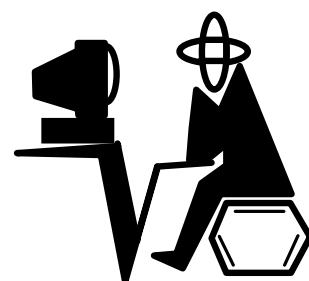


Н.Я. Турова

Неорганическая химия в таблицах



Высший химический колледж Российской академии наук

Москва 1997

3+

4+

5+

6+ (s¹)
или "6+ "

7+

Фториды кислорода
O₂F₂
O₃F₂, "фторид озона"
O₄F₂, "фторид оксоэона"
O₅F₂, O₆F₂
(см. Табл. "Кислород")

Br₂O₃, желт., тв.

ClO₂ ⁵³⁾
г., желто-бур.
d = 1.64,
т. пл. -59,
ж., красн.,
ΔH + 104
взр.
димер в CCl₄ и
стр., μ = 0.78,
хор. р. в H₂O,
парамагн.
O = 1.47
∠ OClO 118°

Br₂O₄ ²⁾
крист., св.-желт.,
разл. 40,
→ Br₂O + Br₂O₅
+ 54
в состав Br₂O₄
входят:
O₂BrOBrO
(I форма),
O₂Br—BrO₂
(II форма)
I₂O₄ =
[I^{III}O]⁺[I^VO₃]⁻
крист., желт.,
130°
→ I₂ + I₂O₅
(IO₂)_n, в стр. - цепи
-I^{III}-O-I^VO₂-O-...
I^{III}-O 1.93,
I^V-O 1.77-1.85,
I₄O₉ (?) 6, 37

Br₂O₅, тв., бц., полимер ⁴⁵⁾
· 3 EtCN, т. пл. -20,
5, 3 +
Br₃O₈ (?)
I₂O₅ крист., бц.,
на свету темнеют, возг.
с разл. 180 (→ I₂ + O₂),
ΔH = -184
O = 1.90
∠ OIO 139°

ClO₃, ж., красн.,
дымящая,
т. пл. 3.5, т. к. 203,
ΔH = +156, взр.,
20°
→ ClO₂ + O₂,
мономер, парамагн.,
в ж. и р-ре CCl₄ -
димер, в стр. -
[ClO₂]⁺[ClO₄]⁻;
Cl—O 1.41-1.47;
+ HF → ClO₂F +
HClO₄;
+ MCl₂ →
M(ClO₄)₂ + ...
M = Cu, Ca, Ni ⁶⁰⁾

I₂O₆ = [I₂][IO₄] ^{v VII 56)}
крист., св.-желт., гирр.,
разл. > 100°, диамагн.,
+ H₂O →
HI O₃ + H₅IO₆

Cl₂O₇, масло, бц.,
т. пл. -90, т. к. 87,
взр. 120, d = 1.86,
(уст. > ClO₃ и ClO₂),
ΔH = +275,
р. в CCl₄, μ = 0.72,
мол. - 2 тетраэдра
с общ. вершиной,
окисл. ср. силы

H₂O (hv-B)

H₂O (-O₂)

HI₃O₈; MI₃O₈,
M = K, Rb

H₂O (взр.)

HI₃IO₆ + HI O₃

H₂O (медл.)

-H₂O ⁶³⁾
(P₂O₅; олеум)

эл-лиз
(-30°)

HOClO₂, хлористая к.,
быстро разл. в разб. р-ре
(→ HCl + HOClO₃ + ClO₂),
K = 10⁻², оч. сильн.
окисл.

HOClO₃ хлорно-
суц. только в р-ре
макс. конц. 40%
40° взр.
сильн. к.
оч. сильн. окисл.
→ ClO₂ + Cl₂O₇

HOBrO₃ бромно-
суц. 50%
(HIO₃)_n иодноватая к.,
крист., бц.,
d = 4.63, т. пл. 110
с разл., K = 10⁻¹,
в р-ре n = 2 - 3,
O = 1.81
∠ OIO 98°

HOClO₄ хлорная
ж., бц., дымящая подвиж-
ная, d = 1.77, т. пл. -101,
т. к. 16/18 мм.
3HClO₄ ⇌ Cl₂O₇ + H₃O[O-
ClO₄]
100% (взр.) т. пл. 50
K = 38, окисл. в конц. р-ре
или при t, азеотроп -
72% HOClO₄, масло, т. к.
111/20 мм

HBrO₄ · 2 H₂O ⁵⁵⁾
· n H₂O, n = 1, 2, 5, 3 ⁵²⁾

HOIO₄ · n H₂O ⁵⁶⁾
бромная
макс. конц. 83%, уст.
< 55%, летуча (вак.
100°) < HOClO₄, окисл.
> HOClO₄

H₂SO₄

Cl₂ (-NaCl)

M₂O₂ (-O₂); PbO + MOH (-PbO₂), -H₂O

(-COOH)₂ · SO₂

H₂SO₄ (разб.)
(-BaSO₄ ↓)

Br₂ + H₂O (-AgBr ↓)

I₂

HNO₃; H₂O₂

H₂SO₄ (конц.)

H₂SO₄ (95%)

Хлориты
NaClO₂ · 3 H₂O, т. пл. 37
Ca(ClO₂)₂ · 4 H₂O
Ba(ClO₂)₂
AgClO₂ ↓, Pb(ClO₂)₂ ↓,
желт., не окисл.;
→ MCl + MClO₃, взр.,
[:ClO₂]⁻ - ψ-тетраэдр,
∠ OClO 108-111,
Cl—O 1.56 ³⁸⁾

Бромиты
LiBrO₂ · H₂O
Ba(BrO₂)₂, бел.
порошки,
→ MBr_n + O₂,
+ H₂O → MBr_n
n +
+ M(BrO₃)_n,
анион ψ-тетра-
эдр,
Br—O 1.82,

I₂

AgX (-AgI); HX

[Br]³⁺X₃⁻ ³⁶⁾
X = NO₃
(крист., бц.),
SO₃F (крист.,
оранж.,
т. пл. 59),
OSeF₃

[Br(SO₃F)₂]⁺X⁻

[IO]⁺X⁻,
X = HSO₄, SO₄/2,
HS₂O₇, SO₃F,
NO₃, BF₄, AsF₆,
"соли подила",
крист., желт.,
парамагн. (p²),
в стр. - спирали
(I—O)₃,
I—O 1.97,
I—OS 2.3-2.4,
∠ OIO 95,
∠ IOI 127 ⁶⁾

[I]³⁺X₃⁻ ³⁶⁾
X = NO₃
(разл. > 0),
PO₄/3, ClO₄,
OTeF₅, SO₃F,
CH₃COO, SO₄/2,
крист., бц. или
желт.,
+ H₂O → I₂ +
+ I₂O₄ +
+ HIO₃ + HX
[(SO₃F)₂]⁺X⁻

NaClO₃ т. пл.
262 с разл.
KClO₃ 368, разл. 400
"бертолетова" соль
Ca(ClO₃)₂ · 2 H₂O
Ba(ClO₃)₂ 414, · H₂O
AgClO₃ 230, разл. 270
→ MCl + MClO₄
(MnO₂)
MgO₃, галогенаты
NaBrO₃ т. пл.
381
KBrO₃ 343 с разл.
AgBrO₃ разл.
Ba(BrO₃)₂ 260 с разл.,
· H₂O
NaIO₃ (в "селитре")
KIO₃ (изостр. MnO₃)
MIO₃ · n HIO₃ (KH₂O₆,
NaH₂I₃O₉)
AgIO₃ ↓, бел.
Ba(IO₃)₂ → Ba₅(IO₆)₂ +
+ I₂ + O₂
Ln(IO₃)₃ ↓, Zr(IO₃)₄ ↓,
Th(IO₃)₄ ↓, бел., не р. в
HNO₃
окисл. - только в распл.
[:GO₃]⁻ ψ-тетраэдр (sp³)
Γ—O 1.45-1.50
∠ OGO 106
1.78
112
1.78-1.82
97
или искаж. окт., 3 связи
I—O 2.58-2.77

I₂

MOH (t, -MG)

IO(OЭF₂)₃
I(OЭF₂)₃, Э = S, Se, Te,
мол. - тетраг. пирамида ⁵⁶⁾

Иодаты (VI) ⁵⁷⁾
M₂IO₄, крист.,
парамагн. (s¹),
+ H₂O → NaIO₃ +
O₃

M₂O_n · m Γ₂O₇, пергалогенаты
LiClO₄ т. пл. 247
NaClO₄ 482 с разл. · 3 H₂O
KClO₄ 610 с разл. · H₂O
Ba(ClO₄)₂ 505 · 3 H₂O
AgClO₄, разл. 486
M(ClO₄)_n, M = Al, Ga, Fe и др.
ΓClO₄, Γ = Cl, Br, I
[Ph₄Э]ClO₄ ↓, Э = P, As.
MClO₄ → MCl + O₂
Mg(ClO₄)₂ → MgO + Cl₂ + O₂;
сильн. окисл. только в распл.
MBrO₄ т. пл. 43)
M = Li—Cs,
р. Li > Cs,
уст. Li < Cs,
→ MBrO₃ +
+ O₂
Na₂IO₆, разл. 800
Ag₅IO₆ ↓
K₄H₂I₂O₁₀; Ca₂I₂O₉ ↓
KIO₄ ↓; NaIO₄
MO₂ ↑ H₂O
M₃IO₅ · n H₂O; Ag₃IO₅ ↓
PbHIO₅
Ag₂HIO₅ ↓, → O₂ + ...
[GO₄]⁻ тетраэдр (sp³), Γ—O ~1.44 (Cl), ~1.60 (Br), 1.79 (I); [IO₆]³⁻ - окт. (sp³d²),
I—O 1.85; [IO₃]²⁻ - тетраг. пирамида (sp³d), I—O 1.78; в стр. M₃IO₅ · n H₂O -
сетка окт. [IO₄(OH)₂]; [I₂O₁₀]⁶⁻ - 2 окт. с общ. ребром, I—O 1.81-2.02

ИНТЕРГАЛОГЕНИДЫ И ОКСОФТОРИДЫ ГАЛОГЕНОВ

1/n-

0

1/n+

1+

3+

M⁺[Γ_n]⁻, полигалогениды³⁰⁾
 M⁺ = NH₄, K-Cs, [R₄N], [Ph₄As], [PBr₄], [Ln (капролактама)₆]₃

[Me₄N]Cl₃
RbBr₃, разл. 140
CsBr₃, т. пл. 180
[PBr₄]Br₃
CsBr₅, крист., красн.

KI₃·H₂O, крист., бур., т.пл. 38, разл. 225
CsI₃, т. пл. 207
KI₅·2C₆H₆; CaI₅·7H₂O
RbI₇·4C₆H₆
RbI₉·4C₆H₆
Cs₂I₈, крист., фиол.
[Et₄N][I(I₂)_n], n = 2, 3, 4
[H(теобромин)]₄⁺[I₁₆]⁻, анион центросимметричный (I₃-I₂-I₃)₂

[Γ₃]⁻, линейные анионы (ψ-триг. бипир.)
 Br-Br 2.5 (Rb)
 2.4, 2.9 (PBr₄)
RbI(BrCl)

I-I 2.9 (M=Ph₄As)
 2.8, 3.0 (Cs)
 2.8, 3.1 (NH₄)
CsI(IBr) (не сущ. аналогичных солей K и Rb) - используют для очистки Cs

[Cl-I-Br]⁻, I-Cl 2.38, I-Br 2.50
 Уст. MΓΓ_n возрастает по ряду Li < Cs < R₄N, p. в H₂O падает; CCl₄, эф., бзл. ускоряют распад MΓΓ_n → MΓ⁺ + ΓΓ⁻ (экстр. ΓΓ⁻)

Cl₃	BrI₃⁵⁷⁾
Мол. - Т-образные (ψ-триг. бипир.)	
Cl-I 1.58, 1.70	Br-I 1.73, 1.81

	F₂	Cl₂	Br₂	I₂
т. пл.	-219	-101	-7.2	113.7
т. к.	-188	-34	58.8	183
ΔH _{дис.}	158	243	192	150
Γ-Γ	1.42	1.99	2.28	2.67

[Cl₃]⁺X⁻⁷⁾
[Br_n]⁺X⁻, n = 2, 3, 5; красн.
[I_n]⁺X⁻, n = 2-5, черн.
[I₂Cl]⁺X⁻, син. или красн.
[Br₂Cl]⁺X⁻,
[I₃Cl₂]⁺X⁻, X = AlCl₄, HSO₄, SO₃F, Sb₂F₁₁, SbF₆, Sb₃F₁₆, IF₆, I₃⁺, I₄⁺, Br₂⁺, поликатионы, Γ-Γ в [Γ₂]⁺
 2.13 (Br), 2.56 (I); [I₃]⁺ - угловые, I-I 2.66, ∠III 102; [I₄]²⁺ - прямоугольник, I-I 2.57 и 3.26; [I₅]⁺ = I-I-I-I-I
 I-I 2.7

ClF , г., бц.	BrF , ж., красн.	IF , порошок, красн.
т. пл. -156	20° → Br ₂ + BrF ₃	-14° → I ₂ + IF ₅
т. к. -100	-33	-
ΔH	20	-
	-42	-89
μ	1.29	-
Γ-F	1.76	1.91

сильнейшие фторагенты + H₂O → Γ₂ + O₂ + HF
 ·Py, уст.

ClF₃	BrF₃	IF₃
г., бц.	ж., бц.	крист., желт.
т. пл. -76	9	-
т. к. 12	127	разл. -28 (→ I ₂ + IF ₃)
ΔH -163	-255	-496
μ 0.55	1.19	-
в г. димеры		·2Py, бц.

2 ΓF₃(ж.) ⇌ ΓF₂⁺ + ΓF₄⁻
 Т-образные мол. (ψ-триг. бипир., sp³d)

сильнейшие фторагенты: + Э₂O_n → ЭF_n + Γ₂ + O₂ (метод определения O); Ir, Os, SiO₂ воспл.

M[ClF₂], M[BrF₂], M[IF₂], M = K-Cs, разл. 230, анионы - линейные⁶⁴⁾

BrCl (⇌ Br₂ + Cl₂) ст. дис. 40% (20°), г., желт. т. пл. -54 т. к. 5 с разл. ΔH_{дис.} +15 μ = 0.57 Γ-Cl 2.14

ICl, иглы красн. (α), кор. (β) 27 (α), 14 (β) 97 с разл. -33 0.65 2 ICl (ж.) ⇌ I⁺ + ICl₂⁻ 2.32 в стр. - зигзагообразные цепи мол. + H₂O ⇌ HCl + Γ₂ + HΓO₃ хлор- и иодагент в орг. синтезе

[ClF₂]⁺X⁻, [BrF₂]⁺X⁻¹¹⁾
[BrCl₂]⁺X⁻, [ClBr₂]⁺X⁻
[IF₂]⁺X⁻, X = AuF₄, PF₆, BF₄, AsF₆, SbF₆, BiF₆, PtF₆, уст. Sb > As > P, катионы - ψ-тетраэдры (sp³), Γ-F 1.54 (Cl), 1.69 (Br), ∠FGF 103 (Cl), 93 (Br), I-Cl 2.31, ∠ClCl 91.5

M[ClF₄], M[BrF₄], M[IF₄], M = K-Cs, [NO], крист., бц., анион - квадрат (ψ-окт., sp³d²), Γ-F 1.88 (Br), 2.00 (I)
RbBr₂F₇

ICl₃, крист., желт., т. пл. 101 (p), возг., т. к. 64 с разл. (→ ICl + Cl₂), ΔH = -88, в стр. плоские димеры 2ICl₃(ж.) ⇌

Cs[BrCl₂], крист., желт., т. пл. 205, разл. 150
H[ICl₂], K = 10⁻³
M[ICl₂], M = K (разл. 215), Rb, Cs (т. пл. 238, разл. 290) [PyH], [PCl₄], крист., оранж.
 анионы [Γ₂Cl₂]⁻ - линейные (ψ-триг. бипир., sp³d), I-Cl 2.55⁹⁾

IBr ⇌ I₂ + Br₂, ст. дис. 8% (20°), крист., красн., т. пл. 42, т.к. 119 с разл., ΔH = -10, μ = 1.21, I-Br 2.52; 2IBr · Dipy, уст.; гр. [Br-I-N] - линейна, I-N 2.46³³⁾

H[IBr₂], K = 10⁻³
M[IBr₂], M = K (т. пл. 58, разл. 180); Cs (т. пл. 243, разл. 320); [Ph₄P], крист., красн., анион линейный, I-Br 2.71¹⁰⁾
[R₄P][I(N₃)₂]; Na[I(CN)₂] · 2H₂O, анион линейный, I-C 2.31¹⁰⁾
 Γ(SO₃F) - см. Табл. "Сера".

ClO₂F хлорил-г., бц., взр. т. пл. -115, т. к. -6, оч. акт. + H₂O → HClO₃ + H-F
в ж. и стр. - мол. ψ-тетраэдры [ΓO₂F], Cl—O 1.42, Cl—F 1.70, ∠OCIO 115, ∠FCIO 102

BrO₂F бромил-ж., бц. -9, 50° → BrF₃ + Br₂ + O₂
ΔH = -247¹⁷⁾

IO₂F иодилфторид крист., бц.

[ClO₂]⁺X⁻, X = AsF₆, SbF₆ (т. пл. 235), Sb₂F₁₁ (58), SO₂F (58), SO₃F, PtF₆, [Al(ClO₄)₄], катионы угловые (ψ-тр-к), Cl—O 1.31, ∠OCIO 102³²⁾

[BrO₂]⁺X⁻, X = NO₃, AsF₆, SbF₆⁴⁴⁾, HSO₄, SO₃F, катион - полимер

[IO₂]⁺X⁻⁵⁸⁾, X = AsF₆, HSO₄, SO₃F, катион - полимер

Cs[ClO₂F₂] крист., бц., разл. 87⁴¹⁾

K[BrO₂F₂] крист., бц., разл. 87⁴¹⁾

M[IO₂F₂], M = K, Cs (· 1/3 H₂O); I—F 2.00, I—O 1.77, ∠OIO 100, + H₂O ⇌ MIO₃ + 2HF⁴⁰⁾

анионы - дисфеноиды (ψ-триг. бипир.)¹⁴⁾

ClOF₃ хлорозил-ж., бц., т. пл. -42, т. к. 29, разл. 200, фторагент (t)
мол. - ψ-триг. бипир. [ΓOF₃] (дисфеноид)

BrOF₃ бромозил-ж., бц., уст. при 20°

IOF₃ иодозилфторид крист., бц., ΔH = -552, I—F 1.7-1.9, I—O 1.82, ∠FIO 98

[ClOF₂]⁺X⁻, X = BF₄, AsF₆, NiF₆/2, PtF₆, соли дифтор-оксохлорония, катион - ψ-тетраэдр [ΓClF₂O]¹⁶⁾

[BrOF₂]⁺X⁻, X = BF₄, SbF₆¹⁶⁾

M[ClOF₄], M[BrOF₄], M[IOF₄], M = K—Cs, анионы - ψ-окт. [ΓOF₄]¹⁶⁾

ClF₅⁴⁹⁾ г., бц. т. пл. -93, т. к. -13, разл. —, ΔH -238, μ —

BrF₅ ж., бц. т. пл. -61, т. к. 41, разл. 400, ΔH -460, μ 1.51

IF₅³¹⁾ ж., бц. т. пл. 9.4, т. к. 104, разл. 400, ΔH -883, μ { г. 2.18, ж. 3.67

2 GF₅(ж.) ⇌ [ΓF₄]⁺ + [ΓF₆]⁻
в г. - мол. - тетраг. пирамида (ψ-окт., sp³d²), ат. Γ - ниже плоскости осн.

оч. сильн фторагенты

[ClF₄]⁺X⁻⁴²⁾, **[BrF₄]⁺X⁻**, **[IF₄]⁺X⁻**
X = AsF₆, SbF₆, Sb₂F₁₁, Sb₄F₂₁, PtF₆, бц., летучие в-ва²⁰⁾, катионы - ψ-триг. бипир. (дисфеноиды) [ΓF₄]⁺, Γ—F(акс.) 1.91 (Br), 1.84 (I), Γ—F(эkv.) 1.76 (Br), 1.77 (I); ∠FGF 160(акс.), 92(эkv.)¹⁹⁾

[Br₃F₁₄]⁺[Sb₂F₁₁]⁻

M[BrF₆], M = K—Cs, Xeⁿ⁺, крист., бц., анион - ψ-семивершинник [ΓF₆]⁻ (sp³d³)²¹⁾

M[IF₆], крист., бц. ↓ t (-2IF₅)

ClO₃F, "перхлорилфторид", г., бц., т. пл. -148, т. к. -47, разл. 400, ΔH = -21, μ = 0.02, хим. инертен, окисл. (t), мол. - тетраэдры, Γ—O 1.40 (Cl), 1.58 (Br), Γ—F 1.62 (Cl), 1.71 (Br), ∠OFO 115, ∠FCO 101-103³⁵⁾

BrO₃F, крист., бц., летучи, ΔH = +138, акт. > ClO₃F, не реaq. с SbF₅²²⁾

IO₃F, крист., бц., разл. 90

[ClO₃]⁺[OF]⁻ = ClO₄F^{35, 60)}
г., бц., т. пл. -164, т. к. -16, взр.

ClO₂F₃, г., бц., т. пл. -81, т. к. -22, 105° → ClO₂F + F₂, мол. - триг. бипир. (2 ат. O—эkv.); + H₂O → ClO₂F + HF (?)^{23, 24, 35)}

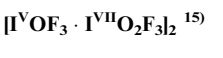
(ClO₂F₃)_n, **IO₂F₃**, иглы, желт., т. пл. 42.5, т. к. 147, оч. сильн. окисл., + CCl₄ → COCl₂, в стр. - цепи тетраг. бипир. [IOF₃O₂/2]^{23, 34)}, ·SbF₅, мол. - цикл. [Sb(F₄)OI(F₄)O]₂²⁵⁾

[ClO₂F₂]⁺X⁻, X = BF₄, AsF₆, PtF₆, катион - тетраэдр, уст. > ClO₂F₃²⁴⁾

[IO₂F₂][SbF₆], т. пл. 102^{34, 35)}

H[IO₂F₄], крист., бц., т. пл. 36; 130° → O₂, оч. сильн. окисл. (~HClO₄); оч. сильн. + H₂O → HF + H₅IO₆

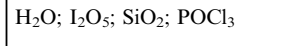
M[IO₂F₄], M = Cs, [XeF₃], Xe/2, анионы - окт., цис- и транс-, Э.О. > Э.О.[OTeF₃]³⁴⁾



IOF₅, ж., бц., т. пл. -15, мол. - окт., I—O 1.71 (акс.), I—F ~1.18 (эkv.), 1.86 (акс.)⁵⁹⁾

IOF₄(OF), крист., бц., т. пл. -33, уст. при 20°, мол. - окт.³⁵⁾

[R₄N][IOF₆], анион - пентаг. бипир., I—F 1.87 (5 ат. эkv.), 1.82 (акс.), I—O 1.77⁵⁴⁾



IF₇, г., бц., с затхлым запахом, т. пл. 6 (p), возг. 5, разл. 530, ΔH = -961, мол. - пентаг. бипир. (sp³d³), I—F 1.86(эkv.), 1.79(акс.), ∠FIF 72; сильн. фторагент (воспл. бзл.); + MNO₃ → MF + FNO₂ + IF₅ + O₂¹⁶⁾

[ClF₆]⁺X⁻, X = AsF₆, SbF₆, PtF₆, крист., желт.²⁷⁾

[BrF₆]⁺X⁻, X = AsF₆, Sb₂F₁₁, крист., бел., уст., оч. сильн. окисл., + O₂ → [O₂]⁺ + ... + Xe → XeF⁺²⁸⁾ + H₂O → BrF₅ + O₂ + ...

катионы - окт.

[IF₆]⁺X⁻, X = AsF₆, SbF₆, AuF₆, Sb₂F₁₁, сильнейший фторагент⁴⁸⁾

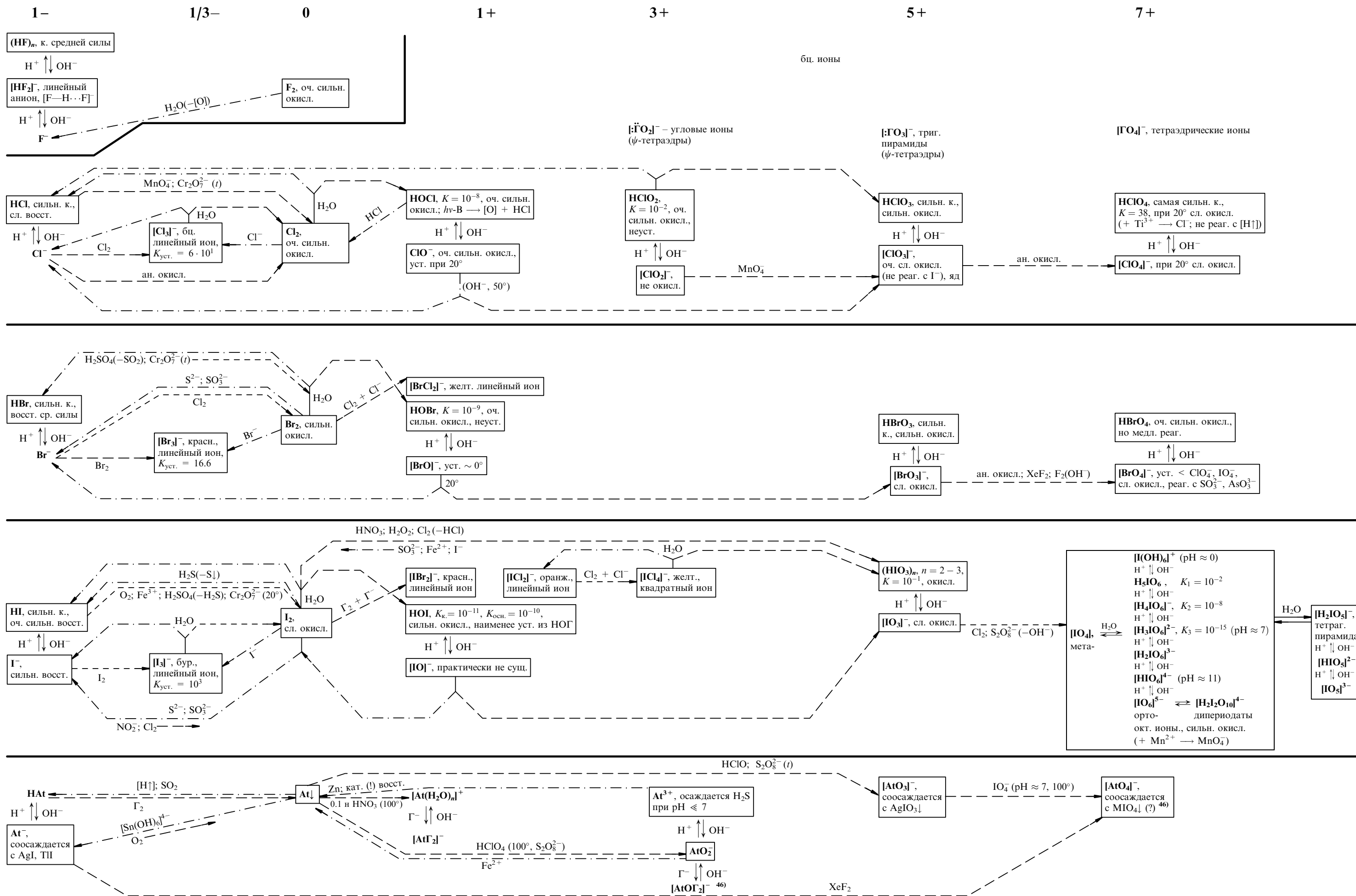
M[IF₈], M = Cs, [NO], [NO₂]; + H₂O → O₂³⁵⁾

[PtF₆]⁺X⁻^(20°)

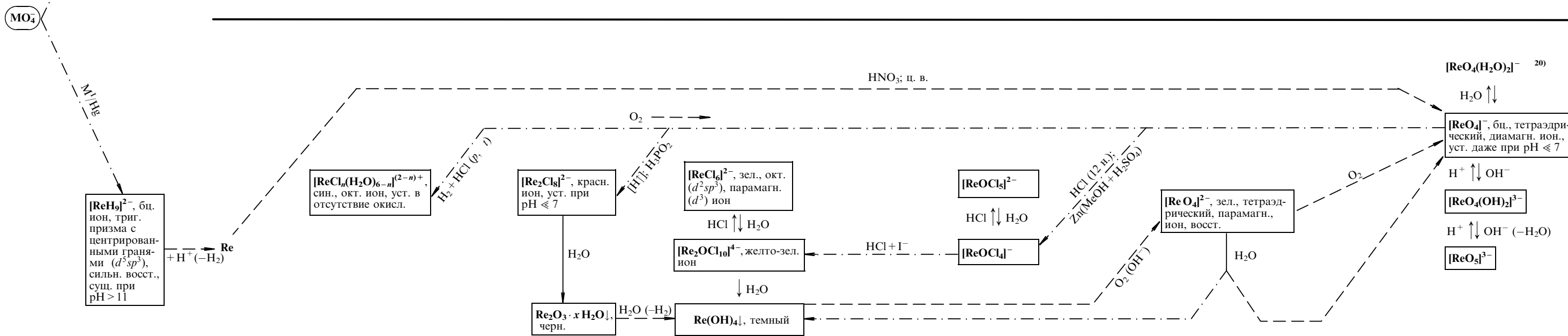
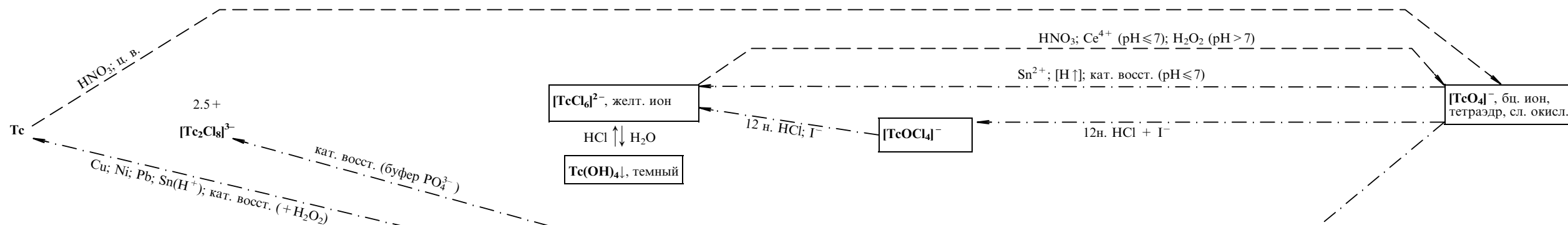
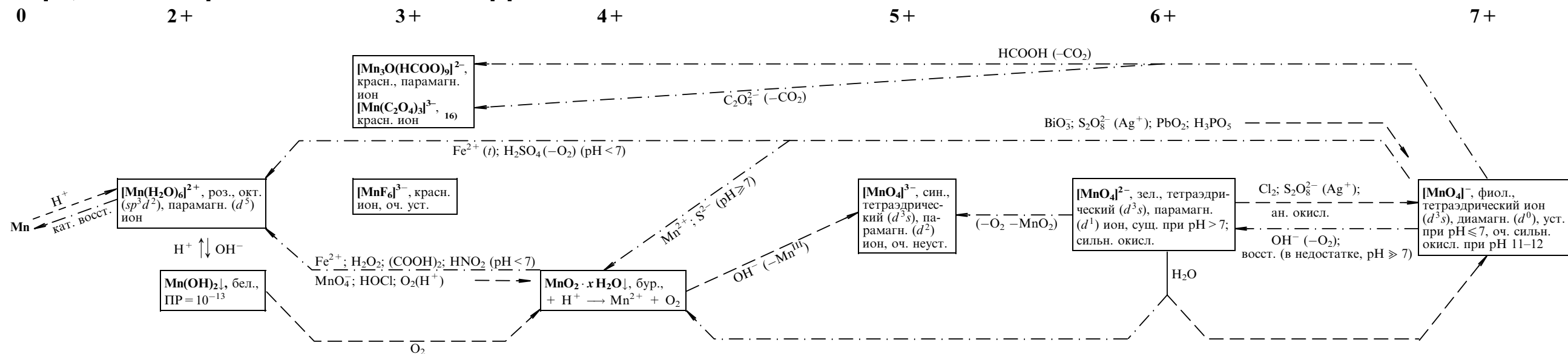
[K₂F₃]⁺X⁻

[O₂AuF₆]⁺X⁻

ΓΓ'_n (Γ' - более электроотрицательный галоген), n = 1, 3, 5, 7, оч. гигр. в-ва, диамагн., склонны к ассоциации, оч. сильн. окисл., реакц. способность падает в ряду: ClF₃ > BrF₅ > IF₇ > ClF > BrF₃ > IF₅ > BrF, т.е. акт. ΓF_n растет с увеличением n, а при одном n акт. падает по ряду: Γ = Cl > Br > I; + H₂O → HΓ' + HΓO_{(n+1)/2}



ИОНЫ МАРГАНЦА, ТЕХНЕЦИЯ И РЕНИЯ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ



МАРГАНЕЦ

Ионы марганца в водном растворе см. с. 11

1+ (d^6)

2+ (d^5)

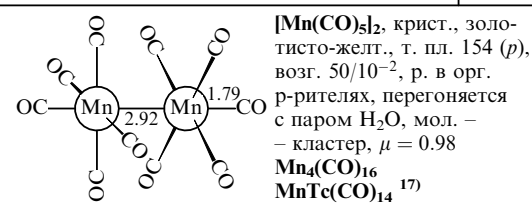
3+ (d^4)

Mn⁰
 $3d \downarrow\downarrow\downarrow\downarrow$ $4s \uparrow\downarrow$ $4p$ $4d$ **3.0.**
 ↓↓ ↓↓ ↓↓ ↓↓

Mn, мет., серебристый, тв., хрупкий, т. пл. 1245, т. к. 2080, р. в разб. к., H₂O (т), E₀Mn²⁺/Mn^{тв.} = -1.19, парамагн; α-, куб. (тип α-Fe), d = 7.43, a = 8.91
 ↓ 727°
 β-, куб. пл. упак., d = 7.29, a = 6.30, Mn—Mn 2.6
 ↓ 1079°
 γ-, куб. (искаж. пл. упак.), d = 6.37, a = 3.86
 ↓ 1143°
 δ-, куб. (тип α-Fe), d = 6.28, a = 3.08

Ферромарганец: ≥ 70% Mn, ~ 20% Fe, 6-7% C, < 2% Si, > 0.35% P, 0.03% S
 В системе Fe—Mn суц. тв. р-р вычитания "Зеркальный чугун" содержит 15-20% Mn
Марганцевистая сталь: 12-15% Mn, 1-2% C, износостойчива
Mn-бронза: 95% Cu + 5% Mn

0 (d^7)



H₂Mn(CO)₅, ж., бц., т. пл. -25, уст. при 25°, сл. к., K = 10⁻², окт. мол., Mn—H 1.4, Mn—C 1.83
M[Mn(CO)₅], M = M⁺, [GeBr₃]⁺, [SnCl₃]⁺, [R₃Sn]⁻, диамагн., Σe = 18, анион - триг. бипир., Mn—Mn 2.48 (Ge), 2.73 (Sn)
H₂Mn₂(CO)₁₀(BH₃)₂
H₃Mn₃(CO)₁₂¹⁾

Ph₃PAu—Mn(CO)₅, Au—Mn 2.52
Ph₃PAuCu—Mn(CO)₅, Cu—Mn 2.56
(CO)₄Fe[Mn(CO)₅], гр. [Mn—Fe—Mn] линейна, Fe—Mn 2.8
(CO)₄Co—Mn(CO)₅

Mn₂(CO)₈(PEt₃)₂, мол. - стр. аналог Mn₂(CO)₁₀, Mn—Mn 2.91, PR₃ - акс.
Mn₂(CO)₇(MeNC)₃²⁾
Mn(CO)_n(NO)(PPh₃)_{4-n}, n = 2, 3; мол. - триг. бипир.
[(OC)₄Mn(NO)], крист., красн., т. пл. -1, диамагн.*
[(OC)₂Mn(NO)₃], крист., зел., т. пл. 27, разл. на возд., диамагн., Σe = 18, мол. - тетраэдр, Mn—N 1.72, Mn—C 1.95, N—O 1.17²⁾
(OC)₂Mn₂(NO)₂, крист., красн., разл. 140
K₃[Mn(CO)₃(CN)₃]

[Mn(PPh₃)₅]²⁾, крист., бц., летучи, р. в орг. р-рителях, разл. ш.

[Mn(CO)₅X], крист., диамагн., X = F (бц., летучесть Cl < Br < I, μ ≈ 3.2), NO₃ (св.-желт., р. в H₂O), NCS (золотисто-желт.), Mn—C 1.8-1.9
 -CO ↓ CO
[Mn(CO)₄X]₂, X = R, Γ, NO₃, мол. - 2 окт. с общ. ребром [X₂], Mn—C 1.87, Mn—Mn 3.74
Mn(CO)₄X·Py
[Mn(CO)₆]⁺[AlCl₄]⁻, хор. р. в H₂O
[Mn(CO)₄(PR₃)₂]⁺X⁻, X = AlCl₄, PF₆³⁾

[Mn(CO)₆]⁺[AlCl₄]⁻, хор. р. в H₂O
[Mn(CO)₄(PR₃)₂]⁺X⁻, X = AlCl₄, PF₆³⁾

Mn₅[Mn(CN)₆], крист., бц.

Mn₇C₃¹⁸⁾
 + H₂O → H₂ + CH₄ + C_nH_{2n} + ...
Mn₂₃C₆, **Mn₃C** (т. пл. 1520)
Mn₄N, **Mn₂N**, **Mn₃N₂**
Mn₂P, **MnP**, **Li₇MnN₄**
MnSi

NaC₅H₅

²²⁾	стр. тип	т. пл.	т. к.	ΔH	· nH ₂ O, n =
MnF₂ , крист., роз.	рутила	930	1640	-847	4
MnCl₂ , роз., гитр., "скачки"	CdCl ₂	650	1231	-481	2 (= [MnCl ₄ ·2(H ₂ O) ₂], Mn—Cl 2.5, Mn—O 2.15); 4 (= [MnCl ₂ (H ₂ O) ₄], окт., т. пл. 58)
MnBr₂ , крист., роз.	CdI ₂	698	—	-377	4, т. пл. 64
MnI₂ , крист., роз.	CdI ₂	638	—	-306	4

В г. - линейные мол., Mn—F 1.81

Mn₂·PR₃, (Γ = Cl—I)

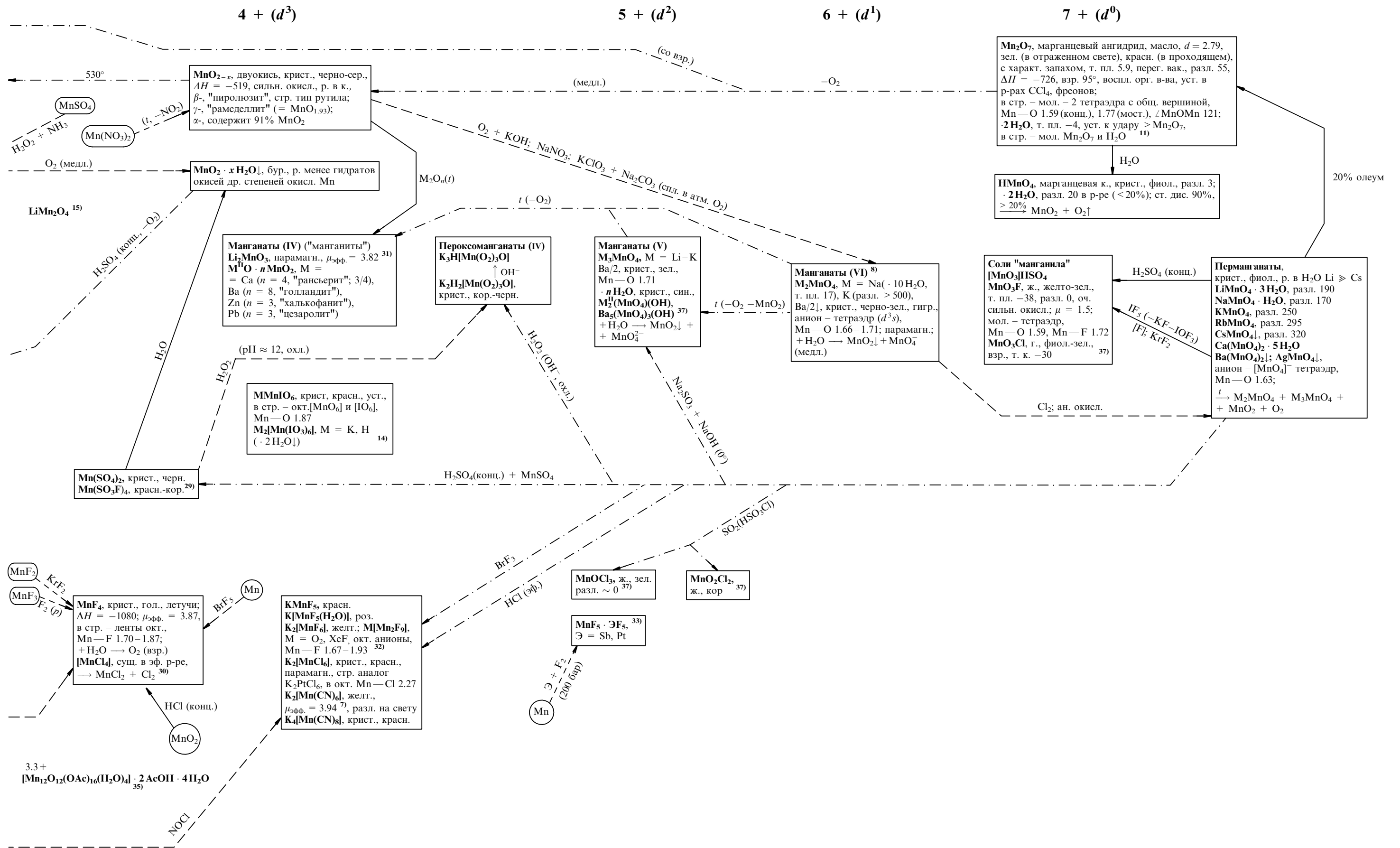
Mn(CN)₂

Mn(NCS)₂, крист., желт., · 4H₂O, зел. (!) в р-ре - [Mn(NCS)]⁺
MnS·xH₂O, аморфный, телесного цв., ПР = 10⁻¹⁵, р. в HCl;
 + O₂ → MnO₂·nH₂O + S (медл.)
 ↓ -H₂O (время, t)

MnS, крист., зел., т. пл. 1615, ΔH = -205, стр. тип NaCl, "марганцевый блеск" ("алабандин"), β-, красн., α-, стр. тип вюрцита
 ↑ 300°
MnS₂, "марганцевый колчедан" ("гаурит"), крист., черн., куб., стр. тип пирита
MnSe, **MnSe₂**, **MnTe₂**, стр. тип пирита

Mn(C₅H₅)₂, дициклопентадиенилмарганец, т. пл. 173, крист., кор., окисляется возд., парамагн., стр. аналог ферроцена

* В связи с отсутствием данных о заряде на NO-гр. здесь и в дальнейшем степень окисления центрального атома вычислена в предположении (NO)⁰.



ТЕХНЕЦИЙ, РЕНИЙ

Ионы Tc и Re в водном р-ре см. с. 11

1+ (d^6)

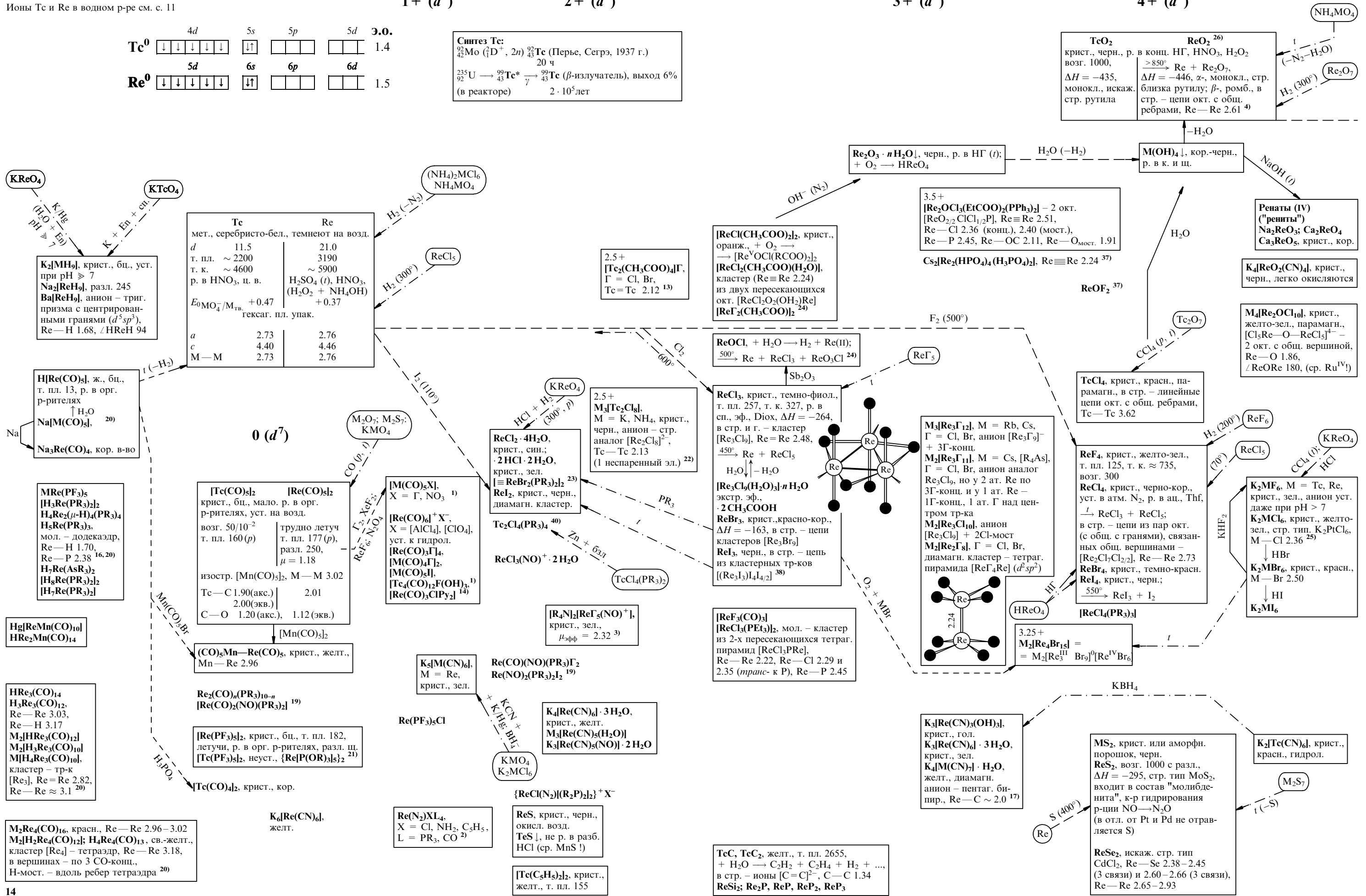
2+ (d^5)

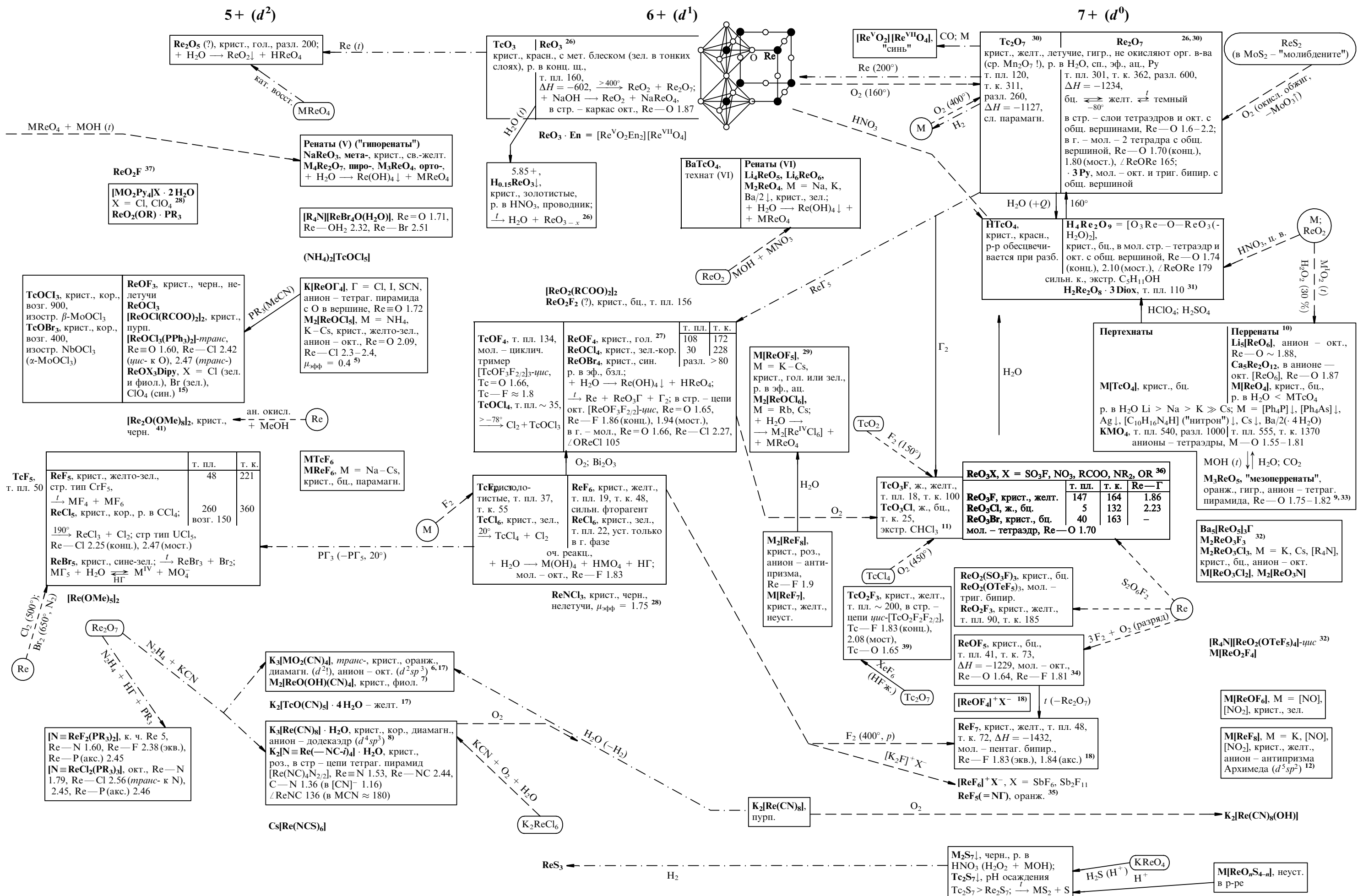
3+ (d^4)

