.98	9809	10.1	10.4
500	14.8	154	10.48	9776	9.8	10.1
600	14.5	156	11.45	9737	9.57	9.8
700	14.5	158	12.88	9688	9.5	9.7
800	14.7	161	13.75	9638	9.45	9.6
900	14.9	167	13.82	9598	9.28	9.5
1000	15.5	174	13.81	9560	9.3	9.6
1200	17.2	189	14.31	9471	9.62	9.9
1400	—	205	15.16	9368	—	10.2
1600	—	228	16.12	9255	—	—

Таблица 67.**45. Титан, Ti**
 $m_a = 47.88 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 4505$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [2]	$a \cdot 10^6$ [3]	$a \cdot 10^6$ [7]
50	14 [6]	85	1.14	4509	36.56	—	—	—
100	15.1 [3]	297	4.58	4517	11.25	—	11	—
200	15.3 [3]	464	7.28	4514	7.3	—	7.3	—
300	22.3	525	8.27	4504	9.43	9.3	6.3	9.21
400	20.7	559	8.75	4492	8.24	8.3	5.7	8.04
500	19.7	583	9.32	4479	7.54	7.6	5.1	7.31
600	19.7	602	9.81	4465	7.33	7.3	4	6.76
700	19.8	618	10.29	4449	7.2	7.1	6.6	6.4
800	19.8	633	10.91	4431	7.06	7	—	6.15
900	19.8	645	11.5	4413	6.95	6.9	—	6
1000	19.6	654	12.04	4393	6.82	6.9	—	5.84
1200	21.9	634	12.02	4362	7.92	7.9	—	8.9
1400	23.9	663	12.62	4324	8.34	8.3	—	9.48
1600	27.7	730	13.25	4283	8.86	8.8	—	9.92

Таблица 68.**46. Цирконий, Zr**
 $m_a = 91.22 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 6450$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [2]	$a \cdot 10^6$ [3]
50	41.9 [6]	114	1.9	6459	56.85	—	—
100	33.2 [3]	203	4.17	6466	25.36	—	24.9
200	25.2 [3]	256	5.41	6460	15.24	14.1	14.7
300	22.7 [3]	280	5.86	6449	12.59	12.7	12.5
400	21.9	296	6.15	6437	11.49	11.5	11.1
500	21.4	310	6.42	6424	10.76	10.7	10.3
600	21.1	322	6.73	6410	10.22	10.2	9.8
700	21.4	334	7.07	6395	10.03	10	9.7
800	22.1	345	7.4	6378	10.05	10	9.7
900	22.7	356	7.73	6360	10.04	10	10
1000	22.9	366	8.19	6340	9.87	9.8	10.3
1200	27	300	9.65	6285	14.31	13.2	12.6
1400	30	321	9.62	6250	14.97	14.2	13.7
1600	34	341	8.93	6232	16.01	14.7	14.6

Таблица 69.**47. Гафний, Hf**
 $m_a = 178.49 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 13310$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [2]
50	—	89	2.86	13338	—	—
100	—	128	4.88	13348	—	—
200	—	138	5.88	13332	—	—
300	23.3	143	6.31	13308	12.21	12.3
400	22.2	148	6.63	13282	11.28	11.5
500	21.8	153	6.89	13253	10.76	11
600	21.8	157	7.14	13223	10.48	10.7
700	21.6	162	7.38	13191	10.12	10.3
800	21.5	166	7.61	13158	9.86	10
900	21.5	167	7.83	13123	9.79	9.9
1000	21.6	169	8.06	13086	9.8	9.8
1200	22.9	182	8.49	13009	9.65	9.7
1400	25.1	192	8.93	12927	10.09	10.2
1600	27.9	201	9.35	12839	10.79	10.9

Таблица 70.**48. Ванадий, V**
 $m_a = 50.94 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 5960$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [2]
50	—	405	1.64	5967	—	—
100	32.1 [6]	476	4.98	5977	11.28	—
200	32.6 [6]	496	7.12	5972	11.01	12.1
300	30.5	507	7.85	5959	10.1	10.4
400	30.9	516	8.28	5944	10.07	10.1
500	31.8	526	8.63	5928	10.21	10.1
600	32.8	535	9.06	5911	10.38	10.2
700	34.1	544	9.61	5891	10.64	10.4
800	35.5	553	10.29	5868	10.93	10.6
900	36.9	564	11.01	5843	11.2	10.8
1000	39.1	576	11.67	5816	11.67	11.2
1200	42.4	609	12.73	5760	12.08	11.6
1400	44.3	657	13.74	5700	11.82	11.5
1600	46.7	717	14.49	5640	11.56	11.5

Таблица 71.**49. Ниобий, Nb**
 $m_a = 92.91 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 8570$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [2]	$a \cdot 10^6$ [3]
50	44.5 [6]	105	2.33	8585	49.26	—	—
100	49 [3]	203	4.9	8594	28.11	—	28
200	50 [3]	254	6.4	8585	22.95	24.5	23
300	53.5	270	6.95	8569	23.17	23.7	23
400	55.1	277	7.28	8550	23.25	23.5	23
500	57.1	282	7.52	8530	23.76	23.9	23
600	57.9	285	7.73	8509	23.88	23.9	23
700	58.6	288	7.91	8488	24	23.9	23
800	59.5	291	8.08	8466	24.19	24	24
900	60.8	294	8.25	8443	24.48	24.2	—
1000	62.2	299	8.4	8420	24.72	24.5	24
1200	64.3	311	8.7	8372	24.69	24.7	23
1400	70	325	8.98	8322	25.87	25	—
1600	69.2	339	9.26	8270	24.69	25	—