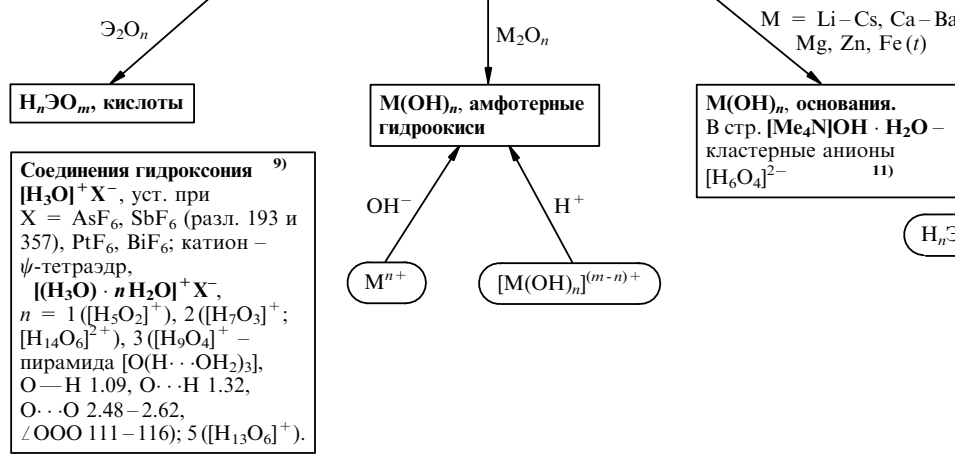
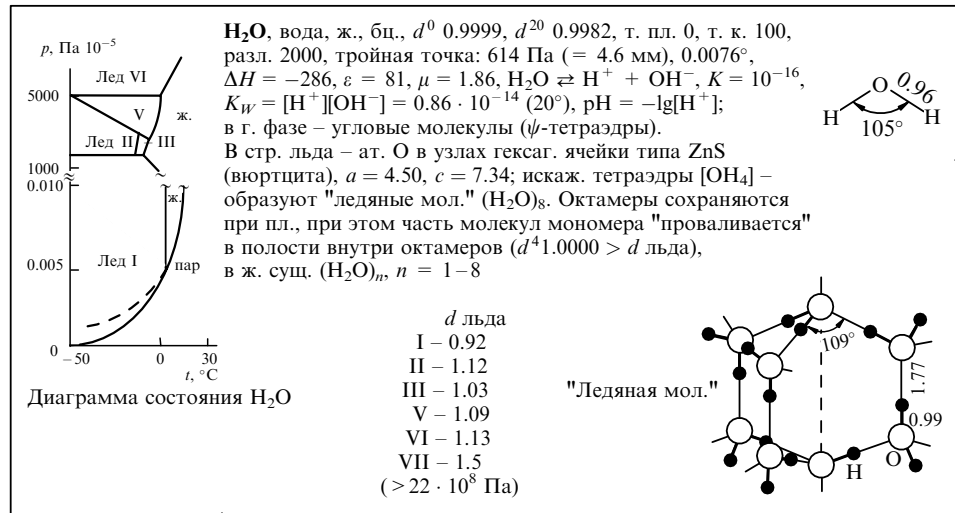
4+ (d^3)

Tc ⁰	4d	5s	5p	5d	3.0.
	↓ ↓ ↓ ↓ ↓	↑			
Re ⁰	5d	6s	6p	6d	1.5
	↓ ↓ ↓ ↓ ↓	↑			

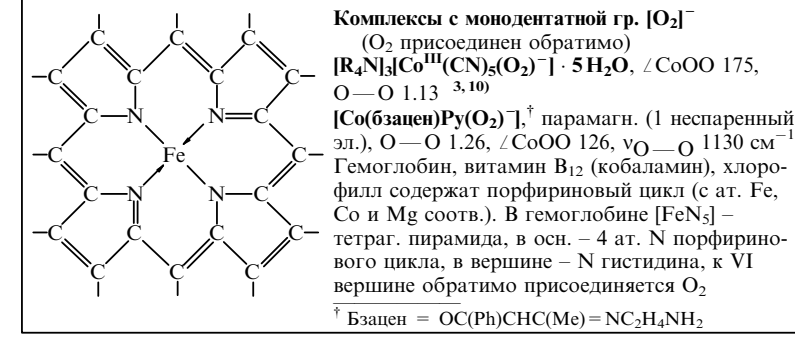
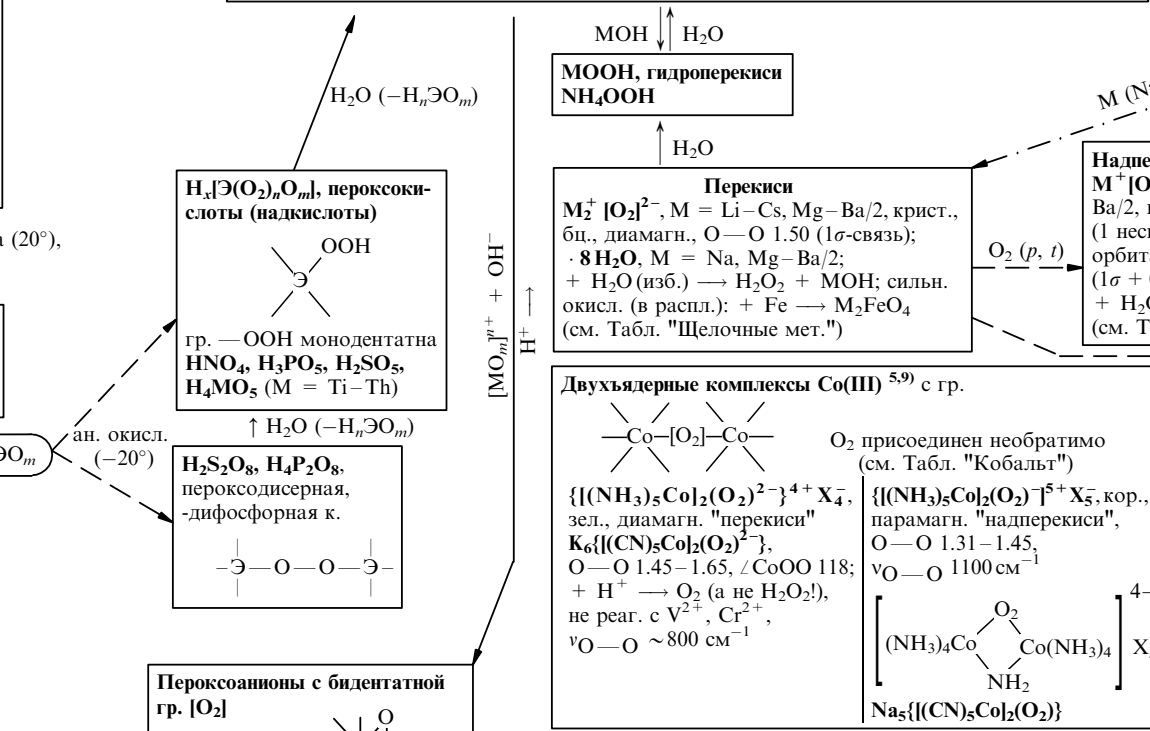
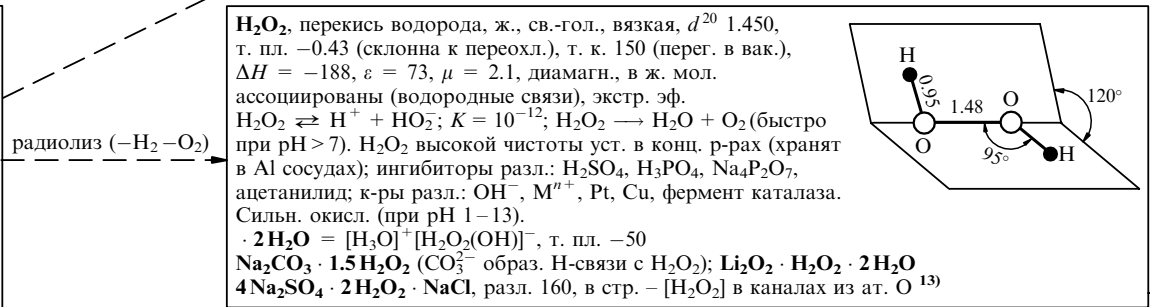
Синтез Tc:
 $^{92}_{42}\text{Mo} (\frac{1}{2}D^+, 2n) \xrightarrow{^{92}_{43}\text{Tc}} \text{Tc}$ (Перье, Сегрэ, 1937 г.)
 20 ч
 $^{235}_{92}\text{U} \rightarrow \text{Tc}^* \xrightarrow{\gamma} \text{Tc}$ (β -излучатель, выход 6% (в реакторе) $2 \cdot 10^5$ лет)







[R₃O]X, R = Alk, соединения алкилоксония, HX · R₂O; HX · ROH



Оксигенильные комплексы содержат бидентатную гр. [O₂], M диамагн., $\nu_{O-O} \sim 830-860$ см⁻¹ (см. также Табл. "Рутений" – "Платина" 5,6)

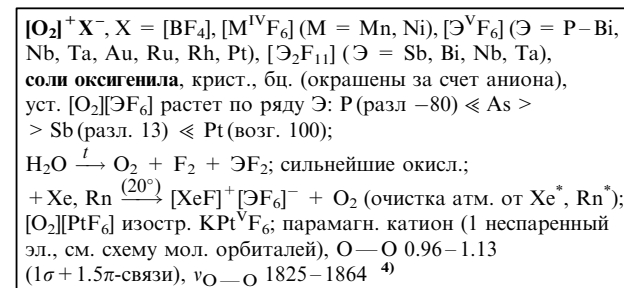
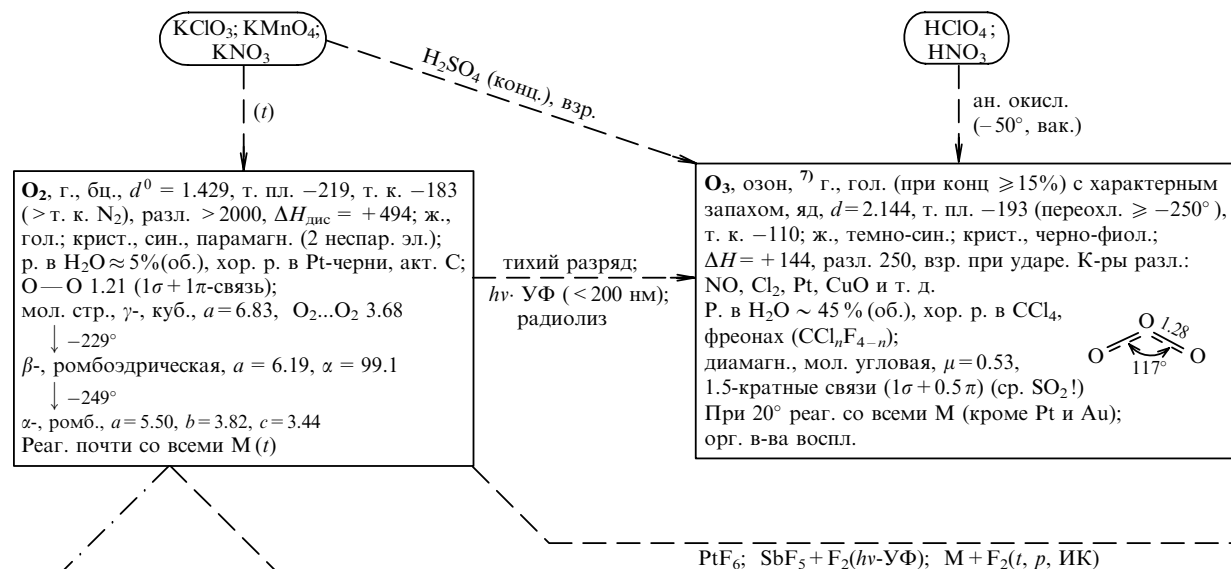
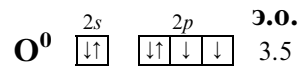
O₂ присоединен необратимо (при разл. → H₂O₂ и др. продукты восст. O₂), O—O > 1.45

O₂ присоединен обратимо, O—O ≤ 1.45

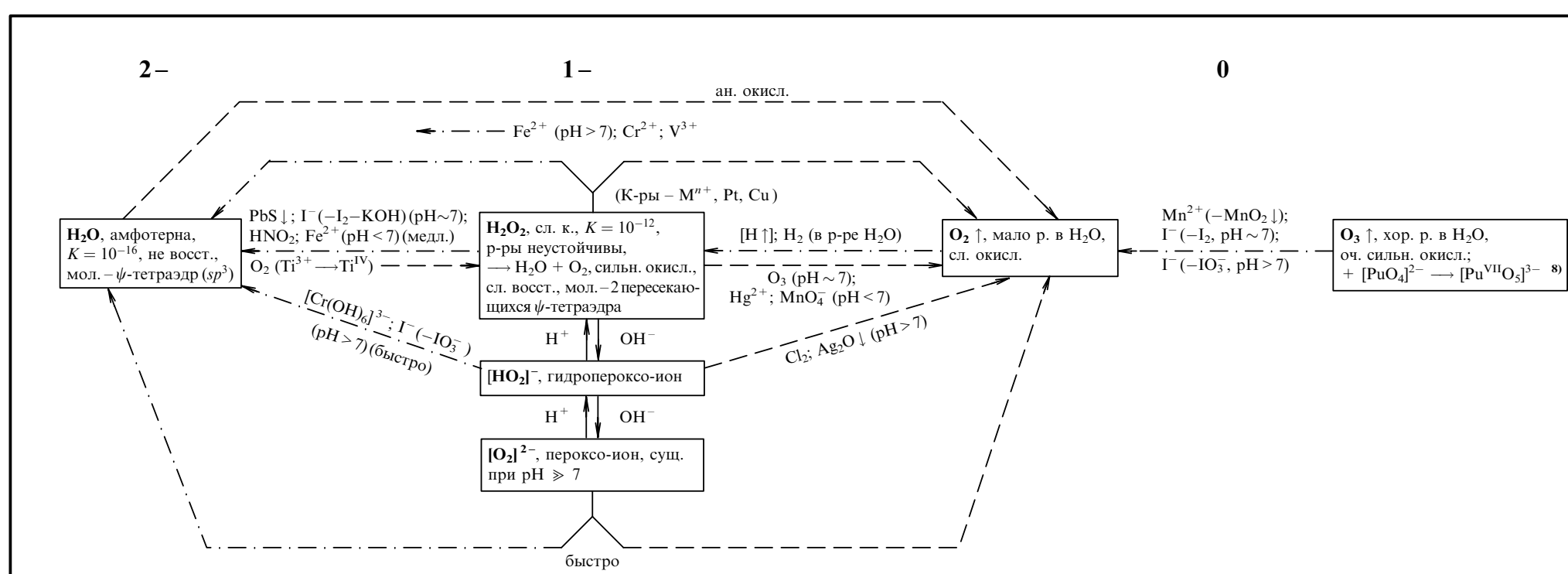
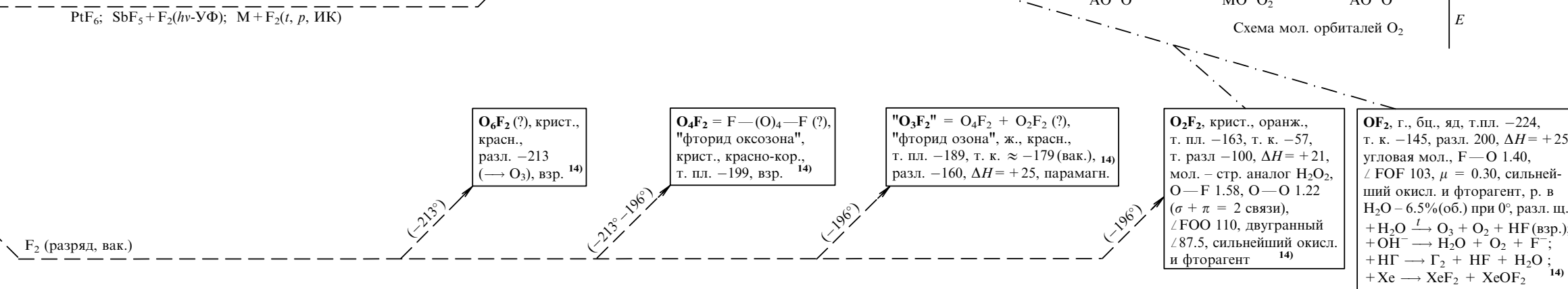
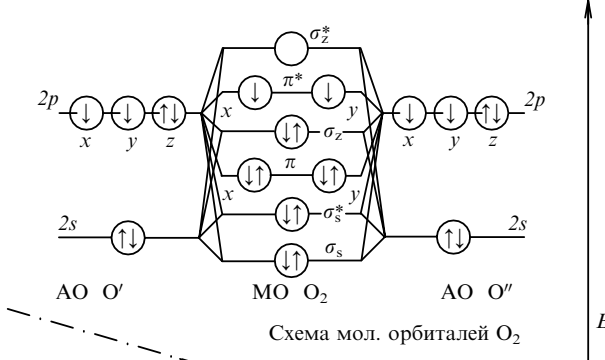
[CuL ₃ (O ₂)X ₂ , L = 1,2-Ме ₂ -имидазол	O—O	[IrΓ(CO)(PPh ₃) ₂ (O ₂)	O—O
[IrI(CO)(PR ₃) ₂ (O ₂)	—	Γ = Cl ("комплекс Васка")	1.30
[Ir(Ph ₂ P—CH ₂ —) ₂ (O ₂)PF ₆	1.52	Br	1.36
[RhΓ(PR ₃) ₂ (t-BuNC)(O ₂)	—	[Rh(Ph ₂ P—CH ₂ —) ₂ (O ₂)PF ₆	1.42
[Pt(PPh ₃) ₂ (O ₂) · L, L = 1.5 C ₆ H ₆ , 2 CHCl ₃	1.45	[RhΓ(PR ₃) ₂ (n-CH ₃ C ₆ H ₄ NC)(O ₂)	—
{Co[(Ph ₂ PCH=) ₂] ₂ (O ₂)}BF ₄ · 2 C ₆ H ₆	1.50	[Rh(PPh ₃) ₂ Cl(O ₂) ₂ (см. Табл. "Родий")	1.44
[(PR ₃) ₃ (CN) ₂ Co—NC—Co(CN)(PR ₃) ₂ (O ₂)	1.42	Диметилглиоксиматы Fe ^{II} (Co, Ni) · n O ₂	—
[M(O ₂) ₂ (ЭR ₃) ₄] ⁺ X ⁻ , M = Rh, Ir, Э = P, As	1.44	Комплексы Co с аминокислотами, осн. Шиффа	—
	≈ 1.48		

окисл. акт. гр. [O₂] > мол. O₂: "оксигенильные" комплексы + NO → NO₂⁻; + NO₂ → NO₃⁻; + SO₂ → SO₃²⁻; + PR₃ → OPR₃; + RCH₂OH → RCOO⁻; продукты окисл. становятся L: [Pt(PR₃)₂(O₂)₂] + NO → [Pt(PR₃)₂(NO₂)₂]; к-ры окисл.: [Pt(PR₃)₂(O₂)] + PR₃ → [Pt(PR₃)₃(O₂)] → Pt(PR₃)₂ + 2 OPR₃

КИСЛОРОД



	Число валентных эл.	Число связей	O—O	ν_{O-O} , см ⁻¹	Число неспаренных эл.
[O ₂] ²⁻	14	1 σ_z	1.50	880	0
[O ₂] ⁻	13	1 σ_z +0.5 π =1.5	1.33	1089	1
O ₂	12	1 σ_z +1 π =2	1.21	1555	2
[O ₂] ⁺	11	1 σ_z +1.5 π =2.5	1.13	1825–1864	1



Оксиды (типы структур)

Ионные	Молекулярные	Полимерные	Металлоподобные
т. пл. Li₂O 1570 K₂O 740 стр. тип. anti-CaF ₂	т. пл. т. к. Cl₂O₇ -90 87 Mn₂O₇ 5.9 разл. мол. — 2 тетраэдра с общ. вершиной	т. пл. т. к. BeO 2580 4260 Тип. вюрцита Al₂O₃ , 2072 ~3500 тип. корунда (α)	MnO_{1.0-1.13} , т. пл. 1780, полупроводник NbO_{0.94-1.04} , с мет. блеском, проводник, искаж. тип NaCl, окт. кластер [Nb ₆], Nb—Nb 2.80 NbO₂ , полупроводник, т. пл. 2080., искаж. стр. рутила W₁₈O₄₉ — в стр. — слон кластеров [W ₆]
CaO 2614 BaO 1923 стр. тип. NaCl	OsO₄ 39.5(α) 130 XeO₄ -36 — мол. — тетраэдр SeO₃ 121 возг. в стр. — циклы [SeO ₃] ₄ (α) P₂O₃ 24 175 в стр. — мол. P ₄ O ₆ + H ₂ O \rightarrow Э ₂ O _n · x H ₂ O	TiO₂ 1870 ~3000 тип рутила.	He реаг с H ₂ O

СЕРА

2-

2/n-

S⁰ 3s $\uparrow\downarrow$ 3p $\uparrow\downarrow$ 3d $\uparrow\downarrow$ 3.0
2.5

1/4+

1+

2+

3+

H₂ (пемза, 600°); HI (г.); C_nH_{2n+2} (-C_nH_{2n})

O₂ (300°)

H₂S, сероводород, г., бц., яд. с характерным запахом, т. пл. -86, т. к. -60, разл. 300, ΔH = -20, μ = 0.93, ε = 6, р-ритель орг. в-в; 2H₂S(ж.) ⇌ [H₃S⁺] + [HS⁻], [H₃S⁺][HS⁻] = 10⁻³³; угловая мол., S—H 1.33, ∠ HSH 92 (p²), р. в H₂O 75% (об.), сл. к., K₁ = 10⁻⁷, K₂ = 10⁻¹⁴ · 5.75 H₂O (8:46), клатрат, разл. 0

H₂S_n, n ≤ 35, полисульфаны, масла, тяжелые, желт., вязкость растет с n, суш. при pH ≤ 7, а также в эф. и бзл. р-рах

	т. пл.	т. к.	K ₁	K ₂
H ₂ S ₂	-88	75	10 ⁻⁴	—
H ₂ S ₃	-52	—	—	—
H ₂ S ₄	-85	—	10 ⁻⁴	10 ⁻⁷
H ₂ S ₅	-50	—	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶

H₂S₂ — стр. аналог H₂O₂, μ = 1.17, S—S 2.05, ∠ HSS 92, двугранный ∠ 91, в мол. H₂S_n — зигзагообразные цепи S_n, оч. реакц.; + H₂O → H₂S + S↓⁴⁴⁾

S, крист., желт., d = 2.1, т. пл. 119, т. к. 445, хор. р. в CS₂, скипидаре, р. в бзл., к. ч. S 2

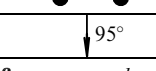
α-, ромб., d = 2.07, т. пл. 113, a = 10.46, b = 12.86, c = 24.49; в стр. — мол. S₈ в форме короны, S—S 2.06, ∠ SSS 108, диэдрический ∠ 98.6

γ-, перламутровая, метастаб., монокл., образ. при охл. бзл. р-ров, в стр. — S₈

Аморфная (пластическая) λ + μ желт. кор. переохл. полимер ж., р. в CS₂ не р. в CS₂

β-, монокл., d = 1.96, т. пл. 119, a = 10.90, b = 10.96, c = 11.02, β = 83, в стр. — S₈

Пурпуровая, в стр. — парамагн. мол. S₂ (эл. аналоги O₂), S—S 1.89



S_nO, n = 6–10, желт., р. в CS₂, разл. 34 (n = 6), 25 (n = 9, 10), т. пл. 55 (n = 7); -20° (hv-B) → SO₂ + S; t → S_n + SO₂, в стр. — цепи мол. — циклов S_n ("корона")

S₈O =

S—O 1.48, S—S 2.0–2.2

S₇O₂ Все соединения оранж. 2)

S₂O (раньше "SO"), г., бц., уст., вак. SO₂ + S, <-196° — оранж. крист., ΔH = -96, не реак. с O₂, μ = 1.47, мол. — угловая, S—S 1.88, S—O 1.46, ∠ SSO 118 {Ir(S₂O)(Ph₂P—CH₂)₂]₂IO₃, лиганд — S—S — бидентатный 27)

S (телюющий разряд) H₂S(+H₂O—много, р-ция Вакенродера) (1.7–3.3)+ H₂S_nO₆, n = 20–13, 6, 5, 4, 3, полинионовые (сульфандисульфоновые) к., n растет с [H₂S]:[SO₂]; суш. только в р-рах, сильн. к., уст. растет с n, 20° S↓ + SO₂ + H₂SO₄ (медл.) · 2Et₂O, крист., бц. 24)

[H₃S]⁺[SbF₆]⁻, разл. 90, катион — ψ-тетраэдр, H—S 1.36, ∠ HSH 99 31)

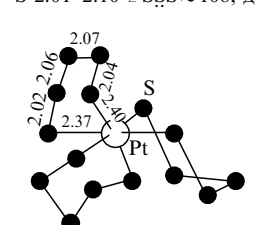
Бисульфиды, крист., бц., хор. р. в H₂O, сп., высаливают из р-ра эф. LiHS, разл. 50 NaHS, т. пл. 350, · n H₂O, n = 2, 3 (т. пл. 22) KHS, т. пл. 455 Ca(HS)₂ · 6H₂O, разл. 15 Ba(HS)₂ · 4H₂O

M₂S_n, M = M^I, M^{II}/2, n ≤ 9, полисульфиды, крист., оч. гигр., с ростом n цв. от желт. к красн., уст. падает, хим. акт. ↑, растет, хор. р. в H₂O и сп.

Na ₂ S ₂	Na ₂ S ₃	Na ₂ S ₄	Na ₂ S ₅	Na ₂ S ₆
т. пл. 480	480°	286	255	"серная печень"
K ₂ S ₂	K ₂ S ₃	K ₂ S ₄	K ₂ S ₅	K ₂ S ₆
т. пл. 520	292	159	211	196
ΔH = -431	-469	-464	-469	-469 10)
· 3H ₂ O	—	· 2H ₂ O	· 5H ₂ O	—
Cs ₂ S ₂	Cs ₂ S ₃	Cs ₂ S ₄	Cs ₂ S ₅	Cs ₂ S ₆
т. пл. 460	217	210	185	—
Ba ₂ S ₃	Ba ₂ S ₄	—	—	—
разл. 554	300	—	—	—

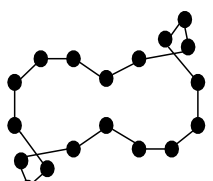
(NH₄)₂S_n, "желт. сульфид аммония" Fe[S₂], "пирит"; Mn[S₂], "марганцевый колчедан" [S_n]²⁻ — спиральные цепи (ср. гексаг. Se), S—S 2.01–2.10 ∠ SSS ≈ 108, двугранный ∠ 98 1)

M^I_n[M(S_n)_m] M₃[Cu(S₄)_n], n = 2, 3 M₂[Pt(S₂)₃] M₃[Ag(S₄)₂] M₂[Ag₂(S₆)₂]. в анионах — циклы [MS_n] 32)

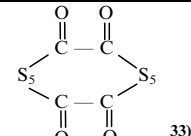


Пар 650° 900° 1500° S₈ ⇌ S₇ ⇌ S₆ ⇌ S₄ ⇌ S₂ ⇌ S оранж. красн. желт.

Циклы S_n, крист., от оранж. (S₆) до лимонно-желт. (S₂₀), d = 2.02–2.09, т. пл. 39 (S₇), 50 (S₉), 148 (S₁₂), 128 (S₁₈), 124 (S₂₀); S₁₀ разл. ~ 60, в стр. — неплоские циклы, S—S 1.99–2.18, ∠ SSS 102–106, двугранный ∠ 84–90



[Ag(S₈)₂]⁺[AsF₆]⁻, крист., бц., корона S₈ координирована в 1,3-положении S₁₀(CO)₄, мол. — циклы



H₂S₂O₂, тиосульфатная к., >20° H₂S + S + SO₂... (RO—S—) 2

H₂S₂O₃, тиосульфатная (серно-ватистая) к., ж., маслянистая, сильн. к., K₂ = 10⁻², -78° H₂S + H₂S₂O₆ → S↓ (оранж.) + H₂SO₃ + H₂SO₄; · 2Et₂O, крист., бц., разл. -5

HO—S(=O)—S(=O)—OH ↔ HO—S(=O)—S(=O)—H

H₂S₂O₃, тиосульфатная (серно-ватистая) к., ж., маслянистая, сильн. к., K₂ = 10⁻², -78° H₂S + H₂S₂O₆ → S↓ (оранж.) + H₂SO₃ + H₂SO₄; · 2Et₂O, крист., бц., разл. -5

H₂S₂O₄, дитионистая (гидросернистая) к., суш. в р-ре, K₁ = 0.5, K₂ = 10⁻³; → S↓ + H₂SO₃

Сульфиды M₂S_x

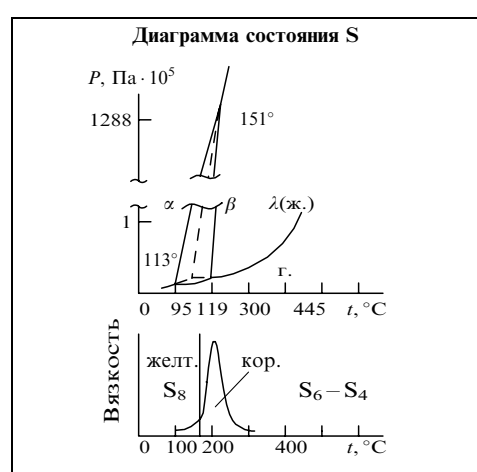
Солеобразные			Ковалентные		Металлоподобные фазы переменного состава		
	т. пл.	стр. тип	т. пл.	т. к.		стр. тип	
Li ₂ S	950	антн-CaF ₂	SiS ₂	1090	1130	TiS	NiAs
Na ₂ S	1180		Sb ₂ S ₃ *	548	990	TiS ₂	CdI ₂
K ₂ S	840		Bi ₂ S ₃ *	685 с разл.	—	TiS ₃	—
Cu ₂ S↓	1130		P ₄ S ₅	288	514	Fe _{1-x} S	NiAs
Ag ₂ S↓	842		Al ₂ S ₃	1120 (p)	—	CrS _{0.95-1.5}	NiAs
			ZnS↓	1900 (p)	стр.		
			CdS↓	1475	вюрцитита		

Uст. к гидрол., диэлектрики или полупроводники

M₂S_n + O₂ → M₂SO₄ → M₂O_n + SO₂ + O₂; + C → M + CS₂↑

* уст. к H₂O, остальные — мгнов. гидрол., диэлектрики

Uст. на возд., р. в к., проводники (MS) или полупроводники (MS₂ и MS₃)



[S_n]²⁺(AsF₆)₂, n = 16, 19, крист., красн., катион — [(цикло-S₇)₂S₅]²⁺ [S₈]²⁺X₂, X = HS₂O₇, SO₃F, AlCl₄, AsF₆, Sb₂F₁₁ [S₈][HS₃O₁₀]₂ (раньше "S₂O₃"), крист., син., гигр., р. в олеуме; -15° S + SO₂ + SO₃; + H₂O → S + H₂S_nO₆ + H₂SO₄; в катионе — [S₈]²⁺, S—S 2.04, ∠ SSS 102 (6 углов) и 93 (2 угла)

[S₄]²⁺X₂, крист., желт., катион — квадрат, S—S 2.01 3)

Тиосульфаты Na₂S₂O₃, 100° · 5 H₂O (т. пл. 48); 200° → Na₂S₅ + Na₂SO₄ K₂S₂O₃, разл. 430, · n H₂O, n = 0.5; 1.67 (-H₂O, 180°) BaS₂O₃ · H₂O M₃[Ag(S₂O₃)₂] [SO₃S]²⁻ — тетраэдр, S—O 1.48, S—S 1.99

Дитиониты (гидросульфиты) Na₂S₂O₄ · 2 H₂O ZnS₂O₄ · CoS₂O₄ анион [O₂S—SO₂]²⁻ — 2 пересекающихся ψ-тетраэдра, [SO₂S], S—O 1.15, S—S 2.39; [S₂O₄]²⁻ ⇌ 2 SO₂⁻, сильн. воспт.

Сульфоксиды H₂SO₂, сульфоксидовая к., S(OH)₂ ⇌ HO—S(=O)—H

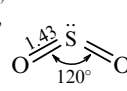
Сульфоксилаты CoSO₂ · 3 H₂O, крист., бур. NaHSO₂ · HCHO · 2 H₂O, т. пл. 63, "ронгалит", воспт. при крашении

4+

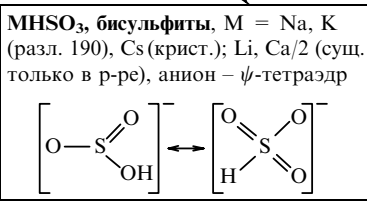
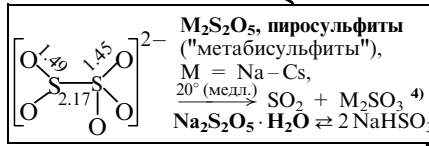
5+

6+

SO₂, г., бц., с резким запахом, т. пл. -75, т. к. -10, разл. 2500, $\Delta H = -297$, р. в H₂O 98% (об.), $\epsilon = 13$; ж. SO₂ р. N₂, MГ_m, орг. в-ва, $\mu = 1.63$, угловая мол. (ψ -тр-к [SO₂], sp²); сильн. восст., сл. окисл.: + H (Pd) → H₂S;
 ·7/3 H₂O (6:46) - клатрат, т. пл. 12
Fe₂(CO)₈(SO₂)⁰; **[Ru(NH₃)₄(SO₂)⁰Cl]Cl**
[NiPy₃(SO₂)⁰], разл. 150
[IrCl(CO)(SO₂)⁰(PR₃)₂], S—O 1.46, ∠OSO 114 (см. Табл. "Рутений")³⁷



Сернистая к. ("H₂SO₃")
 SO₂ + H₂O ⇌ SO₂ · nH₂O ⇌ H⁺ + HSO₃⁻ ⇌ 2H⁺ + SO₃²⁻,
 $K_1 = \frac{[H^+][HSO_3^-]}{[SO_2]_{равн.}} = 10^{-2}$, $K_2 = 10^{-7}$;
 $[SO_2]_{равн.} = [SO_2]_{общ.} - [HSO_3^-] - [SO_3^{2-}]$; восст.;
 $\xrightarrow{150^\circ} S \downarrow + H_2SO_4$



Сульфиты
 Li₂SO₃, разл. 455
 Na₂SO₃ ⇌^{33°} · 7H₂O; K₂SO₃ · 2H₂O
 CaSO₃ · 2H₂O; BaSO₃;
 $\xrightarrow{600^\circ} M_2S + M_2SO_4$, хор. р. в H₂O,
 [SO₃]²⁻ - ψ-тетраэдр, S—O 1.53,
 ∠OSO 105 (sp³), сильн. восст.

HSO₂F ⇌ HF (ж.) + SO₂ (ж.), фторосульфидная к., т. пл. -84

MSO₂F, M = Na—Cs,
 20°
 ⇌ MF + SO₂↑, мягкие фторагенты: + (PNCl₂)₃ → (PNF₂)₃ + MCl + SO₂

Тионилгалогениды⁵⁴

г. пл.	т. к.	ΔH	μ	
SOF ₂ , г., бц.	-129	-44	-711	1.62
SOFCl, г., бц.	-137	+12	—	—
SOCl ₂ , ж., бц.	-100	+76	-247	1.44
SOBr ₂ , ж., органж.	-52	138	-75	1.47

с разл.

$\xrightarrow{t} SO_2 + S_2\Gamma_2 + \Gamma_2$; SOF₂ медл. гидрол.; мол. [SOΓ₂] - ψ-тетраэдр, S—O 1.44, S—Γ 1.59 (F), 2.07 (Cl), 2.27 (Br), ∠OSΓ 107, ∠GSΓ 93-96;
 + M₂O_n → MΓ_n + SO₂↑; + MΓ_n · xH₂O → MΓ_n + SO₂↑ + HΓ↑

SO(NH), тионилимид, ж., бц., т. пл. -85,
 20°
 → кор. полимер [-S(O)—NH—]_x
SONCl; Hg(NSO)₂

SO₃, крист., бел. шелковистые, т. пл. 17-145 (разные формы); $\Delta H = -395$ (г.); -462 (β). В стр. - циклические тримеры или цепи тетраэдров [SO₄] (sp³)

М₂S₂O₇, трисульфаты, M = M^I, M^{II}/2, [ClO₂], [S₈]/2, [NO₂]

Пиросульфаты
 Na₂S₂O₇, т. пл. 405, разл. 460
 K₂S₂O₇, т. пл. 440; [Э]²⁺ [HS₂O₇]₂, Э = S, Se, Те, анион - 2 тетраэдра с общ. вершиной

Дитионаты
 M₂S₂O₆ · 2H₂O,
 M = Li, Na
 K₂S₂O₆
 M^{II}S₂O₆ · nH₂O,
 M^{II} = Ca, Sr (n = 4),
 Ba (n = 2), Mn
 все дитионаты р. в H₂O, анион - [O₃S—SO₃]²⁻ - 2 пересекающихся тетраэдра [SO₃S], S—O ~ 1.44, S—S 2.15

С₂O₅F₂, ж., бц., т. пл. -48, т. к. 51
S₂O₅FCl, ж., бц., т. пл. -65, т. к. 100
S₂O₅Cl₂, ж., бц., т. пл. -37

Сульфурилгалогениды³⁸

г. пл.	т. к.	разл.	ΔH	μ	
SO ₂ F ₂ , г., бц.	-137	-51	400	-856	1.11
SO ₂ FCl, г., бц.	-125	+7	—	—	—
SO ₂ Cl ₂ , ж., бц.	-54	69	300	-393	1.80
SO ₂ FBr, ж., бц.	-86	40	—	—	—

мол. - тетраэдр, S—O 1.41, S—Γ 1.59 (F), 2.01 (Cl), ∠OSO 124, ∠GSΓ 96-100, ∠OSΓ 107; SO₂F₂ не реаг. с H₂O < 150°; SO₂Cl₂ мгновен. гидрол.; р. MCl_n и SO₃, сильн. хлорагент

SO₂(NH)₂, сульфамид, крист., бц., т. пл. 92, р. в H₂O
[SO₂(NH)]₆, сульфимид

SO₂(NH)₂, сульфамид, крист., бц., т. пл. 92, р. в H₂O
[SO₂(NH)]₆, сульфимид

SO₃, крист., бел. шелковистые, т. пл. 17-145 (разные формы); $\Delta H = -395$ (г.); -462 (β). В стр. - циклические тримеры или цепи тетраэдров [SO₄] (sp³)

М₂S₂O₇, трисульфаты, M = M^I, M^{II}/2, [ClO₂], [S₈]/2, [NO₂]

Пиросульфаты
 Na₂S₂O₇, т. пл. 405, разл. 460
 K₂S₂O₇, т. пл. 440; [Э]²⁺ [HS₂O₇]₂, Э = S, Se, Те, анион - 2 тетраэдра с общ. вершиной

Дитионаты
 M₂S₂O₆ · 2H₂O,
 M = Li, Na
 K₂S₂O₆
 M^{II}S₂O₆ · nH₂O,
 M^{II} = Ca, Sr (n = 4),
 Ba (n = 2), Mn
 все дитионаты р. в H₂O, анион - [O₃S—SO₃]²⁻ - 2 пересекающихся тетраэдра [SO₃S], S—O ~ 1.44, S—S 2.15

С₂O₅F₂, ж., бц., т. пл. -48, т. к. 51
S₂O₅FCl, ж., бц., т. пл. -65, т. к. 100
S₂O₅Cl₂, ж., бц., т. пл. -37

Сульфурилгалогениды³⁸

г. пл.	т. к.	разл.	ΔH	μ	
SO ₂ F ₂ , г., бц.	-137	-51	400	-856	1.11
SO ₂ FCl, г., бц.	-125	+7	—	—	—
SO ₂ Cl ₂ , ж., бц.	-54	69	300	-393	1.80
SO ₂ FBr, ж., бц.	-86	40	—	—	—

SO₂(NH)₂, сульфамид, крист., бц., т. пл. 92, р. в H₂O
[SO₂(NH)]₆, сульфимид

SO₂(NH)₂, сульфамид, крист., бц., т. пл. 92, р. в H₂O
[SO₂(NH)]₆, сульфимид

SO₃, крист., бел. шелковистые, т. пл. 17-145 (разные формы); $\Delta H = -395$ (г.); -462 (β). В стр. - циклические тримеры или цепи тетраэдров [SO₄] (sp³)

М₂S₂O₇, трисульфаты, M = M^I, M^{II}/2, [ClO₂], [S₈]/2, [NO₂]

Пиросульфаты
 Na₂S₂O₇, т. пл. 405, разл. 460
 K₂S₂O₇, т. пл. 440; [Э]²⁺ [HS₂O₇]₂, Э = S, Se, Те, анион - 2 тетраэдра с общ. вершиной

Дитионаты
 M₂S₂O₆ · 2H₂O,
 M = Li, Na
 K₂S₂O₆
 M^{II}S₂O₆ · nH₂O,
 M^{II} = Ca, Sr (n = 4),
 Ba (n = 2), Mn
 все дитионаты р. в H₂O, анион - [O₃S—SO₃]²⁻ - 2 пересекающихся тетраэдра [SO₃S], S—O ~ 1.44, S—S 2.15

С₂O₅F₂, ж., бц., т. пл. -48, т. к. 51
S₂O₅FCl, ж., бц., т. пл. -65, т. к. 100
S₂O₅Cl₂, ж., бц., т. пл. -37

Сульфурилгалогениды³⁸

г. пл.	т. к.	разл.	ΔH	μ	
SO ₂ F ₂ , г., бц.	-137	-51	400	-856	1.11
SO ₂ FCl, г., бц.	-125	+7	—	—	—
SO ₂ Cl ₂ , ж., бц.	-54	69	300	-393	1.80
SO ₂ FBr, ж., бц.	-86	40	—	—	—

SO₂(NH)₂, сульфамид, крист., бц., т. пл. 92, р. в H₂O
[SO₂(NH)]₆, сульфимид

SO₂(NH)₂, сульфамид, крист., бц., т. пл. 92, р. в H₂O
[SO₂(NH)]₆, сульфимид

SO₃, крист., бел. шелковистые, т. пл. 17-145 (разные формы); $\Delta H = -395$ (г.); -462 (β). В стр. - циклические тримеры или цепи тетраэдров [SO₄] (sp³)

М₂S₂O₇, трисульфаты, M = M^I, M^{II}/2, [ClO₂], [S₈]/2, [NO₂]

Пиросульфаты
 Na₂S₂O₇, т. пл. 405, разл. 460
 K₂S₂O₇, т. пл. 440; [Э]²⁺ [HS₂O₇]₂, Э = S, Se, Те, анион - 2 тетраэдра с общ. вершиной

Дитионаты
 M₂S₂O₆ · 2H₂O,
 M = Li, Na
 K₂S₂O₆
 M^{II}S₂O₆ · nH₂O,
 M^{II} = Ca, Sr (n = 4),
 Ba (n = 2), Mn
 все дитионаты р. в H₂O, анион - [O₃S—SO₃]²⁻ - 2 пересекающихся тетраэдра [SO₃S], S—O ~ 1.44, S—S 2.15

С₂O₅F₂, ж., бц., т. пл. -48, т. к. 51
S₂O₅FCl, ж., бц., т. пл. -65, т. к. 100
S₂O₅Cl₂, ж., бц., т. пл. -37

Сульфурилгалогениды³⁸

г. пл.	т. к.	разл.	ΔH	μ	
SO ₂ F ₂ , г., бц.	-137	-51	400	-856	1.11
SO ₂ FCl, г., бц.	-125	+7	—	—	—
SO ₂ Cl ₂ , ж., бц.	-54	69	300	-393	1.80
SO ₂ FBr, ж., бц.	-86	40	—	—	—

SO₂(NH)₂, сульфамид, крист., бц., т. пл. 92, р. в H₂O
[SO₂(NH)]₆, сульфимид

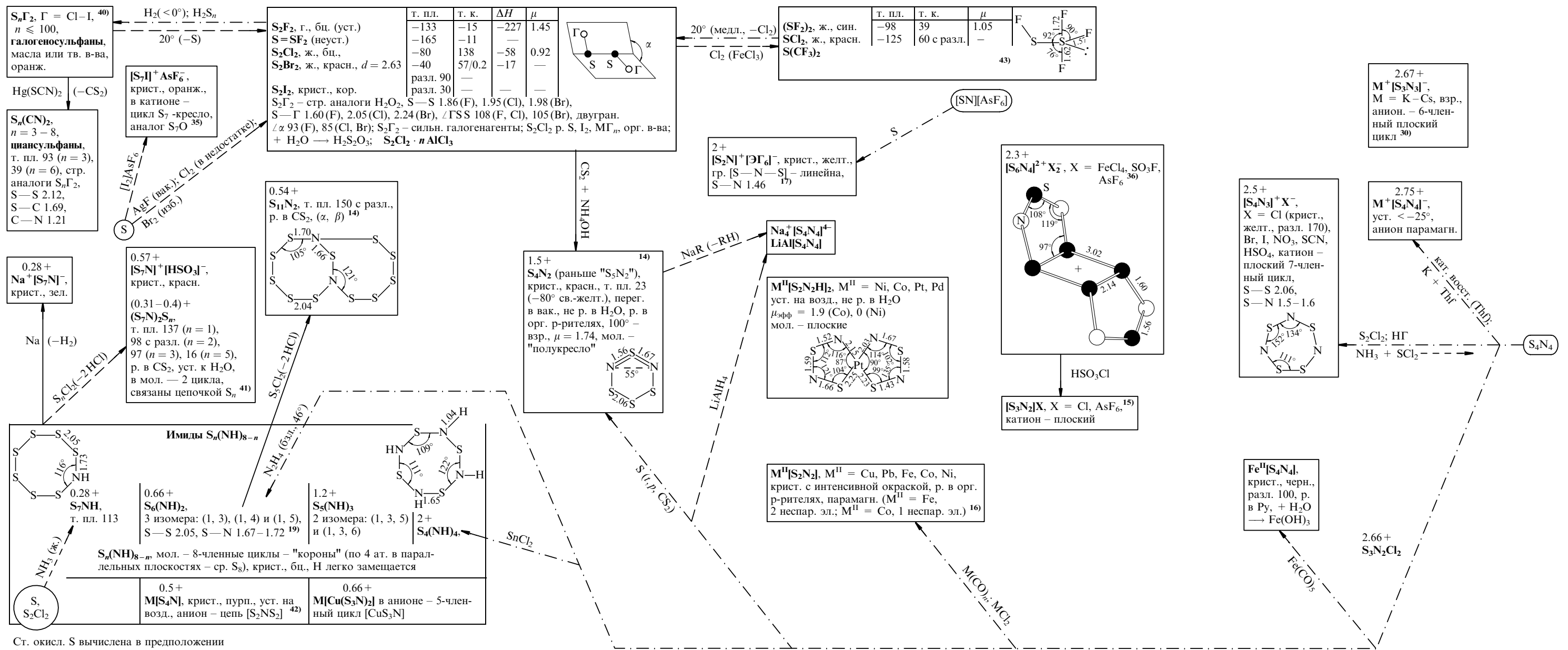
SO₂(NH)₂, сульфамид, крист., бц., т. пл. 92, р. в H₂O
[SO₂(NH)]₆, сульфимид

ГАЛОГЕНИДЫ, НИТРИДЫ, ГАЛОГЕНО- И ОКСОНИТРИДЫ СЕРЫ 13)

1/n +

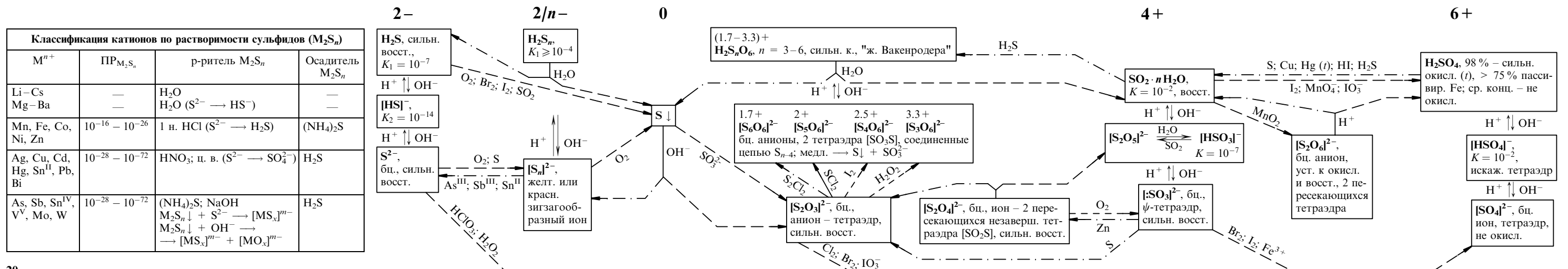
1 +

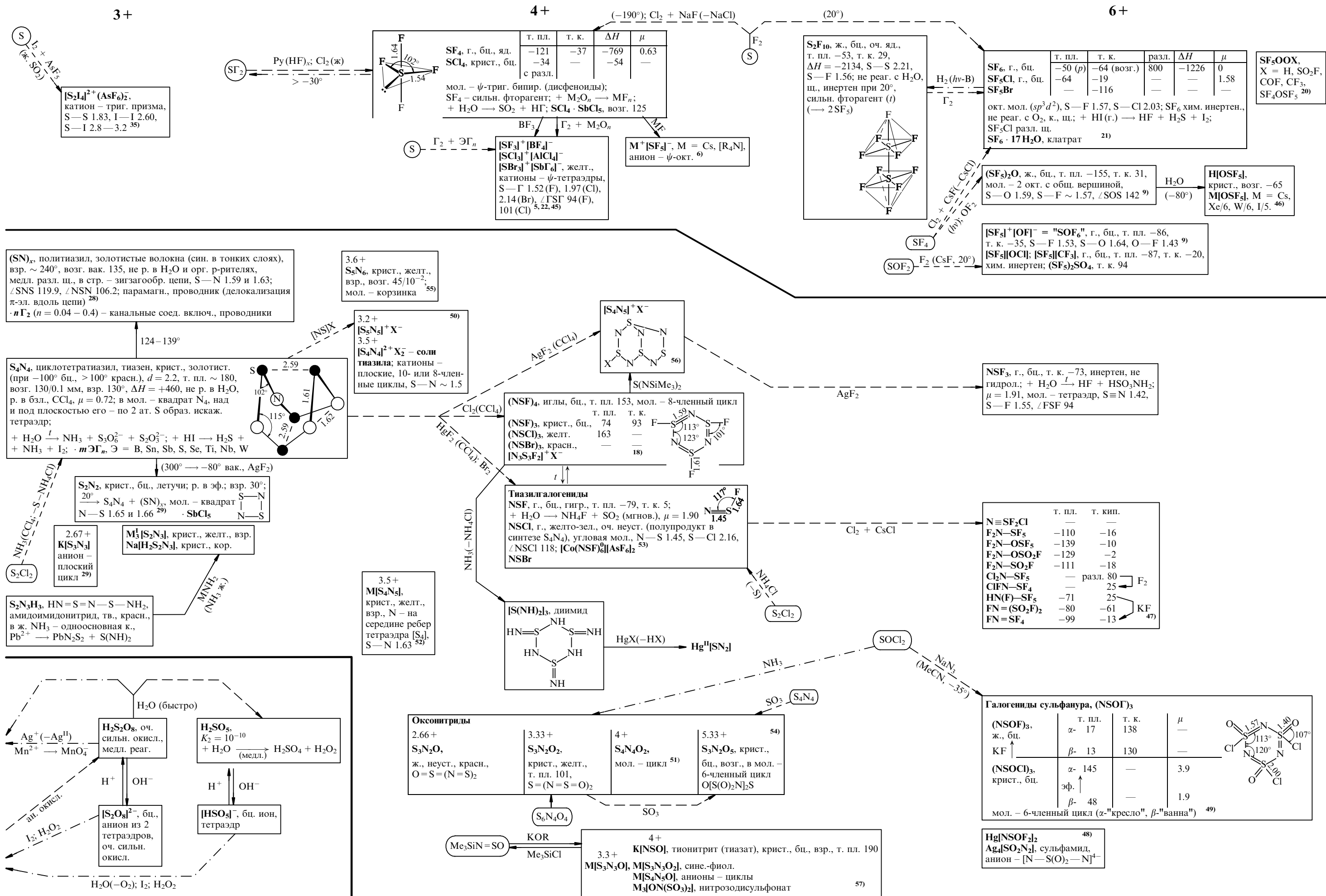
2 +

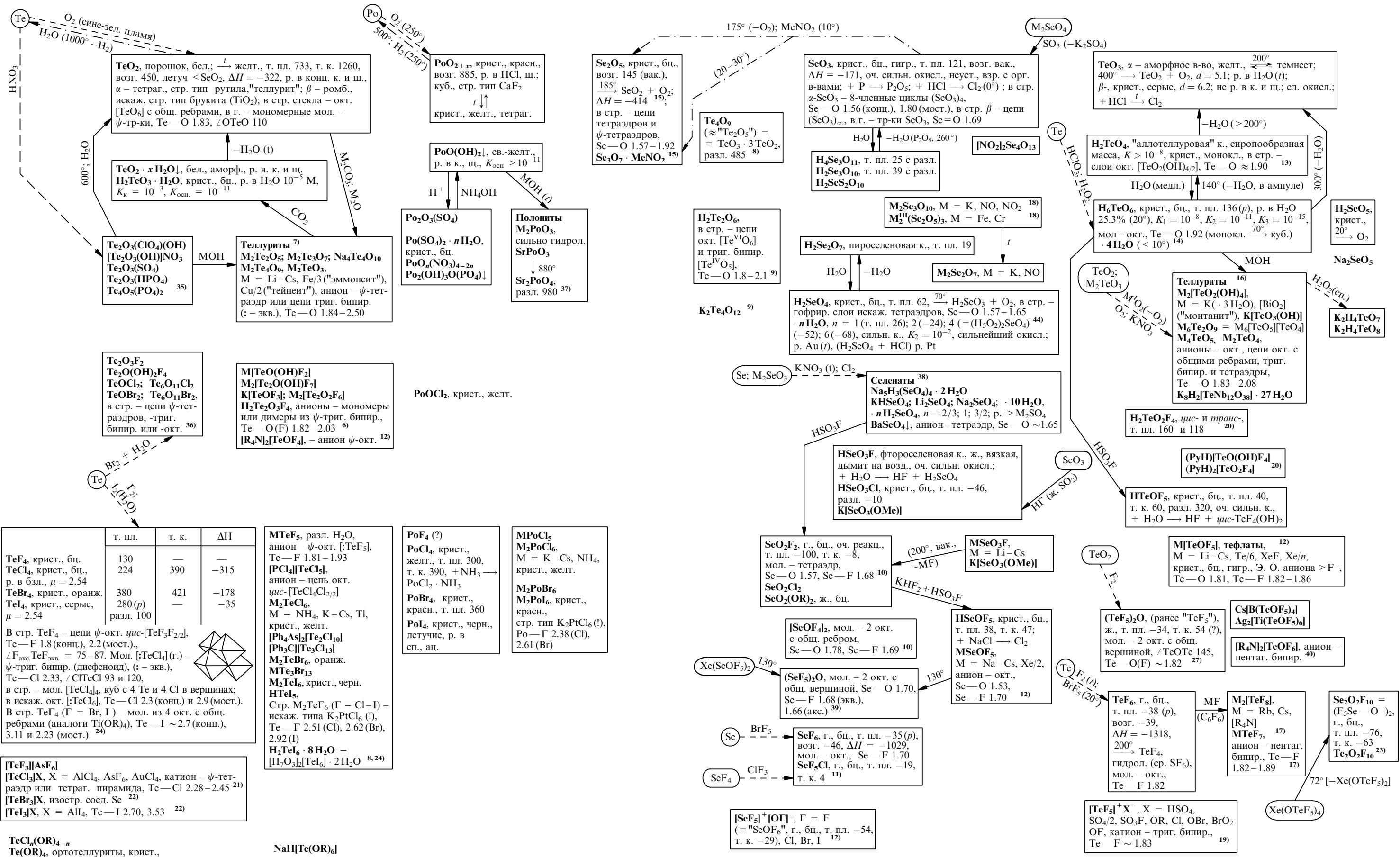


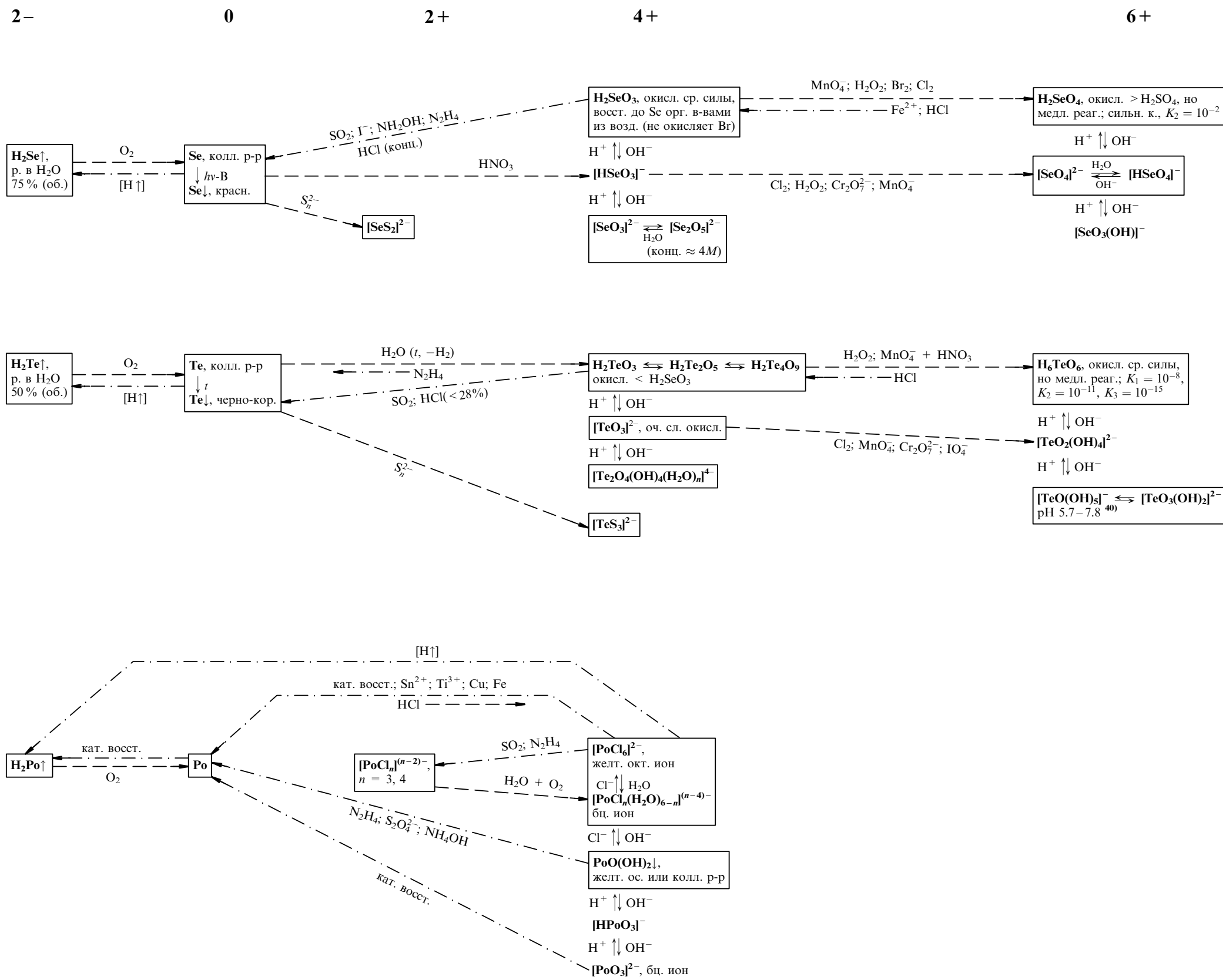
Ст. окисл. S вычислена в предположении формальных ст. окисл. N 3- и H 1+

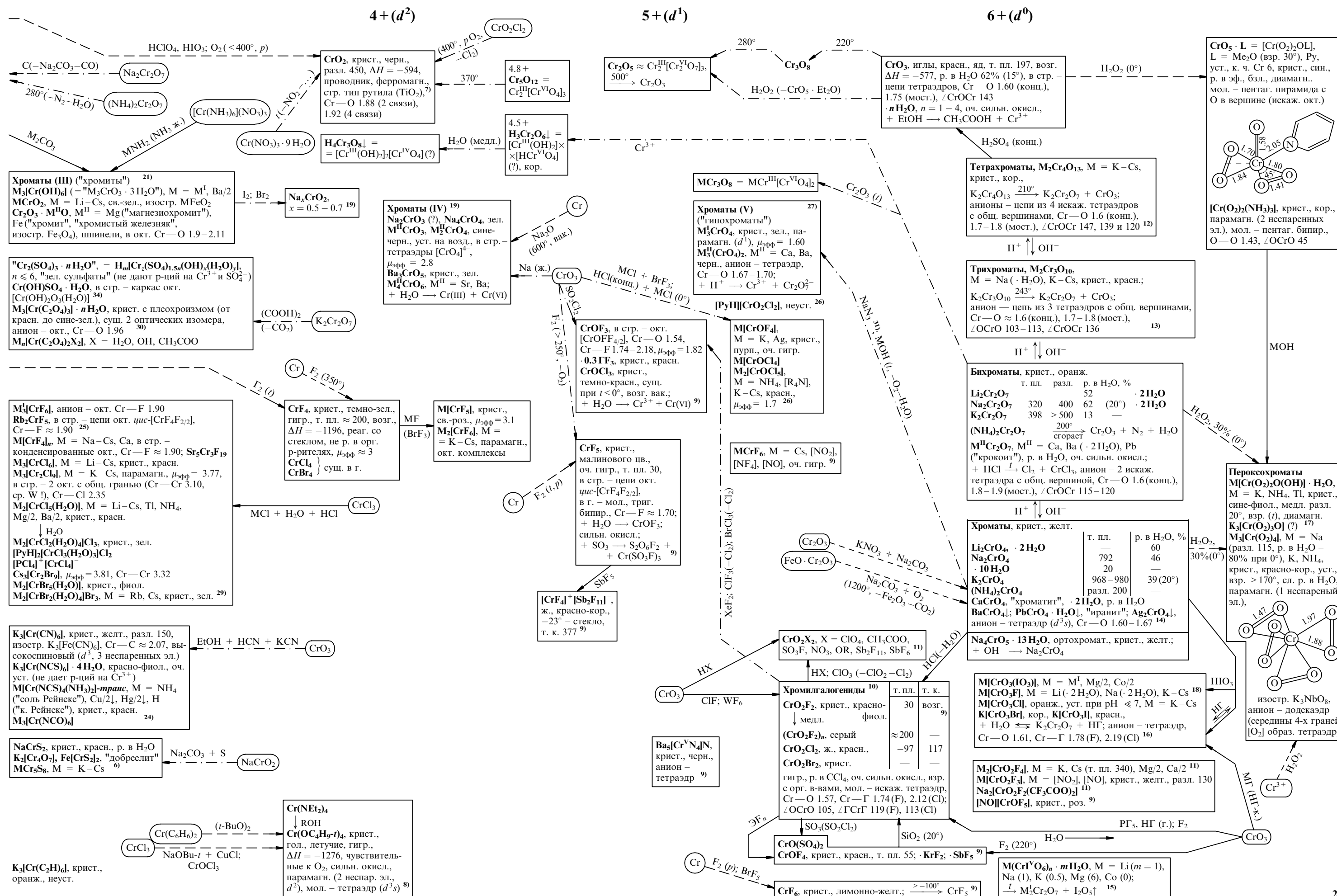
ИОНЫ СЕРЫ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ

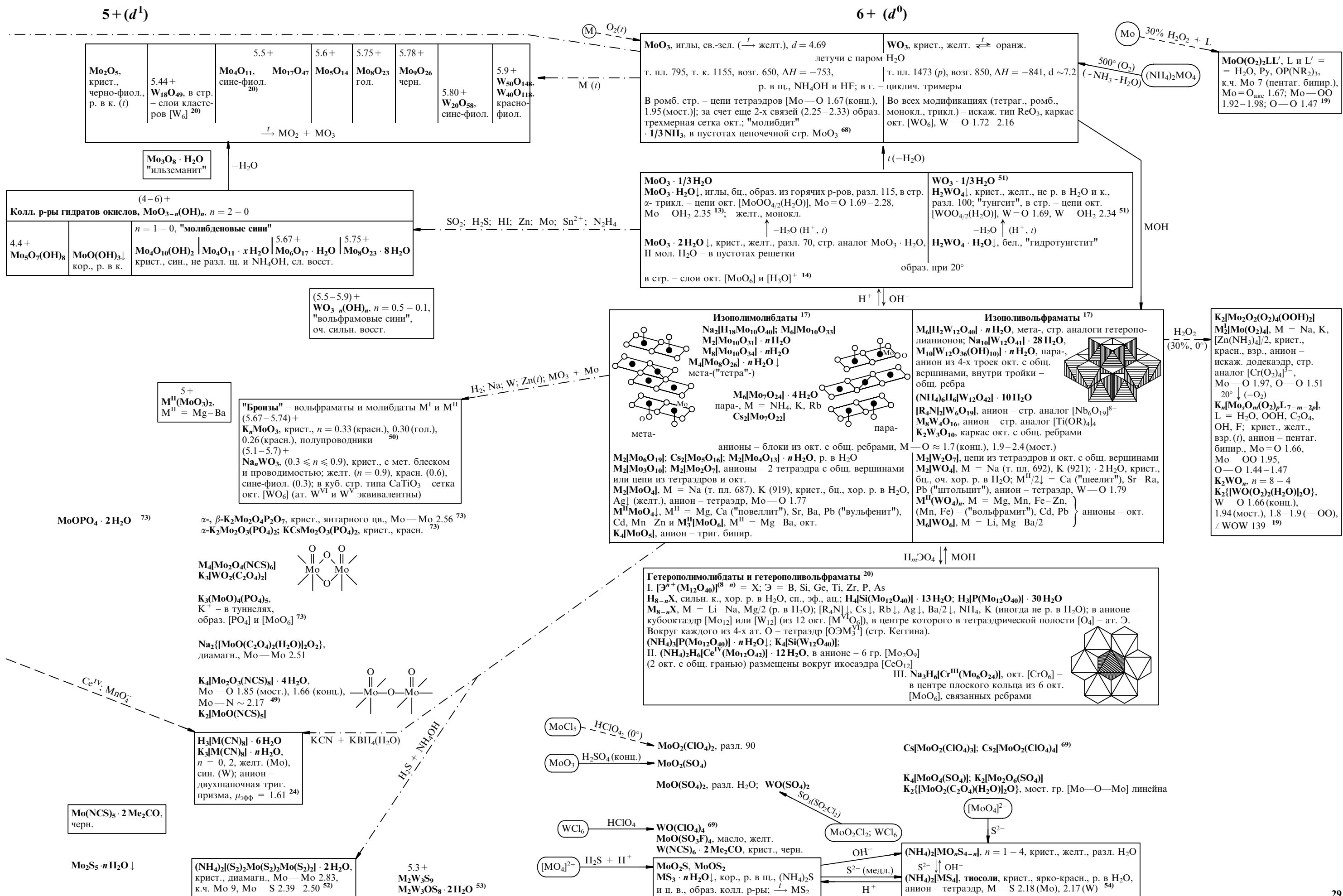










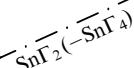
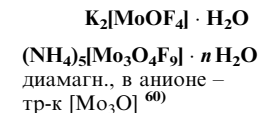
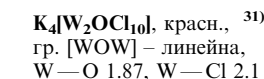
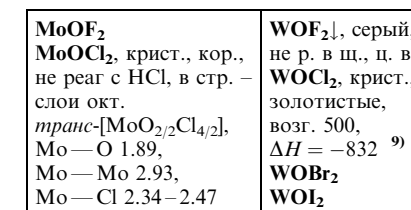
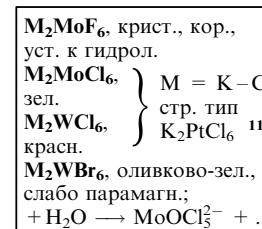
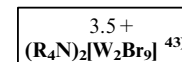
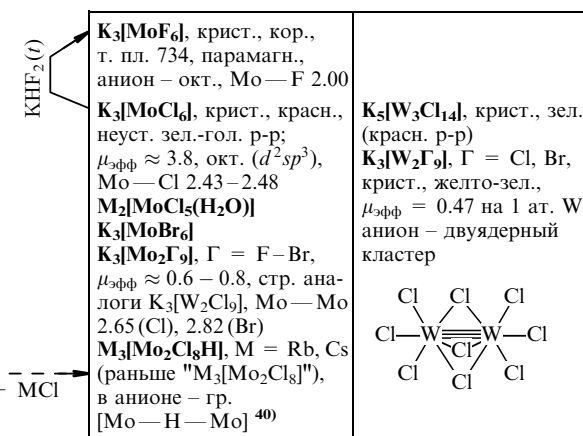
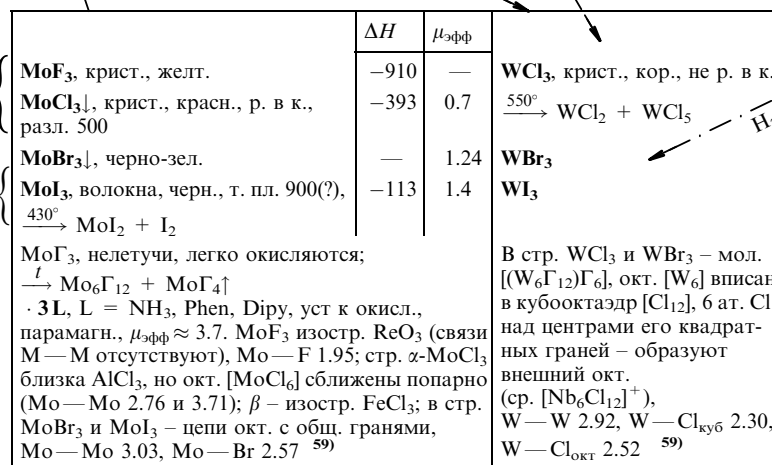
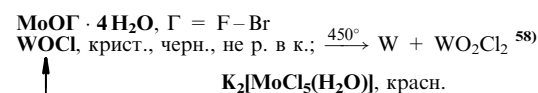
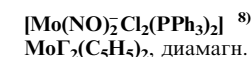
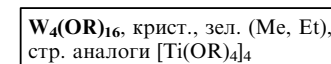
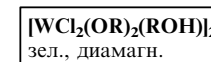
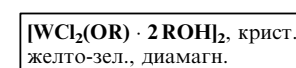
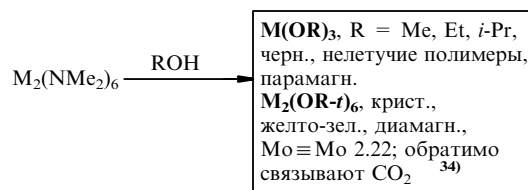
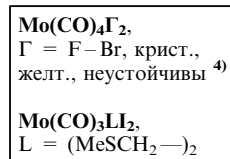
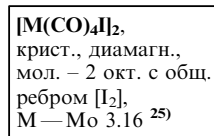
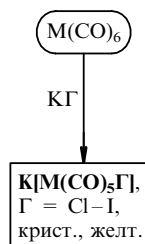
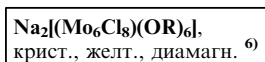
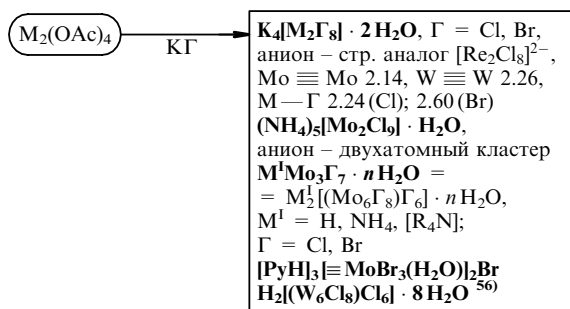
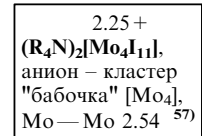
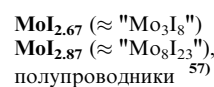
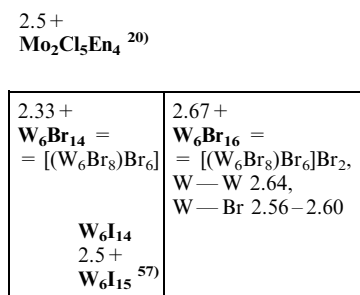
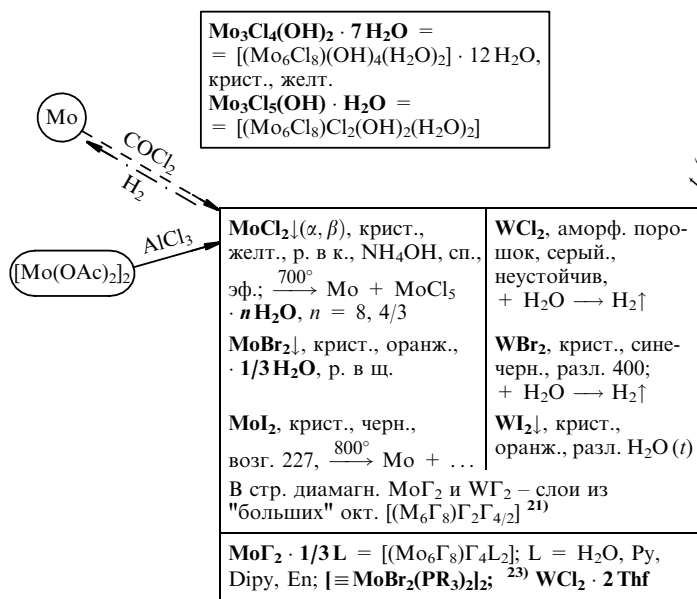
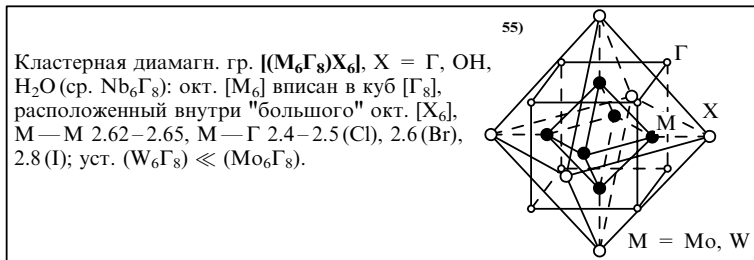


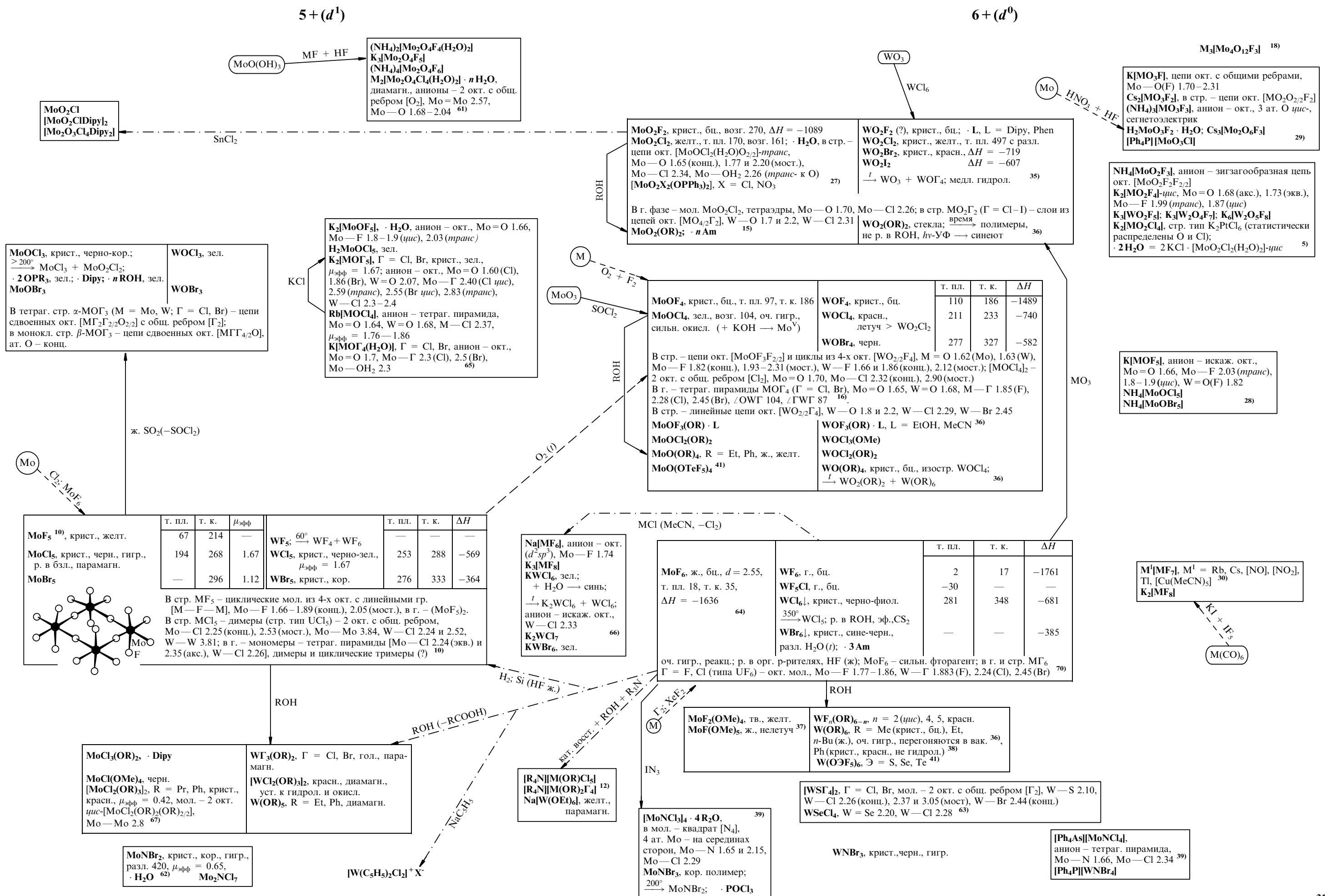
1 + (d⁵)

2 + (d⁴)

3 + (d³)

4 + (d²)





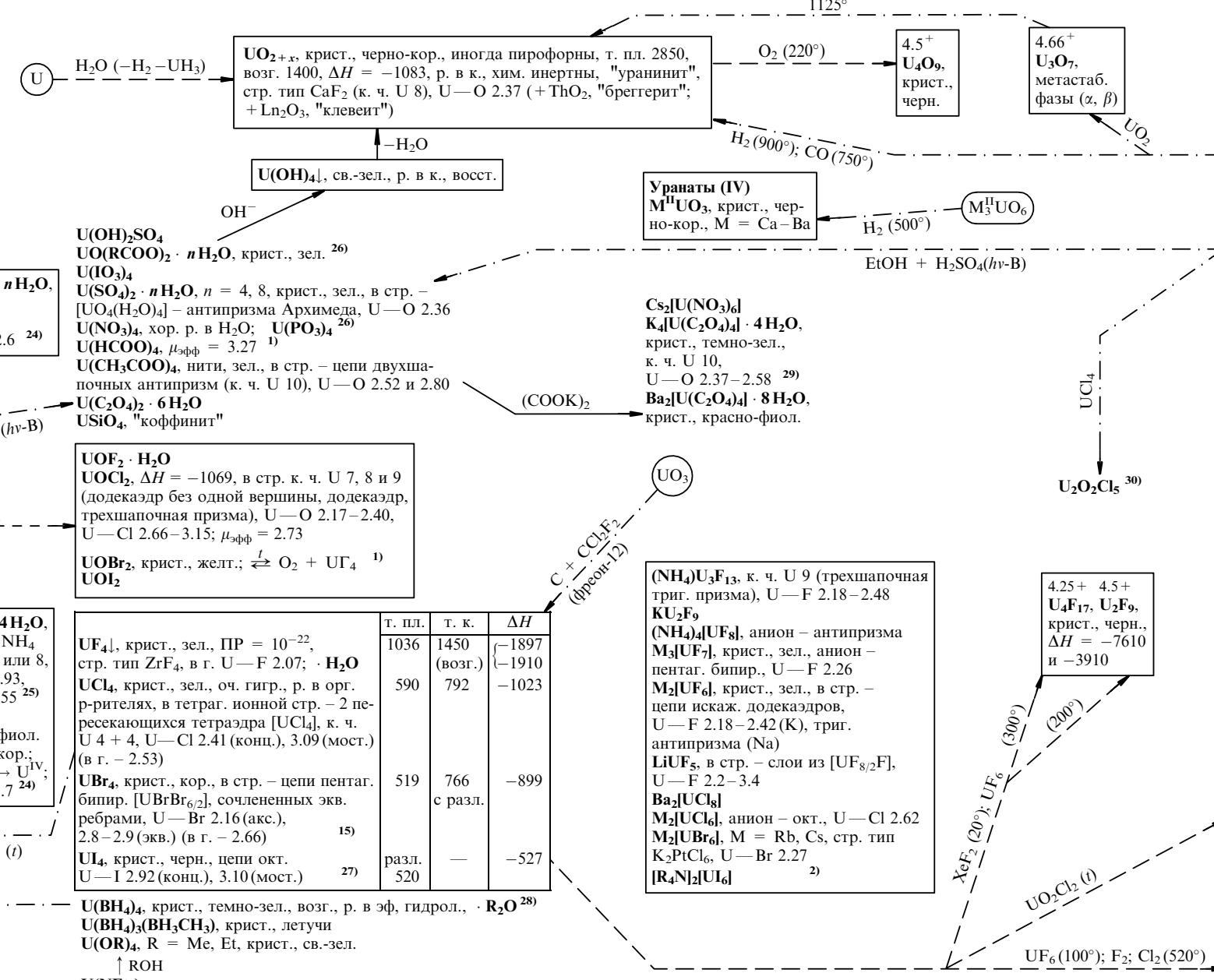
УРАН



Радиоактивный ряд U — Ra ($A = 4n + 2$)
 ${}_{92}^{238}\text{U} \xrightarrow{\alpha} {}_{90}^{234}\text{Th} \xrightarrow{\beta^-,\gamma} {}_{91}^{234}\text{Pa} \xrightarrow{\beta^-,\gamma} {}_{92}^{234}\text{U} \xrightarrow{\alpha} {}_{90}^{230}\text{Th}$
 4.51 · 10⁹ лет 2.48 · 10⁵ лет
 99.27 % в минералах 0.0056 %

Ряд Ac ($A = 4n + 3$)
 ${}_{92}^{235}\text{U}$ ("AcU") $\xrightarrow{\alpha}$ ${}_{90}^{231}\text{Th}$...
 7 · 10⁸ лет
 0.72 % в минералах, ядерное горючее

U, мет., серебристо-бел., оч. тв., ковкий, желтеет на возд., затем чернеет, мелкоизмельченный — пирофорен, т. пл. 1134, т. к. ~4200, р. в к., (MOH + H₂O₂), пассивир. конц. HNO₃ E₀U³⁺/U^{IV} = -1.80, E₀U⁴⁺/U^{VI} = -1.17 α-, ромб. (искаж. гексаг. пл. упак.), d = 19.12, к. ч. 4 + 8 a = 2.85, b = 5.86, c = 4.95 ↓ 662° β-, тетраг., слоистая стр., d = 18.11, хрупок, a = 10.59, c = 5.63 ↓ 772° γ-, куб. (тип α-Fe), стабилизируется при 20° при сплавлении с Cr или Mo, d = 18.06, пластичен, a = 3.52, U—U 3.05



U(Dipy)_n, n = 3, 4, темно-зел. илы, окисл. на возд., в стр. [UN₈] — искаж. куб., U—N 2.48 19)

NaU₂Cl₆, крист., бронзового цв., проводник 36)

Т. пл.	Т. к.	ΔH
1495	2300	-1444
835	1780	-891
730	—	-761
680	~1750	-573

UF₃, крист., фиол., стр. тип LaF₃

UCl₃, илы, зел. или красн., гигр.; —> UCl₂ + UCl₄ + UCl₅; в гексаг. стр. — искаж. пл. упак. Cl, к. ч. U 9 (триг. призма с центрированными гранями)

UBr₃, крист., красн., стр. тип UCl₃

UI₃, крист., черн., стр. тип PuBr₃, U—I 3.16—3.24 17)

· 4L, L = Thf, Py, мол — пентаг. бибир. 17)

MUCl₄ · 4H₂O, M = K, NH₄ к. ч. U 9 или 8, U—Cl 2.93, U—O 2.55 25) K₂UCl₅ K₃UCl₆, фиол. KU₂Cl₇, кор.; +H₂O —> U^{IV}; μэфф = 3.7 24)

Т. пл.	Т. к.	ΔH
1036	1450	(-1897 (возг.) (-1910
590	792	-1023
519	766	-899
разл. 520	—	-527

UF₄↓, крист., зел., ПР = 10⁻²², стр. тип ZrF₄, в г. U—F 2.07; · H₂O

UCl₄, крист., зел., оч. гигр., р. в орг. р-рителях, в тетраг. ионной стр. — 2 пересекающихся тетраэдра [UCl₄], к. ч. U 4 + 4, U—Cl 2.41 (конц.), 3.09 (мост.) (в г. — 2.53)

UBr₄, крист., кор., в стр. — цепи пентаг. бибир. [UBrBr₆]₂, сочлененных экв. ребрами, U—Br 2.16 (акс.), 2.8—2.9 (экв.) (в г. — 2.66) 15)

UI₄, крист., черн., цепи окт. U—I 2.92 (конц.), 3.10 (мост.) 27)

(NH₄)₃U₃F₁₃, к. ч. U 9 (трехшапочная триг. призма), U—F 2.18—2.48

KU₂F₉ (NH₄)₄[UF₈] (аннион — антипризма M₃[UF₇], крист., зел., аннион — пентаг. бибир., U—F 2.26

M₂[UF₆], крист., зел., в стр. — цепи искаж. додекаэдров, U—F 2.18—2.42 (K), триг. антипризма (Na)

LiUF₅, в стр. — слои из [UF_{8/2}F], U—F 2.2—3.4

Ba₂[UCl₈] M₂[UCl₆], аннион — окт., U—Cl 2.62

M₂[UBr₆], M = Rb, Cs, стр. тип K₂PtCl₆, U—Br 2.27

[R₄N]₂[UI₆] 2)

4.25 + 4.5 + U₄F₁₇, U₂F₉, крист., черн., ΔH = -7610 и -3910

U(BH₄)₃, крист., красно-кор., нелетучи, взр. на возд. 100°

U(BH₄)₄, крист., темно-зел., возг., р. в эф. гидрол., · R₂O 28)

U(BH₄)₃(BH₃CH₃), крист., летучи

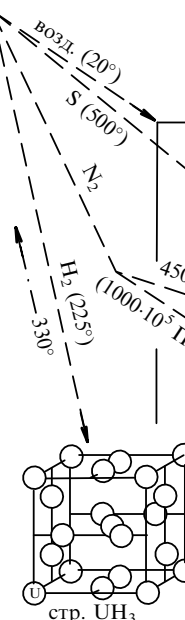
U(OR)₄, R = Me, Et, крист., св.-зел.

U(NEt₂)₄

U[Al(OPr-i)₄]₄, крист., зел., гигр., возг., т. к. 270

U(C₅H₅)₄, ураноцен, крист., красн., не гидрол., разл. 250

[U(C₅H₅)₃]⁺ Cl⁻, крист., темно-красн.



U(O,N,C) (раньше "UO"), оксокарбонитрид, тв. р-р, металлоподобная фаза, суц. на поверхности U

US₂, крист., черн., т. пл. 1850, р. в к., γ —> 425° β —> 1350° α

US₃, полисульфид, крист., черн., р. в конц. HNO₃

US, крист., желт., т. пл. 2460, р. в к., ΔH = -377, стр. тип NaCl

USe₂ 23)

UN, порошок, серый, окисляется на возд., т. пл. 2850 (p), разл. >1900, ΔH = -288, не р. в к., стр. тип NaCl, U—N 2.45; U₃N₄; U₂N₃, ΔH = -707

UN₂, крист., черн., стр. тип CaF₂

UP, т. пл. 2850, U₃P₄, U₂P₃, UP₂, черн.

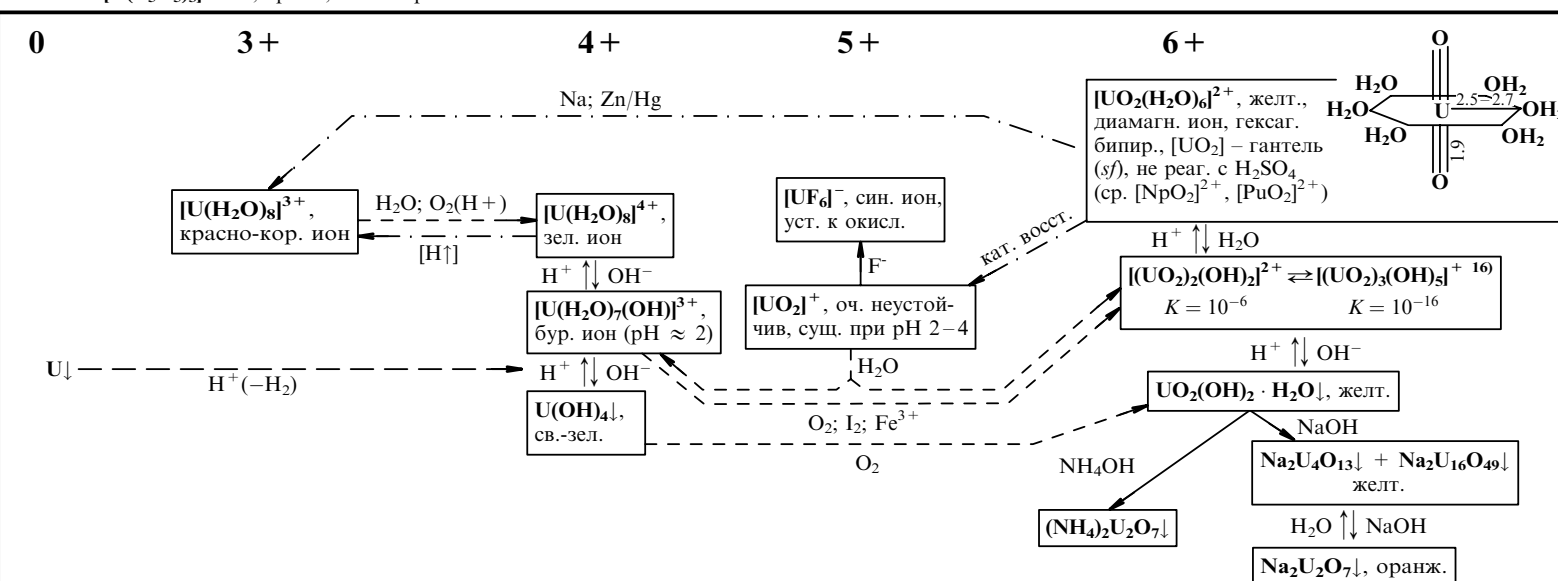
UC, крист., фиол., т. пл. 2400, стр. тип NaCl, ΔH = -88

U₂C₃, ΔH = -205

UC₂, крист., красн., гидрол., т. пл. 2350, ΔH = -163, стр. тип CaC₂, C=C 1.34

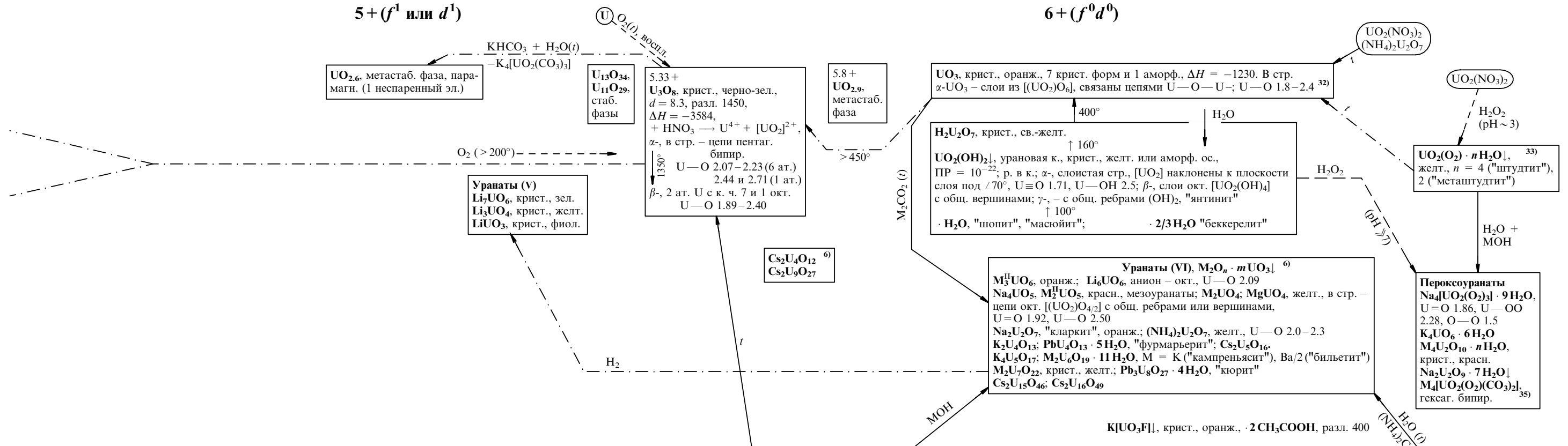
USi₂, т. пл. 1700; U₃Si₂, т. пл. 1665

UH_{3-x}, крист., черн., хрупкие, разл. 330, ΔH = -125, проводник, воспл. на возд., разл. к.; +H₂O —> 350° UO₂ + H₂; β-, куб., d = 10.9, в стр. — тетраэдры [UH₄] и икосаэдры [UH₁₂], U—H 2.32, U—U 3.3 ↓ <-100° α-, куб., ферромагн., d = 11.11



5+ (f¹ или d¹)

6+ (f⁰d⁰)



U₅O₁₂Cl³⁾
 UO₂F
 UO₂Cl, μ_{эфф} = 1.36, \xrightarrow{t} UOCl₂ + Cl₂
 UO₂Br, в стр. - слои пентаг. бипир.,
 U—O 2.05–2.30, U—Br 2.94³⁾

	ΔH
UOCl ₃ , крист., кор., р. в сп., ац.	-1188
UOBr ₃ , крист., красно-кор.	-988
UOI ₃	-853

UO(OR)₃

UF ₅ ↓, крист., бц. (окрашены за счет примесей)	т. пл.	ΔH
$\xrightarrow{>150^\circ}$ UF ₆ + U ₂ F ₉ + U ₄ F ₁₇ , оч. реакц.; + H ₂ O → UF ₄ + UO ₂ F ₂ ; α-, тетраг., в стр. - линейные цепи окт. с общ. вершинами;	287 (р)	-2030
β-, тетраг., трехмерная сетка восьмивершинников, т. к. 530, U—F 1.96–2.32	348	—
UCl ₅ , иглы, красно-кор., гигр., $\xrightarrow{120^\circ}$ UCl ₄ + UCl ₆ ; + H ₂ O → UCl ₄ + UO ₂ Cl ₂ ; в монокл. и трикл. стр. - димерные мол. (2 окт. с общ. ребром), U—Cl 2.43 (конц.), 2.70 (мост.)	320 (р)	-1041
UBr ₅ , крист., черно-кор., $\xrightarrow{80^\circ}$ UBr ₄ + Br ₂ ; в стр. - димеры из 2-х окт., U—Br 2.58–2.81	—	-858

UF₃(SO₃F)₂
 UF₂(SO₃F)₃, крист., зел., разл. 86, μ_{эфф} = 1

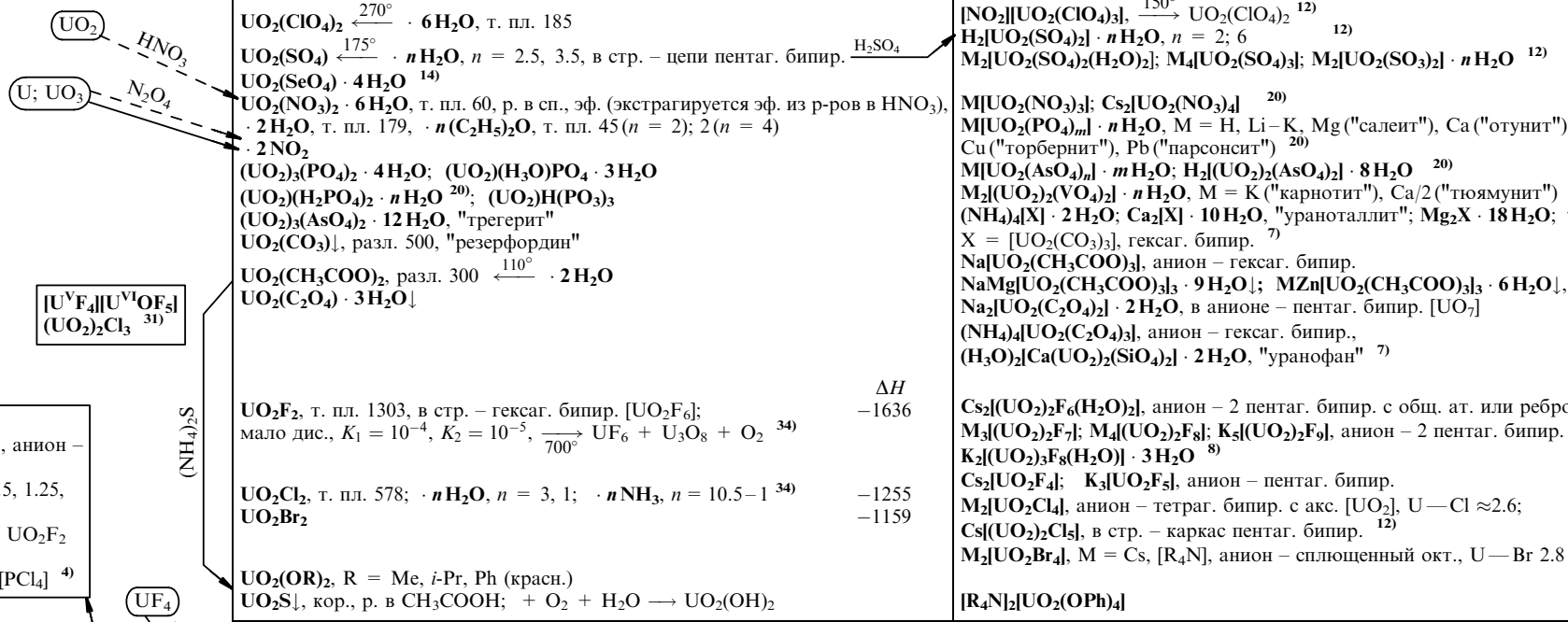
[UF₄]⁺[SbF₆]⁻, к. ч. U 8 (додекаэдр),
 U—F 1.95 (конц.), 2.31–2.66 (мост.)⁵⁾

U(OR)_nΓ_{5-n}, ж., зел. (Γ = Cl) или кор. (Γ = Br)
 ↓ NaOR
 U(OR)₅, крист., кор. (R = Me) или ж. (R = Et),
 перегоняются в вак.

M[U(OR)₆]_n, M = Na, Ca,
 Al, крист., зел., возг. в вак.

(PhCH₂O—)₂

Соли уранила, [O=U=O]²⁺, крист., желт., флуоресцирующие, U=O 1.61–1.93, U—O 2.3–2.4



UOF₄, крист., оранжев., гигр., $\xrightarrow{150^\circ}$ UF₆ + UO₂F₂; + H₂O → UO₂F₂¹⁰⁾ $\xrightarrow{MF(SO_2)}$ M[UOF₅], M = NH₄, K–Cs, анион – искаж. окт. (Cs) или цепи додекаэдров (K, Rb)¹⁰⁾

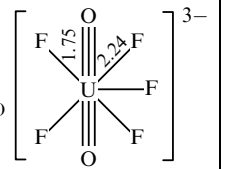
U(SO₃F)₄, оранжев., разл. 90°¹⁰⁾; U(OЭФ)₅, Э = S, Se, Te

	т. пл.	т. к.	ΔH
UF ₆ , крист., бц., гигр., р. в C ₂ H ₄ Cl ₂ , эф., разл. сп., мол. – искаж. окт.; U—F 1.98 (г. и стр. ¹⁴⁾); окисл.: + HBr → Br ₂ + UF ₄ + HF	64 (р) возг. 56	57 возг.	-2180
UCl ₆ , крист., темно-зел., р. в CCl ₄ , в мол. стр. – искаж. гексаг. пл. упак. Cl, U – в окт. пустотах, U—Cl 2.41–2.51 ¹¹⁾	177 с разл.	—	-1068

NaOR↓

U(OR)₆, R = Et, i-Pr, ж., темно-красн., перегоняются в вак.