Таблица 72.**50. Тантал, Та**
 $m_a = 180.95 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 16654$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [2]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [2]
50	—	64	2.83	16688	—	—
100	63 [6]	109	5.07	16703	34.54	—
200	58.2	134	6.12	16683	25.98	26.9
300	55.2	144	6.47	16652	22.97	23.7
400	52.7	150	6.66	16618	21.19	22.1
500	53.7	153	6.8	16584	21.2	22
600	54.7	155	6.91	16549	21.27	22
700	55.4	159	7	16513	21.14	22
800	56	163	7.09	16476	20.87	22
900	56.4	167	7.17	16439	20.48	22
1000	56.7	172	7.25	16402	20.05	22
1200	57.3	182	7.42	16324	19.24	22
1400	58	192	7.62	16243	18.58	22
1600	59.1	202	7.85	16157	18.14	22

Таблица 73.**51. Хром, Cr**
 $m_a = 51.996 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 7180$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [2]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [2]
50	335 [6]	25	0.34	7182	1865.9	—
100	—	196	2.34	7190	—	—
200	102 [6]	385	5.57	7191	36.84	40
300	94.5	449	4.76	7179	29.34	29
400	87.7	481	7.88	7162	25.45	25.4
500	83.2	503	8.54	7142	23.17	22.5
600	82.7	520	9.06	7121	22.34	22.5
700	75.3	536	9.5	7098	19.8	19.8
800	71.9	554	9.91	7073	18.36	18.2
900	68.9	576	10.3	7048	16.98	16.7
1000	66	604	10.69	7021	15.57	15.3
1200	62	679	11.62	6960	13.11	13
1400	59.3	772	13.11	6880	11.17	11.2
1600	56.6	862	15.37	6772	9.7	9.7

Таблица 74.**52. Молибден, Mo**
 $m_a = 95.94 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 10220$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [2]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [2]
50	—	38	0.71	10225	—	—
100	205 [6]	146	2.89	10237	136.83	—
200	169 [6]	221	4.55	10233	74.68	60
300	139.8	245	5.12	10219	55.82	54.8
400	136.1	258	5.46	10202	51.74	50.6
500	131.3	267	5.7	10184	48.36	47.6
600	126.1	274	5.9	10165	45.35	45
700	122.2	279	6.09	10145	43.11	43
800	118.2	285	6.25	10124	41	41
900	114.2	290	6.41	10102	39.03	38.8
1000	110.3	294	6.57	10079	37.18	37.2
1200	103.1	304	6.9	10032	33.85	33.6
1400	98.5	315	7.28	9979	31.38	30.8
1600	95.9	331	7.7	9920	29.2	28.5

Таблица 75.**53. Вольфрам, W**
 $m_a = 183.85 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 19350$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [2]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [2]	$a \cdot 10^6$ [3]
50	290 [6]	29	0.97	19364	516.44	—	—
100	208 [3]	90	2.74	19381	119.56	—	121
200	186 [3]	125	3.97	19371	76.98	—	77
300	162.8	135	4.38	19348	62.34	64	67
400	155.9	140	4.57	19322	57.64	59.6	61
500	145.9	143	4.69	19294	52.84	54.9	55
600	137.1	145	4.77	19265	48.96	51	51
700	130.2	147	4.82	19237	46	47.9	—
800	124.2	149	4.87	19208	43.5	45.2	45
900	120.2	150	4.9	19179	41.8	43.2	—
1000	116.6	151	4.94	19149	40.29	41.4	42
1200	113.5	153	5.06	19087	38.8	38.6	—
1400	111.2	155	5.29	19016	37.68	36.4	—
1600	110.1	157	5.64	18932	37.02	34.5	—

Таблица 76.**54. Марганец, Mn**
 $m_a = 54.94 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 7210$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [2]	$a \cdot 10^6$ [3]
50	4.2 [6]	88	-13.32	7141	6.65	-	-
100	5.5 [3]	276	10.64	7255	2.75	-	2.9
200	6.4 [3]	418	19.41	7249	2.11	-	2.1
300	6.87	478	22.82	7207	2	1.93	2.2
400	8.18	518	25.64	7151	2.21	2.14	2.4
500	9.59	551	28.29	7086	2.46	2.37	2.5
600	10.9	581	30.89	7011	2.68	2.58	2.6
700	11.8	608	33.46	6927	2.8	2.7	2.7
800	13.3	635	36	6836	3.06	2.9	2.9
900	14.4	661	38.54	6737	3.23	3.1	3
1000	14 [3]	686	41.07	6632	3.08	4.7	3.1
1200	-	703	46.13	6406	-	-	-
1400	-	800	51.17	6163	-	-	-
1600	-	834	56.2	5908	-	-	-