(NH₄)₄[UF₁₀]
 Na₃[UF₉], крист., желт., гигр., разл. 300
 M₂[UF₈], M = Na–Cs, анион – искаж. восьмивершинник
 M[UOF₇], M = Na, [NO]⁺, [NO₂]⁺, анион – пентаг. бипир.,
 U—F 1.76 и 2.24¹⁸⁾



3.0.
Nr 1.3
др. An 1.6

Нептуний ⁹³Np⁰
Плутоний ⁹⁴Pu⁰
Америций ⁹⁵Am⁰
Кюрий ⁹⁶Cm⁰
Берклий ⁹⁷Bk⁰
Калифорний ⁹⁸Cf⁰
Эйнштейний ⁹⁹Es⁰
Фермий ¹⁰⁰Fm⁰
Менделевий ¹⁰¹Md⁰
Нобелий ¹⁰²No⁰
Лоуренсий ¹⁰³Lr⁰

Резерфордий ¹⁰⁴Rf **Борий** ¹⁰⁷Bh
Дубний ¹⁰⁵Db **Хассий** ¹⁰⁸Hs
Сиборгий ¹⁰⁶Sg **Мейтнерий** ¹⁰⁹Mt

*) или $5f^5 7s^2$

Синтез трансураниевых элементов³⁰⁾

Открытие	Получение важнейших изотопов	Наиболее долгоживущий изотоп	Открытие	Наиболее долгоживущий изотоп
$^{238}\text{U} (n, \gamma) \xrightarrow{239}\text{Np}$ <small>2.3 сут. (Макмиллан, Эйлсон, 1940 г.)</small>	В ат. реакторе $^{238}\text{U} (n, \gamma) \xrightarrow{239}\text{Np}$ (A=4n+1) родоначальник ряда Np; в рудах - $2 \cdot 10^{-10}\%$ (ат.) от U	^{237}Np 2.14·10 ⁶ лет	$^{252}\text{Cf} (^{10}\text{B}, 5n) \xrightarrow{257}\text{Lr}$ <small>(Гиорсо, 1961 г.)</small>	^{269}Lr 3 мин.
$^{238}\text{U} (\gamma, d, 2n) \xrightarrow{238}\text{Pu}$ <small>(Сиборг, 1941 г.)</small>	$^{239}\text{Np} \xrightarrow{239}\text{Pu}$ (A=4n+3) <small>2.35 сут. 24390 лет</small>	^{244}Pu 7.6·10 ⁷ лет	$^{243}\text{Am} (^{18}\text{O}, 5n) \xrightarrow{256}\text{Lr}$ <small>(Флёров, 1965 г.)</small>	^{253}Lr <small>35 с</small>
$^{241}\text{Pu} \xrightarrow{241}\text{Am}$ <small>13 лет (Сиборг, Гиорсо, 1944 г.)</small>	$^{242}\text{Pu} (n, \beta) \xrightarrow{243}\text{Am}$	^{243}Am 7370 лет	$^{242}\text{Pu} (^{22}\text{Ne}, 4n) \xrightarrow{260}\text{Rf}$ <small>(Флёров, 1964 г.)</small>	^{261}Rf 70 с
$^{239}\text{Pu} (\alpha, n) \xrightarrow{240}\text{Cm}$ <small>(Сиборг, Джеймс, Гиорсо, 1944 г.)</small>	$^{243}\text{Pu} (n, \gamma) \xrightarrow{244}\text{Am}$ <small>163 сут. 244Ам → 244См 19лет</small>	^{247}Cm 1.64·10 ⁷ лет	$^{249}\text{Bk} (^{15}\text{N}, 3n) \xrightarrow{261}\text{Rf}$ <small>(Гиорсо, 1969 г.)</small>	^{270}Cf 70 с
$^{241}\text{Am} (\alpha, 2n) \xrightarrow{243}\text{Bk}$ <small>(Томпсон, Гиорсо, Сиборг, 1949 г.)</small>	$^{244}\text{Cm} (\alpha, p) \xrightarrow{247}\text{Bk}$ - на ускорителе	^{247}Bk 1380 лет	$^{243}\text{Am} (^{22}\text{Ne}, 4n) \xrightarrow{261}\text{Db}$ <small>(Друин, Флёров, 1971 г.)</small>	^{261}Db 34 с
$^{242}\text{Cm} (\alpha, n) \xrightarrow{245}\text{Cf}$ <small>(Томпсон, Гиорсо, Сиборг, 1950 г.)</small>	$^{244}\text{Cm} (n, \gamma) \xrightarrow{245}\text{Bk}$ $^{245}\text{Bk} \xrightarrow{245}\text{Cf}$ $^{249}\text{Bk} \xrightarrow{250}\text{Cf}$	^{251}Cf 890 лет	$^{249}\text{Cf} (^{15}\text{N}, 4n) \xrightarrow{260}\text{Db}$ <small>(Гиорсо, 1970 г.)</small>	^{260}Db 9 с
$^{238}\text{U} (\leq 15n, 6\beta) \xrightarrow{253}\text{Es}$ <small>(при ат. взрыве, 1952 г.)</small>	$^{252}\text{Cf} (n, \gamma) \xrightarrow{253}\text{Es}$ $^{253}\text{Cf} \xrightarrow{253}\text{Es}$ <small>20 сут.</small>	^{252}Es 472 сут.	$^{208}\text{Pb} (^{54}\text{Cr}, 2n) \xrightarrow{260}\text{Sg}$ <small>(Флёров, 1974 г.)</small>	^{260}Sg
При ат. взрыве вместе с ^{253}Es <small>(Гиорсо, 1952 г.)</small>	$^{238}\text{U} (^{16}\text{O}, 4n) \xrightarrow{250}\text{Fm}$ <small>30 мин.</small>	^{257}Fm 100.5 сут.	$^{209}\text{Bi} (^{54}\text{Cr}, n) \xrightarrow{262}\text{Bh}$ <small>(Мюнценберг, 1981 г.)</small>	^{262}Bh
$^{253}\text{Es} (\alpha, n) \xrightarrow{256}\text{Md}$ <small>(Гиорсо, Сиборг, 1955 г.)</small>		^{258}Md 56 сут.	$^{208}\text{Pb} (^{58}\text{Fe}, n) \xrightarrow{265}\text{Hs}$ $^{265}\text{Hs} \xrightarrow{265}\text{Mt}$ <small>1.8·10⁻³ с</small>	^{265}Hs ^{266}Mt
$^{241}\text{Pu} (^{16}\text{O}, 4n) \xrightarrow{253}\text{No}$ <small>(Флёров, 1958 г.)</small>	$^{241}\text{Pu} (^{18}\text{O}, 4n) \xrightarrow{255}\text{No}$ <small>3 мин.</small>	^{259}No 58 мин.	$^{209}\text{Bi} (^{58}\text{Fe}, n) \xrightarrow{266}\text{Mt}$ <small>5·10⁻³ с</small>	^{266}Mt

2+

3+

Metals, silvery-white, soft, soluble in HCl, insoluble in concentrated HNO₃, H₂SO₄

Element	Atomic Weight	Crystal Structure	Crystallographic Parameters (a, b, c, α, β, γ, γ')
Np	20.4	α, ромб. (искаж.)	α-, ромб. (искаж.)
Pu	19.8	α-, монокл., a = 6.18, b = 4.82, c = 10.96, β = 101.79	α-, монокл., a = 6.18, b = 4.82, c = 10.96, β = 101.79
Am	11.7	α-, гексаг. четырехслойная пл. упак.	α-, гексаг. четырехслойная пл. упак.
Cm	13.5	α-, ромб.	α-, ромб.
Bk	14.8	β-, куб. пл. упак.	β-, куб. пл. упак.
Cf	900±30	(I форма)	(I форма)
Es	860	(II форма)	(II форма)

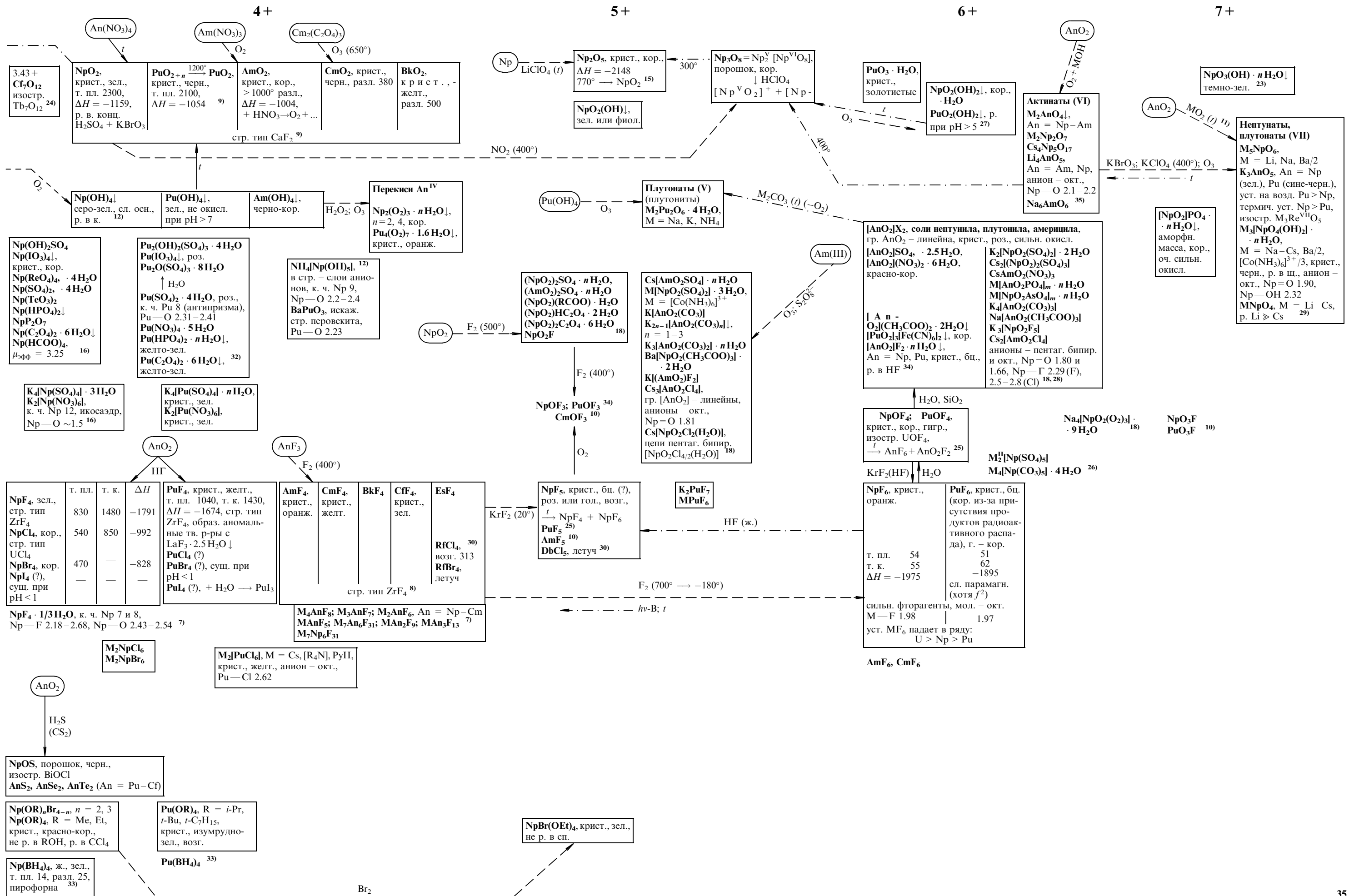
2+ State Compounds:
 AnO (плёнки и порошки, черн., проводники, фазы внедрения O в куб. пл. упак. мет., стр. тип NaCl)
 AnO₂
 AmF₂, Γ = Cl-I
 BkCl₂
 Cf₂, Γ = Br, I
 EsCl₂³⁾

3+ State Compounds:
 Np₂O₃, Pu₂O₃, Am₂O₃, Cm₂O₃, Cf₂O₃, Es₂O₃
 Np(OH)₃↓, Pu(OH)₃↓, Am(OH)₃↓, Cm(OH)₃↓
 Np(ClO₄)₃, Pu(ClO₄)₃, Am₂(SO₄)₃, Cm₂(SO₄)₃, Cf₂(SO₄)₃, Bk₂(SO₄)₃
 K₅Np(SO₄)₄, K₅[Pu(SO₄)₄], Cs₂Na[NpCl₆]⁴⁾, NaAmF₄, M₃PuF₆, M₂PuF₅, MPu₂F₇, Cs₃PuCl₆ · 2H₂O, Cs₂NaAmCl₆²⁾, Cs₂Na[CmCl₆], Cs₂Na[BkCl₆]

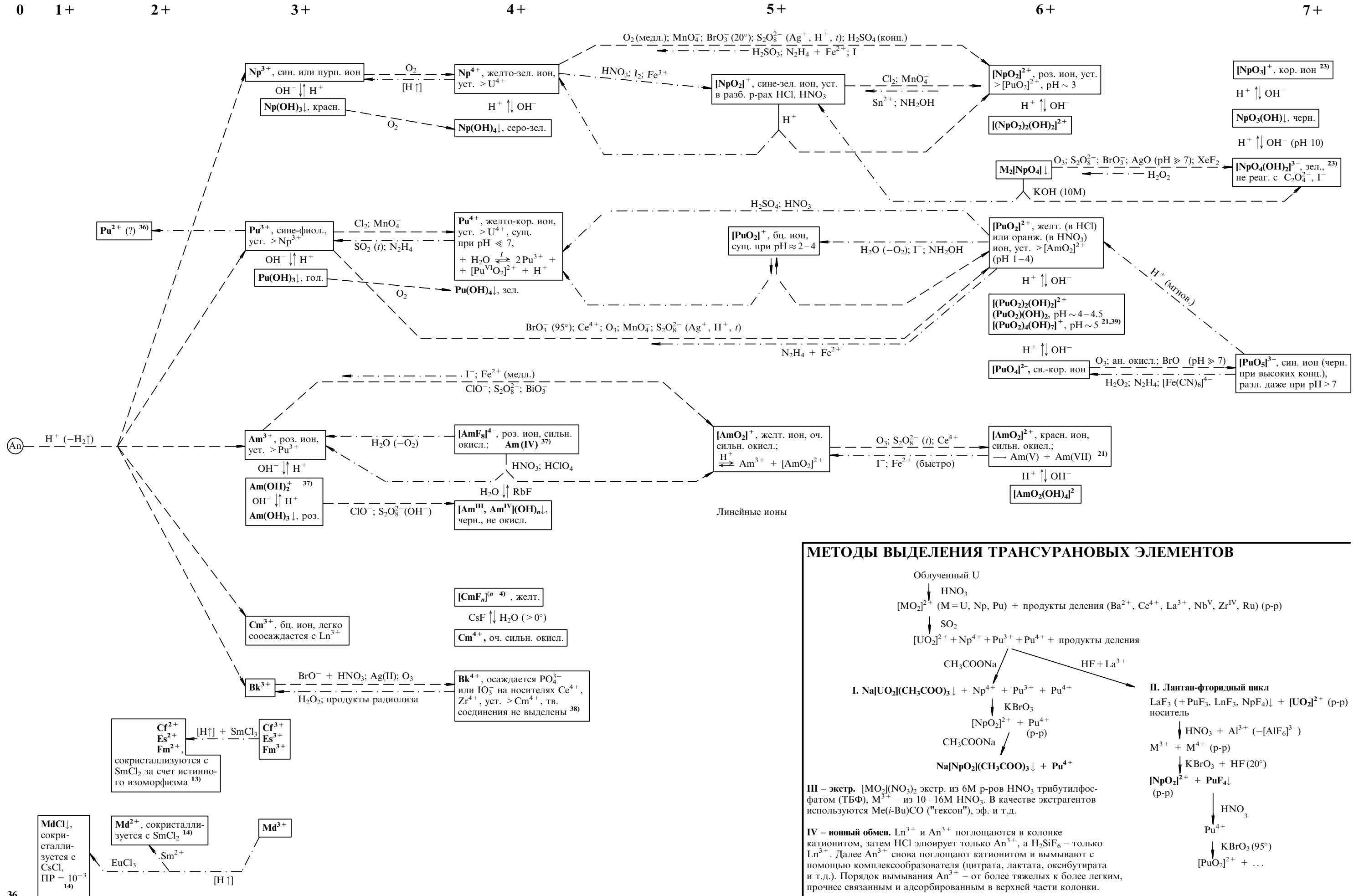
Element	PuO ₂			AmO ₂			CmO ₂			CfO ₂	EsO ₂ ³⁾
	т. пл.	т. к.	ΔH	т. пл.	т. к.	ΔH	т. пл.	т. к.	ΔH		
NpO₂	1380	2200	-1506	1426	2300	-1569	1430	2070	-1648	CfF ₃	EsF ₃
PuO₂	802	1500	-904	760	1770	-963	850	1750	-1041		
NpBr₃	750	—	-774	—	—	-832	680	—	-912	CfBr ₃	EsBr ₃
NpI₃	767	—	-594	780	—	-556	—	—	—	CfI ₃	EsI ₃

Стр. AnF₃ - типа LaF₃ (к. ч. 11), AnCl₃ - типа UCl₃ [к. ч. 9, Pu—Cl 2.89 и 2.92]; AnBr₃ и AnI₃ - ромб. стр. типа PuBr₃, слой Pu[BrPuBr]... , Pu - между 2 гр. [Br₄] - прямоугольником и искаж. ромбом (к. ч. Pu 8, Pu—Br 3.08, Cm—Br 2.86—3.14)

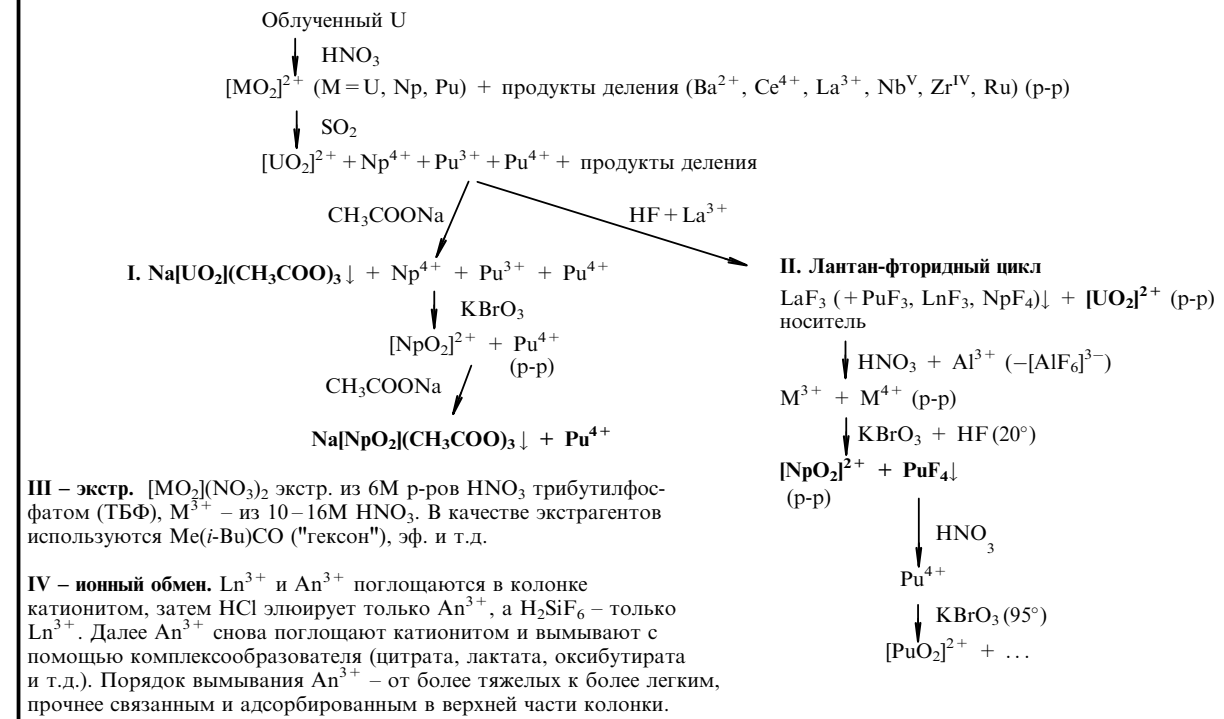
Гидриды, порошки, черн. или серые
 AnH₂, An = Np, Pu, Am, стр. тип CaF₂
 AnH₃, крист., гексаг. (Np, Pu)
 AmH_{2.7±0.3}, куб., хим. инертны

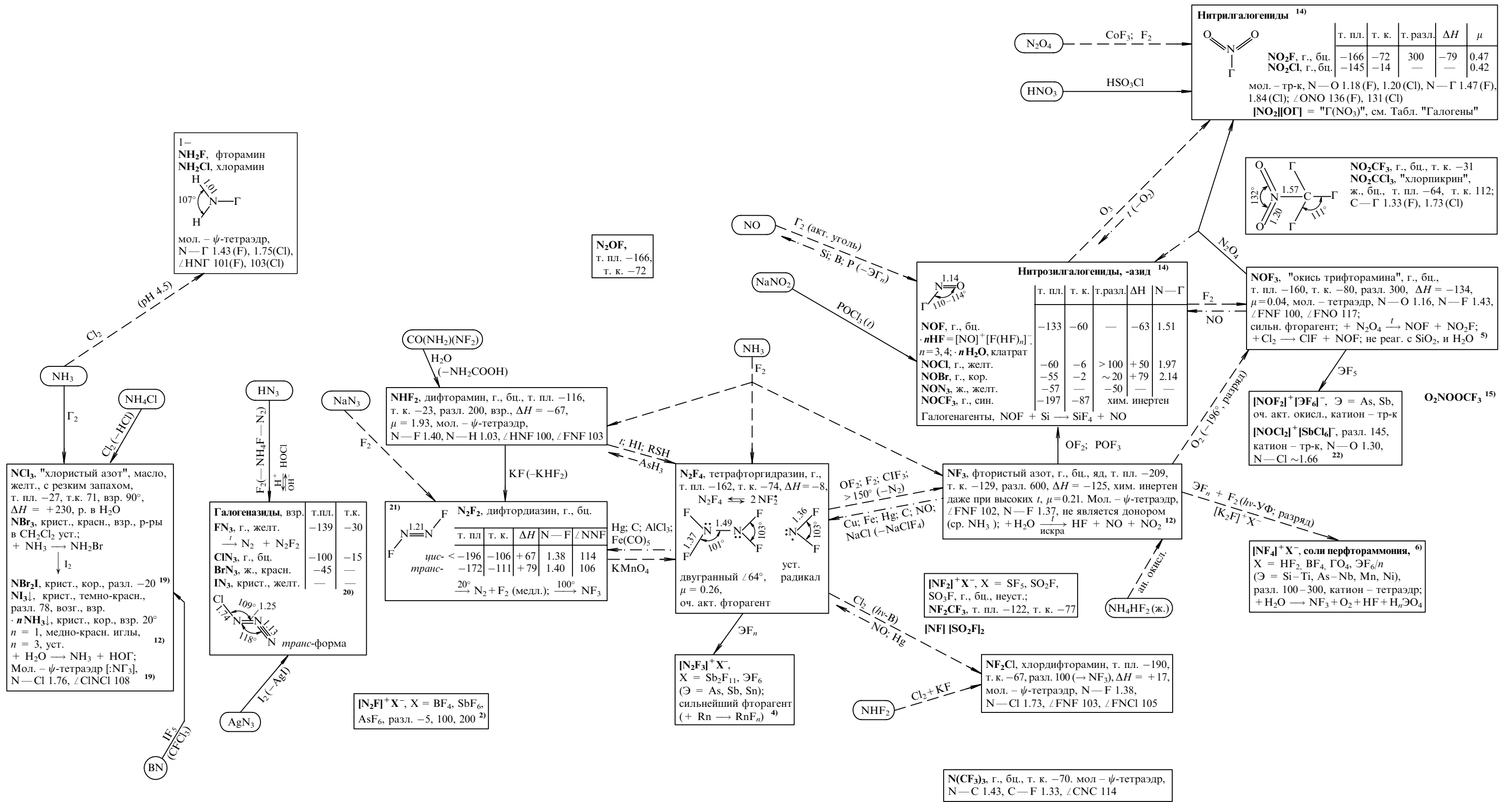


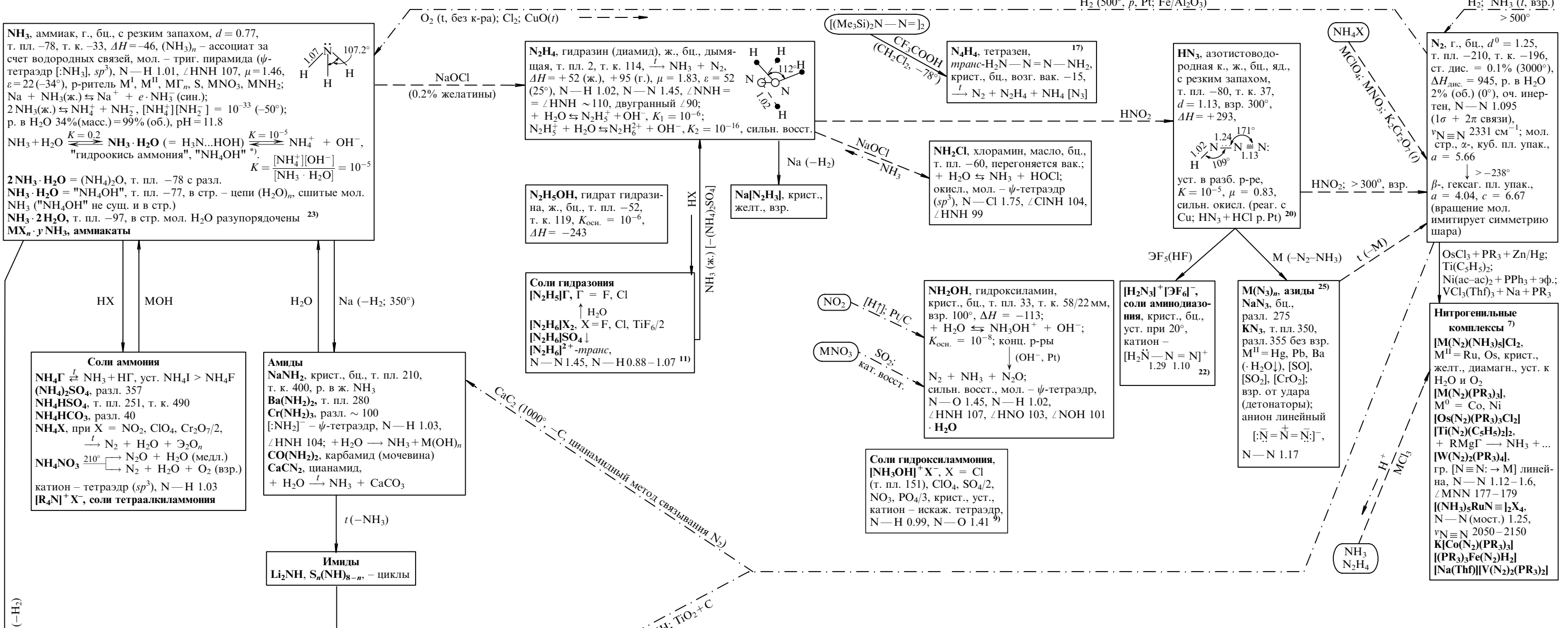
ИОНЫ ТРАНСУРАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (An) В ВОДНОМ РАСТВОРЕ



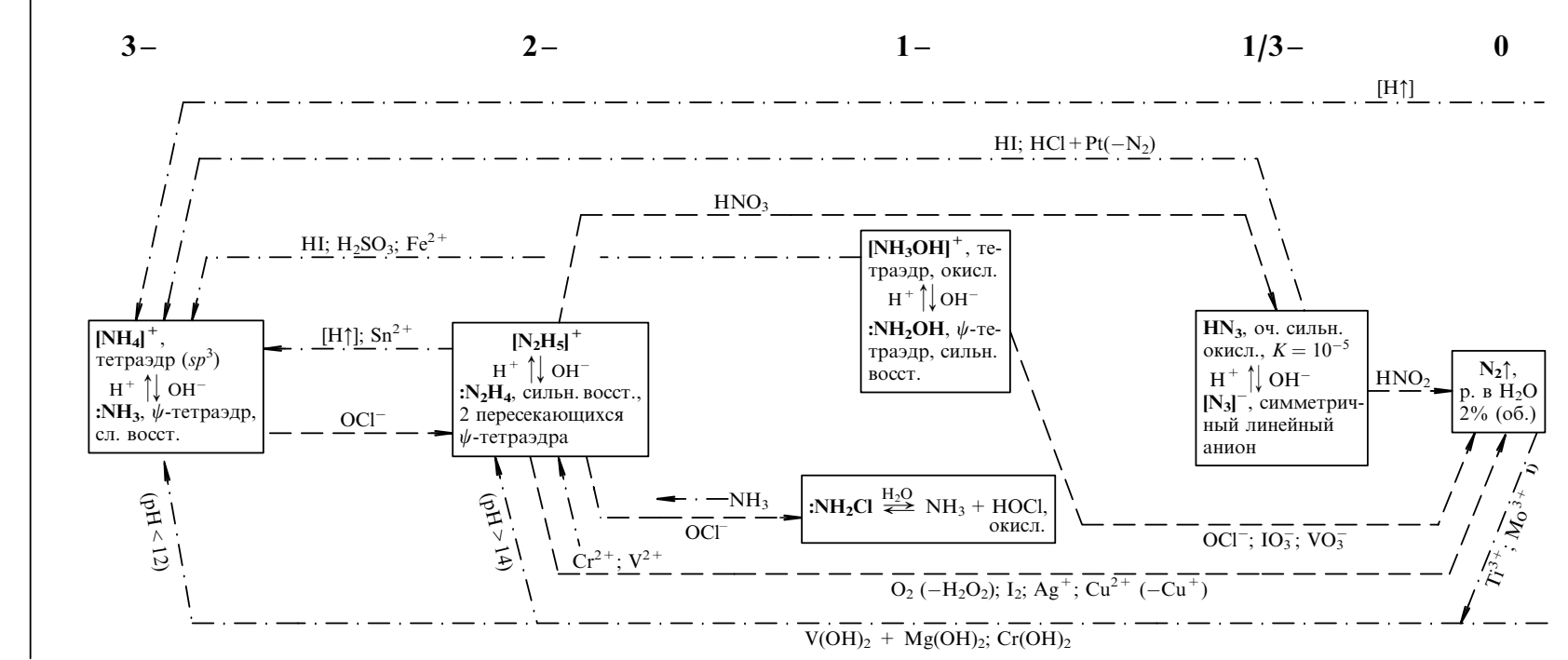
МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ТРАНСУРАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ





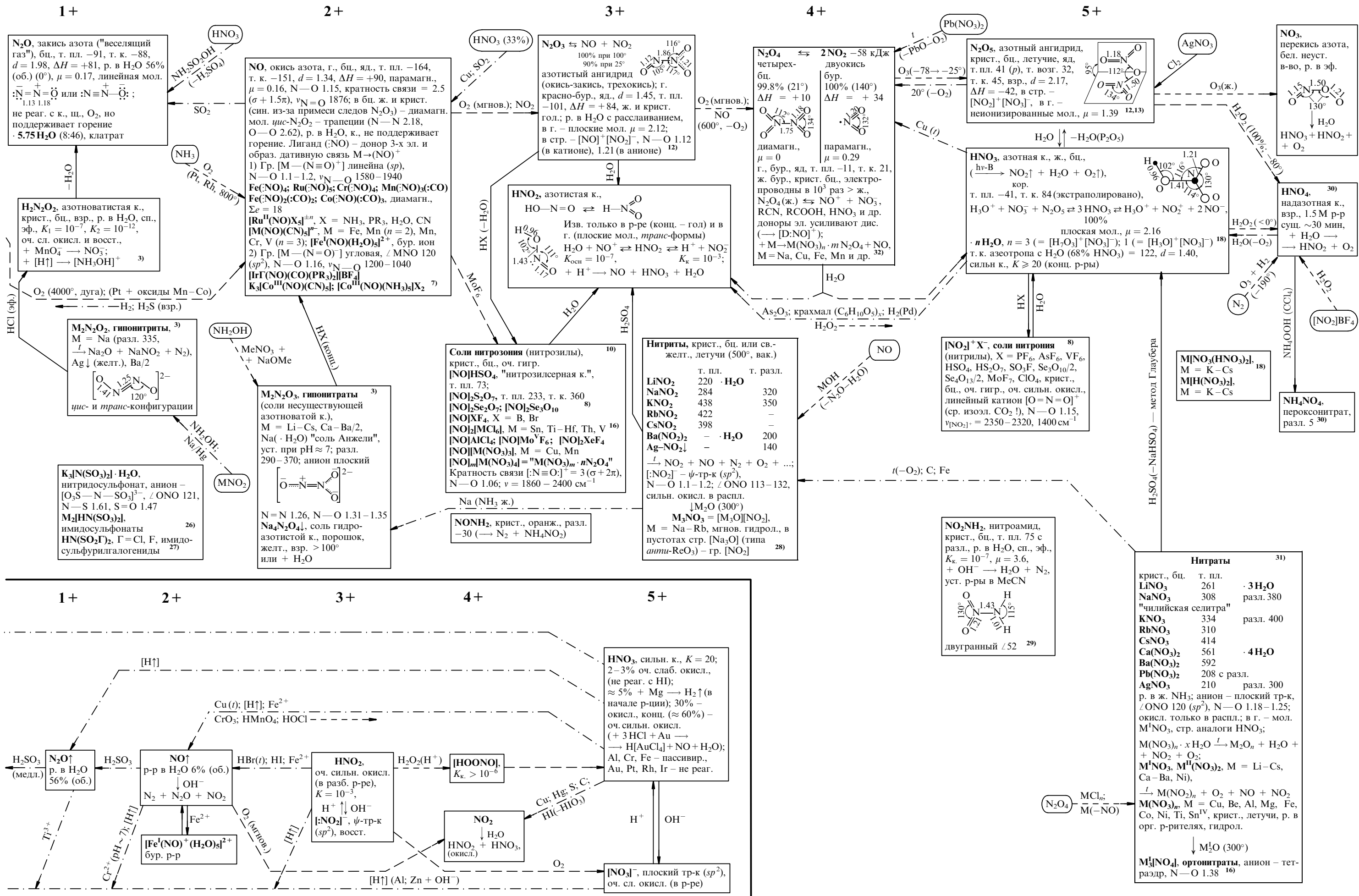


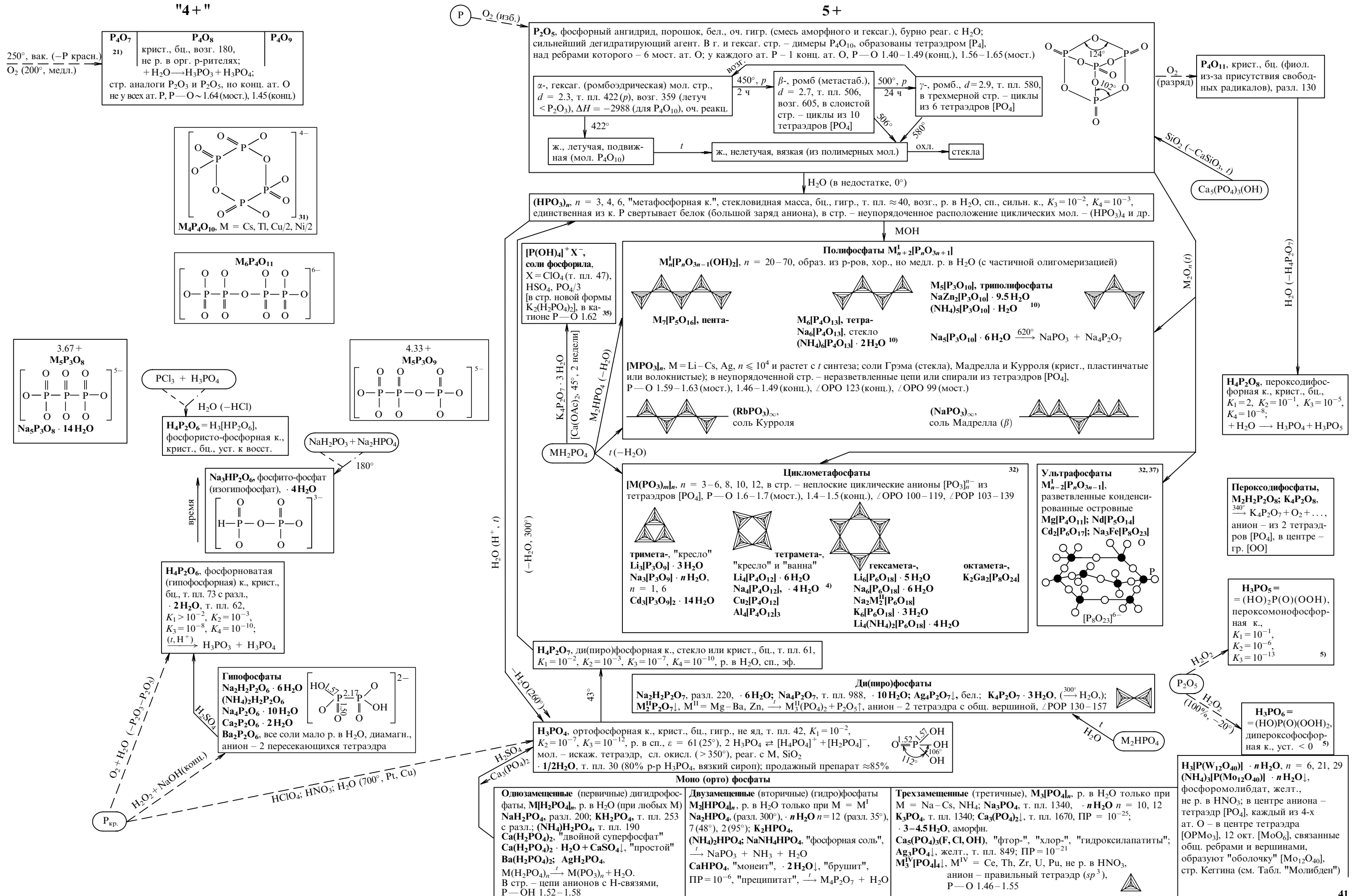
Нитриды M ₃ N _x		
Солеобразные	Ковалентные	Металлоподобные
Li ₃ N, крист., красн., т. пл. 814(p), оч. акт.	BN, крист., бел. т. пл. 3000 (p N ₂), разл. ~ 2500, стр. тип алмаза или графита	TiN, т. пл. 3200
M ₂ N, M = Ca-Ba, стр. анти-CdCl ₂ 24)	AlN, крист., бел., разл. 2200	ZrN, " 2980
Mg ₃ N ₂ , разл. 1500	GaN, желт.	VN " 2300
Ca ₃ N ₂ , т. пл. 1195	InN, черн.	Nb ₂ N, Cr ₂ N, Fe ₄ N, Co ₃ N, Co ₂ N, Ni ₃ N, Ni ₄ N, фазы внедрения N в стр. M, тугоплавки, оч. тв., хрупкие, с мет. тепло- и электропроводностью, хим. инертны
Zn ₃ N ₂ , разл. 700	Si ₃ N ₄ , крист., бел., возг. 1900	
Be ₃ N ₂ , т. пл. 2200 с разл.		
Cu ₃ N, разл. 450, стр. тип анти-ReO ₃ + H ₂ O → MOH + NH ₃ ; полупроводники		



Ca₂NG, Г = Cl, Br 24)

*) В тексте "Таблиц" водные растворы NH₃ обозначены "NH₄OH"



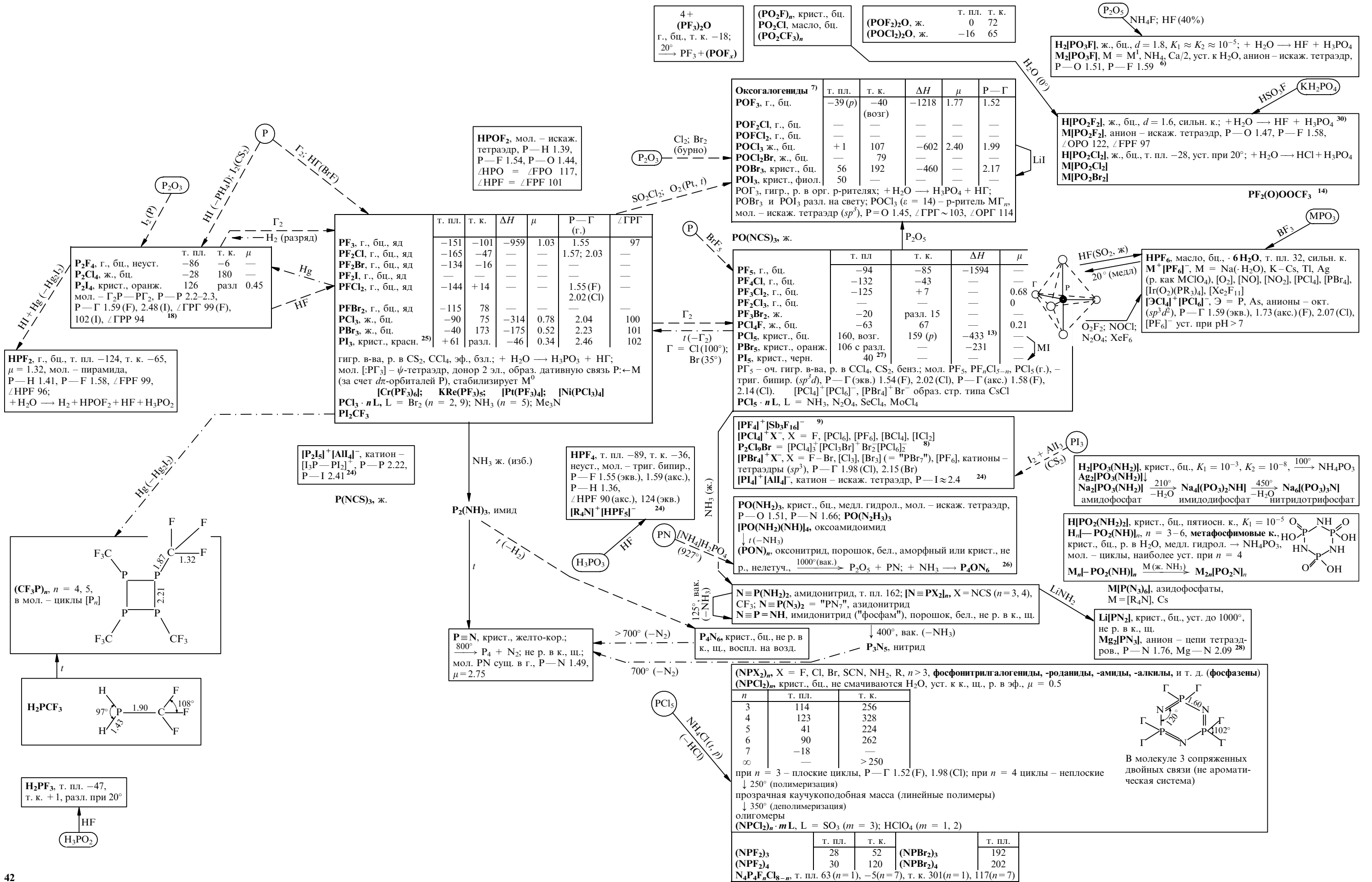


1+

2+

3+

5+



СЕРНИСТЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ФОСФОРА 29)

Полисульфиды
(PS)_n; (P₂S₁₁)_n; (P₂S₁₄)_n;
желт. в-ва, не р. в H₂O и орг. р-рителях, р. в ш.,
разл. 200

Сульфиды 17)
крист., желт., летучие, р. в CS₂, бзл., нафталине (распл.), воспл. на возд. (t),
гигр. (кроме P₄S₃)

P ₄ S ₂	P ₄ S ₃	P ₄ S ₄ (PS) _n	P ₄ S ₅	P ₄ S _n <i>n</i> = 5.5–6.7	P ₄ S ₇	P ₄ S ₉	P ₄ S ₁₀ (2 формы)
т. пл. 46	174	—	162	232	308	250	288
т. к. —	408	—	с разл.	с разл.	523	с разл.	514

В мол. всех P₄S_n – тетраэдр [P₄], P—P 2.2, S (мост.) – на ребрах тетраэдра, при *n* > 6 S – конц., P—S 2.1 (мост.), 1.9 (конц.); P₄S₆ и P₄S₁₀ – стр. аналоги P₄O₆ и P₄O₁₀

Тиоалогениды 20)
5+
PSF₃, г., бц., воспл.
PSCl₃, ж.
PSBr₃, крист.
PSFCIBr
PSI₃, крист.

т. пл.	т. к.	μ
-149	-52	0.63
-36	125	1.41
37	206	—
—	98	—
47	—	—

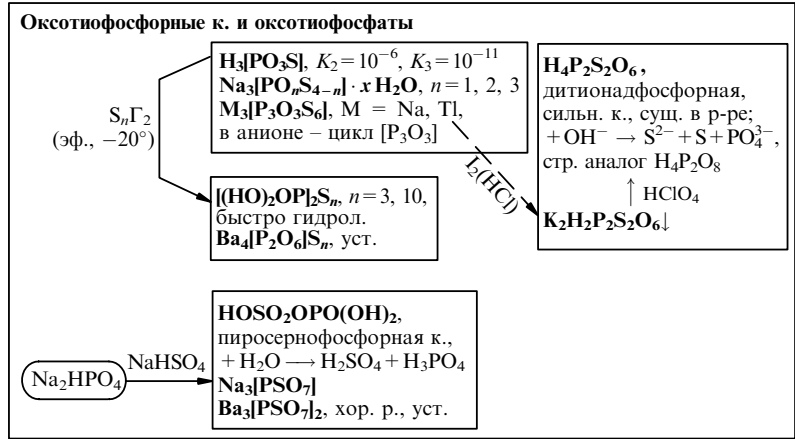
В тетрамерных мол. – тетраэдр [P₄], P—P 2.20, P—S 1.86–2.19, P—Γ 2.19 (Br), 2.48 (I), в г. – мономеры PSΓ₃ – искаж. тетраэдры P₄S₃I₂, крист., оранжев., т. пл. 121, 3 ат. S-мост. вдоль ребер, 2 ат. I-конц., PS(NCS)₃, ж.

Тиофосфаты 23)

3+	4+	5+
M ₃ [PS ₃]	[R ₄ N] ₂ [H ₂ P ₂ S ₆]	H ₃ [PS ₄]
M ₄ [P ₄ S ₈]	M ₂ ^{II} [P ₂ S ₆]	M ₃ [PS ₄]
уст. к гидрол., в анионе – квадрат [P ₄]	Zn ₄ [P ₂ S ₆] ₃ = Zn ₄ [P ₂ ^{IV} S ₆]	+ H ₂ O → H ₂ S + M ₃ [PS _n O _{4-n}], <i>n</i> = 0–3, анион – тетраэдр
		Ag ₇ [PS ₆] Ag ₄ [P ₂ S ₇], анион изостр. [P ₂ O ₇] ⁴⁻

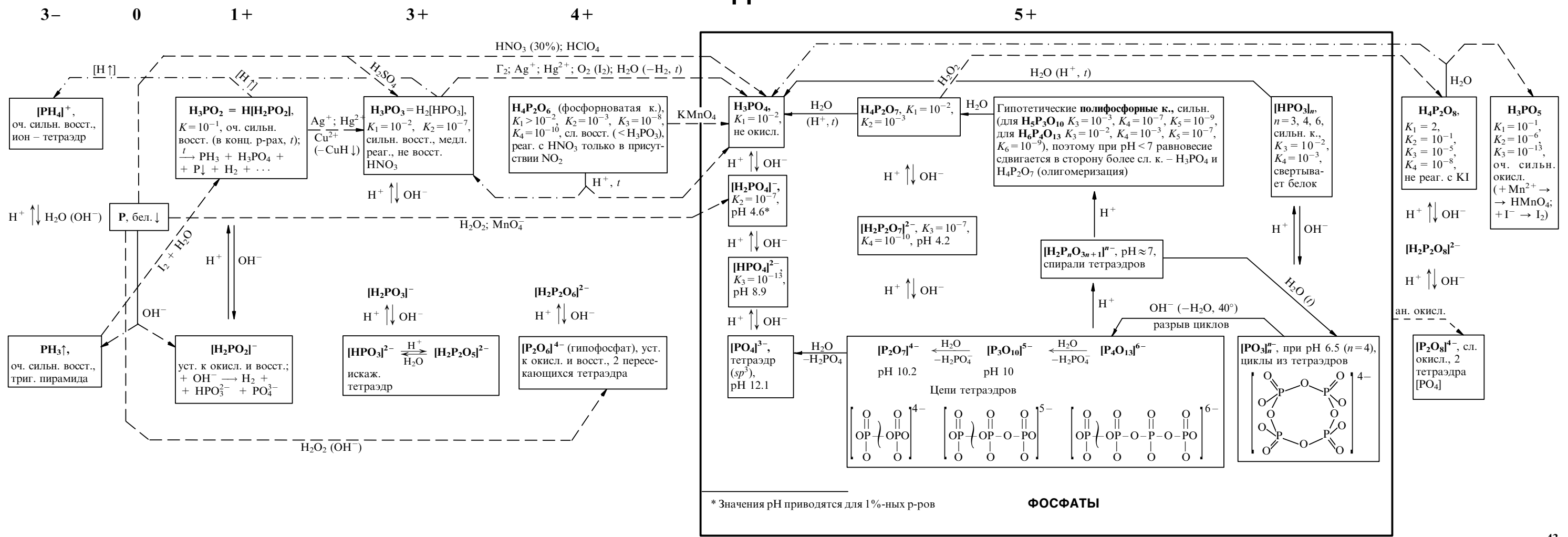
Во всех анионах P—S 1.99–2.12, P—P 2.28

Оксосульфиды
3.5+ 4+ 5+
P₄O₄S₃; P₄O₇S³⁶⁾; P₄O₄S₆
P₄O₆S₄,
т. пл. 102, т. к. 295
P₄O₇S₃



PS(NH₂)₃, крист., бц.,
медл. гидрол. (SPN)_n

ИОНЫ ФОСФОРА В ВОДНОМ РАСТВОРЕ

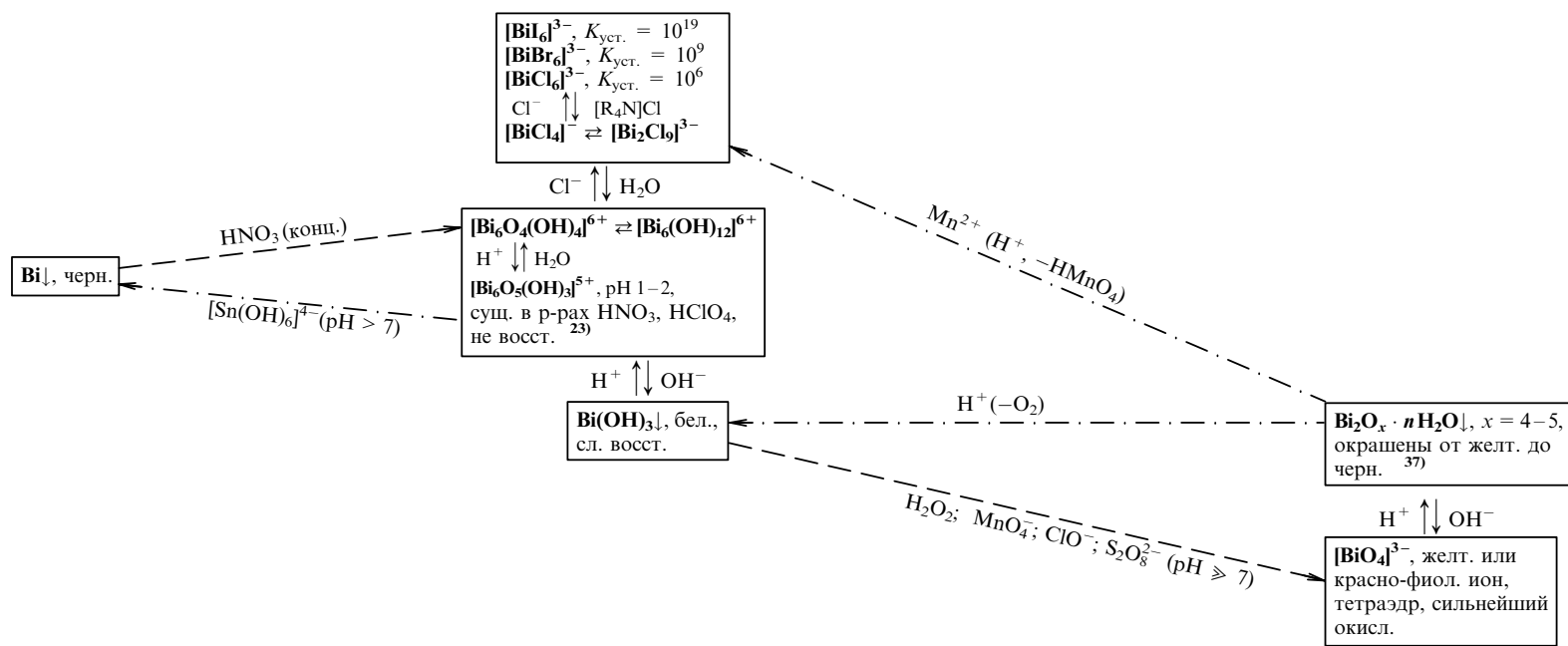
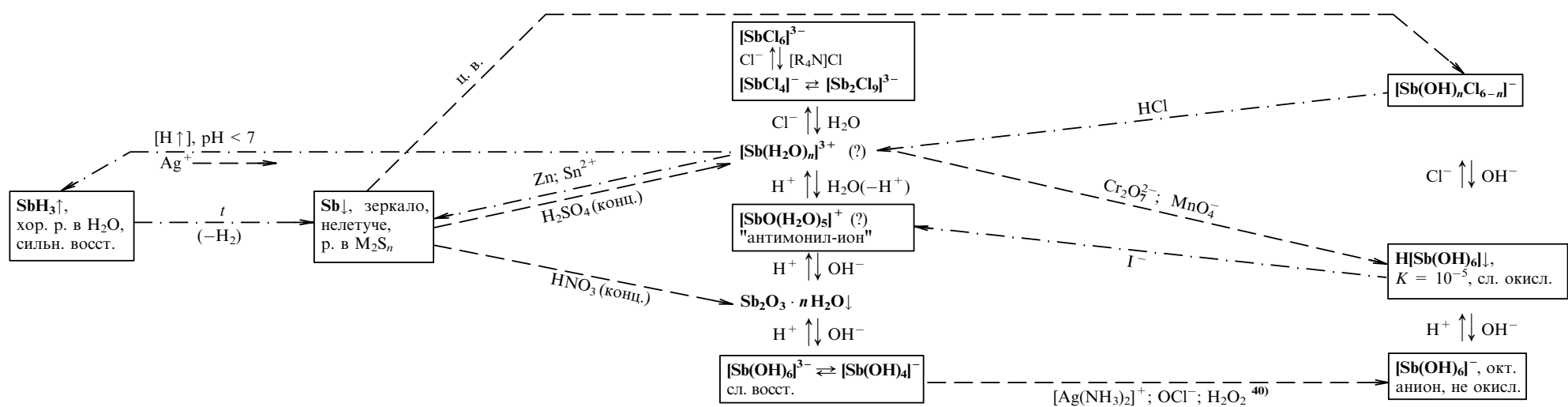
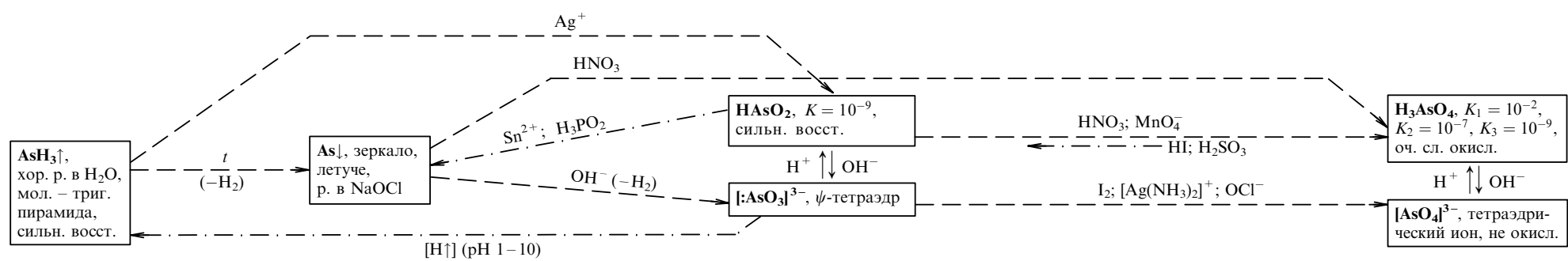


3-

0

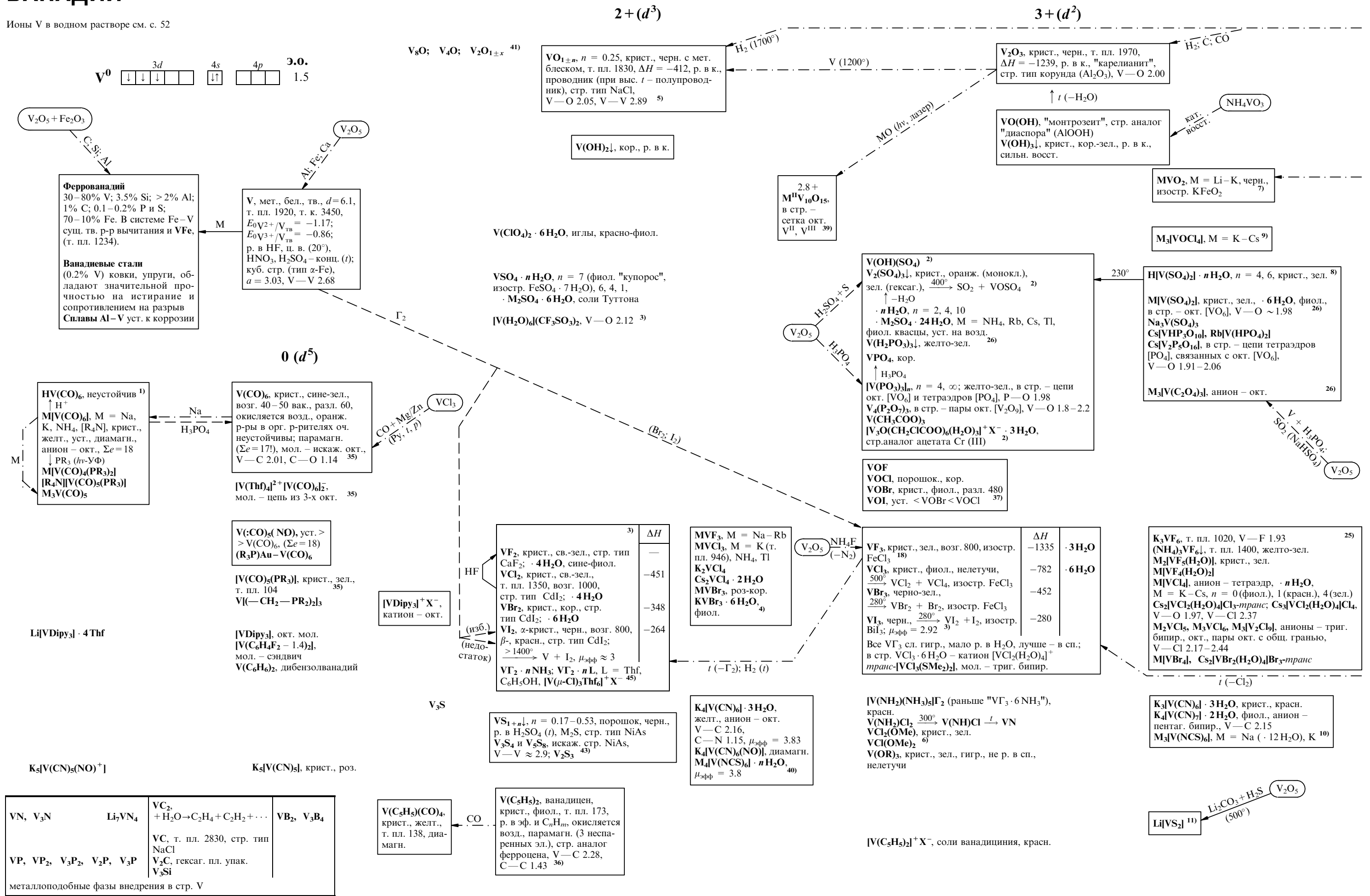
3+

5+



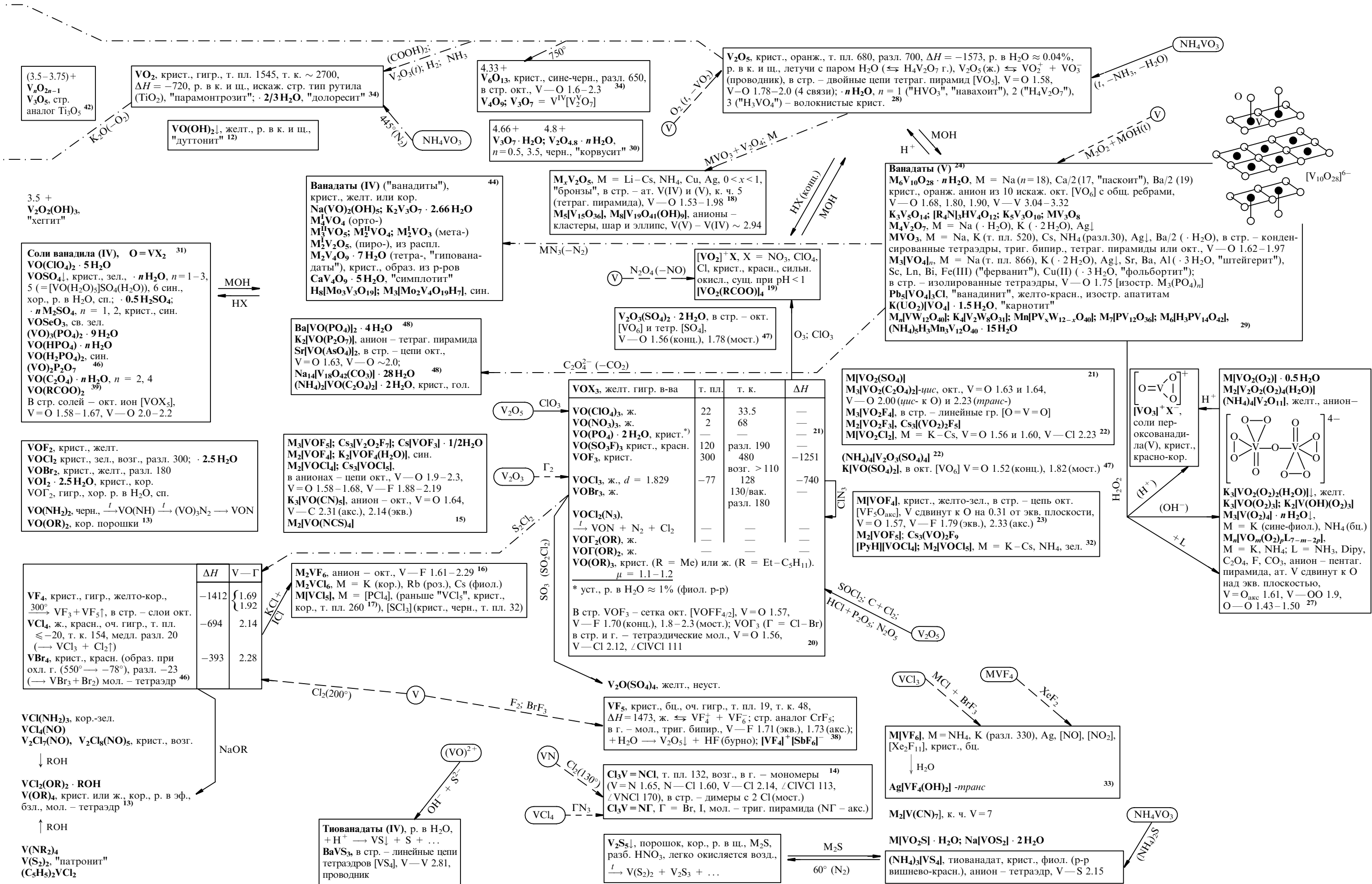
ВАНАДИЙ

Ионы V в водном растворе см. с. 52

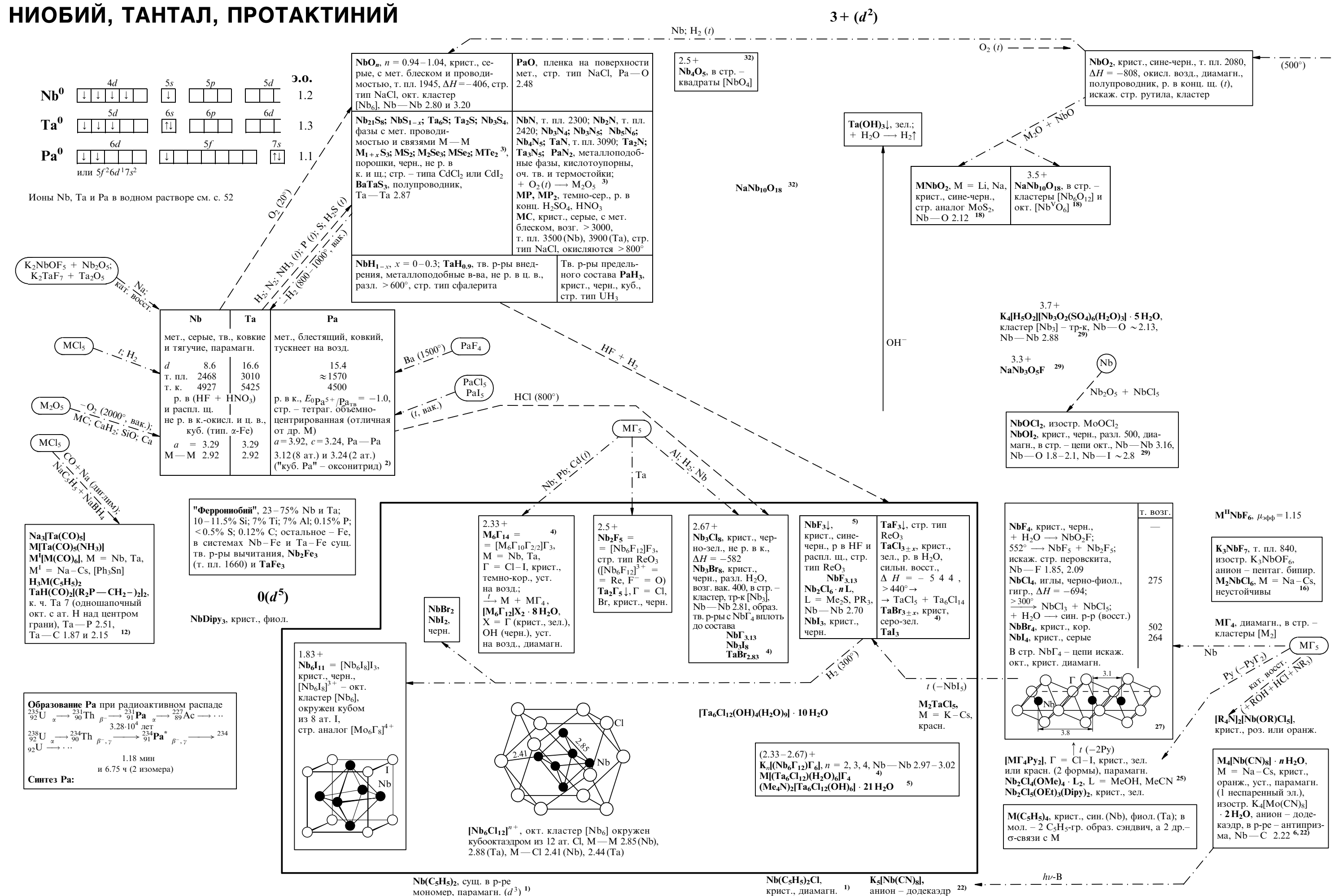


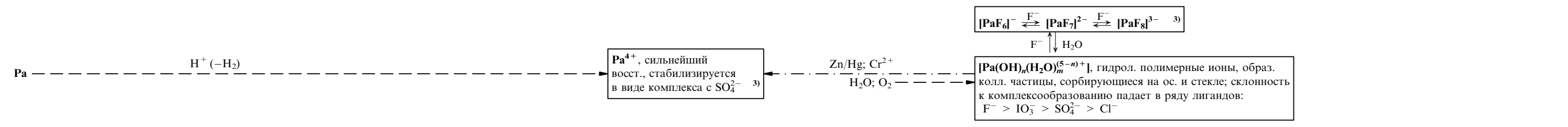
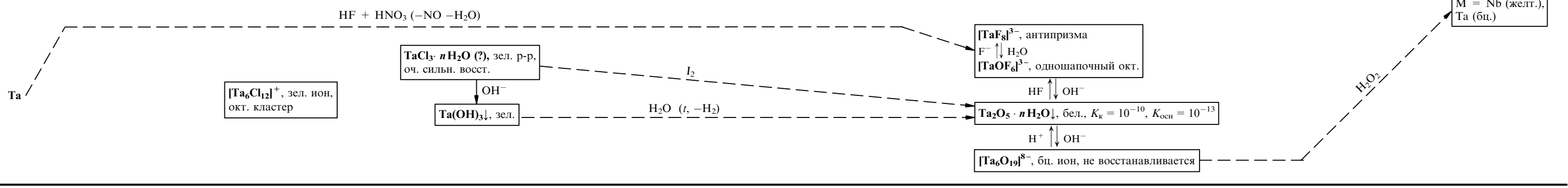
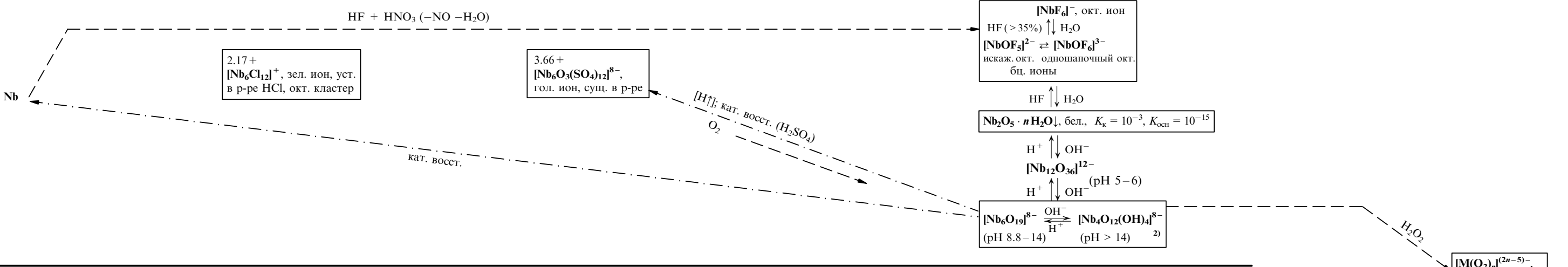
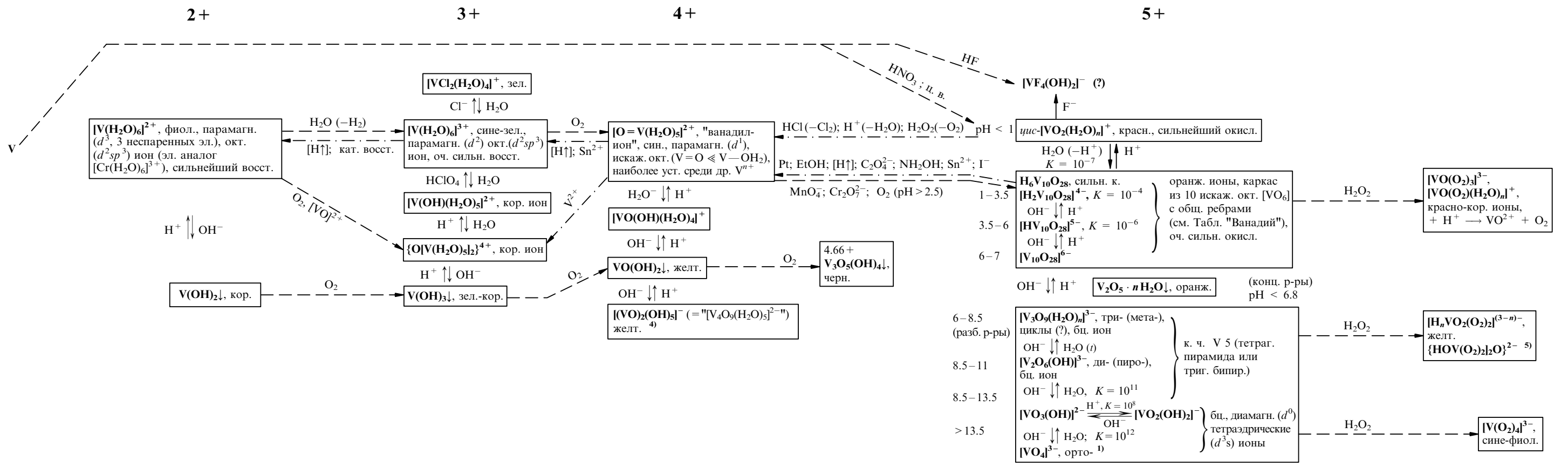
4+ (*d¹*)

5+ (*d⁰*)



НИОБИЙ, ТАНТАЛ, ПРОТАКТИНИЙ

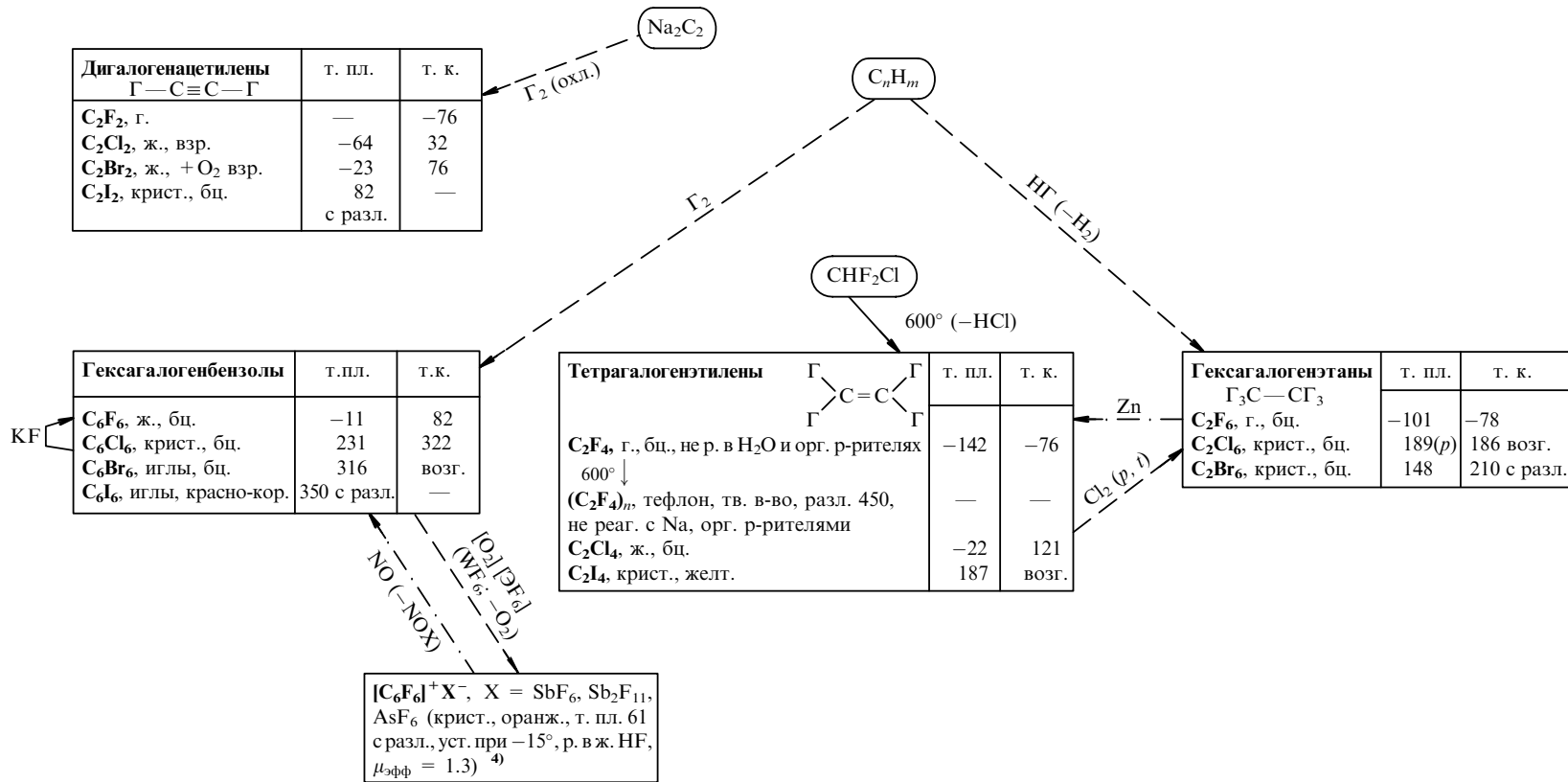




1 +

2/n +

4 +



Карбонилгалогениды	т. пл.	т. к.	μ	C—Г
COF_2 , г., бц.	-114	-83	0.95	1.32
$COFCl$, г., бц.	-138	-42	1.23	—
$COFBr$, г., бц.	-120	-21	—	—
$COFI$, г., бц.	-90	-23	—	—
$COCl_2$, "фосген", г., бц., яд	-128	+8	1.17	1.74
$COBr_2$, ж., бц.	—	65 с разл.	—	1.92

гигр. в-ва; + H₂O → H₂CO₃ + HГ (скорость гидрол. F > Cl > Br), мол. - тр-ки, C=O 1.17, ∠ГСГ 108 (F), 111 (Cl, Br) (*sp*²)

	т. пл.	т. к.	ΔH	C—Г
CF_4 , г., бц.	-184	-128	-223	1.32
$CF_3\Gamma$, Г = Cl, Br, I	—	—	—	{ 1.34 (F) 1.74 (Cl) 1.36 (F) 1.75 (Cl)}
CF_2Cl_2 , г., бц., "фреон-12"	-155	-30	—	—
$CFCl_3$	—	—	—	—
CCl_4 , ж., бц., яд	-23	77	-32	1.77
CBr_4 , крист., желт.	94	189	+20	1.94
CI_4 , крист., красн.; $\xrightarrow{l} C_2I_4$	171	90, возг.	+73	2.12
CF_4-nCl_n , "фреоны", р-рители O ₃ , жиров, смол; CF ₄ не р. в H ₂ O, не гидрол., хим. инертны, не горят, мол. - тетраэдры (<i>sp</i> ³), уст. CF ₄ > CCl ₄ > CBr ₄ > CI ₄				

C_2 (аморфный) → F_2 ; BrF₅ → CF_4 ; AgF → CF_4 ; AlF_3 → CF_4

C_nH_{2n+2} ; CS₂

Соединения трифторметила¹³⁾

$[CF_3]X$, X = I (-22)*, ClO (+47, уст. при 100°), FO (-95), SF₅ (-20), NO₂ (-31), NO (-87, син.), NF₂ (-77), PI₂, PH₂; O/2 (-61), S/2 (-22), O₂/2 (-37), N/3 (-70), г., бц., хим. инертны (за искл. FOCH₃), в мол. - оч. уст. гр. CF₃, сильнейший акцептор эл., C—F 1.33, ∠FCF 108–110; CF₃I + KOH (сп.) → KOI + CHF₃; H₂Э^{III}O₂CF₃, H₂Э^VO₃CF₃, Э = P, As, оч. сильн. к. (в отл. от незамещенных на CF₃)

HSO₃CF₃, самая сильн. к.

CF₃COOH, ж., бц., т. пл. -15, т. к. 72, сильн. к., K = 1, ε = 8.5

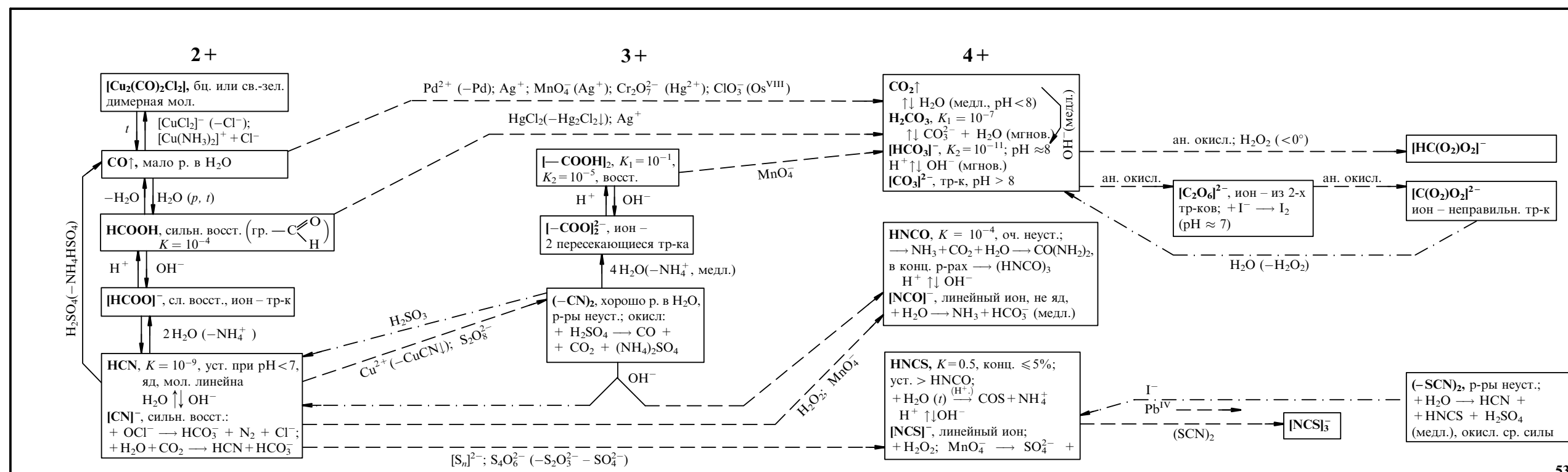
CF₃COOM, яды; MOCF₃, M = K—Cs

*В скобках указаны т. к.

Hg(CF₃)₂

$[Ph_4P]^+ [CBr_5]^-$, в стр. — цепи тетраэдров [CBr₄] и Br⁻, C—Br ≈1.96, Br—Br 3.19²³⁾

CF₃OOX, X = H, Cl, —CF₂OOCF₃; (CF₃)₂C(OH)(OOH)¹⁶⁾



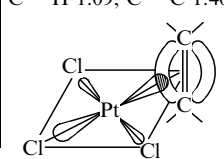

УГЛЕРОД

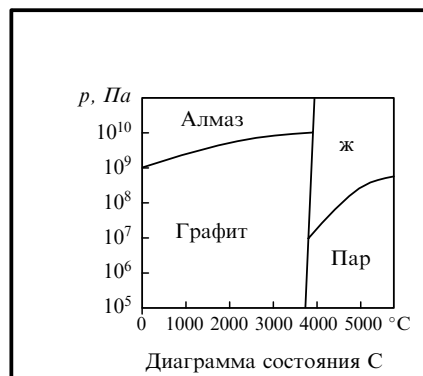
(2 + 2/n) -

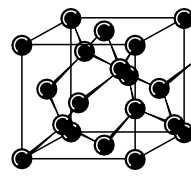
2 -

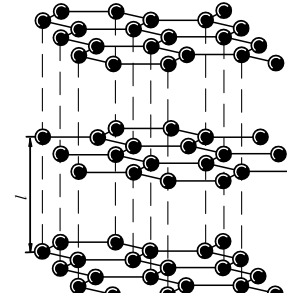
1 -



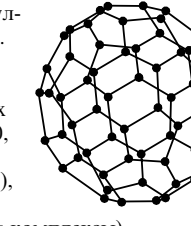
Углеводороды (гомологические ряды)			
C_nH_{2n+2} алканы, C—C 1.54	C_nH_{2n} алкены, C—C 1.35	C_nH_{2n-2} алкины, C—C 1.21	C_nH_{2n-6} ароматические соединения, C—C 1.40
CH_4 , метан, г., бц., т. пл. -184, т. к. -161, $\Delta H = -75$ C_2H_6 , этан, г., бц., т. пл. -183, т. к. -89, $\Delta H = 84.8$, хим. инертны, мол. - тетраэдр и 2 тетраэдра с общ. вершиной (sp^3), C—H 1.09, C—C 1.54	$CH_2=CH_2$, этилен, г., т. пл. -169, т. к. -104, $\Delta H = +55$, $\angle HCC = \angle HCH = 120 (sp^2)$, C—H 1.09, C—C 1.40-1.47 	$CH \equiv CH$, ацетилен, г., т. пл. -81.8 (p), т. возг. -83.6, $\Delta H = +227$, тв. и ж. взр., $\angle HCC = 180 (sp)$, C—H 1.06, C—C 1.32	C_6H_6 , бензол, ж., т. пл. 5.5, т. к. 80, $\Delta H = +49$, $\angle CCC = \angle HCC = 120 (sp^2)$, C—H 1.08, C—C 1.35-1.43 
$K[PtCl_3(C_2H_4)]$	π -комплексы Кратные связи - доноры π -эл.; дативные связи образ. за счет оттягивания эл. с заполненных d-орбиталей M на π^* -орбитали L; M = Ag, Hg (II), Co, Pt, Pd (II) и т. д.	$Co_2(CO)_8(RC \equiv CR)$ $[Pt(PR_3)_2(PhC \equiv C)_2]$	$Cr(C_6H_6)_2$, $AgClO_4 \cdot C_6H_6$



Алмаз, крист., окт. или куб., бц., т. пл. > 4000 ($125 \cdot 10^3$ Па), $d = 3.51$, тв. 10, хрупок, диэлектрик, хим. инертен, куб. стр., $a = 3.56$, гранецентрированный куб с 4 ат. в центрах 4-х из 8 малых кубов, к. ч. 4, тетраэдр (sp^3), C—C 1.54


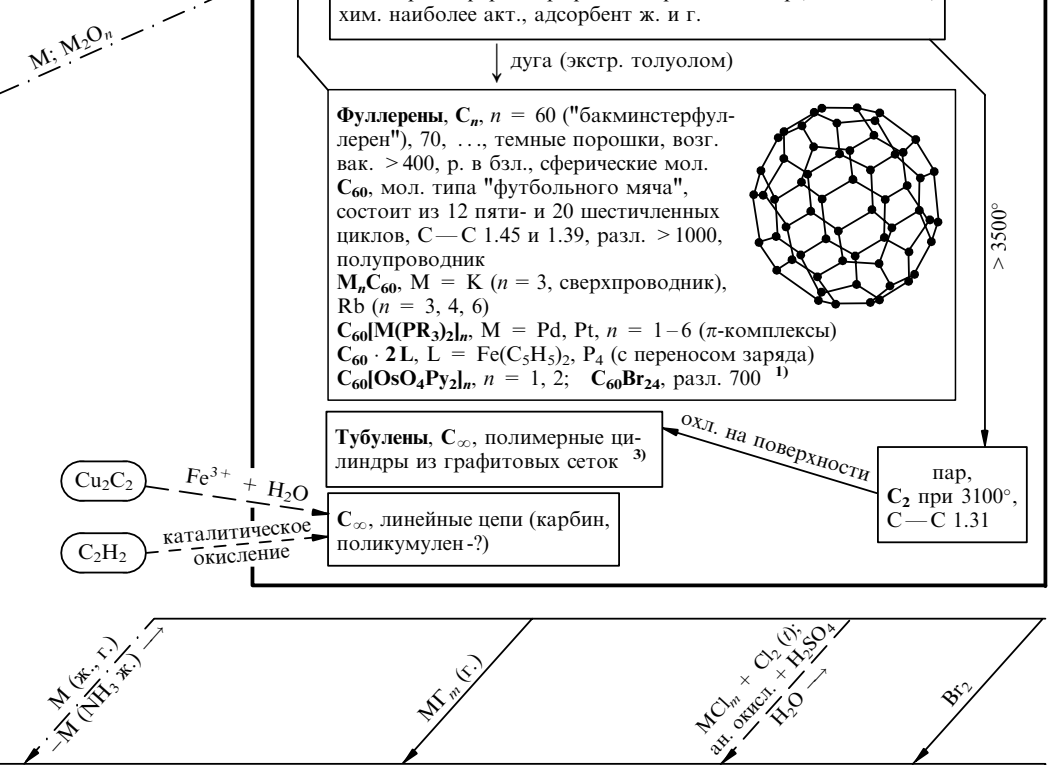
Графит, крист., черн., $d = 2.22$, тв. 1-5, возг. 3700, двухслойная гексаг. стр., $a = 2.46$, $c = 6.69$, C—C 1.41, к. ч. 3, $\angle CCC = 120 (sp^2)$. Межслоевые C—C 3.34 (l), электропроводность вдоль слоя обусловлена делокализацией π -связей. В минерале сущ. ромбоэдрический графит с трехслойной стр.


Аморфный углерод (сажа, древесный и животный уголь), мелкокрист. формы графита с дефектами в стр., $d = 1.8-2.1$, хим. наиболее акт., адсорбент ж. и г.

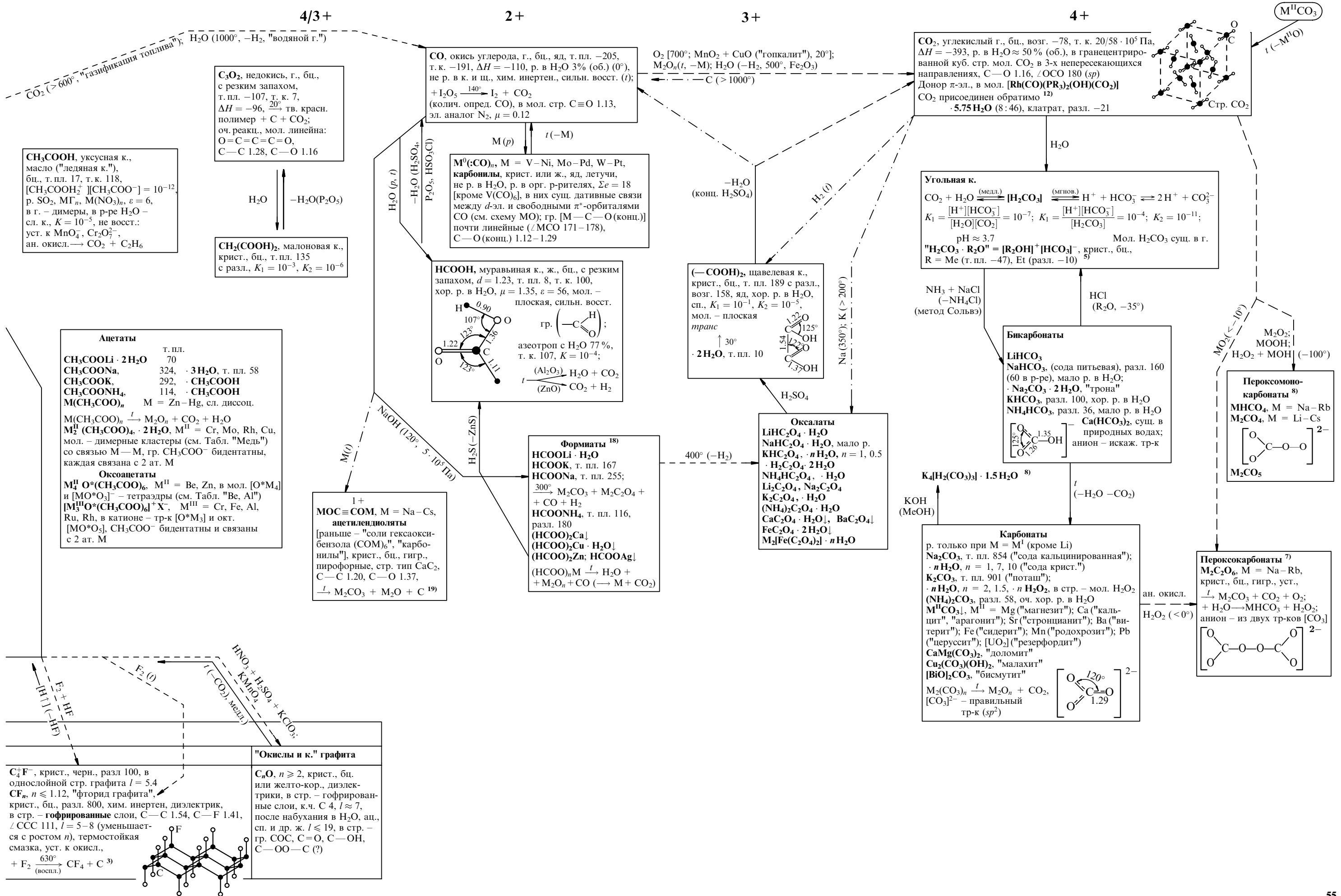
Фуллерены, C_n , $n = 60$ ("бакминстерфуллерен"), 70, ... темные порошки, возг. > 400, р. в бзл., сферические мол. C_{60} , мол. типа "футбольного мяча", состоит из 12 пяти- и 20 шестичленных циклов, C—C 1.45 и 1.39, разл. > 1000, полупроводник
 M_nC_{60} , M = K ($n = 3$, сверхпроводник), Rb ($n = 3, 4, 6$)
 $C_{60}M(PR_3)_2$, M = Pd, Pt, $n = 1-6$ (π -комплексы)
 $C_{60} \cdot 2L$, L = $Fe(C_5H_5)_2$, P_4 (с переносом заряда)
 $C_{60}OsO_4Py_2$, $n = 1, 2$; $C_{60}Br_{24}$, разл. 700 ¹⁾


Тубулены, C_{∞} , полимерные цилиндры из графитовых сеток ³⁾
 C_{∞} , линейные цепи (карбин, поликумулен-?)
пар, C_2 при 3100°, C—C 1.31
охл. на поверхности

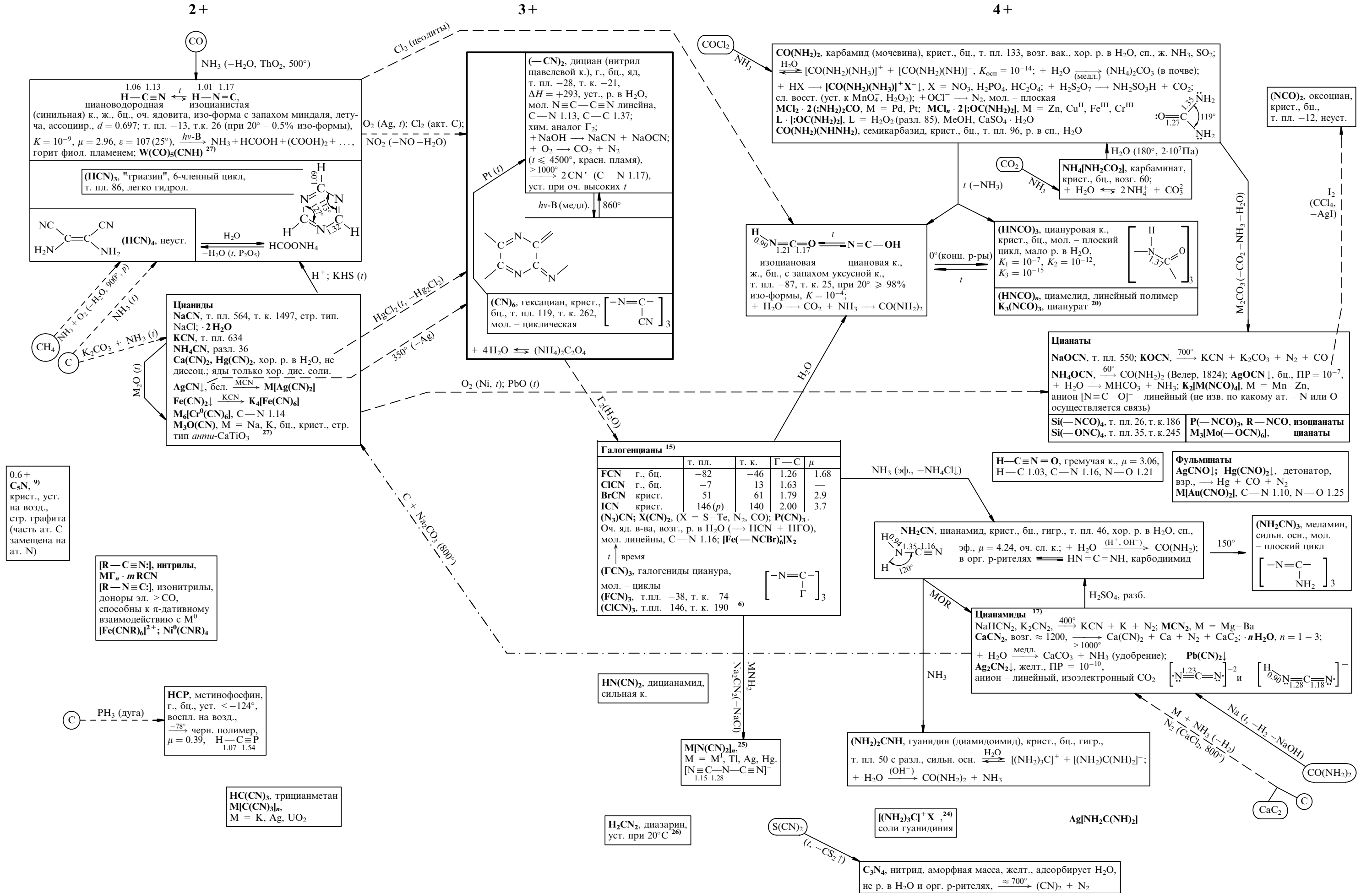
Солеобразные (стехиометрического состава)			Ковалентные	Металлоподобные (нестехиометрического состава)		
Метаниды и производные этана	Производные этилена	Ацетилены		Ковалентные	Металлоподобные	Металлоподобные
т. пл.	т. пл.	т. пл.	т. пл.	т. пл.	т. пл.	т. пл.
Be₂C 2150 Al₄C₃ > 2800 крист., бел., в стр. - изолированные анионы [C] ⁴⁻ (Be ₂ C - стр. тип анти-СаF ₂); + H ₂ O → CH ₄ ↑	ThC₂ 2655, желт. VC₂ — UC₂ 2350 + H ₂ O → C ₂ H ₄ + H ₂ + CH ₄ + C _n H _m , в искаж. стр. CaC ₂ - ионы [C=C] ⁴⁻ , C—C 1.34 (ср. C ₂ H ₄ !) Mg₂C₃ (+Mg + C ₃ H ₁₂); + H ₂ O → CH ₃ -C≡C-H (аллилен) + CH ₂ =C=CH ₂ (аллен) В стр. - анионы [C=C=C] ⁴⁻ LnC₂ , желт., т. пл. ≈ 2300; + H ₂ O → C ₂ H ₂ + H ₂ + ...; стр. тип CaC ₂ , C—C 1.28, проводники M₂C₃ = M ₄ [C ₂] ₃ , M = Ln, U; + H ₂ O → C ₂ H ₂ (50-70%) + C ₂ H ₄ + CH ₄ + H ₂ ; C—C 1.24-1.32	NaHC₂ — Na₂C₂ — стр. NaCl BeC₂ — MgC₂ — } стр. CaC₂ 2300 } тип алмазу BaC₂ > 1780 } CaC ₂ ZnC₂ — MC₃ = M ₂ [C ₂] ₃ , M = -Al, Се, крист., бц., + H ₂ O → C ₂ H ₂ + ... стр. тип NaCl M₂C₂ ↓, M = Cu-Au, стр. тип NaCl HgC₂ ↓, образ. из р-ра в H ₂ O; взр. в сухом состоянии. В стр. ацетиленов (тип CsCl) - ионы [C≡C] ²⁻ , C—C 1.19-1.24 (ср. C ₂ H ₂ !) LnC₂ , желт., т. пл. ≈ 2300; + H ₂ O → C ₂ H ₂ + H ₂ + ...; стр. тип CaC ₂ , C—C 1.28, проводники M₂C₃ = M ₄ [C ₂] ₃ , M = Ln, U; + H ₂ O → C ₂ H ₂ (50-70%) + C ₂ H ₄ + CH ₄ + H ₂ ; C—C 1.24-1.32	SiC , "карборунд", крист., бц. (темп. из-за примесей), разл. > 2200, стр. близка алмазу V₄C = V ₁₂ [C ₃], крист., черн., т. пл. 2450, т. к. > 3500, в стр. типа NaCl-икосаэдр [B ₁₂] и линейные гр. [C ₃], оч. тв., хим. инертны, жаростойки. Тв. сплавов в системе В-С-S > тв. SiC и V ₄ C Триг. призмы [CM ₆] образуют цепи C _∞ в искаж. стр. M, C—C ≈ 1.65 Средство к С (среди легирующих элементов) возрастает в ряду: Fe < Mn < Cr < W < Mo < Ta < V < Zr < Ti < Nb	Cr₃C₂ 1900 Cr₇C₃ 1680 Mn₇C₃ — Cr₂₃C₆ (≈ "Cr ₄ C") 1520 Mn₂₃C₆ — CrC — оч. тв., кислотоупорны, уст. к окисл. < 1000°	Fe₃C , "цементит" 1650 Mn₃C 1520 Co₃C } метастаб. — Ni₃C } фазы — Cr₃C₆ (≈ "Cr ₄ C") 1520 крист., сер. или черн. (Fe, Cr)₃C , (Fe, Mo)₃C , оч. тв., придают тв. сталям; + H ⁺ → H ₂ + CH ₄ + C _n H _m	MC_{1-x} M₂C фазы внедрения ат. С в стр. M ($r_M \geq 1.3$) TiC 3250 ZrC 3735 HfC 3890 } стр. тип NaCl VC 2830 } NbC 3500 } TaC 3900 } WC 2660 } MoC — } Hf₂C — } т. пл. V₂C — } гексаг. Nb₂C — } пл. Ta₂C — } упак. W₂C 2700 Mo₂C 2690



Соединения графита (l - расстояние между слоями)			
"Графитиды" металлов, MC_n , $n \leq 60$ ¹⁴⁾	Соединения включения ²⁾	Графитовые соли ²⁾	
LiC₆, BaC₆ ¹⁴⁾ $M_{1-x}C_8$, M = K—Cs, крист., медно-красн., воспл. на возд., проводимость > графита; + H ₂ O → H ₂ + MOH + графит. В однослойной стр. графита $l = 3.7$ (Li), 5.4 (K), 5.6 (Rb), 5.9 (Cs), ат. M не на середине l; к. ч. M 12 (гексаг. призма) MC₁₆ , M = K—Cs; K₆C₆₀ , диэлектрики ¹⁾ M⁰C_n , M = Mo, W, Mn—Ni, $l = 5.6-5.9$	$C_n \cdot L$, L = $AlF_3, SbF_5, AsF_5, GaBr_3, FeCl_3, LnCl_3, CrCl_3, FeS_2, MoO_3, XeF_6, XeF_4, KrF_2$ C₂₁CrCl₃ , $l = 12.80$ C₂₂₋₂₉CrCl₃ , $l = 16.57$ C_{6,3}(Au₂Cl₆) , $l = 6.80$ C₃₃AlBr₃ , $l = 20.10$ C_{8,5}IF₅; C₃₈UBr₅; C₁₃UF₆ проводимость > графита	$C_n^+ \Gamma^- \cdot MC_m$, $\Gamma = Cl, Br, M = Be, Al, Ga, Fe, Hg, Pt, Au, W, U$; $l = 9-13$ ²⁾ $C_n^+ X^-$, X = $NO_3, ClO_4, HF_2, SO_3F, AsF_6$, крист., син., $l \approx 8$ ↑ HX C₂₄[HSO₄] · 2H ₂ SO ₄ , крист., гол., $l \approx 8$	C₈Br⁻ , в стр. графита ($l = 7.05$) - анионы $[Br_2]^-$, Br—Br 2.1-2.2, проводимость > графита



АЗОТНЫЕ И ФОСФОРНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕРОДА



КРЕМНИЙ

4- *

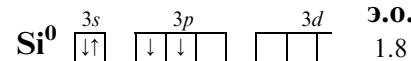
2-

1-

1+

2+

3+



Силаны Si_nH_{2n+2}
г. или ж., бц., яды, с характерным запахом, воспл. на возд., уст. падает в гомолог. ряду, р. в орг. р-рителях, не р. в H₂O, гидрол. при pH > 7, стр. аналоги C_nH_{2n+2}, Si—H 1.48, Si—Si 2.32; ΔH SiH₄ = +33; сильн. восст., + Γ₂ → Si_nH_{2n+2-x}Γ_x (взр.)