Таблица 77.**55. Железо, Fe**
 $m_a = 55.85 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 7874$ кг/м³ [1]

T, K	λ [2]	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6$ [2]	$a \cdot 10^6$ [3]
50	385 [6]	40	0.98	7880	1215.93	-	-
100	91.3 [3]	220	5.09	7897	52.54	-	53.4
200	79.6 [3]	394	9.81	7896	25.57	30.9	26.3
300	79.9	459	11.87	7872	22.14	22.7	20.3
400	69.4	496	13.24	7841	17.84	18.1	16.7
500	61.8	527	14.36	7804	15.03	14.9	13.9
600	55.1	564	15.36	7764	12.58	12.4	11.5
700	48.7	621	16.2	7721	10.16	10.2	9.6
800	42.7	689	16.52	7681	8.07	8.18	8
900	37.2	763	15.74	7655	6.37	6.3	6.7
1000	32	969	14.72	7636	4.33	4.06	5.6
1200	29	603	17.85	7509	6.41	6.2	7.7
1400	31.5	618	21.32	7353	6.93	6.6	7.3
1600	34	643	22.46	7237	7.3	6.9	7

Таблица 78.**56. Кобальт, Со**
 $m_a = 58.93 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 8900$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [2]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6 [2]$
50	280 [6]	342	1.41	8909	91.99	—
100	160 [6]	387	7.16	8937	46.26	—
200	115 [6]	420	11.63	8929	30.69	—
300	94.9	441	13.08	8898	24.2	25.5
400	83.2	459	13.89	8861	20.46	21
500	74.1	476	14.48	8821	17.64	17.7
600	67.9	493	14.97	8779	15.69	15.5
700	61.6	531	15.4	8736	13.27	14
800	55	555	15.81	8691	11.41	11.7
900	53	589	16.19	8645	10.41	10.5
1000	51	633	16.56	8598	9.37	9.61
1200	51	725	17.28	8500	8.28	8.42
1400	42	783	17.97	8399	6.39	5.3
1600	44	679	18.65	8294	7.81	8.2

Таблица 79.**57. Никель, Ni**
 $m_a = 58.69 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 8910$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [2]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6 [2]$	$a \cdot 10^6 [3]$
50	193 [6]	60	1.53	8920	358.2	—	—
100	164 [3]	238	6.61	8944	77.01	—	78.9
200	107 [3]	387	11.04	8938	30.92	—	31.3
300	90.4	442	12.8	8908	22.95	22.9	22.9
400	79.7	482	13.91	8870	18.65	18.7	18.9
500	72.1	528	14.78	8829	15.46	15.6	15.5
600	63.3	593	17.14	8772	12.18	12.2	12.6
700	60.9	543	14.75	8752	12.81	13.3	14.3
800	64.3	544	16.75	8689	13.61	14	14.5
900	66.2	552	17.6	8633	13.89	14.1	14.6
1000	71.5	562	18.36	8576	14.84	14.8	14.9
1200	75.6	582	20.32	8443	15.39	15	15.2
1400	76.7	601	22.99	8278	15.41	15	15.5
1600	77.3	642	25.23	8108	14.86	15.1	—

Таблица 80.**58. Торий, Th**
 $m_a = 232.04 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 11720$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [2]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6 [2]$
50	—	78	5.87	11770	—	—
100	48.8	98	8.87	11780	42.29	51.4
200	48.8	108	10.2	11753	38.43	41.5
300	50.1	113	11.17	11717	37.86	39.2
400	49.7	117	12.16	11674	36.47	37.8
500	49.9	120	13.03	11626	35.74	36.8
600	49.8	124	13.7	11574	34.84	35.9
700	49.9	127	14.23	11520	34.03	35
800	49.8	132	14.76	11463	33	34.1
900	49.8	136	15.32	11402	32.13	33.1
1000	49.8	140	15.9	11338	31.45	32.5
1200	49.3	147	17.08	11199	29.86	31
1400	—	154	18.27	11050	—	—
1600	—	163	19.46	10889	—	—

Таблица 81.**59. Уран, U**
 $m_a = 238.03 \cdot 10^{-3}$ кг/моль (табл. 2); $\rho(293\text{ K}) = 19040$ кг/м³ [1]

T, K	$\lambda [2]$	c_p	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	ρ	$a \cdot 10^6$	$a \cdot 10^6 [2]$
50	—	125	11.63	19203	—	—
100	23	127	12.66	19181	9.44	—
200	25	130	13.7	19113	10.06	—
300	27.5	133	14.68	19034	10.85	11.3
400	30.1	138	15.68	18945	11.5	12.7
500	32.2	145	17.6	18834	11.8	12.7
600	34.2	152	20.01	18696	12.07	12.5
700	36.5	159	21.69	18549	12.35	12.3
800	38.7	170	23.71	18377	12.42	11.9
900	41.5	182	25.58	18193	12.51	11.7
1000	—	196	25.19	18074	—	—
1200	22.4 [6]	231	22.48	17942	5.4	—
1400	18 [6]	251	21.87	17751	4.04	—
1600	—	224	22.35	17506	—	—

Температуропроводность при низких температурах

Таблица 82.

	10	20	40	60	80	100	T, K
Al	38000	13000	2400	850	430	300	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	127000	15000	130	13.9	4.10	2.16	$\alpha \cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Be	10	20	40	60	80	100	T, K
	1800	3480	4620	1620	1620	890	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	1900	1800	1200	232	102	25.3	$\alpha \cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
V	10	20	40	60	80	100	T, K
	14	26	39	41	39	36	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	26.45	2.41	0.198	0.157	0.140	0.127	$\alpha \cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Bi	10	20	40	60	80	100	T, K
	225	100	46	30	24	19	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	141	4.12	0.636	0.324	0.234	0.175	$\alpha \cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
W	10	20	40	60	80	100	T, K
	9700	4050	690	300	230	208	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	70800	5600	25.5	3.45	1.66	1.2	$\alpha \cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Gd	10	20	40	60	80	100	T, K
	31	32	23	18	15	15	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	21.75	1.24	0.287	0.169	0.117	0.103	$\alpha \cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Hf	10	20	40	60	80	100	T, K
	10	18	24	26	26	26	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	17.19	7.89	0.313	0.184	0.160	0.153	$\alpha \cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Ho	10	20	40	60	80	100	T, K
	12	14	16	16	15	14	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	2.12	0.290	0.159	0.134	0.118	0.100	$\alpha \cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Dy	10	20	40	60	80	100	T, K
	10	14	14	13	12	10	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	7.92	0.530	0.154	0.100	0.076	0.056	$\alpha \cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$

Таблица 82 (продолжение)

	10	20	40	60	80	100	T, K
Fe	1480	1540	625	285	175	134	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	1207	619	45.7	4.94	0.101	0.058	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Au	10	20	40	60	80	100	T, K
	3250	1580	515	374	332	327	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	9335	128	4.97	2.27	1.708	1.552	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Ir	10	20	40	60	80	100	T, K
	1270	1900	750	330	210	172	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	2933	778	15.49	2.74	1.218	0.836	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Y	10	20	40	60	80	100	T, K
	7	13	15	16	16	16	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	31.65	29.39	16.94	12.03	9.011	7.206	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
K	10	20	40	60	80	100	T, K
	460	165	115	110	108	107	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	589	12.21	2.937	2.229	1.999	1.891	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Cd	10	20	40	60	80	100	T, K
	1200	270	140	115	106	103	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	807	8.95	1.333	0.808	0.657	0.597	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Co	10	20	40	60	80	100	T, K
	265	440	375	250	195	165	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	4.8	2.34	1.316	0.787	0.583	0.477	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Lu	10	20	40	60	80	100	T, K
	36	41	32	30	29	28	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	5478	10.91	0.535	0.291	0.236	0.212	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
La	10	20	40	60	80	100	T, K
	18	17	10	9	9	11	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	10.42	0.67	0.14	0.099	0.089	0.103	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Li	10	20	40	60	80	100	T, K
	610	720	345	175	120	105	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	3602	1540	28.3	3.791	1.469	0.964	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$

Таблица 82 (продолжение)

	10	20	40	60	80	100	T, K
Mg	5600	2700	720	325	200	169	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	18635	2542	35.28	5.53	2.184	1.474	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Mn	10	20	40	60	80	100	T, K
	1.6	2.4	3.6	4.5	5.3	5.8	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	0.95	0.62	0.109	0.047	0.034	0.029	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Cu	10	20	40	60	80	100	T, K
	24500	10800	2170	830	560	480	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	75349	5492	45.53	6.44	2.91	2.04	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Mo	10	20	40	60	80	100	T, K
	150	285	355	260	210	180	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	402	316	20.85	4.038	1.855	1.201	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Ni	10	20	40	60	80	100	T, K
	1810	1650	580	310	210	165	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	2384	913	23.18	3.498	1.335	0.775	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Nb	10	20	40	60	80	100	T, K
	295	250	95	66	58	55	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	7068	50.91	1.598	0.57	0.382	0.316	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Na	10	20	40	60	80	100	T, K
	2200	610	190	145	135	136	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	18349	83.03	3.942	1.924	1.503	1.387	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Sn	10	20	40	60	80	100	T, K
	1900	320	135	104	92	85	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	1250	13.7	1.899	1.108	0.872	0.756	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Os	10	20	40	60	80	100	T, K
	1020	1600	640	220	140	115	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	1810	81.41	4.96	1.126	0.614	0.467	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
Pd	10	20	40	60	80	100	T, K
	1150	600	175	98	81	77	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	8468	566	4.37	0.844	0.466	0.367	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$

Таблица 82 (продолжение)