4- SiH ₄ моно-	3- Si ₂ H ₆ ди-	2.67- Si ₃ H ₈ три-	2.5- Si ₄ H ₁₀ тетра-	2.25- Si ₈ H ₁₈ октасилан
d 0.68 (-185°)	0.68 (-25°)	0.743 (0°)	0.825 (0°)	
т. пл. -185	-132	-117	-84	
т. к. -112	-14	+53	+107	

(SiH₂)_n, полисилан, крист., кор., воспл. на возд., разл. 380
Si₅H₁₀, Si₆H₁₂, ж., бц., воспл. на возд., стр. аналоги циклопентана и -гексана, Si—Si 2.34, Si—H 1.48, ∠SiSiSi 110¹⁾

(SiH)_n, силин, желт., аморфн. в-во

Si, монокрист., серые или порошок бур. ("аморфный Si"), d = 2.3, т. пл. 1415, т. к. ~3250, кислотоупорен, р. в щ., E₀SiO₄⁴⁻/Si_{IV} = -1.86, полупроводник (<150°) (d и электропроводность возрастают при т. пл.), стр. тип алмаза, a = 5.42, Si—Si 2.35.
Si высокой чистоты, порошок бел., + H₂O → H₂↑

Si мет., стр. аналог "бел." Sn, d = 2.55, Si—Si 2.30 и 2.39 в искаж. тетраэдре **Si-гексаг.**, a = 4.04, c = 6.60, стр. тип вюртцита⁴⁾

(SiO)_n, порошок, кор., уст. в г. >1000°, ΔH = 769, медл. окисляется; → Si + SiO₂ (при медл. возг.); + H₂O + MOH → M₂SiO₃ + H₂

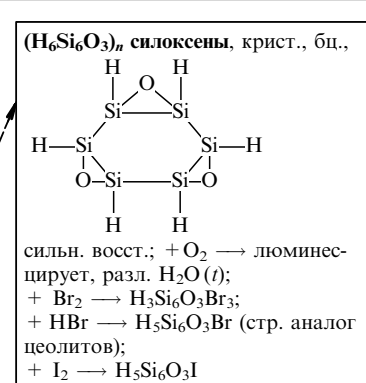
(SiOOH)_n↓, кремнeshавеле- вая к., порошок, бел., взр. при трении, + NaOH → H₂ + Na₂SiO₃

[SiH₃]X, производные радикала "силсила", бц., гидр. в-ва, воспл. на возд., X = Γ, SH, CN, NCS, N₃, Me, PH₂, O/2, S/2, Se/2, CN₂/2, N/3, CH/3, P/3, As/3, Sb/3, тетраэдрические мол.

	т. пл.	т. к.	d	Si—H	Si—Γ
K[SiH₃], крист., бц., стр. тип NaCl, разл. 200	-144	-15	0.88 (-80°)	1.49	—
(SiH ₃) ₂ O, дисилоксан	—	—	—	—	—
↑ H ₂ O	—	—	—	—	—
SiH ₃ F	—	-88	—	1.46	1.59
SiH ₃ Cl	-118	-30	1.15 (-113°)	1.48	2.05
SiH ₃ Br	-94	+2	1.53 (0°)	1.48	2.21
SiH ₃ I	-57	45	2.03 (15°)	1.48	2.44
[SiH ₃][PH ₂]	—	13	—	—	—
(SiH ₃) ₃ N	-106	52	—	—	—

SiH₃Γ $\xrightarrow{20^\circ}$ SiH₂Γ₂ + SiH₄;
∠HSiH 110, ∠HSiΓ 108, ∠SiOSi 144, ∠SiNSi 120 (ср. ∠MeOMe 112, ∠MeNMe 108 в MeO₂ и Me₃N)

(Si_nH_{2n+1})₂O, силосаны, г. или ж., бц., быстро разл. щ., медл. -H₂O, стр. аналоги простых эфиров



	т. пл.	т. к.	d
SiH ₂ F ₂	-122	-78	—
SiH ₂ Cl ₂	-122	8	1.42 (-122°)
SiH ₂ Br ₂	-70	66	2.17 (0°)
SiH ₂ I ₂	-1	150	2.73 (20°)

г. или ж., бц., мол. - тетраэдр, Si—H 1.47, Si—Γ 1.56 (F), 2.02 (Cl), ∠HSiH 112 (F), 114 (Cl), ∠ΓSiΓ 108 (F), 110 (Cl)

	т. пл.	т. к.	ΔH	Si—H	Si—Γ
SiHF ₃ , г., бц.	-110	-80	-1184	1.45	1.56
SiHCl ₃ , ж., бц., силикохлороформ	-126	33	-519	1.46	2.02
SiHBr ₃ , ж., бц.	-60	112	-327	1.49	2.16
SiHI ₃ , ж., красн.	+8	220	—	—	—

мол. - тетраэдр, ∠HSiF 111, ∠FSiF 108

Силициды

Положение ат. Si	Солеобразные, воспл. на возд., сильн. восст.			
	M ₂ Si, M = Mg, Ca,	MSi, M = Ca—Ba,	MSi, M = Na—Cs,	MSi ₂ , M = Ca—Ba,
изолированные ат., стр. тип анти-CaF ₂	гофрированные слой Si _∞	тетраэдры [Si ₄] ⁴⁻ (см. Табл. "Щел. металлы")	слой Si _∞	
Металлоподобные, кислотоупорны, р. в щ., термостойки (но т.пл. ниже, чем M), не оч. тв. (в отличие от боридов и карбидов), парамагн.; MSi ₂ , M = La, Cr, Mn, Fe, — полупроводники				
	V ₂ Si	FeSi ₂ , U ₃ Si ₂	Mn ₅ Si ₃ , Fe ₅ Si ₃	MSi ₂ , M = Cr, Mo, Ti
изолирован. ат. Si	гр. [Si ₂]	цепи Si _∞	слои Si _∞	трехмерная сетка Si _∞
				MSi, M = Ti, Zr, Mn, Fe

"Ферросилиций" содержит 9—15, 43—50 или 72—95 % Si (низко-, средне-, высококремнистый)

* Несмотря на то, что значение Э.О. Si и ряда других неметаллических элементов — Ge (1.8), Sb (1.9), В и As (2.0), Р и Те (2.1) меньше или равны Э.О. водорода (2.1), ст. их окисл. в гидроидах принимаются за отрицательную величину. В пользу такого рассмотрения свидетельствует, в частности, их синтез при гидролизе соответствующих M_nЭ_m. Этот подход позволяет рассматривать ЭН_n перечисленных элементов в одном ряду с гидроидами С, N, S и др. типичных неметаллов.

SiC, карборунд, крист., бц., разл. 2830, стр. тип алмаза, полупроводник (<1000°), оч. тв., р. только в (HF + HNO₃); + NaOH + O₂ \xrightarrow{t} Na₂CO₃ + Na₂SiO₃; + H₂O $\xrightarrow{1300^\circ}$ SiO₂ + CH₄; + Cl₂ $\xrightarrow{>600^\circ}$ SiCl₄ + C

Si₂P, крист., син. ↓ 600° (-Si)
SiP, иглы, желто-кор.
SiAs, SiAs₂

(SiS)_n, иглы, желт.
Ca(SiN)₂, аналог цианида

Si₂(NH)₃ ↓ 500°
SiN, бел., аморфн. в-во

ГЕРМАНИЙ, ОЛОВО, СВИНЕЦ

4-*

Ge_nH_{2n+2}, германы г., бц. GeH ₄ разл. 220, ΔH = +92 Ge ₂ H ₆ Ge ₃ H ₈ Ge ₄ H ₁₀ Ge ₅ H ₁₂ Ge ₉ H ₂₀ + HCl → GeH _n Cl _{4-n} ; + HI → GeI ₂ + H ₂ ; стр. аналоги C _n H _{2n+2} , Ge—H 1.53, Ge—Ge 2.41 ¹⁸⁾	т. пл.	т. к.	SnH₄, станнын , г., яд. т. пл. -146, т. к. -52, разл. 20, (150° — быстро, к-р Sn), ΔH = +163, мол. — тетраэдр, Sn—H 1.70 Sn₂H₆	PbH₄, плумбан , г., бц., разл. при оч. низких t; ΔH = +251
	-166	-88		
	-109	31		
	-106	111		
	—	177		
	—	234		
	—	—		

Полигерманы,
тв. в-ва
(GeH₂)_n; (GeH)_n
1) желт., оч. реакц.
2) бел., уст. только в
p-рах ж. NH₃

[H↑]
PbMg

SiH₄;
(SiH₃)₃P;
I₂(-HI)
[GeH₃X, соединения "гермила"
GeH₃F
GeH₃Cl, ж., бц., т. пл. -52,
т. к. 28, μ = 2.13
GeH₃Br
GeH₃I
Мол. — тетраэдр, ∠HGeH 111,
Ge—H 1.52, Ge—Г 1.73 (F),
2.15(Cl), 2.31 (Br), в стр. — цепи
Ge—Г...Ge
H₃GeSiH₃, т. пл. -120, т. к. +7
GeH₃PH₂
(GeH₃)₃P

NaMH₃, M = Ge, Sn,
натрийгерманил, -станныл,
крист., бц.,
(NH₃ ж.) Na⁺ + [GeH₃]⁻;
уст. Ge ≫ Sn,
> -33° → NaGe + 3H₂

SnH₃Br, мол. — тетраэдр,
Sn—H 1.76, Sn—Br 2.47

Ge₂H₅I, дигермилиодид,
разл. ≈ 0

Германиды⁸⁾
MGe, M = Na—Cs,
крист., темные, в стр.
тетраэдры [Ge₄],
Ge—Ge 2.58,
≈ 400° → Na + Ge
MGe₄, M = K—Cs

Полианионные соли
Цингтя¹⁹⁾
M₄Ge₁₇ = M₄[Ge₄]₂[Ge₉]
Na_n[Э₉], Э = Ge, Sn,
n = 2, 3, 4;
Na₂[Sn₄]; Na₂[Pb₅]; NaPb₃⁸⁾
Na₃[PnSn₃], Na[GaSn₅]
Na₃[SnSb₄], в стр. — искаж.
кубы [SnSb₄Na₄]
Sr[Sn₃Sb₄], анион —
30-членный цикл;
[M₄] — тетраэдр, [M₉] —
триг. трехшапочные
призмы
-L ↑ | L (NH₃, Еп, криптанды)
[Na₄En₅][Ge₉]
[Na₄En₇][Sn₉]
[Na(NH₃)₄][Pb₉]
[KCrypt₃][Sn₉]

Ge ⁰	4s	4p	4d	Э.о. 2.0	
Sn ⁰	5s	5p	5d		1.8
Pb ⁰	6s	6p	6d		1.5

Ge	Sn	Pb
мет., серый, оч. тв., хрупкий, > 550° пластичен, полупроводник, прозрачен для ИК-лучей.	α-, "серое", d = 5.75, стр. тип алмаза, a = 6.49, Sn—Sn 2.81, полупроводник > 13.2° ↓ β-, "белое", мет. ковкий	мет., мягкий, синеваго-бел., не пропускает γ- и рентгенов- ское излучение
d 5.32 т. пл. 937 т. к. 2850 р. в (H ₂ O + щ.), HNO ₃ (медл.), H ₂ SO ₄ и ц. в E ₀ M ²⁺ /M _{тв} ≈ 0 куб. алмазная стр.	7.31 — — р. в конц. к. и щ. -0.136 тетраг. (искаж. алмаз- ная) стр., a = 5.82, c = 3.17, Sn—Sn 3.17 и 3.02 ↓ 161° γ-, ромб., мет., хрупкий, d = 6.6, т. пл. 232, т. к. 2620	11.3 327 1751 р. в HNO ₃ (разб.), H ₂ SO ₄ (> 80%) и (CH ₃ COOH + O ₂) -0.126 куб. пл. упак., a = 4.94, Pb—Pb 3.50

Сплавы	
Бронзы, Cu + Sn Баббиты (для подшипников), Pb + Sb + Cu Типографские, 5—30% Sn, 10—20% Sb, 50—80% Pb Мягкий припой, 30—70% Sn, остальное — Pb, т. пл. 181 (65% Sn)	

Ge[Fe(CO)₄]₄,
в мол. — тетраэдр
[GeFe₄],
Ge—Fe 2.40,
Fe—Fe 2.82

{HSn[Mn(CO)₅]₂},
кластер, Sn—Sn 2.89,
[SnHMn₂Sn] — искаж.
тетраэдр, Sn—Mn 2.73¹⁾

GeH₂Cl₂
GeH₂Br₂, мол. — тетраэдры,
Ge—H 1.52—1.56, Ge—Г 2.13 (Cl), 2.27 (Br)

GeO (?), порошок, темно-
серый, возг. 700,
ΔH = -255, мало р. в к. и щ.
↑ 650°
желт. форма

Ge(OH)₂, бел., желт.
или красн., р. в к.
K_K < K_K(CH₃COOH),
в щ. → кор. золи

SnO, крист., темно-син. (красн. форма метастаб.),
т. пл. 1040, т. к. 1425, ΔH = -284, окисляются на
возд., стр. тип α-PbO; тв. SnO → Sn + SnO₂,
но уст. в ж. и г.

SnO · nH₂O, бел., р. в к. и щ.
Sn₆O₄(OH)₄ ("6 SnO · 2 H₂O"), мол. — окт.
кластер [Sn₆], над центрами граней — 8 ат. O²⁻)

[Sn₃O(OH)₂]SO₄²⁾
[Sn₃O(OH)PO₄], в кати-
оне — тр-к [Sn₃],
Sn—Sn 3.52, в гр. [SnO₃]
Sn—O 2.1—2.3
Sn₂O(NO₃)₂, разл. 100
[Sn₃(OH)₄](NO₃)₂

Станнаты (II) св.-желт.
M₄[Sn(OH)₆], анион — окт.
Na₄[Sn(OH)₆], Na₂[Sn₂O(OH)₄]
Na₄[Sn₄O(OH)₁₀]; Ba[SnO(OH)₂]
M₄SnO₃; K₂Sn₂O₃, K₂SnO₂,
в стр. ψ-тетраэдры [SnO₃],
Sn—O 1.96—2.09²⁰⁾

NaOH (т. -H₂)
H₂SO₄ + HCl
HNO₃ (разб., -NH₄⁺)

SnSO₄, крист., бц., разл. 360,
в стр. — ψ-тетраэдры [SnO₃];
· 2H₂O
Sn(NO₃)₂ · 20H₂O, крист., бц.,
оч. неустойчивы
Sn₃(PO₄)₂, в стр. — ψ-тетраэдры
[SnO₃] и окт. [SnO₆],²⁾
Sn—O 2.1—3.2

GeГ₂
AgX(-AgГ)
Ge(CN)₂, Ge(NCO)₂, Ge(NCS)₂,
вязк. ж., р. в ац., Thf²⁴⁾

GeS₂
H₂ (500°)

GeS₁, крист., серые с мет.
блеском, т. пл. 615, возг. 800,
ΔH = -105, р. в (NH₄)₂S_n,
в стр. — слои окт. [GeS₆],
Ge—S 2.47—3.00²²⁾
Cu₃(Fe,Ge)S₄, "германит";
+ HNO₃ + H₂SO₄ → GeO₂↓
GeSe, крист., кор., т. пл. 667
GeTe

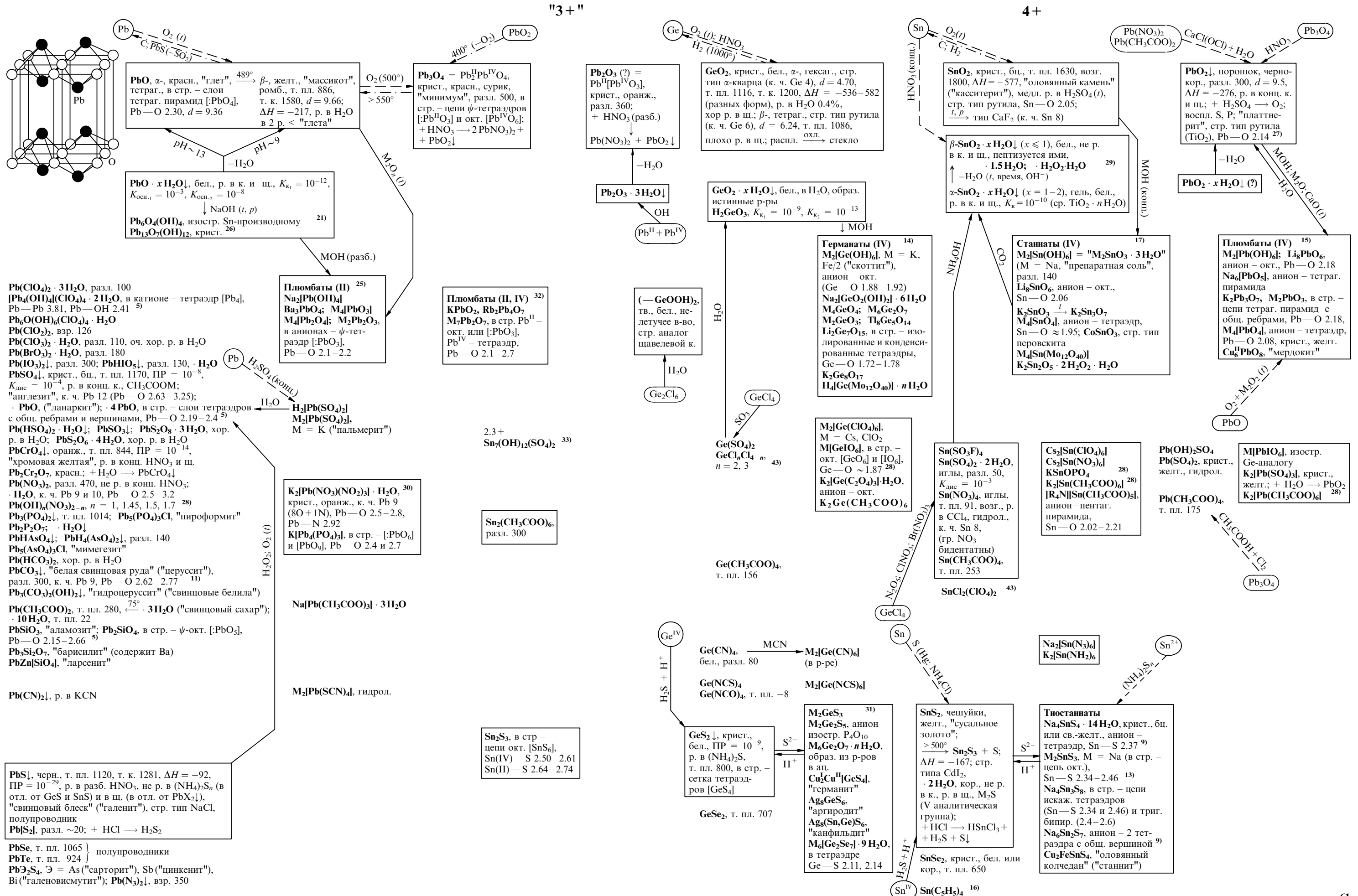
Na₂Sn(C₂O₄)₂, анион —
[SnO₄] — ψ-тетраг.
пирамида,
Sn—O 2.25—2.36²³⁾

HNO₃ (конц.)
H₂O + CO₂
CH₃COOH + O₂

SnS₂, кор., ПР = 10⁻²⁸, р. в
к.-окисл., конц. HCl, (NH₄)₂S_n; не
р. в (NH₄)₂S (IV аналитическая гр.),
т. пл. 880, т. к. 1230, ΔH = -105
SnSe₂, серый, т. пл. 861
SnTe₂, порошок, серый, т. пл. 780

M₂Sn₂S₈; M₂Sn₂S₅
Cs₅Sn₂S₆; Cs₂SnS₁₄¹⁰⁾

* См. примечание к с. 58

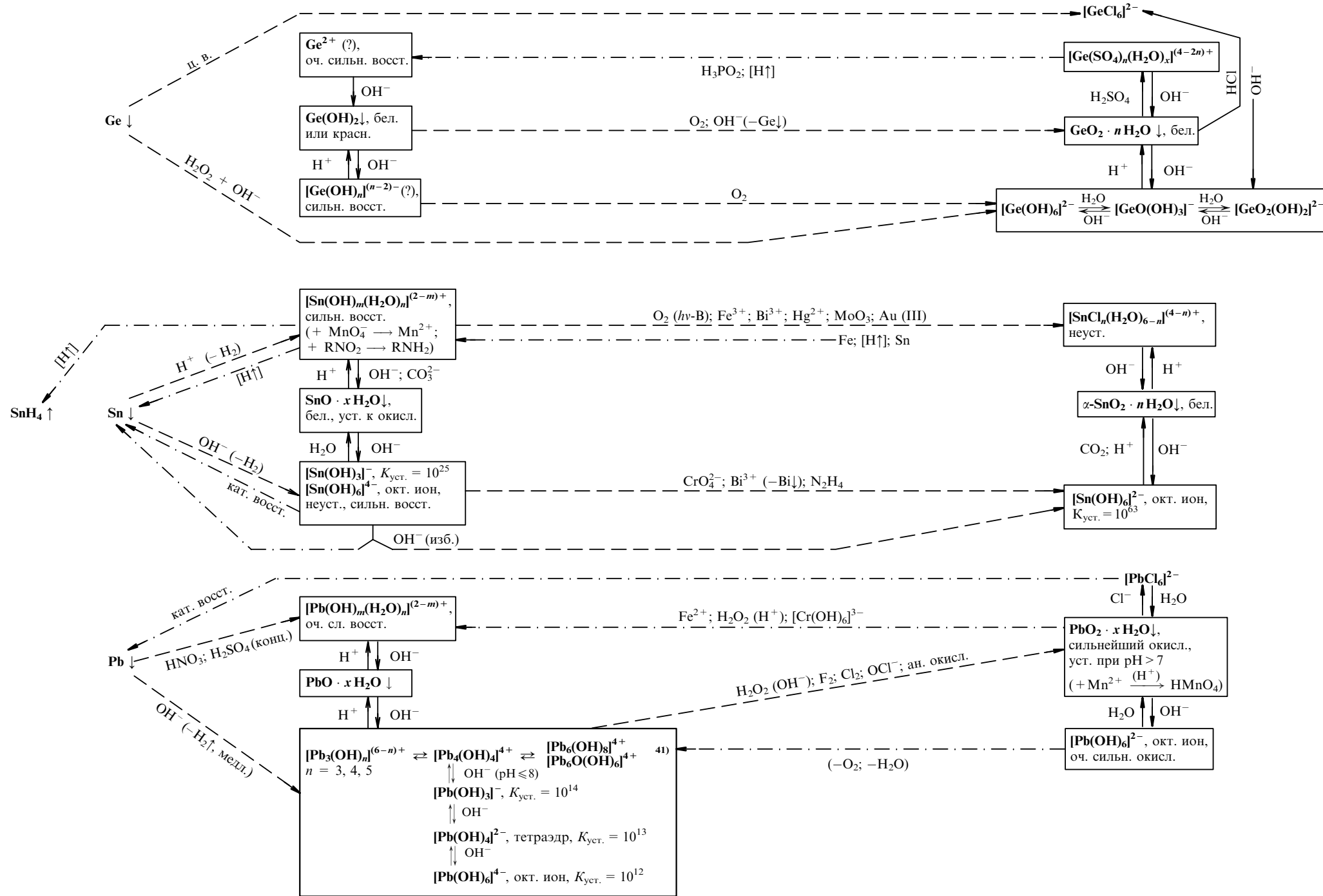


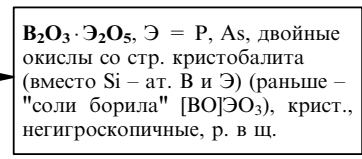
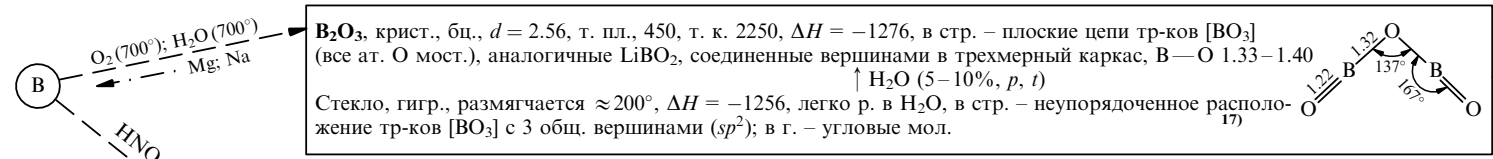
4-

0

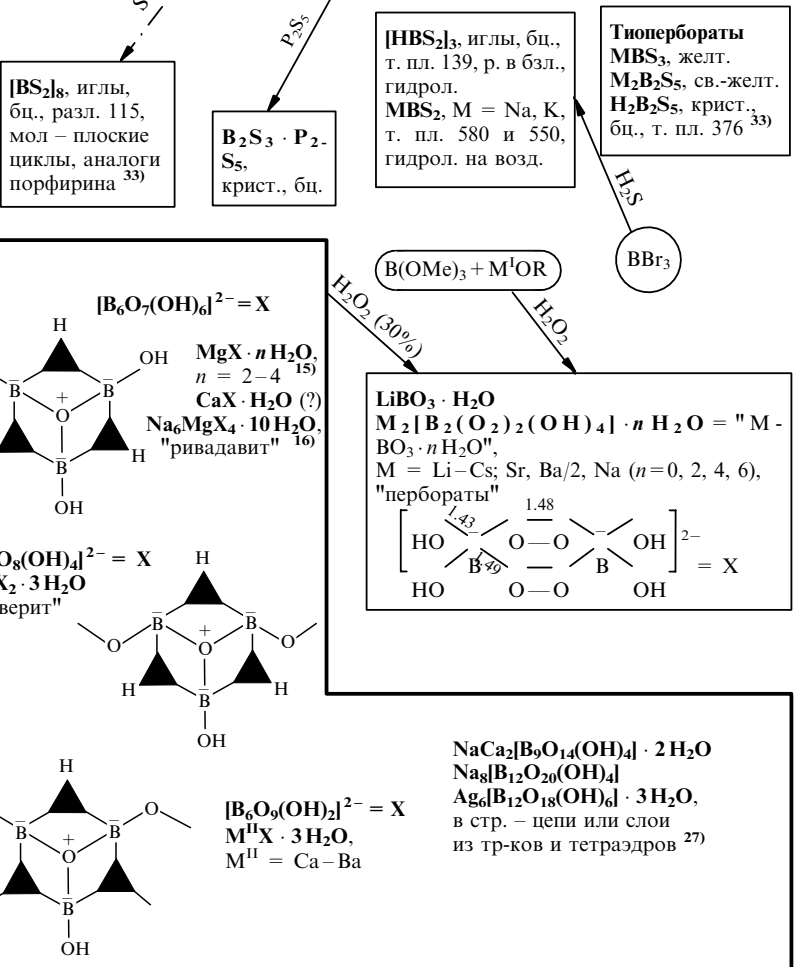
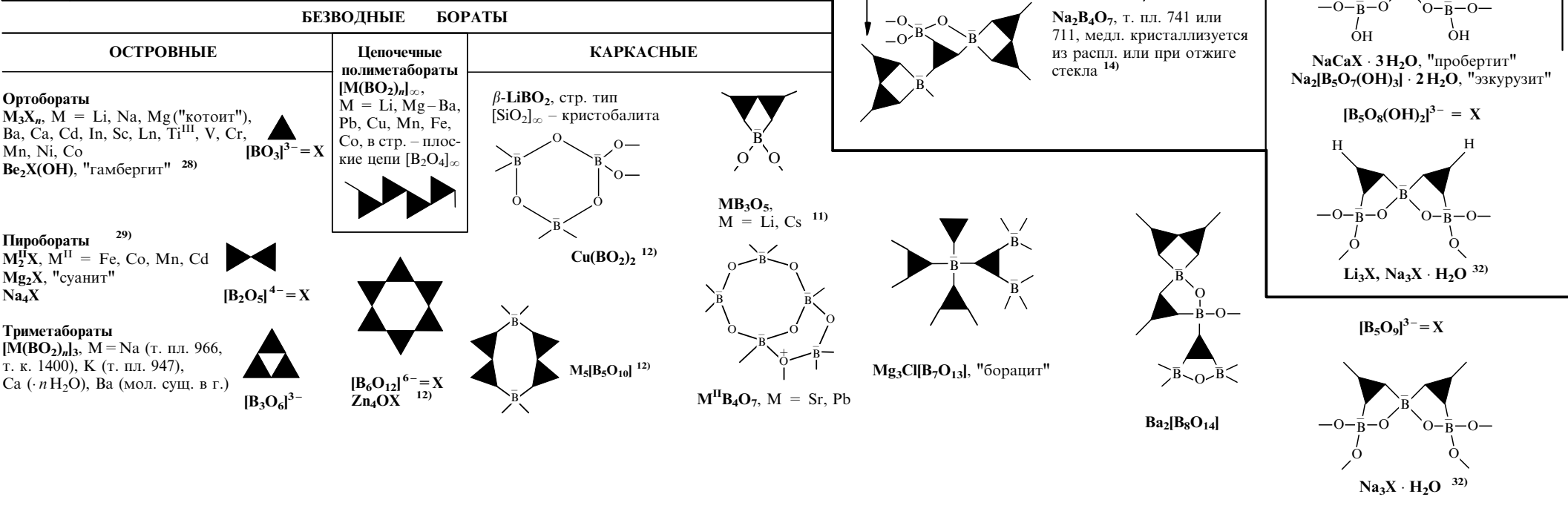
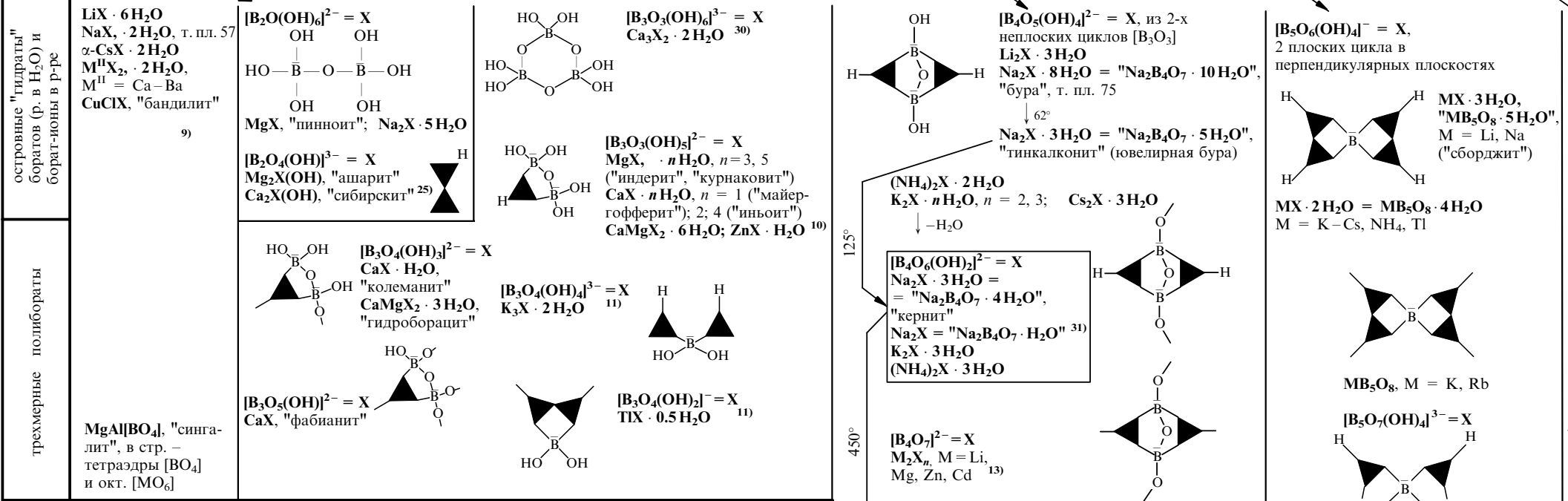
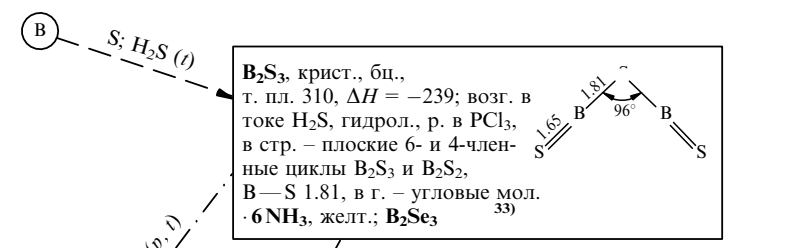
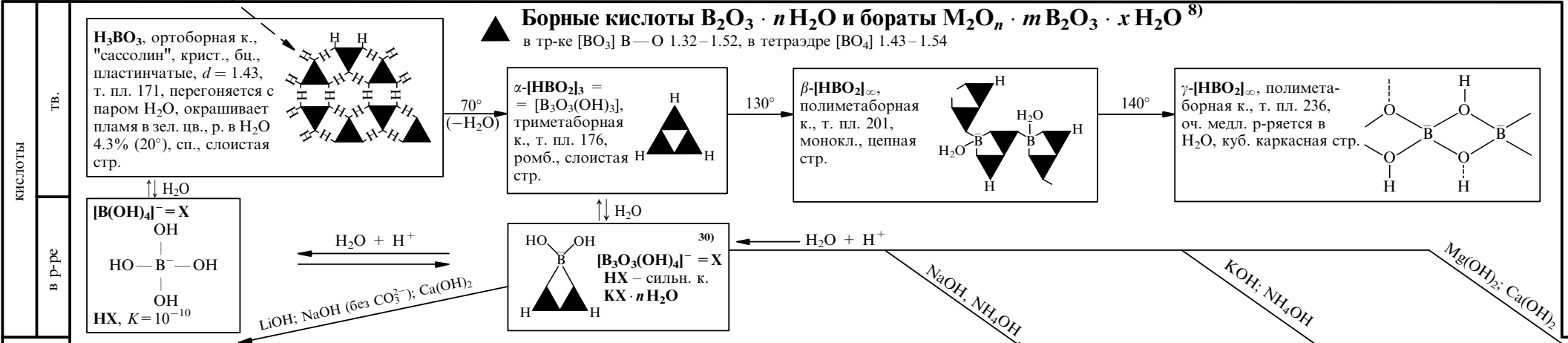
2+

4+





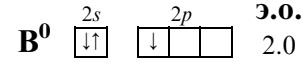
Борные кислоты $B_2O_3 \cdot n H_2O$ и бораты $M_2O_n \cdot m B_2O_3 \cdot x H_2O$ ⁸⁾
в тр-ке $[BO_3]$ $B-O$ 1.32–1.52, в тетраэдре $[BO_4]$ 1.43–1.54



Растворимость щелочных боратов при 25°
(в пересчете на % B_2O_3)

	Моно-	Тетра-	Пентаборат
Li	6.9	15.0	15.0
Na	10.60	2.02	11.60
K	18.80	7.86	2.63
NH ₄	—	≈ 7	≈ 7
Cs	7.3	≈ 13	1.31

БОР

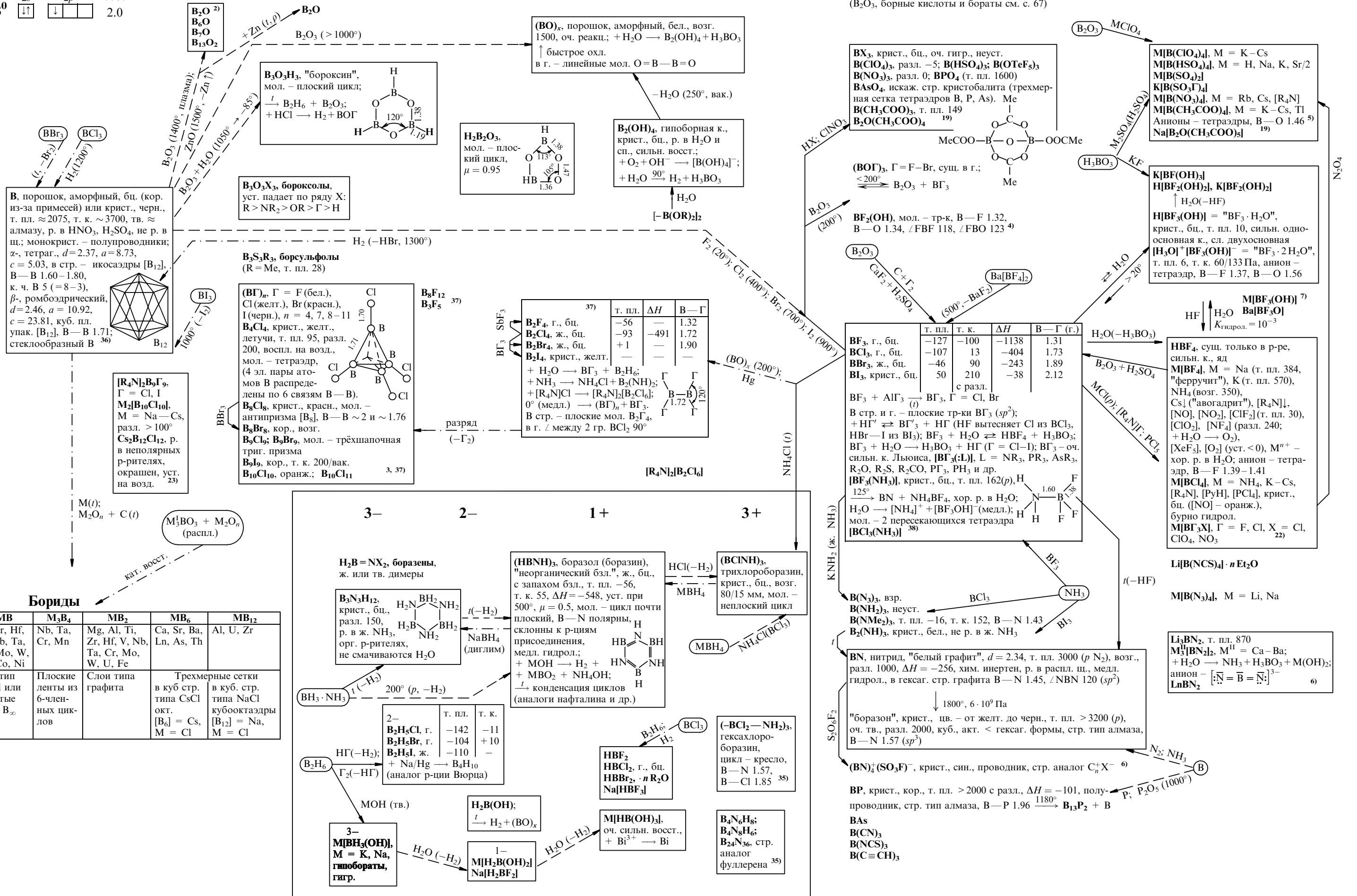


1+

2+

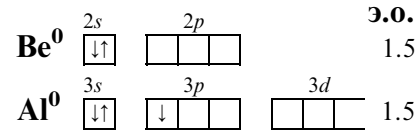
3+

(B₂O₃, борные кислоты и бораты см. с. 67)



БЕРИЛЛИЙ, АЛЮМИНИЙ

Ионы Be и Al в водном р-ре см. с. 74

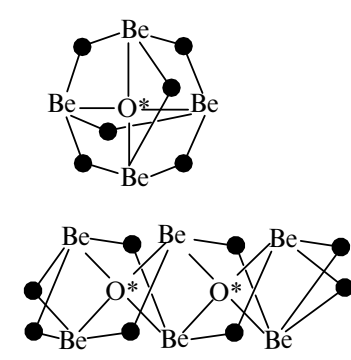
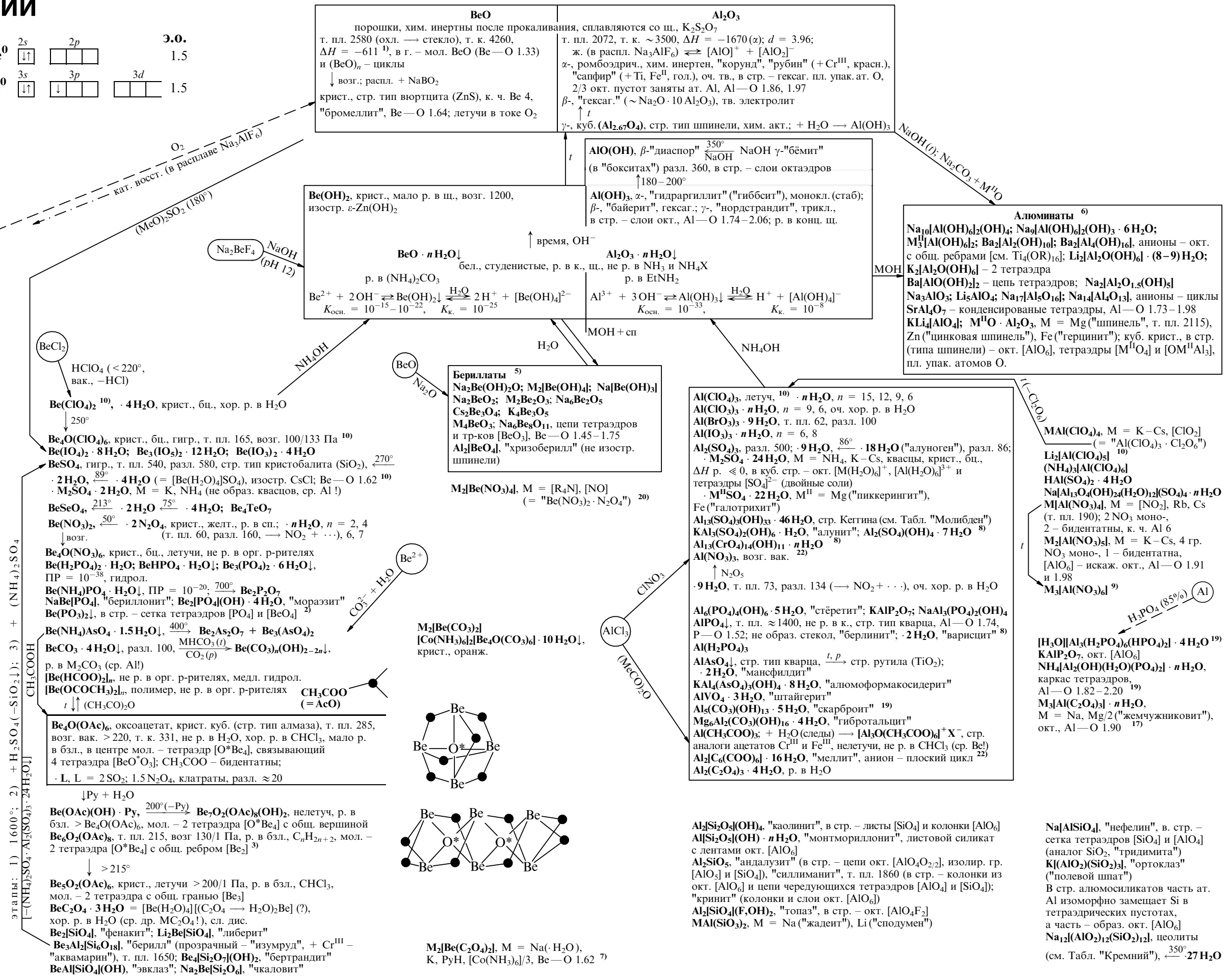
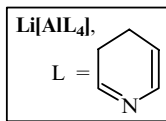


Be	Al
мет., бел., блестящие (покрыты тончайшей пленкой окислов), легкие тв., хрупкий, прозрачен для рентгеновских лучей	мягкий, ковкий
d 1.85	2.70
т. пл. 1287	660
т. к. 2507	≈ 2500
$E_0 M^{n+}/M_{тв}$ = -1.85	-1.70
$E_0 [M(OH)_4]^{n-}/M_{тв}$ = -2.52	-2.34
р. в разб. к., щ., пассивир. HNO ₃	не р. в HF, H ₃ PO ₄ , CH ₃ COOH, мет. выс. чистоты р. в (HCl + Cu ²⁺ + H ₂ O ₂)
р. в HF, NH ₄ F	куб. пл. упак.
гексаг. пл. упак.	куб. пл. упак.
$a = 2.28, c = 3.58$	$a = 4.04$
$M - M 2.28$	$M - M 2.86$

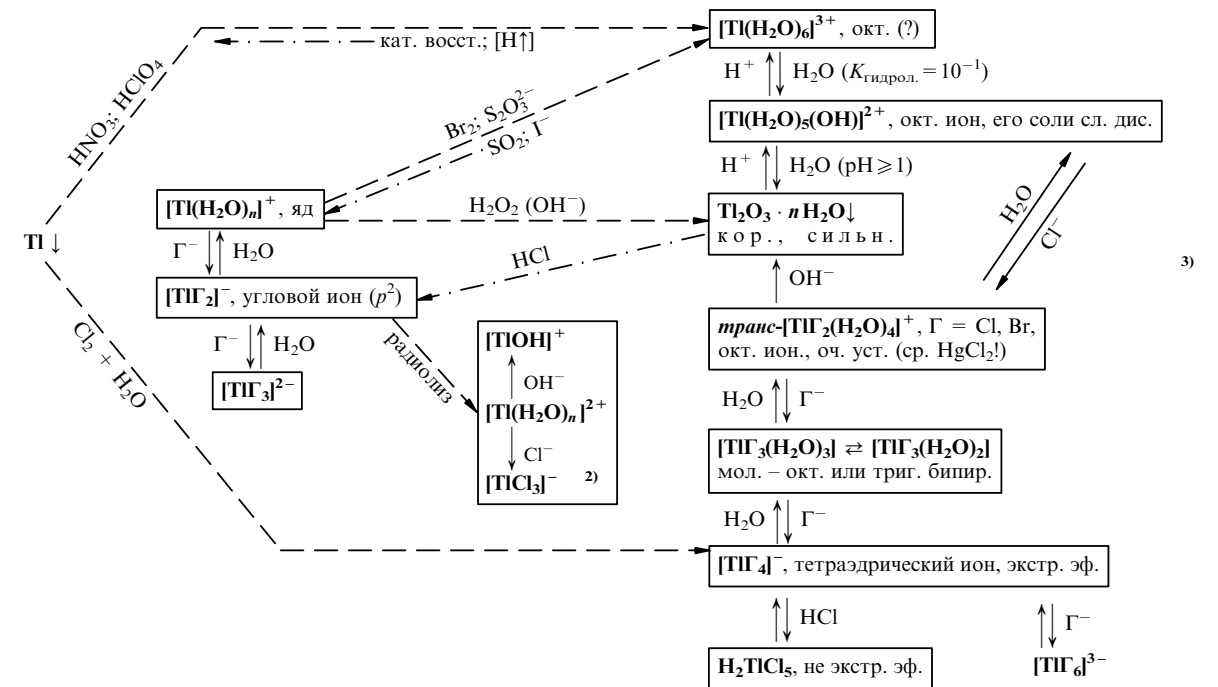
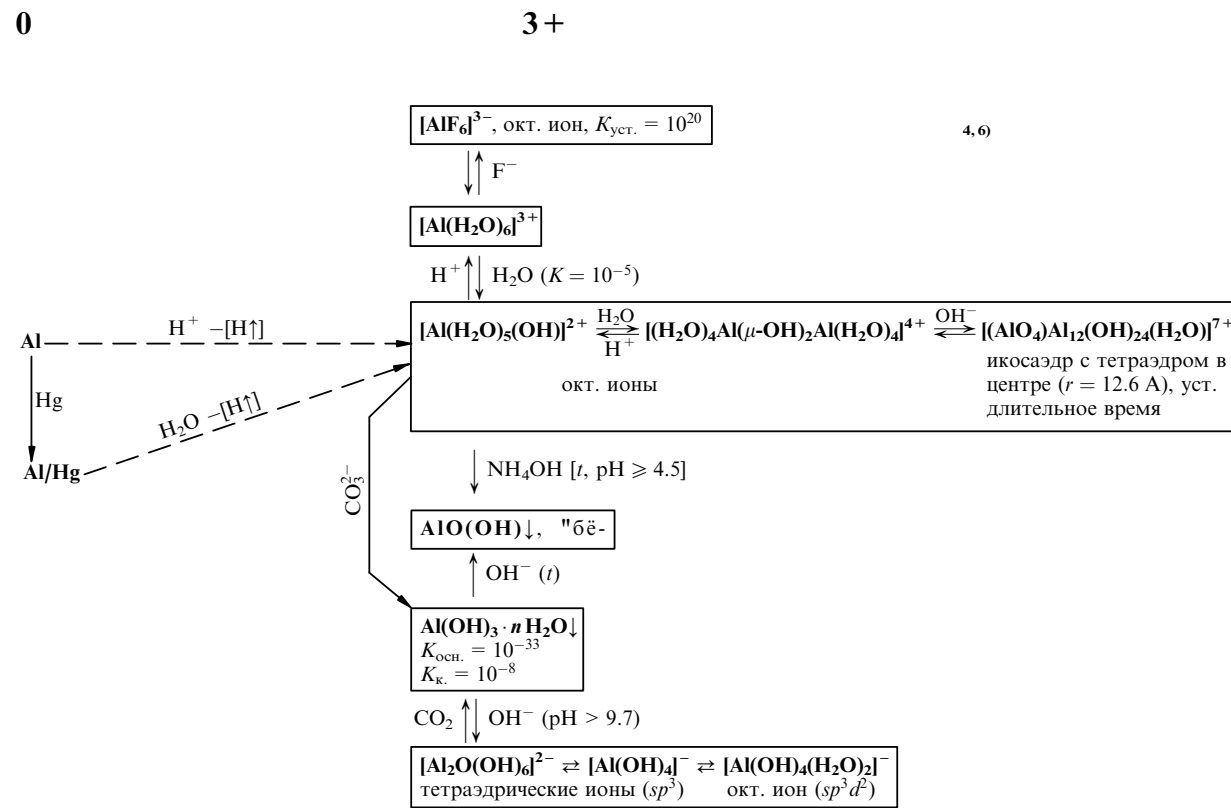
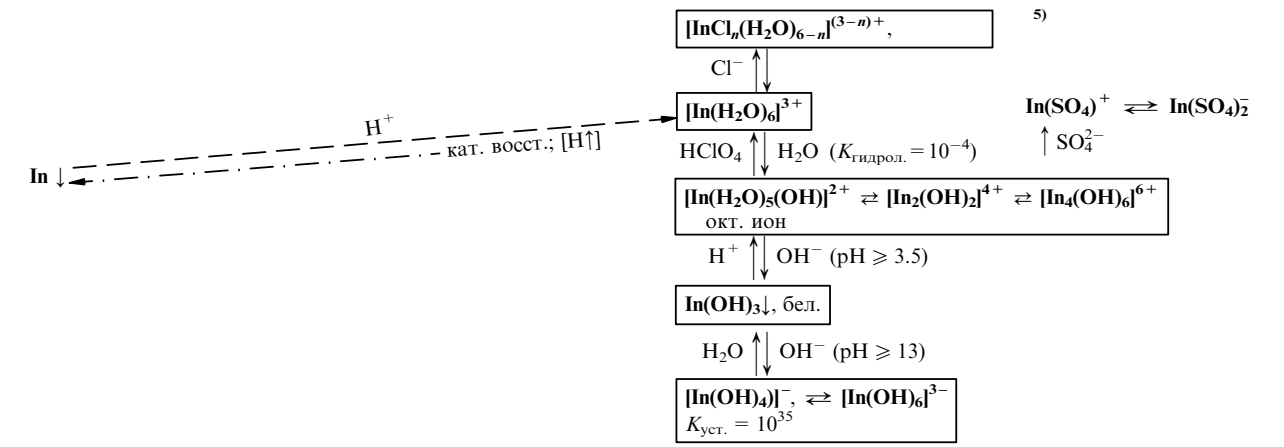
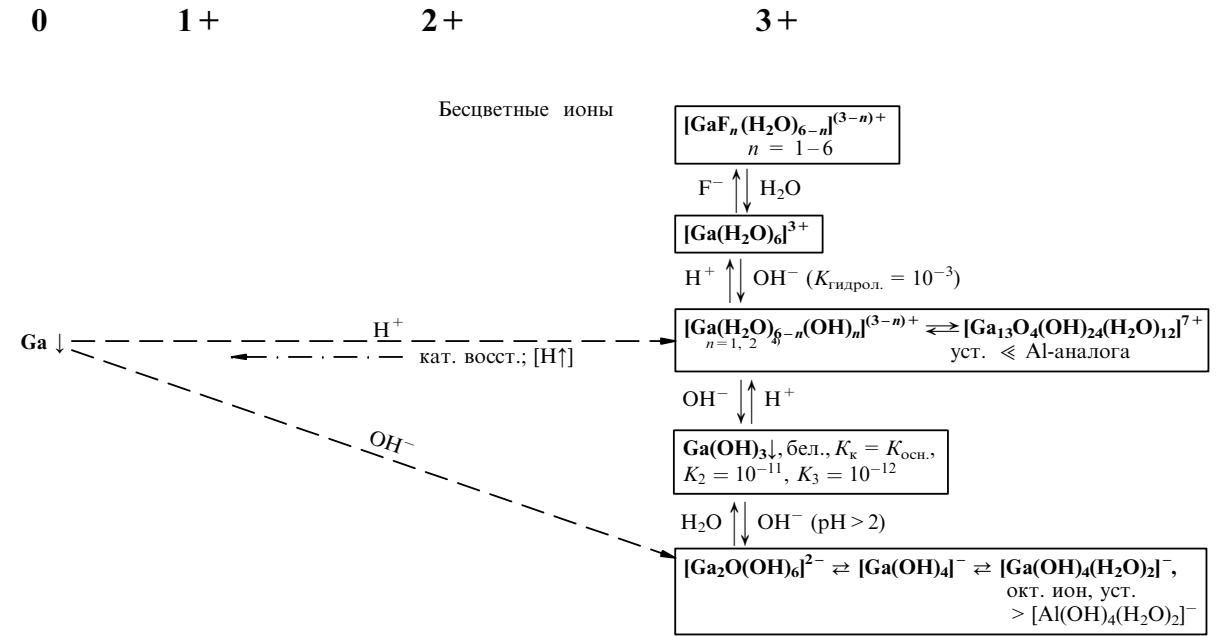
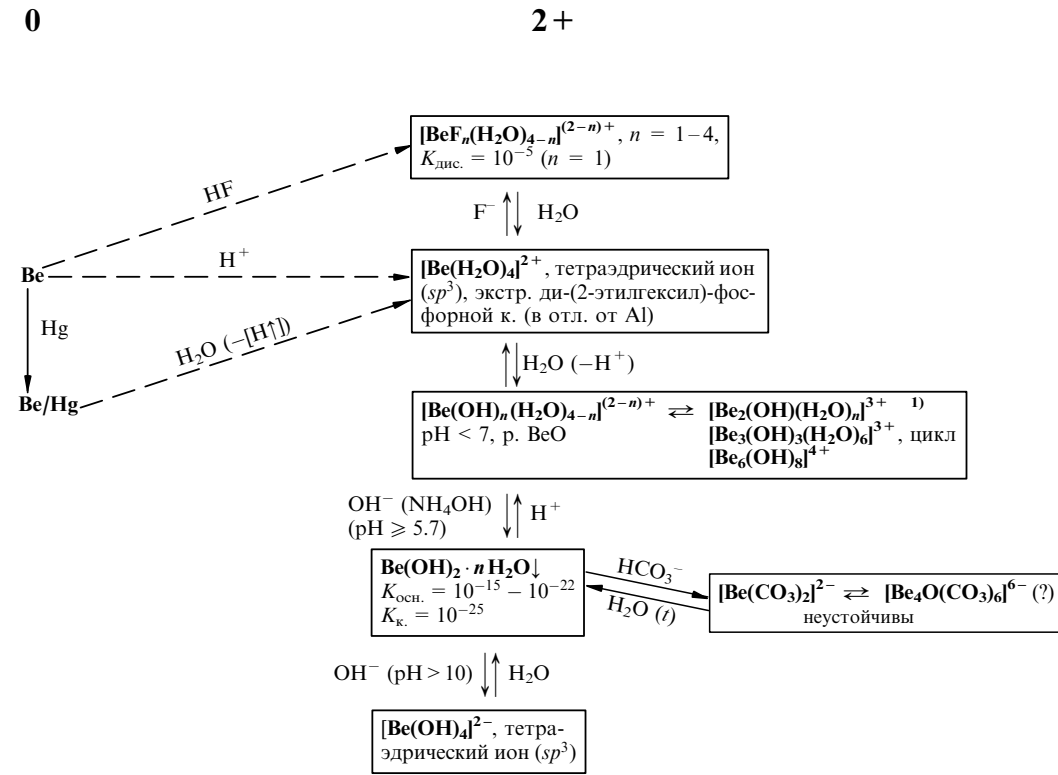
Cu + ≤ 6% Be = "бериллиевые бронзы", сплавы с высокой тв., механической прочностью и коррозионной уст.

Стали хромо-молибдено-алюминиевые, Al повышает уст. к г. коррозии, стойкость к износу и истиранию. Сплавы для магнитов, 12–15% Al. Диоралюминий, тв. сплав, 93–95% Al, 2.5–5.5% Cu, 0.5–2.0% Mg, 0.5–1.2% Mn, 0.2–1.0% Si. Силумин, 10–14% Si, 0.1% Na, остальное – Al

[Be(Dipy) ₂], парамагн., $\mu_{эфф} = 2.1$ (2 неспар. эл., $sp^3 - ?$) ¹⁸⁾	[Al(Dipy) ₃], $\mu_{эфф} = 2.32$
--	--

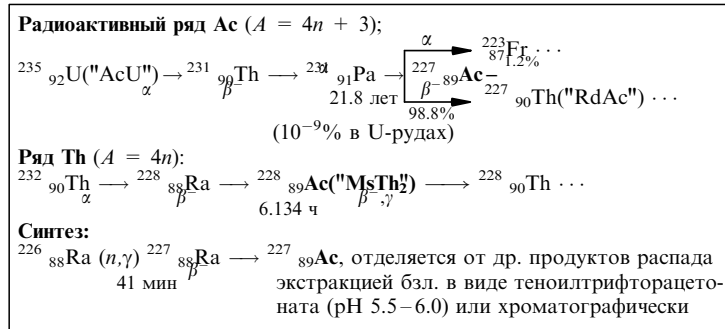
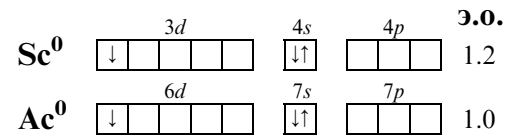


ИОНЫ БЕРИЛЛИЯ, АЛЮМИНИЯ, ГАЛЛИЯ, ИНДИЯ И ТАЛЛИЯ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ



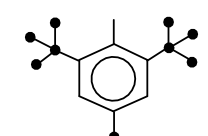
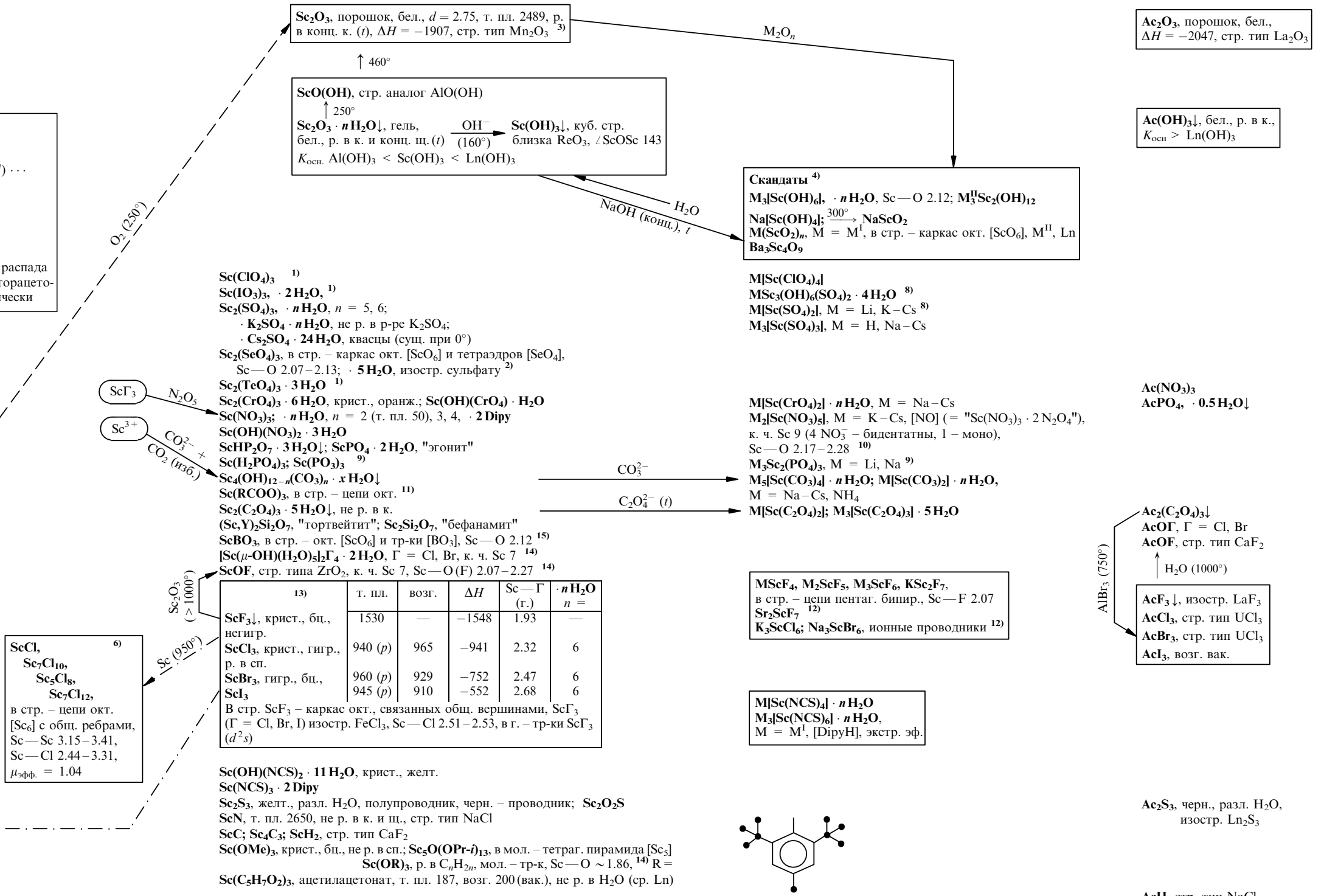
СКАНДИЙ, АКТИНИЙ

3+ (*d*⁰)

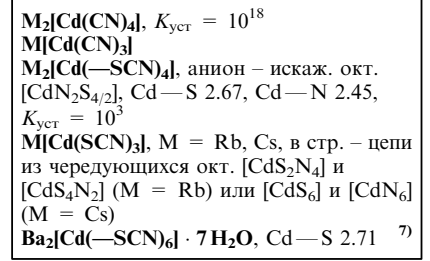
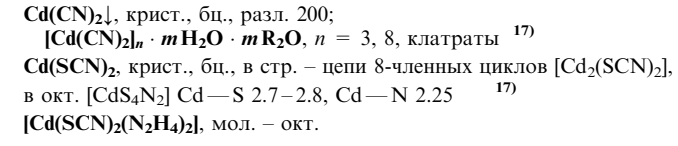
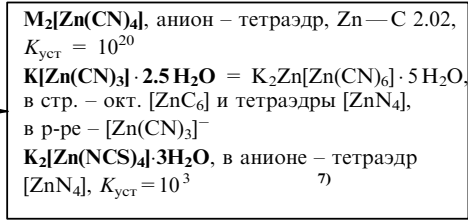
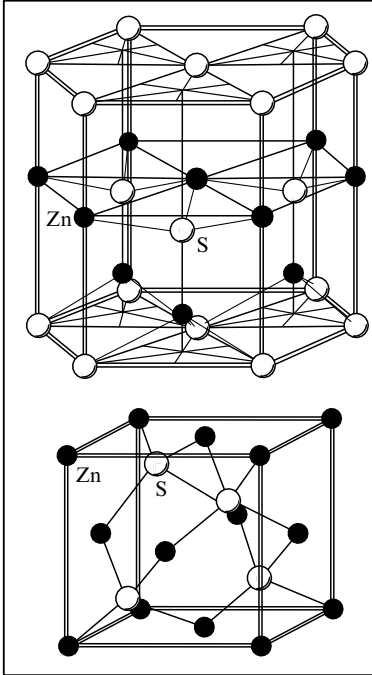
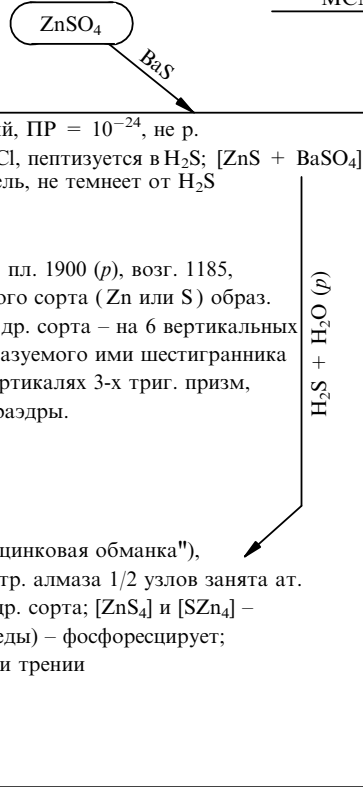


Sc	Ac
мет., серебристо-бел., мягкие	свечится в темноте
<i>d</i> = 3.02	10.1
т. пл. = 1541	1050
т. к. ~ 2850	3390
медл. реаг. с H ₂ O, пассивируется (HF + HNO ₃)	р. в H ₂ O, оч. реакц. (вследствие радиоактивности)
$E_0 M^{3+} / M^{IV} = -2.08$	-2.6
α^- , гексаг. пл. упак., <i>a</i> = 3.31, <i>c</i> = 5.27	—
\downarrow 1335°	—
<i>a</i> = 4.53	5.31
<i>M—M</i> = 3.26	3.76
(сущ. при 20°)	

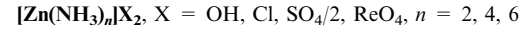
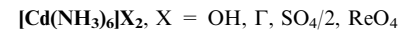
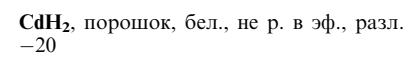
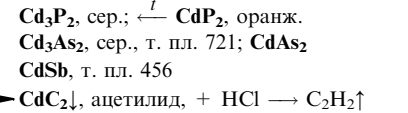
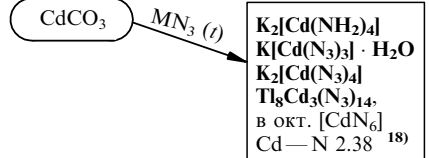
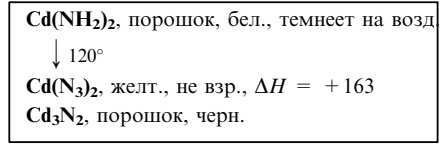
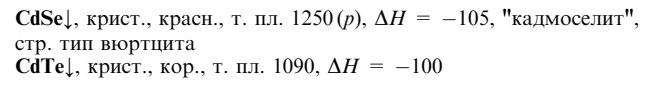
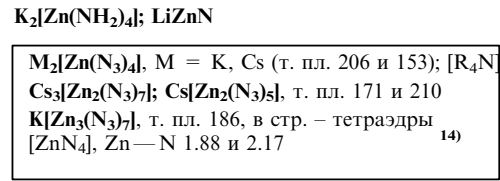
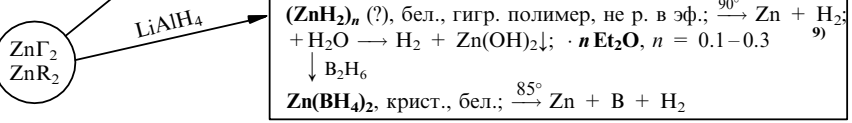
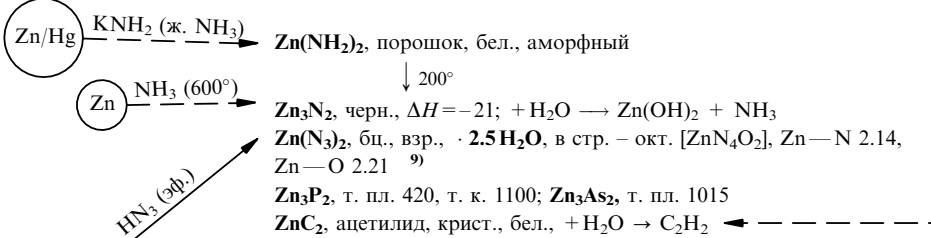
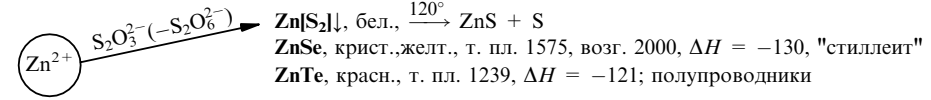
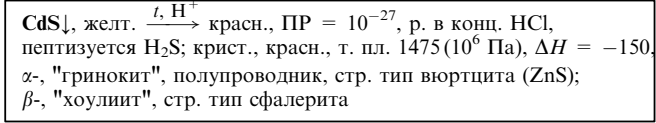
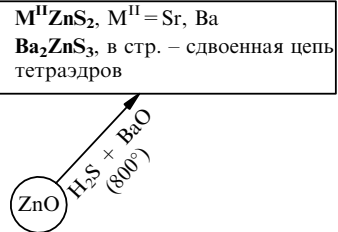
0(*d*³)



$Zn(CN)_2$ ↓, бел., разл. 800
 $Zn(NCS)_2$, крист., бц., в стр. – слои тетраэдров $[ZnN_4]$ и $[ZnS_4]$ ¹⁹⁾
 $[Zn(NCS)_2(N_2H_4)_2]$, мол. – окт.



Na_2ZnS_2 ; Na_6ZnS_4 – изостр. цинкатам, Zn – S 2.34¹⁶⁾

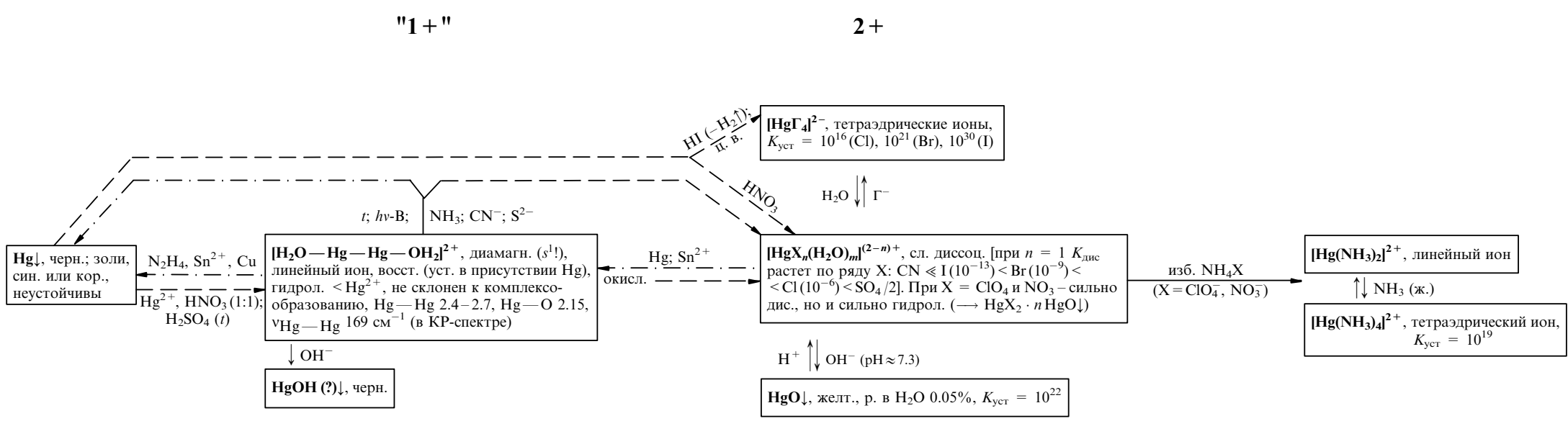
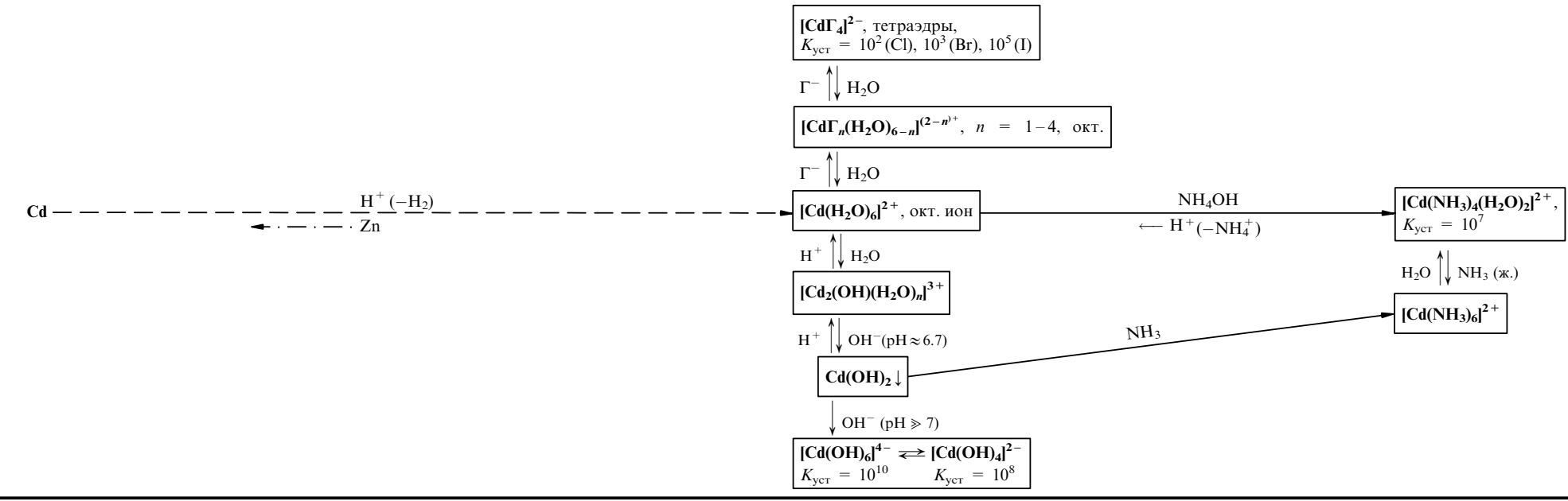
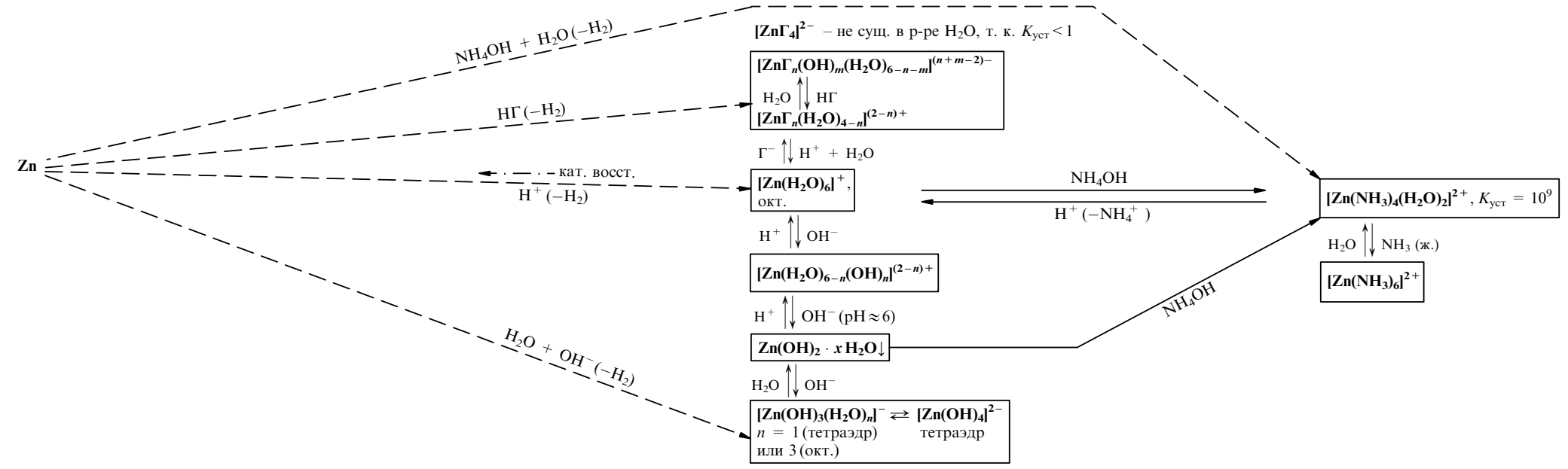


ИОНЫ ЦИНКА, КАДМИЯ И РТУТИ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ

(все ионы бц.)

0

2+



Перекись 18)
 HgO_2 , крист., оранжев., взр. при ударе
 α -) в стр. цепи $[-HgO-O-]_{\infty}$
 β -) с линейными гр. $[OHgO]$, $Hg-O$ 2.10, 2.77–2.92, $O-O$ 1.47

Меркураты 20)
 $M_2[HgO_2]$, крист., бц., гигр.
 $M^{II}[HgO_2]$, $M^{II} = Sr, Ba$, анион – гантель, $Hg-O$ 1.95–2.00

$K_2[Hg(SO_3)_2] \cdot nH_2O$, уст. при $pH > 7$, $K_{уст} = 10^{24}$
 $K_6[Hg(S_2O_3)_4]$, $K_{уст} = 10^{34}$
 $M_2[Hg(NO_3)_4]$
 $M_2[Hg(NO_2)_4]$, $K_{уст} = 10^{13}$
 $K_4[Hg(NO_2)_4(NO_3)_2]$, крист., желт., NO_2^- бидентатны, к. ч. Hg 8, $Hg-O \approx 2.4$
 $M_2[Hg(C_2O_4)_2]$
 $M_2[Hg(CH_3COO)_4]$ 15)

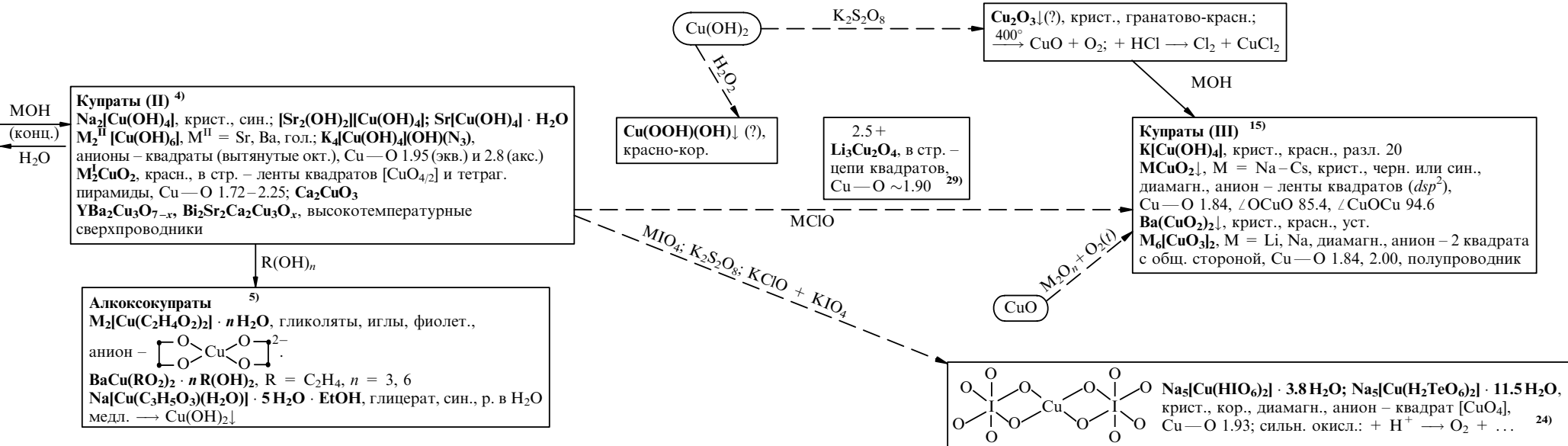
$MHgF_3$, $M = K-Cs$, гидрол.
 $MHgCl_3$, в стр. – цепи искаж. тетраэдров $[HgCl_2Cl_{2/2}]$, $Hg-Cl$ 2.3 (конц.), 2.75 и 3.22 (мост.) 4)
 $H_2[HgCl_4] \cdot 3H_2O$; M_2HgCl_4 , в стр. – колонки искаж. окт. $[HgCl_2Cl_{4/2}]$ с общ. ребрами, $Hg-Cl$ 2.29 и 2.9–3.1, $K_{уст} = 10^{15}$
 $Cs_3[HgCl_4]Cl$ 4)
 $[R_4N][HgBr_3]$, анион – тр-к, $Hg-Br$ 2.52
 $Cs_3[HgBr_4]Br$, анион – тетраэдр $K_{уст} = 10^{22}$; $M_4[HgBr_6]$
 $M[Hg_5\Gamma_{11}]$, $\Gamma = Cl, Br$, в стр. – каркас сплюснутых окт., $Hg-Cl \sim 2.29$ и ~ 3.2 4)
 $CsHg_2Br_5 = Cs[HgBr_3] \cdot HgBr_2$, $Hg-Br$ 2.46–3.23
 $Cs_2[HgBr_4]$, анион – искаж. тетраэдр, $Hg-Br$ 2.55–2.60
 $M[HgI_3]$, $M = K, [R_4N], [R_3S]$, крист., желт., анион – тр-к или цепь тетраэдров, $Hg-I$ 2.6–2.9 4)
 $H[HgI_3] \cdot 4H_2O$
 $M_2[HgI_4]$, $M = K$ ($\cdot 2H_2O$, "реактив Несслера"), $Ba/2$ ($\cdot 5H_2O$), Cu^+ , Ag , крист., желт., анион – тетраэдр, $Hg-I$ 2.78, $K_{уст} = 10^{30}$
 $Cs_2Hg_3I_8$, в стр. – каркас искаж. тетраэдров $[HgI_4]$, $Hg-I$ 2.65–2.95
 $(NH_4)_4[HgI_6]$; Cs_3HgI_5 13)

$M[Hg(CN)_2X]$
 $Cs[Hg(CN)_3]$, анион – цепи тр-ков $[HgC_3]$ 9)
 $M_2[Hg(CN)_4]$, бц., анион – тетраэдр, $K_{уст} = 10^{41}$
 $M_3[Hg(CN)_5]$; $M_4[Hg(CN)_6]$
 $M_2[Hg(SCN)_4]$, $M = H, K, M^{II}/2$ (Co, Mg, Ni, Cu, Zn, Ca), крист., желт., анион – тетраэдр, $Hg-S$ 2.56, $K_{уст} = 10^{22}$ 12)
 $M[Hg(SCN)_3]$, $M = K-Cs$, анион – 2 тетраэдра $[HgS_4]$ с общ. ребром 9)

$K[Hg(-NCO)_3]$, анион – 2 квадрата с общ. стороной, $Hg-N$ 2.07, 2.47
 $M_2[Hg_3(NCO)_8]$, $M = K-Cs$, в стр. – сплюснутый окт., $Hg-N$ 2.03 и ~ 3.0 16)
 $K[HgS_2] \cdot 5H_2O$, неустойчив
 $Ba[Hg(C \equiv CH)_4] \cdot 2NH_3$, бц., взр.

4 + (d⁷)

3 + (d⁸)

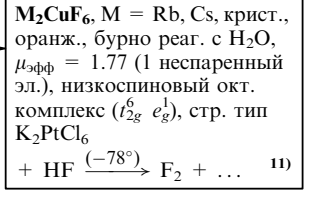
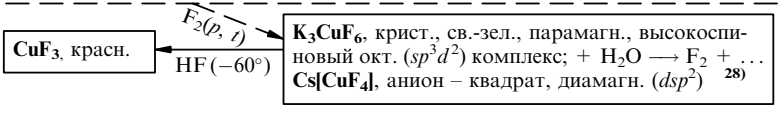
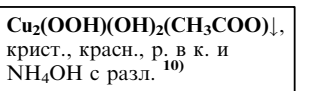


Аммины Cu (II)
крист., син.
[Cu(NH₃)₆]²⁺, катион – сплюснутый окт.
[Cu(NH₃)₅]⁺SO₄, крист., сине-фиолет.
[Cu(NH₃)₄(H₂O)₂]²⁺X₂, катион – вытянутый окт.
[Cu(NH₃)₄(H₂O)]⁺SO₄, катион – тетраг.
пирамида (к. ч. Cu 5)
[CuDipy₂]²⁺, катион – триг. бипирамида (к. ч. 5)
[CuPy₄]²⁺X₂, катион – квадрат (dsp²)
[Cu(NH₃)₄]X₂, X = OH (· 3 H₂O, реактив
Швейцера, обратимо р. целлюлозу), Г, NO₃, SCN
↓ 200° (-2 NH₃)
[Cu(NH₃)₂X₂], X = Г, N₃, в стр. – ленты окт.
[CuX_{4/2}(NH₃)₂] с общ. ребрами
CuL₂ · n NH₃, n = 5, 6, 10, 35
[Cu(NH₃)₂(CH₃COO)₂], в островной стр. –
вытянутые окт. [CuN₂O₄], Cu—N 1.97 (экв.)
Cu—O 2.0 (экв.), 2.7 (акс.)
[Cu(NH₃)₂](NO₂)₂, крист., пурп.; 30° → зел.¹⁹⁾

M[Cu(CuO₄)₃], M = [NO₂], [ClO₂]; (NO₂)₂[Cu(CuO₄)₄]; Na₆[Cu(HIO₆)₂] · 13 H₂O⁵⁾

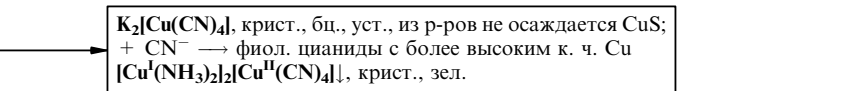
Ba₂[Cu(TeO₆)¹⁸⁾; Na₄H₂[Cu(H₂TeO₆)₂]⁵⁾, в аннонах – квадрат [CuO₄]
[NO₂]⁺[Cu(NO₃)₃]⁻ (= "Cu(NO₃)₂ · N₂O₄"), крист., сине-зел., р. в орг.
р-рителях, анион – сетка из вытянутых окт., Cu—O 1.97 (экв.) и
2.61 (акс.), все NO₃-мост. бидентатны⁶⁾
M₄[Cu(NO₂)₆], анион – сплюснутый окт.
K₄[Cu(NO₂)₃], крист., черно-зел., т. пл. 163, к. ч. Cu 5, Cu—N 2.03
Rb₄[Cu₃(NO₂)₁₀], в анионе связи Cu—O и Cu—N¹³⁾
K₂[Cu(CO₃)₂], в стр. – сетка квадратов [CuO₄], Ba₂Cu(PO₄)₂¹³⁾, Cu—O 1.93¹³⁾
· 3 H₂O, крист., син., в стр. – квадратные пирамиды [CuO₄(H₂O)]¹³⁾
K₂[Cu₂(CH₃COO)₄][Cu(CH₃COO)₄]³²⁾
M₂[Cu(C₂O₄)₂] · 2 H₂O, анион – вытянутый окт. *trans*-[CuO₄(OH)₂],
Cu—O 1.94 (экв.), 2.58 и 2.74 (акс.)¹⁷⁾

[R₄N]₄[Cu₄OCl₁₀]¹²⁾

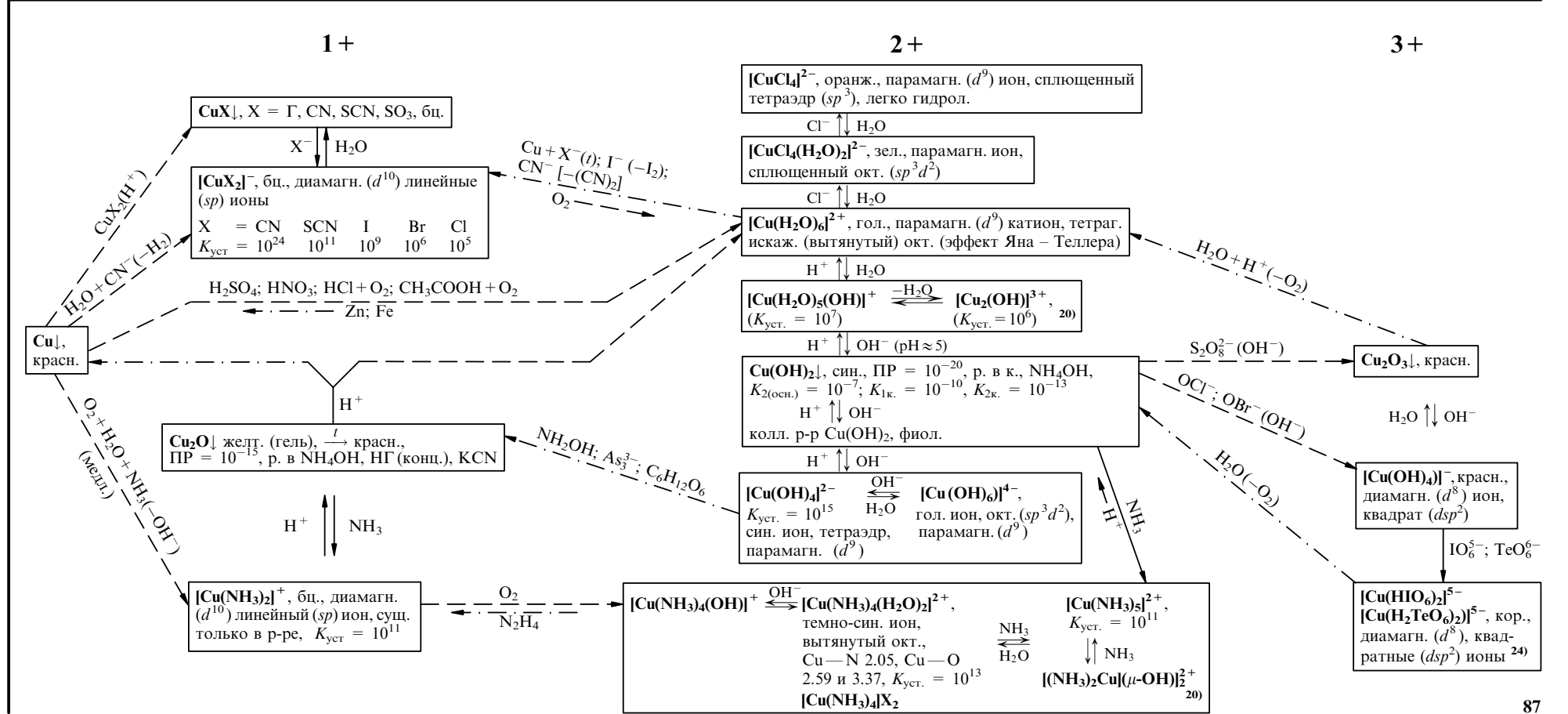


Галогенocupраты ⁸⁾

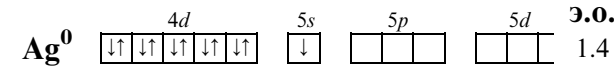
	Cu—Г	
	экв.	акс.
MCuF ₃ , крист., бц., в стр. – каркас вытянутых окт.	—	—
M ₂ CuF ₄ , в стр. – слои вытянутых окт.	2.08	1.95
Cs ₄ Cu ₃ F ₁₆ ; Cs ₇ Cu ₆ F ₁₉ ; цепи окт.	2.25	1.85
HCuCl ₃ · 3 H ₂ O, иглы, красн.	—	—
CsCuCl ₃ , цепь вытянутых окт. с общ. гранью	2.39	2.5–2.7
MCuCl ₃ , красн., анион [Cu ₂ Cl ₆] ⁻ плоский – 2 квадрата с общ. стороной (M = K, NH ₄ , Me ₂ NH ₂); 2 сплюснутых тетраэдра с общ. ребром (M = [Ph ₄ P])	2.2	2.3
(NH ₄) ₂ CuCl ₄ , желто-кор., анион – цепь окт.	2.3	2.79
M ₂ CuCl ₄ , M = Cs, [Me ₄ N], оранж., анион – сплюснутый тетраэдр ⁷⁾	2.23	—
M ₂ [CuCl ₄ (H ₂ O) ₂], M = K ("митччерлихт") – Cs, крист., зел., анион – вытянутый окт.	2.28	2.89
[R ₄ P][Cu ₂ Cl ₅], анион – цепи квадратных пирамид	~2.56	—
Rb ₃ [Cu ₂ Cl ₇], слои вытянутых окт.	2.30	2.87
[Cr(NH ₃) ₆][CuCl ₃], триг. бипир.	2.41	2.30
HCuBr ₃ · 10 H ₂ O; MCuBr ₃ , крист., черн.	—	—
M ₂ CuBr ₄ , крист., красн.	—	—
Cs ₂ CuBr ₄ , черн., анион – сплюснутый тетраэдр	—	—



M₂[Cu(SCN)₄], K_{уст.} = 10⁶
M[CuS₄], M = NH₄, K–Cs, крист., красн.
M[Cu(N₃)₃]; **M₂[Cu(N₃)₄]**; **M₄[Cu(N₃)₆]**; **[Ph₄P]₂[Cu₂(N₃)₆]**, анион –
2 квадрата с общ. стороной, Cu—N 1.92–2.02⁹⁾



СЕРЕБРО

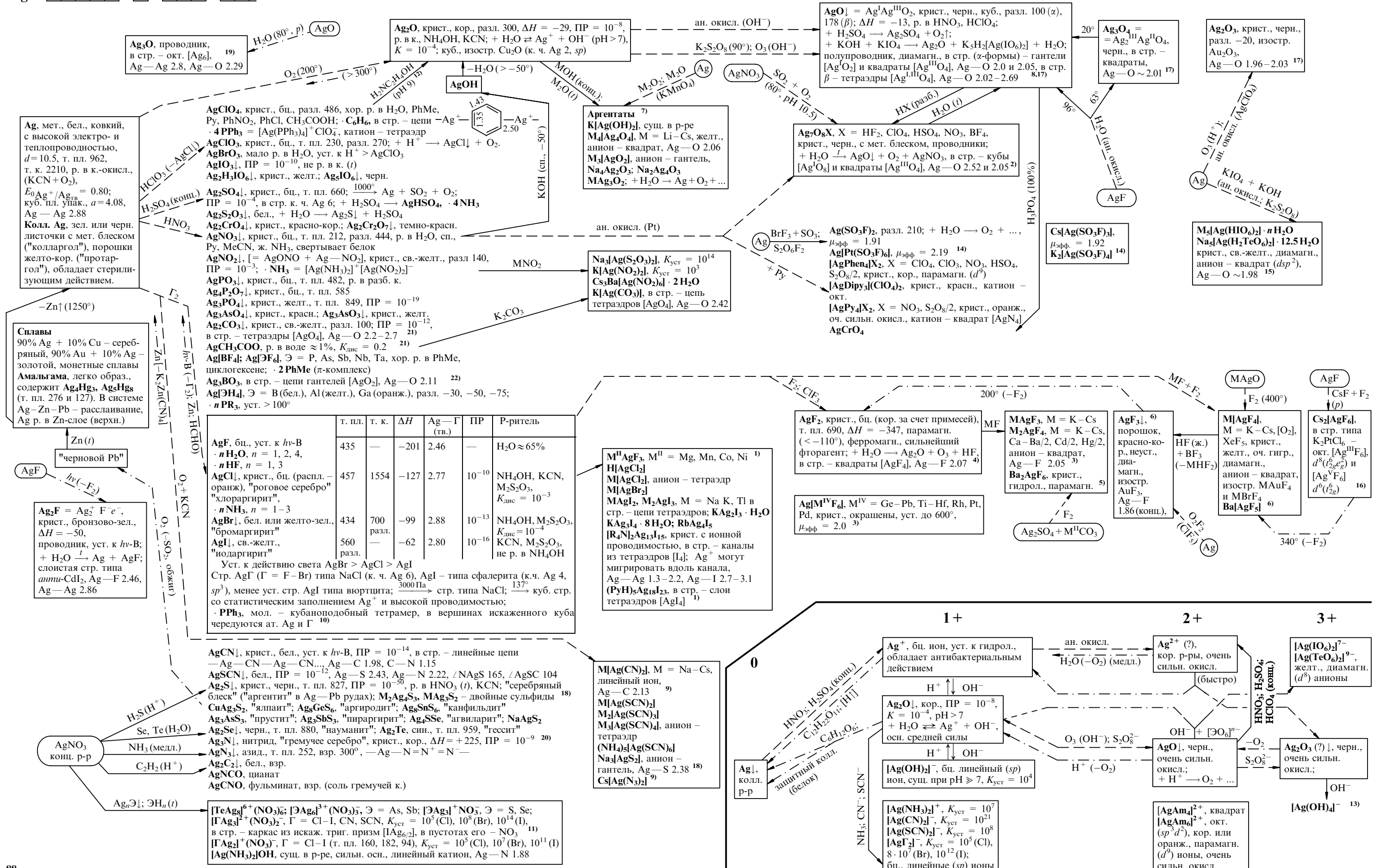


1 + (d^{10})

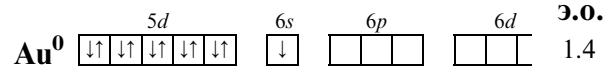
2 + (d^9) или "2 +"

3 + (d^8)

"4 +"
5 + (d^6)



ЗОЛОТО

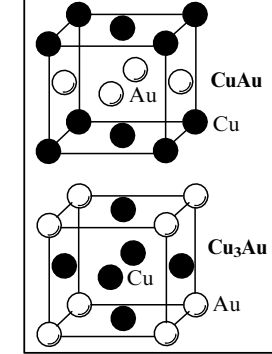


Au, мет., желт., наиболее тягучий и ковкий, $d = 19.32$, т. пл. 1064.4 ; т. к. 2947 , летуч $>1000^\circ$, не реаг. с O_2 , N_2 , C , S ; р. в п. в., $(Cl_2 + HCl)$, $(H_2SO_4 + HNO_3)$, $(H_2SO_4 + HMnO_4)$, $H_2SeO_4(t)$, $(KCN + O_2)$; $E_0Au^+/Au_{тв} = 1.68$, $E_0Au^{3+}/Au_{тв} = 1.50$; куб. пл. упак., $a = 4.08$, $Au - Au$ 2.88

"Колл. золото", образ. в оч. разб. р-рах, с ростом размера частиц цв. изменяется по ряду: роз., красн. ("кассиев пурпур"), син., фиол., черн.