	10	20	40	60	80	100	T, K
Pt	1230	500	140	95	82	78	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	4192	108	1.845	0.618	0.412	0.347	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
	10	20	40	60	80	100	T, K
Re	3550	1150	155	77	63	59	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	7187	41.87	1.685	0.49	0.323	0.27	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
	10	20	40	60	80	100	T, K
Rh	2780	3650	1020	380	240	190	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	3718	2052	41.12	4.526	1.701	1.038	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
	10	20	40	60	80	100	T, K
Ru	1500	2260	950	310	185	155	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	2349	1579	48.54	4.199	1.423	0.902	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
	10	20	40	60	80	100	T, K
Sc	7	12	14	14	14	14	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	52.25	10.44	0.574	0.224	0.152	0.124	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
	10	20	40	60	80	100	T, K
Ag	16800	5100	1050	550	470	450	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	35682	481	12.65	3.924	2.722	2.341	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
	10	20	40	60	80	100	T, K
Pb	180	60	45	43	41	39.7	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	21.31	1.03	0.417	0.348	0.313	0.294	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
	10	20	40	60	80	100	T, K
Ta	107	142	87	65	60	59	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	142	13.84	1.137	0.498	0.369	0.323	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
	10	20	40	60	80	100	T, K
Tb	19	23	19	17	15	14	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	6.81	0.69	0.217	0.154	0.118	0.089	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
	10	20	40	60	80	100	T, K
Tl	190	80	65	61	58	56	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	5.21	0.88	0.517	0.446	0.408	0.385	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
	10	20	40	60	80	100	T, K

Таблица 82 (продолжение)

	10	20	40	60	80	100	T, K
Th	470	170	85	69	63	60	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	322	6.42	1.068	0.688	0.573	0.52	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
	10	20	40	60	80	100	T, K
Tm	23	18	11	11	13	14	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	0.61	0.19	0.087	0.08	0.092	0.097	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
	10	20	40	60	80	100	T, K
Ti	14	28	39	36	33	31	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	32.34	23.83	2.081	0.595	0.324	0.231	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
	10	20	40	60	80	100	T, K
U	10	16	18	20	21	22	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	0.454	0.688	0.754	0.83	0.866	0.903	$\alpha\cdot 10^5, \text{m}^2/\text{c}$
	10	20	40	60	80	100	T, K
Cr	385	595	425	250	185	160	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	664	510	63.73	6.77	2.088	1.138	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
	10	20	40	60	80	100	T, K
Ce	1.1	1.9	3.2	4.3	5.2	6	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	9.44	0.711	0.377	0.413	0.462	0.512	$\alpha\cdot 10^5, \text{m}^2/\text{c}$
	10	20	40	60	80	100	T, K
Sb	480	230	110	75	58	46	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	1410	26.95	1.885	0.832	0.547	0.4	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
	10	20	40	60	80	100	T, K
Zn	4750	1000	280	160	130	117	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	8775	108	3.432	1.089	0.696	0.553	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
	10	20	40	60	80	100	T, K
Zr	99	108	59	44	37	33	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	144	15.1	1.134	0.483	0.321	0.252	$\alpha\cdot 10^4, \text{m}^2/\text{c}$
	10	20	40	60	80	100	T, K
Er	7.1	7.8	9.3	9.8	11	12	$\lambda, \text{Bt}/(\text{m}\cdot\text{K}) [8]$
	10	1.263	0.688	0.596	0.639	0.688	$\alpha\cdot 10^5, \text{m}^2/\text{c}$
	10	20	40	60	80	100	T, K

Литература

1. *Физические величины*. Справочник / А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др.; Под. ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. М.: Энергоатомиздат, 1991. 1232 с.
2. Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах. М.: Металлургия, 1989. 384 с.
3. Шелудяк Ю.Е., Каипоров Л.Я., Малинин Л.А., Цалков В.Н. Теплофизические свойства компонентов горючих систем / Справочник под ред. Н.А. Силина. М.: НПО «Информация и технико-экономические исследования», 1992. 184 с.
4. Благородные металлы. Справ. изд. под ред. Савицкого Е.М. М.: Металлургия, 1984. 592 с.
5. Новицкий Л.А., Кожевников И.Г. Теплофизические свойства материалов при низких температурах. Справочник. М.: Машиностроение, 1975. 216 с.
6. Лариков Л.Н., Юрченко Ю.Ф. Структура и свойства металлов и сплавов. Тепловые свойства металлов и сплавов. Киев: Наукова думка, 1985. 437 с.
7. Теплофизические свойства титана и его сплавов. Справочник / В.Э. Пелецкий, В.Я. Чеховской, Э.А. Бельская и др. М.: Металлургия, 1985. 103 с.
8. Справочник по теплообменникам, т. 2 / Пер. с англ. под ред. О.Г. Мартыненко и др. М.: Энергоатомиздат, 1987. 352 с.

Приложения

1. АНГЛИЙСКИЙ АЛФАВИТ с русским произношением букв

Aa	Bb	Cc	Dd	Ee	Ff	Gg
эй	би	си	ди	и	эф	джи
Hh	Ii	Jj	Kk	Ll	Mm	Nn
эйч	ай	джей	кей	эл	эм	эн
Oo	Pp	Qq	Rr	Ss	Tt	Uu
оу	пи	кью	a; ар	эс	ти	ю
Vv	Ww	Xx	Yy	Zz		
ви	дабл-ю	экс	уай	зед/зи		

2. ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ

Обозначение буквы	Название буквы	Обозначение буквы	Название буквы
Α, α	альфа	Ν, ν	ню
Β, β	бета	Ξ, ξ	кси
Γ, γ	гамма	Ο, ο	омикрон
Δ, δ	дельта	Π, π	пи
Ε, ε	эпсилон	Ρ, ρ	ро
Ζ, ζ	дзета	Σ, σ	сигма
Η, η	эта	Τ, τ	тау
Θ, θ, θ̄	тета	Υ, υ	ипсилон
Ι, ι	йота	Φ, φ	фи
Κ, κ	каппа	Χ, χ	хи
Λ, λ	ламбда	Ψ, ψ	пси
Μ, μ	мю	Ω, ω	омега

3. ДЕСЯТИЧНЫЕ ПРИСТАВКИ К НАЗВАНИЯМ ЕДИНИЦ

<i>Множитель</i>	<i>Приставка</i>	<i>Обозначение</i>		<i>Пример</i>
		<i>русское</i>	<i>мировое</i>	
10^{-18}	атто	а	а	$1\text{ ас} = 10^{-18} \text{ с}$
10^{-15}	фемто	ф	f	$1\text{ фA} = 10^{-15} \text{ A}$
10^{-12}	пико	п	p	$1\text{ пФ} = 10^{-12} \text{ Ф}$
10^{-9}	нано	н	n	$1\text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$
10^{-6}	микро	мк	μ	$1\text{ мкВ} = 10^{-6} \text{ В}$
10^{-3}	милли	м	m	$1\text{ мВт} = 10^{-3} \text{ Вт}$
10^{-2}	санти	с	c	$1\text{ сН} = 10^{-2} \text{ Н}$
10^{-1}	деци	д	d	$1\text{ дПа} = 10^{-1} \text{ Па}$
10^0	дека	да	da	$1\text{ даCм} = 10 \text{ См}$
10^2	гекто	г	h	$1\text{ глк} = 10^2 \text{ лк}$
10^3	кило	к	k	$1\text{ кОм} = 10^3 \text{ Ом}$
10^6	мега	М	M	$1\text{ Мкал} = 10^6 \text{ кал}$
10^9	гига	Г	G	$1\text{ ГТл} = 10^9 \text{ Тл}$
10^{12}	тера	Т	T	$1\text{ ТЭв} = 10^{12} \text{ Эв}$
10^{15}	пета	П	P	$1\text{ ПК} = 10^{15} \text{ К}$
10^{18}	экса	Э	E	$1\text{ ЭДж} = 10^{18} \text{ Дж}$

4. СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ЕДИНИЦАМИ ЭНЕРГИИ

<i>Единица измерения</i>	<i>Эквивалент</i>			
	Дж	эрг	межд. кал	эВ
1 эрг	10^{-7}	1	$2.39 \cdot 10^{-8}$	$6.24 \cdot 10^{11}$
1 Дж	1	10^7	0.239	$6.24 \cdot 10^{18}$
1 межд. Дж	1.00019	$1.00019 \cdot 10^7$	0.239	$6.24 \cdot 10^{18}$
1 кВт·ч	$3.6 \cdot 10^6$	$3.6 \cdot 10^{13}$	$8.6 \cdot 10^5$	$2.25 \cdot 10^{25}$
1 межд. кал (cal _{IT})	4.187	$4.187 \cdot 10^7$	1	$2.58 \cdot 10^{19}$
1 эВ (электрон-вольт)	$1.6 \cdot 10^{-19}$	$1.6 \cdot 10^{-12}$	$3.93 \cdot 10^{-20}$	1

5. ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ

I A	II A	III A	VIII	V	VI	VII	VIII	I B	II B	III B	IV B	V B	VI B	VII B	2 He 4,0026								
3 Li 6,939	4 Be 9,0122							5 B 10,811	6 C 12,01115	7 N 14,00667	8 O 15,9994	9 F 18,9994	10 Ne 20,179										
11 Na 22,9898	12 Mg 24,305							13 Al 26,9815	14 Si 28,086	15 P 30,9738	16 S 32,064	17 Cl 35,453	18 Ar 39,948										
19 K 39,102	20 Ca 40,08	21 Sc 44,956	22 Ti 47,90	23 V 50,942	24 Cr 51,996	25 Mn 54,9380	26 Fe 55,847	27 Co 58,9332	28 Ni 58,70	29 Cu 63,546	30 Zn 65,37	31 Ga 69,72	32 Ge 72,59	33 As 74,9216	34 Se 78,96	35 Br 79,904	36 Kr 83,80						
37 Rb 85,47	38 Sr 67,62	39 Y 88,905	40 Zr 91,22	41 Nb 92,906	42 Mo 95,94	43 Tc [99]	44 Ru [101]	45 Rh 101,07	46 Pd 102,905	47 Ag 106,4	48 Cd 107,868	49 In 112,40	50 Sb 114,82	51 Te 118,69	52 Sb 121,75	53 Te 127,60	54 Xe 126,9044	55 Kr 131,30					
55 Cs 132,905	56 Ba 137,34	57 La 138,91	58 Hf 176,49	59 Ta 180,948	60 W 183,85	61 Re 186,207	62 Os 190,2	63 Ir 192,2	64 Pt 195,09	65 Au 196,967	66 Hg 200,59	67 Tl 204,37	68 Pb 207,19	69 Bi 208,980	70 Po 207,19	71 At 210,1	72 Rn [222]						
87 Fr [223]	88 Ra [226]	89 Ac [227]	90 Ku [264]																				
Лантаноиды																							
								58 Ce 140,12	59 Pr 140,907	60 Nd 144,24	61 Sm 147,1	62 Eu 150,35	63 Gd 151,96	64 Dy 157,25	65 Ho 158,924	66 Er 162,50	67 Tb 164,930	68 Tm 167,26	69 Yb 168,934	70 Lu 173,04	71 Lr 174,97		
Актиноиды																							
								90 Th 232,038	91 Pa [231]	92 U [237]	93 Np [244]	94 Pu [237]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [252]	99 Es [254]	100 Fm [254]	101 Md [255]	102 (No) [255]	103 Lr [255]		

Название		Химич- еский знак	Порядко- вый номер	Атомная масса	Год открытия
русское	латинское				
Азот	Nitrogenium	N	7	14,01	1772
Актиний	Actinium	Ac	89	[227]	1899
Алюминий	Aluminium	Al	13	26,98	1825
Америций	Americium	Am	95	[243]	1944*
Аргон	Argon	Ar	18	39,95	1894
Астат	Astatium	At	85	[210]	1940*
Барий	Barium	Ba	56	137,3	1774
Бериллий	Beryllium	Be	4	9,012	1797
Берклий	Berkelium	Bk	97	[245]	1950*
Бор	Boron	B	5	10,81	1808
Бром	Bromum	Br	35	79,90	1826
Ванадий	Vanadium	V	23	50,94	1830
Висмут	Bismuthum	Bi	83	209,0	Средн.
Водород	Hydrogenium	H	1	1,008	1766
Вольфрам	Wolfram	W	74	183,9	1781
Гадолиний	Gadolinium	Gd	64	157,3	1880
Галлий	Gallium	Ga	31	69,72	1875
Гафний	Hafnium	Hf	72	178,5	1923
Гелий	Helium	He	2	4,003	1868
Германний	Germanium	Ge	32	72,59	1886
Гольмий	Holmium	Ho	67	164,9	1879
Диспрозий	Dysprosium	Dy	66	162,5	1886
Европий	Europium	Eu	63	152,0	1901
Железо	Ferrum	Fe	26	55,85	Древн.
Золото	Aurum	Au	79	197,0	*
Индий	Indium	In	49	114,8	1863
Иод	Iodum	I	53	126,9	1811
Иридий	Iridium	Ir	77	192,2	1804
Иттербий	Ytterbium	Yb	70	173,0	1878
Иттрий	Yttrium	Y	39	88,9	1794
Кадмий	Cadmium	Cd	48	112,4	1817
Калий	Kalium	K	19	39,10	1807
Калифорний	Californium	Cf	98	[251]	1950*
Кальций	Calcium	Ca	20	40,08	1808
Кислород	Oxygenium	O	8	16,00	1774
Кобальт	Cobaltum	Co	27	58,93	1735
Кремний	Silicium	Si	14	28,09	1823
Криптон	Krypton	Kr	36	83,80	1898
Ксеноон	Xenon	Xe	54	131,3	1898
Кюрий	Curium	Cm	96	[247]	1944
Лантан	Lanthanum	La	57	138,9	1839
Литий	Lithium	Li	3	6,94	1817
Лоуренсий	Lawrencium	Lr	103	[256]	1960*
Лютейций	Lutetium	Lu	71	175,0	1907
Магний	Magnesium	Mg	12	24,3	1775
Марганец	Manganum	Mn	25	54,94	1774
Медь	Cuprum	Cu	29	63,54	Древн.
Менделевий	Mendelevium	Md	101	[257]	1955*
Молибден	Molybdenum	Mo	42	95,94	1778
Мышьяк	Arsenicum	As	33	74,92	Древн.
Натрий	Natrium	Na	11	22,99	1807
Неодим	Neodymium	Nd	60	144,2	1885
Неон	Neon	Ne	10	20,18	1898

Название		Химич- еский знак	Порядко- вый номер	Атомная масса	Год открытия
русское	латинское				
Нептуний	Neptunium	Np	93	237,0	1940*
Никель	Nickel	Ni	28	58,70	1751
Ниобий	Niobium	Nb	41	92,91	1801
(Нобелий)	Nobelium	(No)	102	[255]	1958*
Олово	Stannum	Sn	50	118,7	Древн.
Осмий	Osmium	Os	76	190,2	1803
Палладий	Palladium	Pd	46	106,4	1803
Платина	Platinum	Pt	78	195,1	1738
Плутоний	Plutonium	Pu	94	[244]	1940*
Полоний	Polonium	Po	84	[209]	1898
Празеодим	Praseodymium	Pr	59	140,9	1885
Прометий	Promethium	Pm	61	[145]	1938
Протактиний	Protactinium	Pa	91	231,0	1917
Радий	Radium	Ra	88	226,0	1898
Радон	Radon	Rn	86	[222]	1900
Рений	Rhenium	Re	75	186,2	1924
Родий	Rhodium	Rh	45	102,9	1803
Ртуть	Hydrargyrum	Hg	80	200,6	Древн.
Рубидий	Rubidium	Rb	37	85,47	1861
Рутений	Ruthenium	Ru	44	101,1	1844
Самарий	Samarium	Sm	62	150,4	1879
Свинец	Plumbum	Pb	82	207,2	Древн.
Селен	Selenium	Se	34	78,96	1817
Сера	Sulfur	S	16	32,06	Древн.
Серебро	Argentum	Ag	47	107,9	»
Скандий	Scandium	Sc	21	44,96	1879
Стронций	Strontium	Sr	38	87,62	1790
Сурьма	Stibium	Sb	51	121,8	Древн.
Таллий	Thallium	Tl	81	204,4	1861
Тантал	Tantalum	Ta	73	180,9	1802
Теллур	Tellurium	Te	52	127,6	1782
Тербий	Terbium	Tb	65	158,9	1843
Технеций	Techneium	Tc	43	98,91	1937
Титан	Titanium	Ti	22	47,90	1791
Торий	Thorium	Th	90	232,0	1828
Тулий	Thulium	Tu	69	168,9	1879
Углерод	Carboneum	C	6	12,01	Древн.
Уран	Uranium	U	92	238,0	1789
Фермий	Fermium	Fm	100	[257]	1953*
Фосфор	Phosphorus	P	15	30,97	1669
Франций	Francium	Fr	87	[223]	1939
Фтор	Fluorum	F	9	19,00	1810
Хлор	Chlorum	Cl	17	35,45	1774
Хром	Chromium	Cr	24	52,00	1797
Цезий	Cesium	Cs	55	132,9	1860
Цинк	Zincum	Zn	30	65,38	Древн.
Цирконий	Zirconium	Zr	40	91,22	1789
Эрбий	Erbium	Er	68	167,3	1843
Эйштейний	Einsteinium	Es	99	[254]	1953*

6. ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ

Период	Группа																	
	IA	IIA	IIIIB	IVB	VIB	VIIB	VIIIB		IB	IIIB	IIIA	IVA	VIA	VIA	VIA	VIA	VIA	VIA
1	H 1																	He 2
2	Li 3	Be 4										B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10	
3	Na 11	Mg 12										Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18	
4	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
5	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nd 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
6	Cs 55	Ba 56	57-71	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pd 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
7	Fr 87	Ra 88	89-103	Ku 104	Ns 105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
8	119	120	121-															

Лантаноиды	La 57	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	6d 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71
------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Актиноиды	Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	J1 102	Rf 103
-----------	----------	----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------

7. ПЛОТНОСТЬ МЕТАЛЛОВ ρ , МГ/М^3

<i>Группа</i>	<i>Металл</i>	$\rho(18^\circ\text{C})$, МГ/М^3	<i>Группа</i>	<i>Металл</i>	$\rho(18^\circ\text{C})$, МГ/М^3
I	Li	0.53	VIII	Fe	7.87
	Na	0.97		Ru	12.06
	K	0.86		Os	22.48
	Rb	1.51		Co	8.90
	Cs	4.81		Rh	12.44
II	Be	1.85		Ir	22.42
	Mg	1.74		Ni	8.90
	Ca	1.54		Pd	12.16
	Sr	2.63		Pt	21.37
	Ba	3.59			
III	Al	2.70	I	Cu	8.96
	Y	4.472		Ag	10.49
	La	6.16		Au	19.29
IV	Ti	4.50	II	Zn	7.13
	Zr	6.53		Cd	8.65
	Hf	13.09		Hg	13.55
V	V	6.10	III	Ga	5.90
	Nb	8.57		In	7.31
	Ta	16.5		Tl	11.85
VI	Cr	7.19	IV	Ge	5.32
	Mo	10.2		Sn	7.29
	W	19.23		Pb	11.34
VII	Mn	7.24	V	As	5.73
	Re	21.01		Sb	6.69
				Bi	9.84

8 . Т Е М П Е Р А Т У Р А Д Е Б А Я θ_D , К

Элемент	θ_D	Элемент	θ_D	Элемент	θ_D	Элемент	θ_D
Ag	220	Er	165	Nb	265	Sc	170
Al	385	Fe	460	Nd	150	Ta	230
Au	180	Gd	160	Ni	440	Tb	175
Be	940	Hf	195	Os	250	Te	130
Bi	120	In	140	Pb	85	Th	140
Ca	230	Ir	290	Pd	275	Ti	355
Cd	280	K	100	Pr	120	Tl	90
Ce	110	La	130	Pt	225	V	280
Co	440	Li	420	Rb	60	W	315
Cr	430	Mg	330	Re	300	Y	230
Cs	45	Mn	420	Rh	350	Zn	250
Cu	410	Mo	375	Sb	140	Zr	240
Dy	155	Na	150	Sn	240		

**Терехов Сергей Владимирович,
д.ф.-м.н., доц., в.н.с. отдела № 14,
ГБУ «ДонФТИ им. А.А. Галкина»**

Терехов С. В. Тепловые свойства металлов. Справочник.
Донецк: ГБУ «Донецкий физико-технический институт им.
А.А. Галкина». 2023. – 184 с.