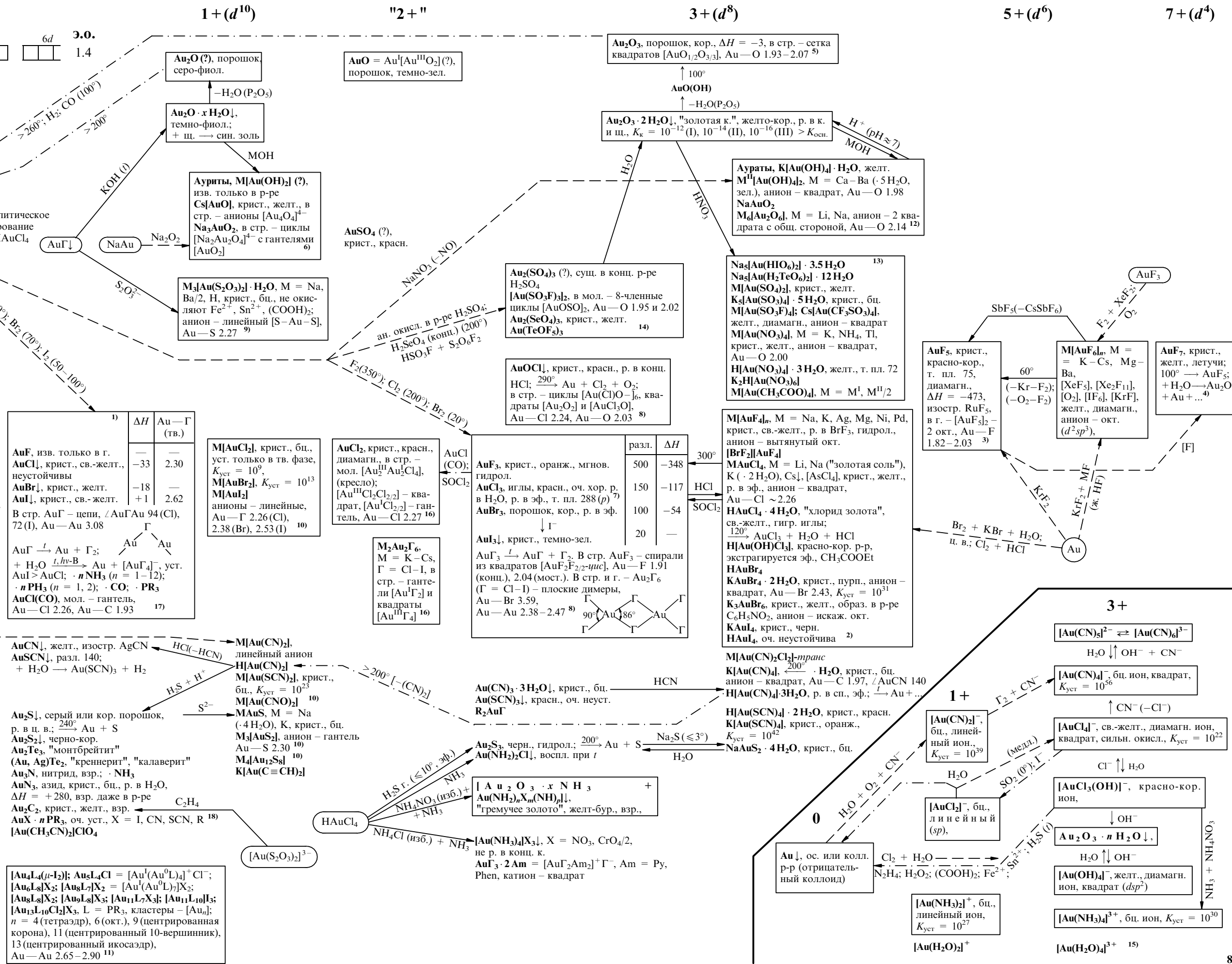
Сплавы
 Амальгама содержит **AuHg₂**, **AuHg₃**, **Au₃Hg** (т. пл. 124, 310, 421)

В системе **Cu - Au** непрерывный ряд твердых р-ров, $<400^\circ$ в тв. фазе образ. **Cu₃Au_{1±n}** и **CuAu_{1±n}** ("сверхструктуры")



Ph₃PAu - X, X = Mn(CO)₅, Co(CO)₄, W(CO)₃(C₃H₅), Au - M 2.50 - 2.56

M^IAu⁻, M = K - Cs
M₃OAu, изостр. M₃OBr¹⁹



ΔH	Au - Γ (тв.)
—	—
-33	2.30
-18	—
+1	2.62

AuF, изв. только в г.
AuCl, крист., св.-желт., неустойчивы
AuBr, крист., желт.
AuI, крист., св.-желт.
 В стр. Au Γ - цепи, $\angle Au\Gamma Au$ 94(Cl), 72(I), Au - Au 3.08

$Au\Gamma \xrightarrow{I} Au + \Gamma_2$
 $+ H_2O \xrightarrow{t, hv, \nu} Au + [Au\Gamma_4]^-$, уст.
 $AuI > AuCl$; $\cdot nNH_3$ ($n = 1-12$);
 $\cdot nPH_3$ ($n = 1, 2$); $\cdot CO$; $\cdot PR_3$
AuCl(CO), мол. - гантель,
 Au - Cl 2.26, Au - C 1.93¹⁷

M[AuCl₂], крист., бц., уст. только в тв. фазе, $K_{уст} = 10^9$, **M[AuBr₂]**, $K_{уст} = 10^{13}$, **M[AuI₂]**
 анионы - линейные, Au - Γ 2.26(Cl), 2.38(Br), 2.53(I)¹⁰

AuCl₂, крист., красн., диамагн., в стр. - мол. $[Au_2^{II}Au_2^{II}Cl_4]$, (кресло); $[Au^{III}Cl_2Cl_2]_2$ - квадрат, $[Au^I Cl_2]_2$ - гантель, Au - Cl 2.27¹⁶

M₂Au₂ Γ_6 , M = K - Cs, $\Gamma = Cl - I$, в стр. - гантели $[Au^I \Gamma_2]$ и квадраты $[Au^{III} \Gamma_4]$ ¹⁶

AuF₃, крист., оранжев., мгнов. гидрол.
AuCl₃, иглы, красн., оч. хор. р. в H_2O , р. в эф., т. пл. 288(p)⁷
AuBr₃, порошок, кор., р. в эф.
AuI₃, крист., темно-зел.
 $Au\Gamma_3 \xrightarrow{I} Au\Gamma + \Gamma_2$. В стр. AuF₃ - спирали из квадратов $[AuF_2F_{2-2} \mu c]$, Au - F 1.91 (конц.), 2.04 (мост.). В стр. и г. - Au₂ Γ_6 ($\Gamma = Cl - I$) - плоские димеры, Au - Br 3.59, Au - Au 2.38 - 2.47⁸

разл.	ΔH
500	-348
150	-117
100	-54
20	—

AuCN, желт., изостр. AgCN
AuSCN, разл. 140;
 $+ H_2O \rightarrow Au(SCN)_3 + H_2$

M[Au(CN)₂], линейный анион
H[Au(CN)₂]
M[Au(SCN)₂], крист., бц., $K_{уст} = 10^{23}$
M[Au(CNO)₂]¹⁰
MAuS, M = Na (-4 H₂O), K, крист., бц.
M₃[AuS₂], анион - гантель, Au - S 2.30¹⁰
M₄[Au₂S₈]¹⁰
K[Au(C \equiv CH)₂]

Au₂S, серый или кор. порошок, р. в п. в.; $240^\circ \rightarrow Au + S$
Au₂S₂, черно-кор.
Au₂Te₃, "монтбрейтит" (Au, Ag)Te₂, "креннерит", "калаверит"
Au₃N, нитрид, взр.; $\cdot NH_3$
AuN₃, азид, крист., бц., р. в H_2O , $\Delta H = +280$, взр. даже в р-ре
Au₂C₂, крист., желт., взр.
AuX $\cdot nPR_3$, оч. уст., X = I, CN, SCN, R¹⁸
[Au(CH₃CN)₂]ClO₄

[Au₄L₄(μ -I₂)]; **Au₅L₄Cl** = $[Au^I(Au^0L)_4]^+ Cl^-$;
[Au₆L₈X₂]; **[Au₈L₇X₂]** = $[Au^I(Au^0L)_7]X_2$;
[Au₈L₈X₂]; **[Au₉L₈X₃]**; **[Au₁₁L₇X₃]**; **[Au₁₁L₁₀I₃]**;
[Au₁₃L₁₀Cl₂X₃], L = PR₃, кластеры - $[Au_n]$;
 $n = 4$ (тетраэдр), 6 (окт.), 9 (центрированная корона), 11 (центрированный 10-вершинник), 13 (центрированный икосаэдр), Au - Au 2.65 - 2.90¹¹

Au(CN)₃ · 3H₂O, крист., бц.
Au(SCN)₃, красн., оч. неуст.
R₂Au Γ

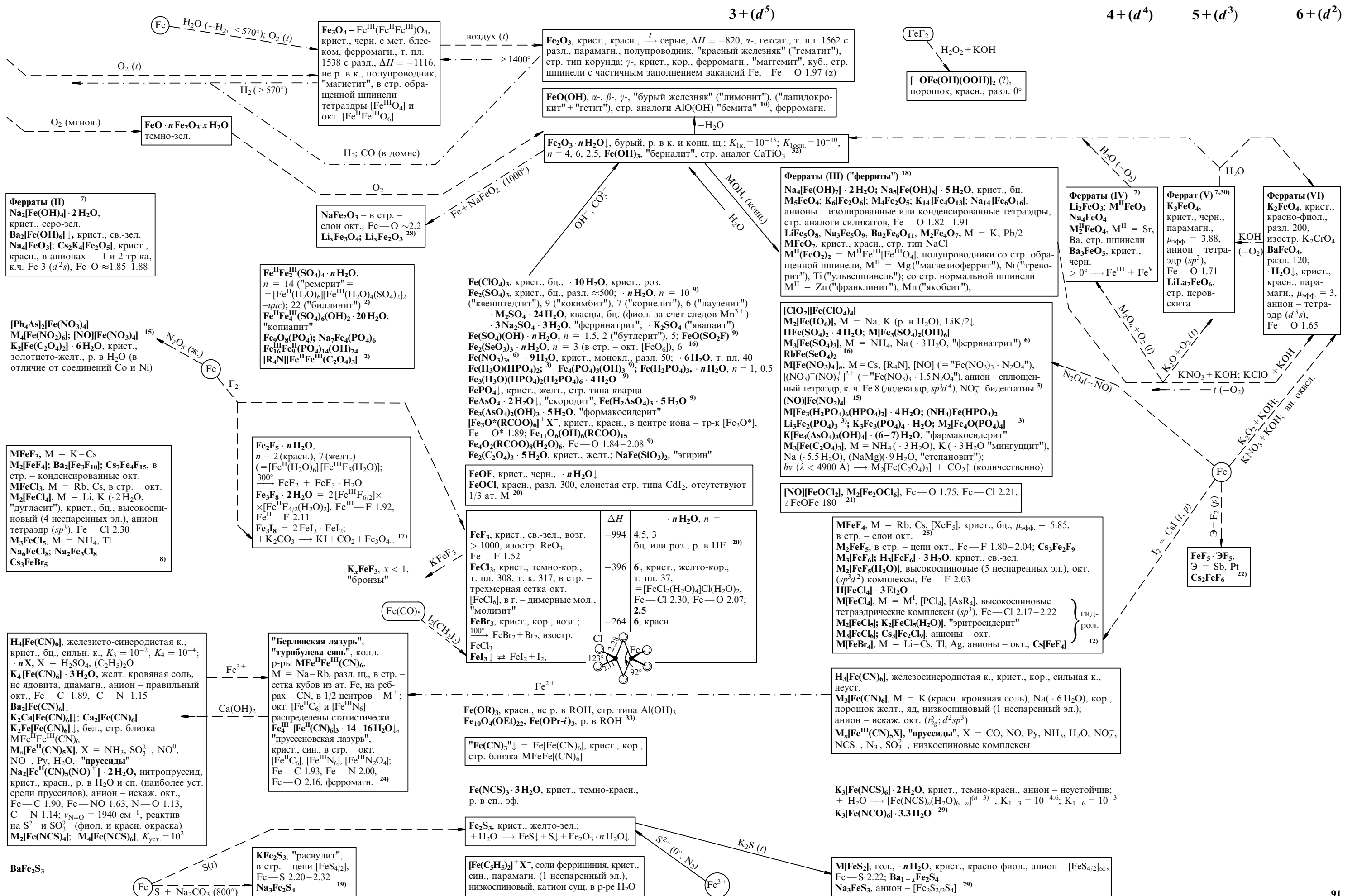
Au₂S₃, черн., гидрол.; $200^\circ \rightarrow Au + S$
Au(NH₂)₂Cl, воспл. при t

[Au₂O₃ · xNH₃]
Au(NH₂)_nX_m(NH₃)_p ↓, "гремящее золото", желт-бур., взр., не р. в конц. к.
Au Γ_3 · 2Am = $[Au\Gamma_2Am]^\pm \Gamma^-$, Am = Py, Phen, катион - квадрат

M[Au(CN)₂Cl₂]-транс
K[Au(CN)₄], $200^\circ \cdot H_2O$, крист., бц. анион - квадрат, Au - C 1.97, $\angle AuCN$ 140
H[Au(CN)₄] · 3H₂O, р. в сп., эф.; $\xrightarrow{I} Au + \dots$
H[Au(SCN)₄] · 2H₂O, крист., красн.
K[Au(SCN)₄], крист., оранжев., $K_{уст} = 10^{42}$
NaAuS₂ · 4H₂O, крист., бц.

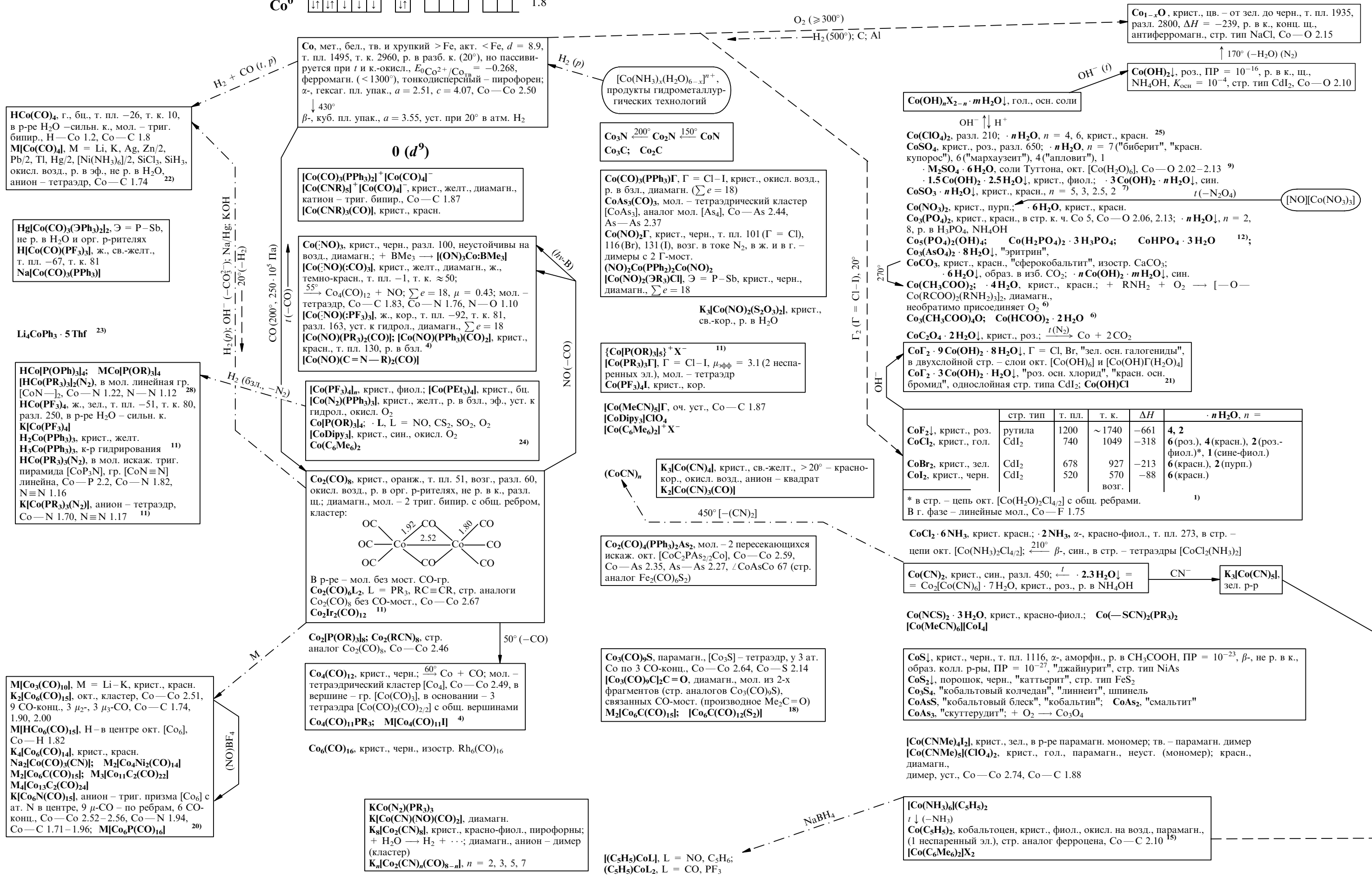
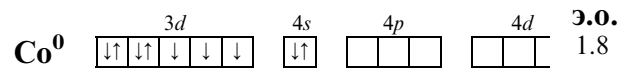
[Au(CN)₂]⁻, бц., линейный ион, $K_{уст} = 10^{39}$
[AuCl₄]⁻, св.-желт., диамагн. ион, квадрат, сильн. окисл., $K_{уст} = 10^{22}$
[AuCl₃(OH)]⁻, красно-кор. ион,
 $\downarrow OH^-$
Au₂O₃ · nH₂O ↓,
 $\downarrow H_2O \uparrow OH^-$
[Au(OH)₄]⁻, желт., диамагн. ион, квадрат (dsp^2)
 $\downarrow NH_3 + NH_4NO_3$
[Au(NH₃)₄]³⁺, бц. ион, $K_{уст} = 10^{30}$
[Au(H₂O)₄]³⁺¹⁵

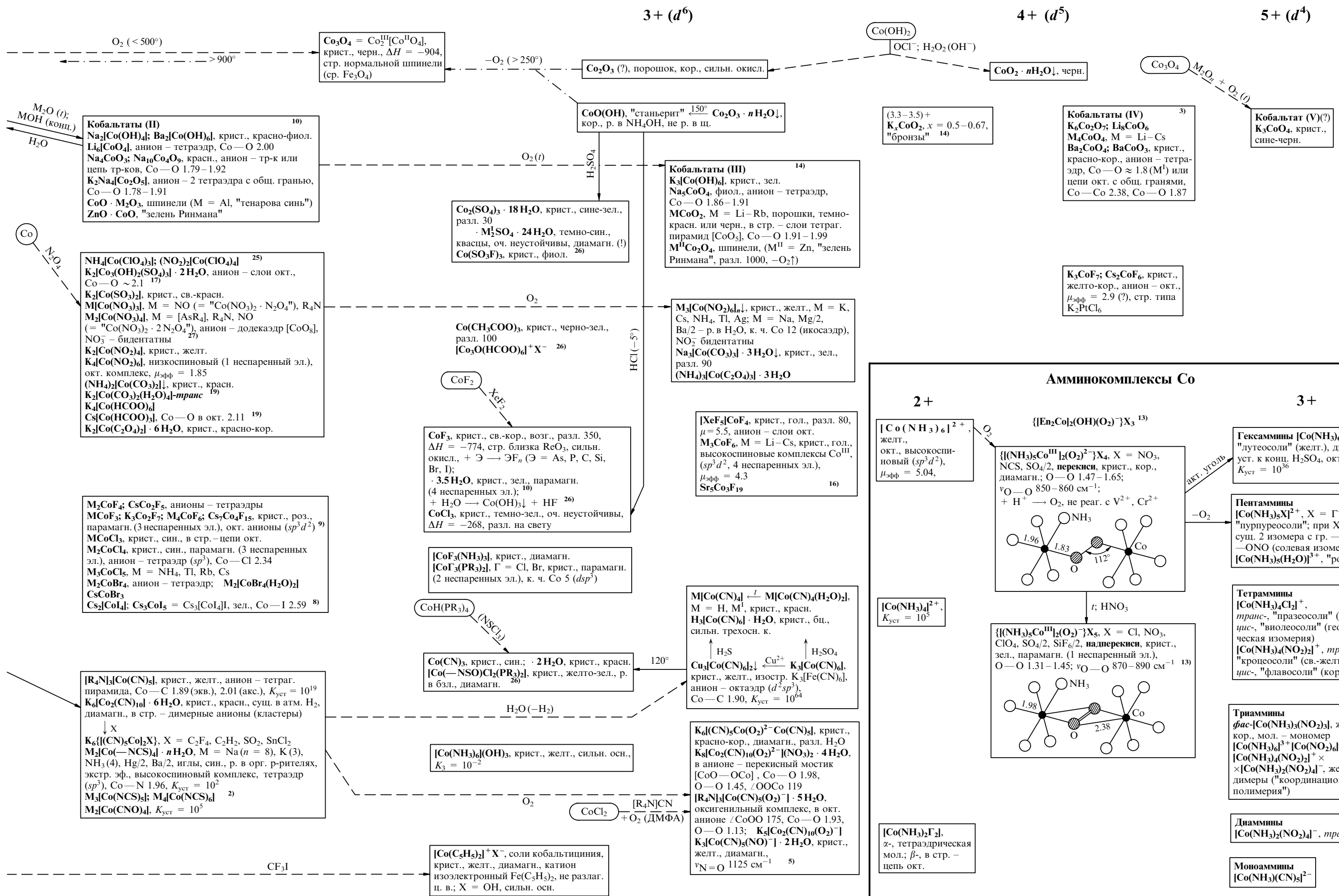
[Au(CN)₅]²⁻ \rightleftharpoons [Au(CN)₆]³⁻
 $H_2O \uparrow OH^- + CN^-$
[Au(CN)₄]⁻, бц. ион, квадрат, $K_{уст} = 10^{56}$
 $\uparrow CN^- (-Cl^-)$
[AuCl₄]⁻, св.-желт., диамагн. ион, квадрат, сильн. окисл., $K_{уст} = 10^{22}$
 $Cl^- \uparrow H_2O$
[AuCl₃(OH)]⁻, красно-кор. ион,
 $\downarrow OH^-$
Au₂O₃ · nH₂O ↓,
 $\downarrow H_2O \uparrow OH^-$
[Au(OH)₄]⁻, желт., диамагн. ион, квадрат (dsp^2)
 $\downarrow NH_3 + NH_4NO_3$
[Au(NH₃)₄]³⁺, бц. ион, $K_{уст} = 10^{30}$
[Au(H₂O)₄]³⁺¹⁵



КОБАЛЬТ

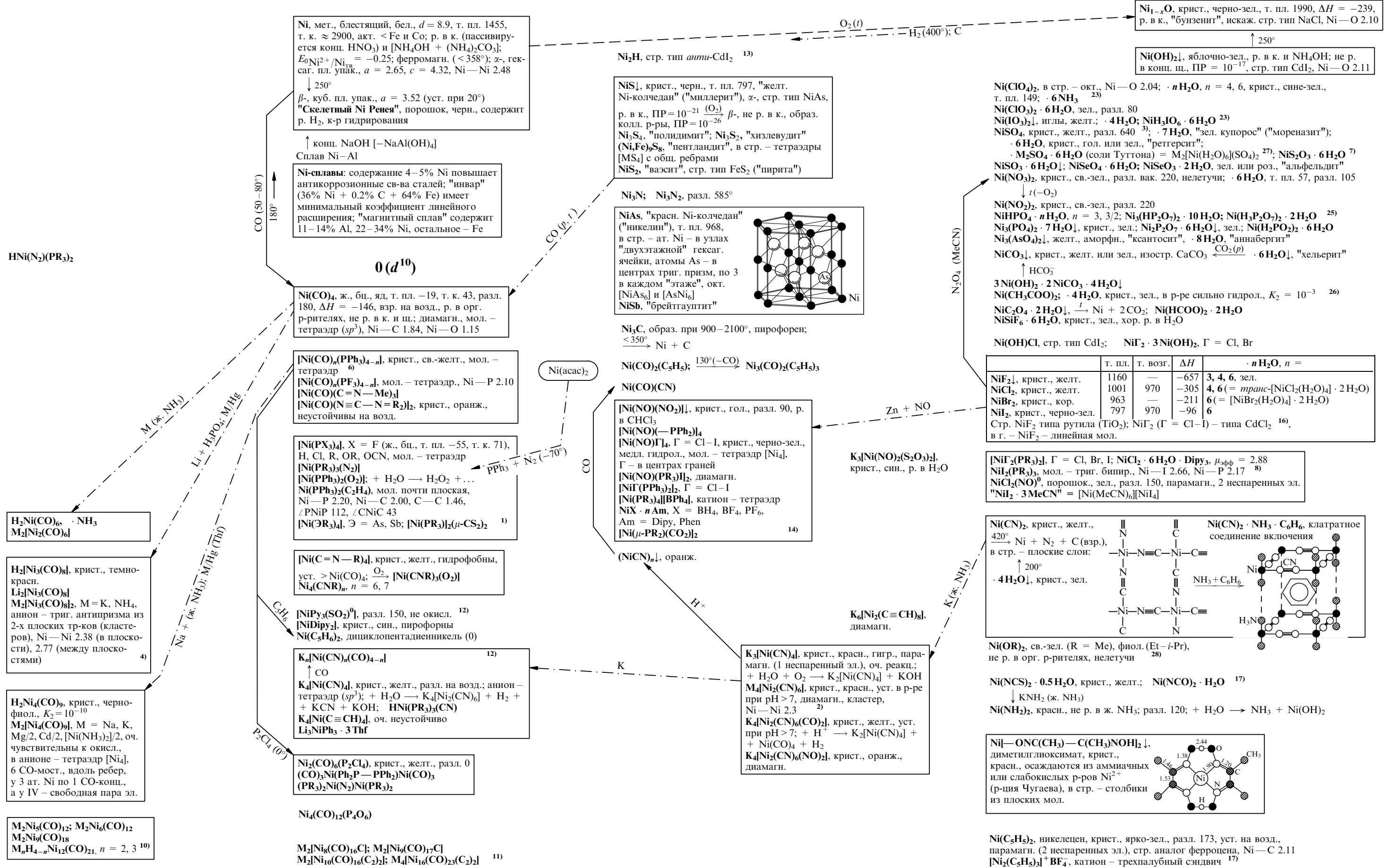
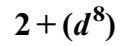
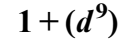
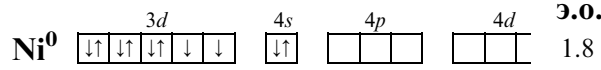
Ионы Co в водном растворе см. с. 96

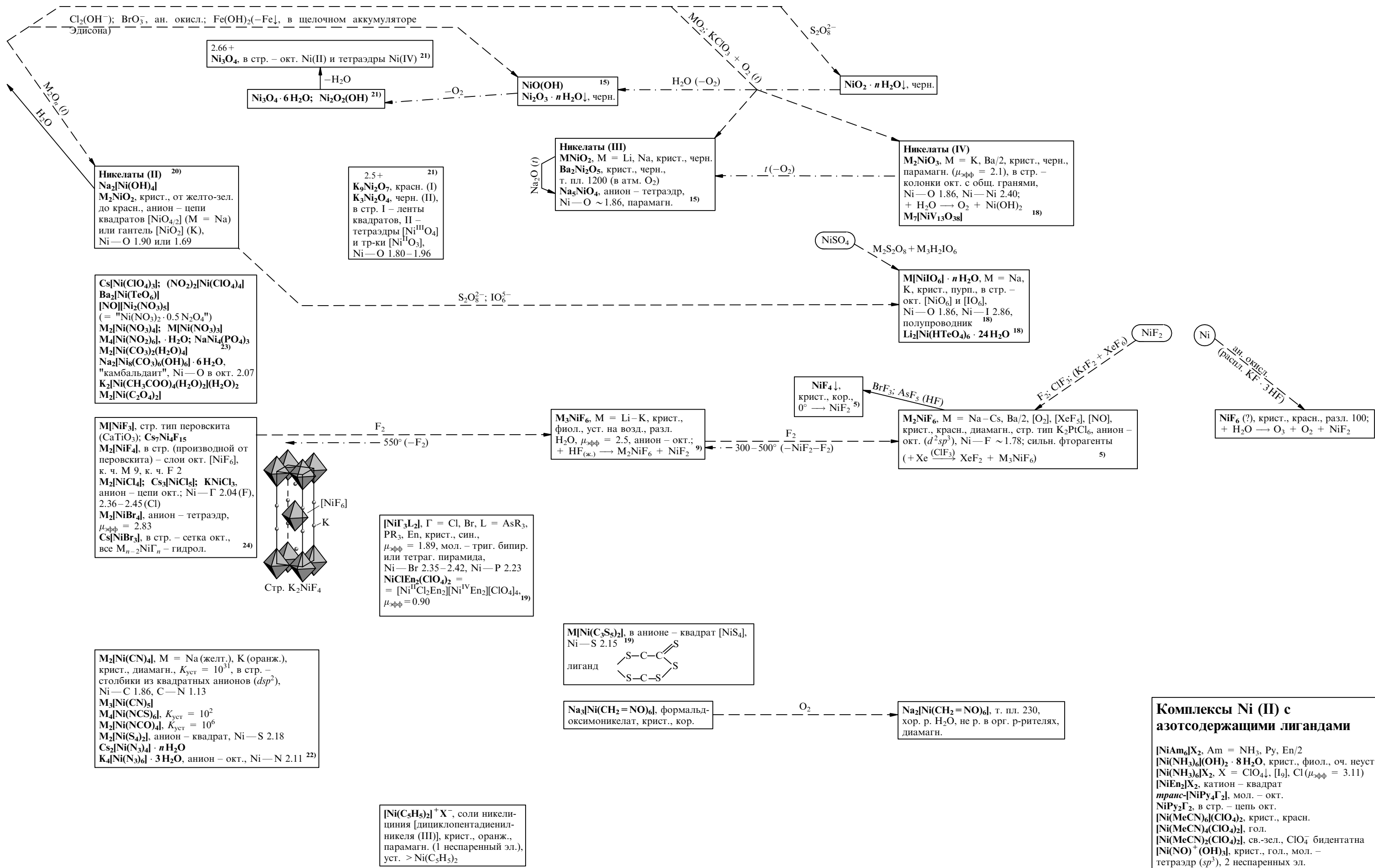




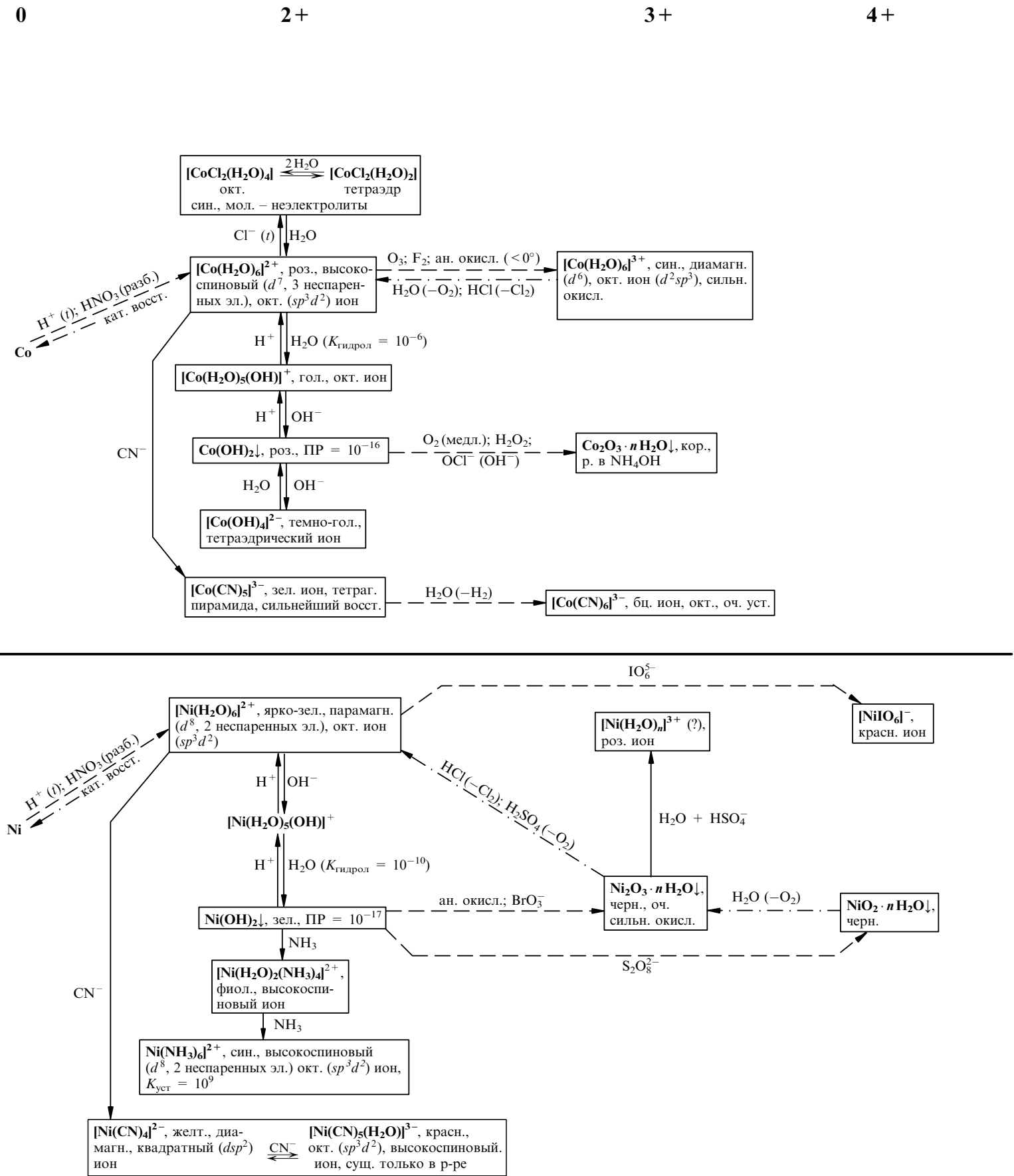
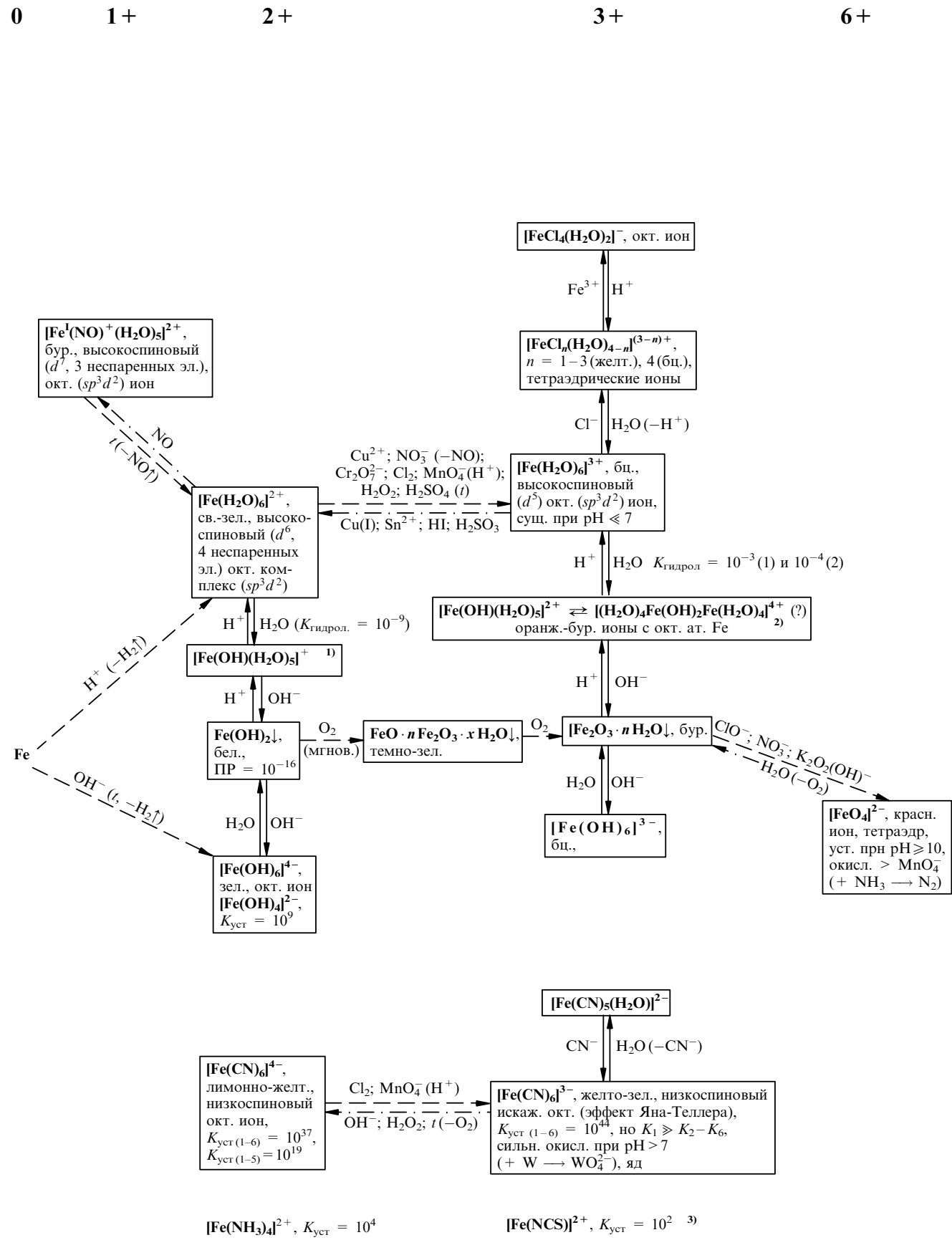
НИКЕЛЬ

Ионы Ni в водном растворе см. с. 96



3+ (d^7)4+ (d^6)6+ (d^4)

ИОНЫ ЖЕЛЕЗА, КОБАЛЬТА И НИКЕЛЯ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ



ИОНЫ РУТЕНИЯ И ОСМИЯ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ

0

2+

3+

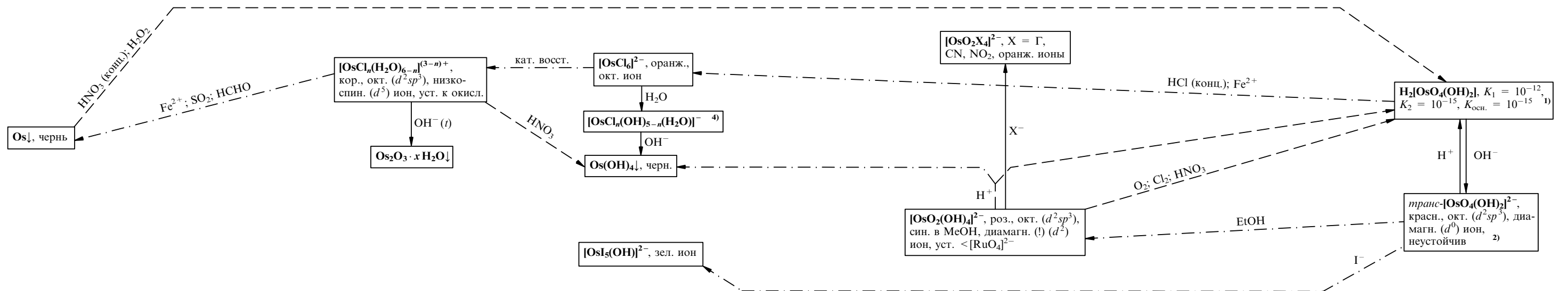
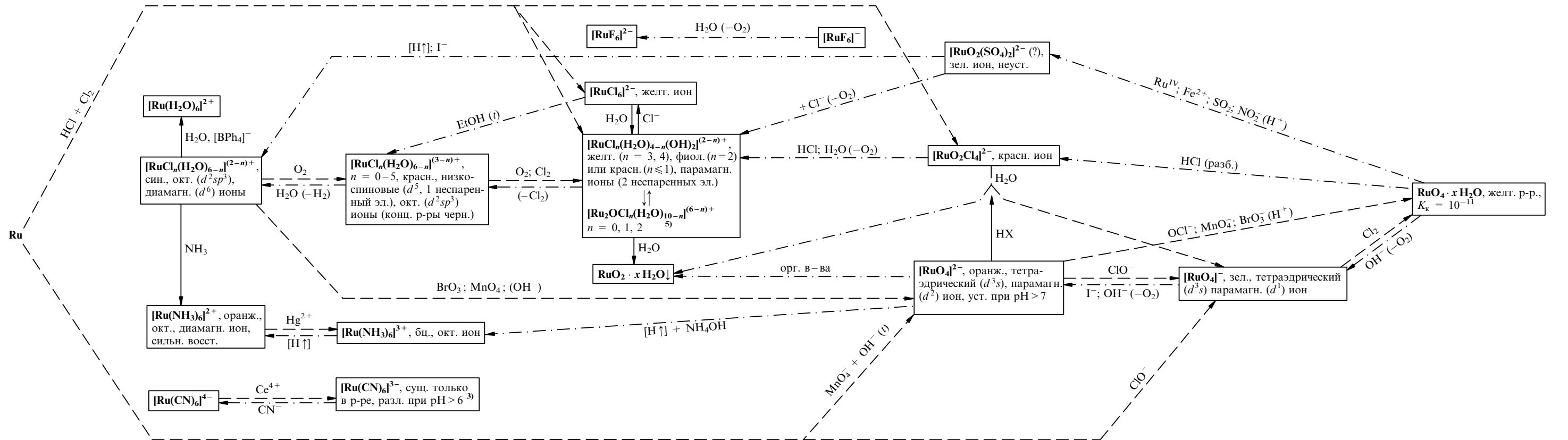
4+

5+

6+

7+

8+



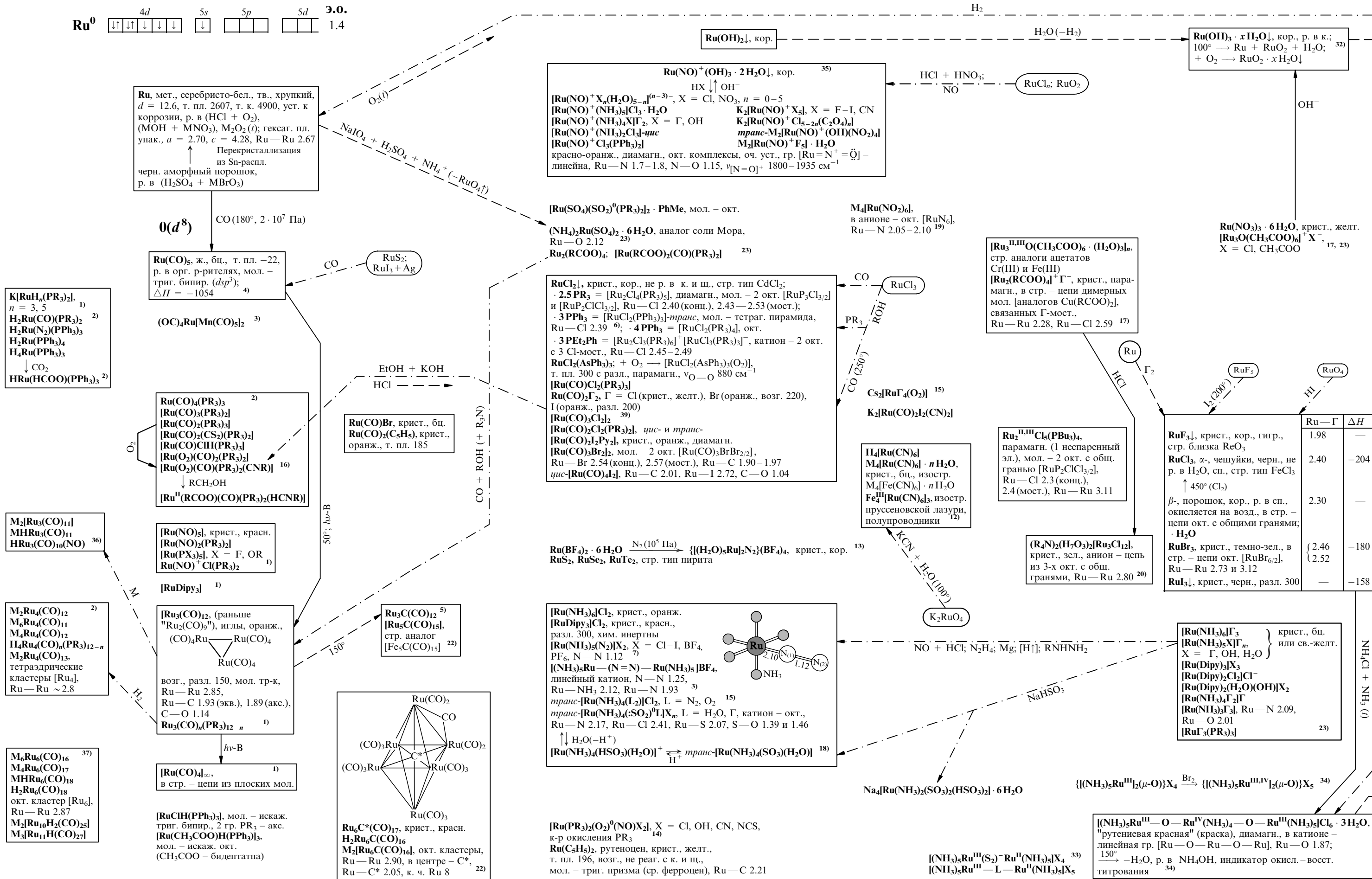
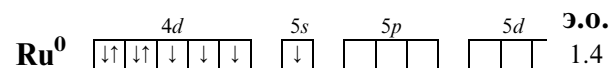
РУТЕНИЙ

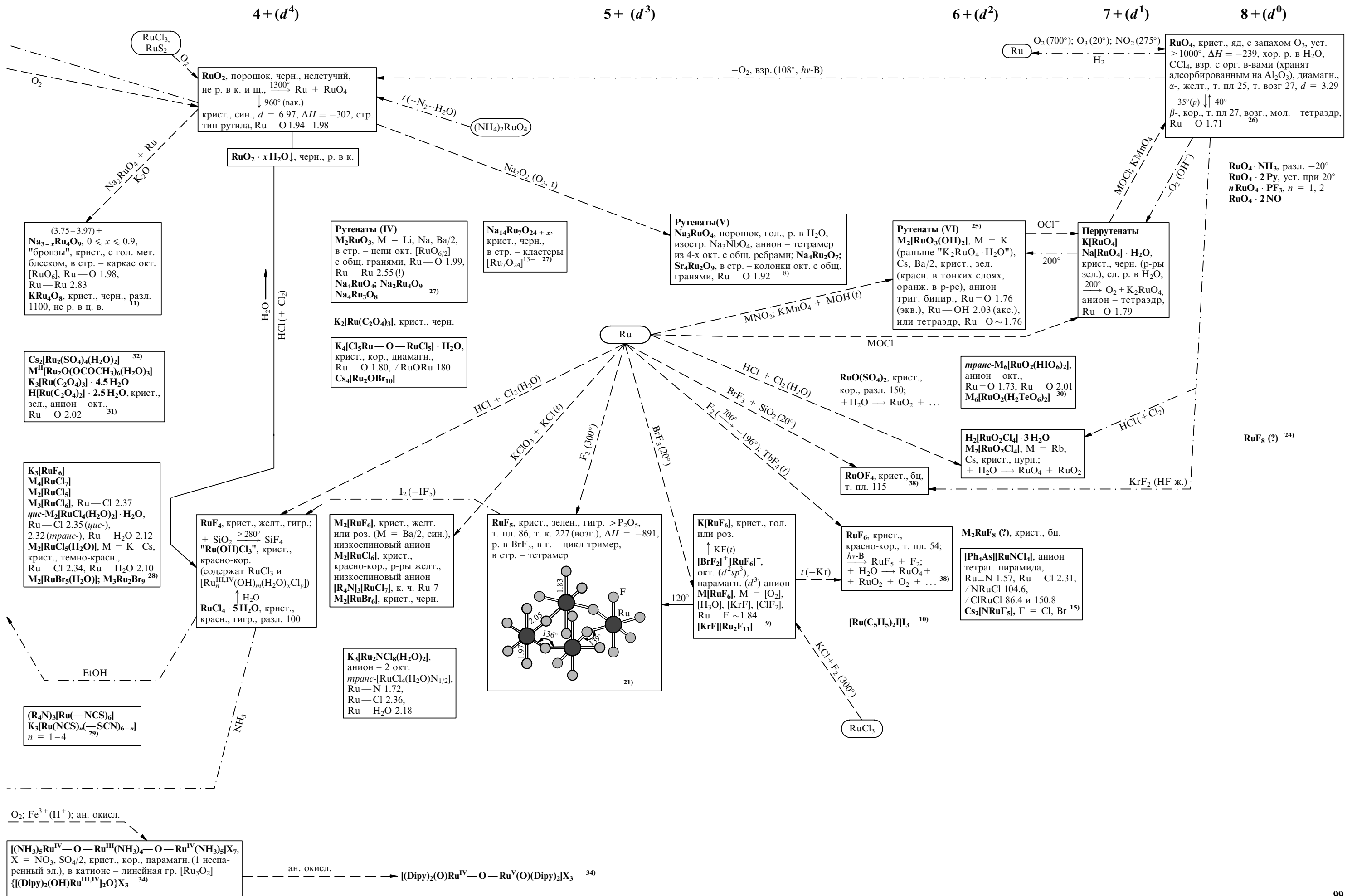
Ионы Ru в водном растворе см. с. 97

1 + (d⁷)

2 + (d⁶)

3 + (d⁵)



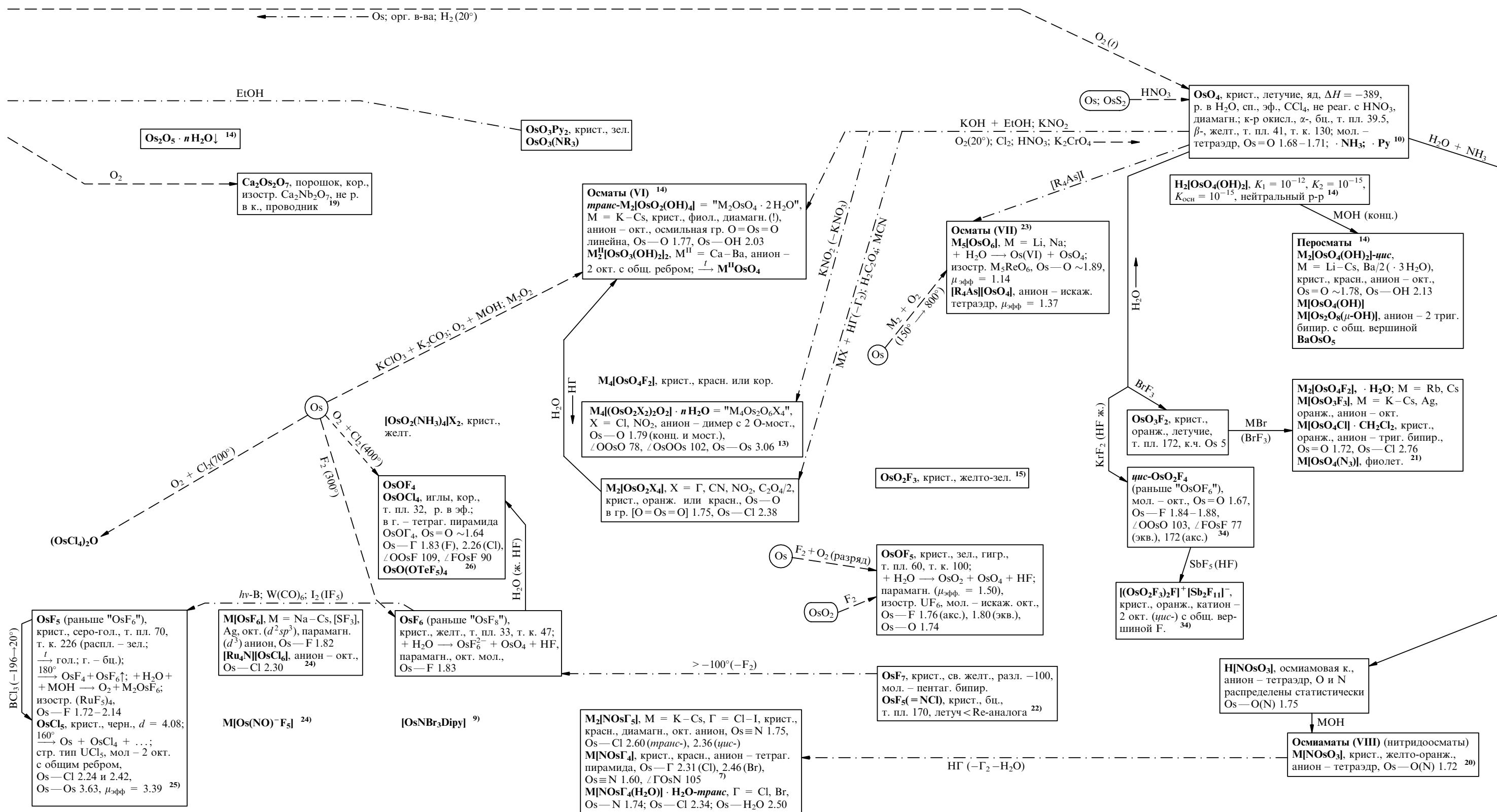


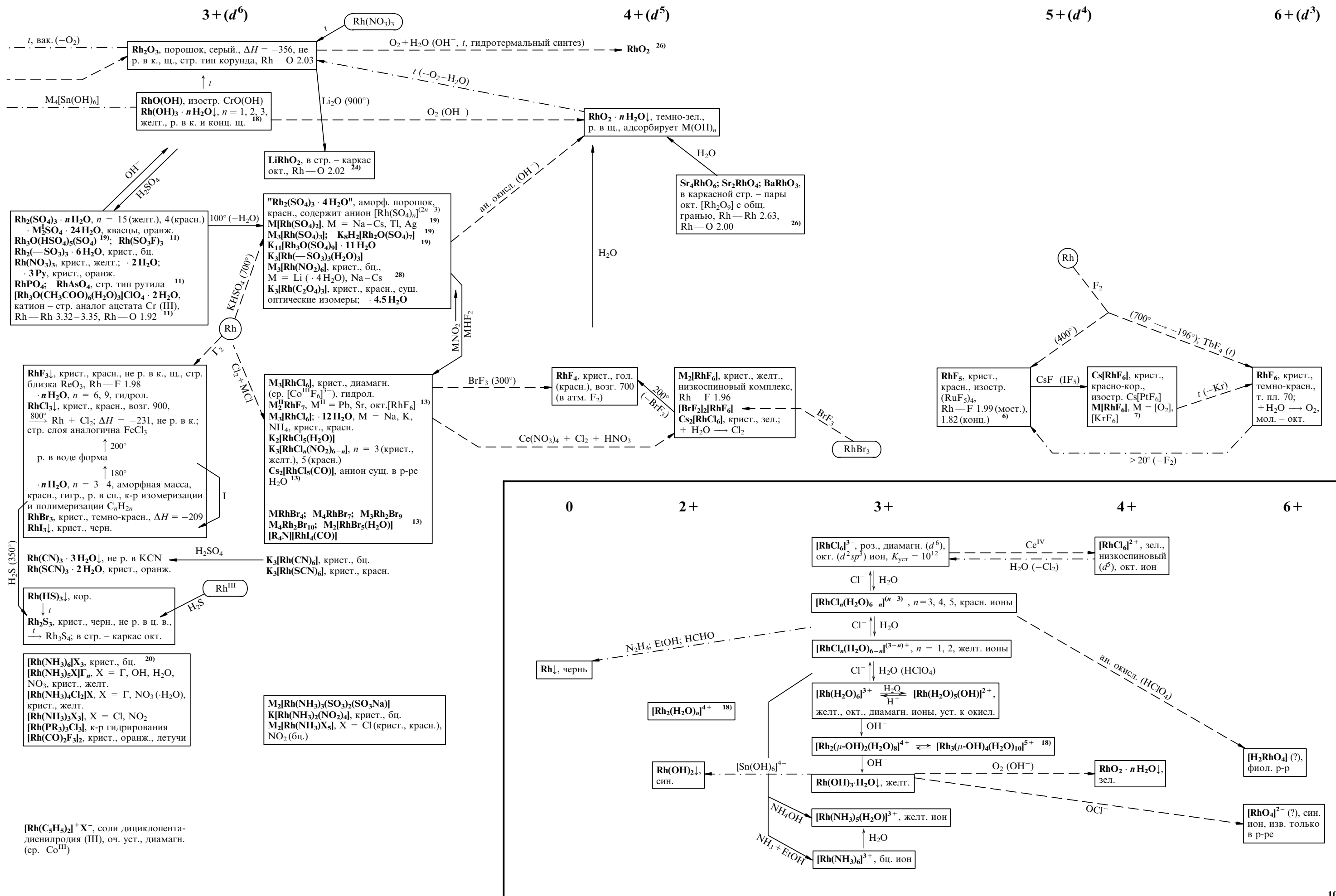
5 + (d³)

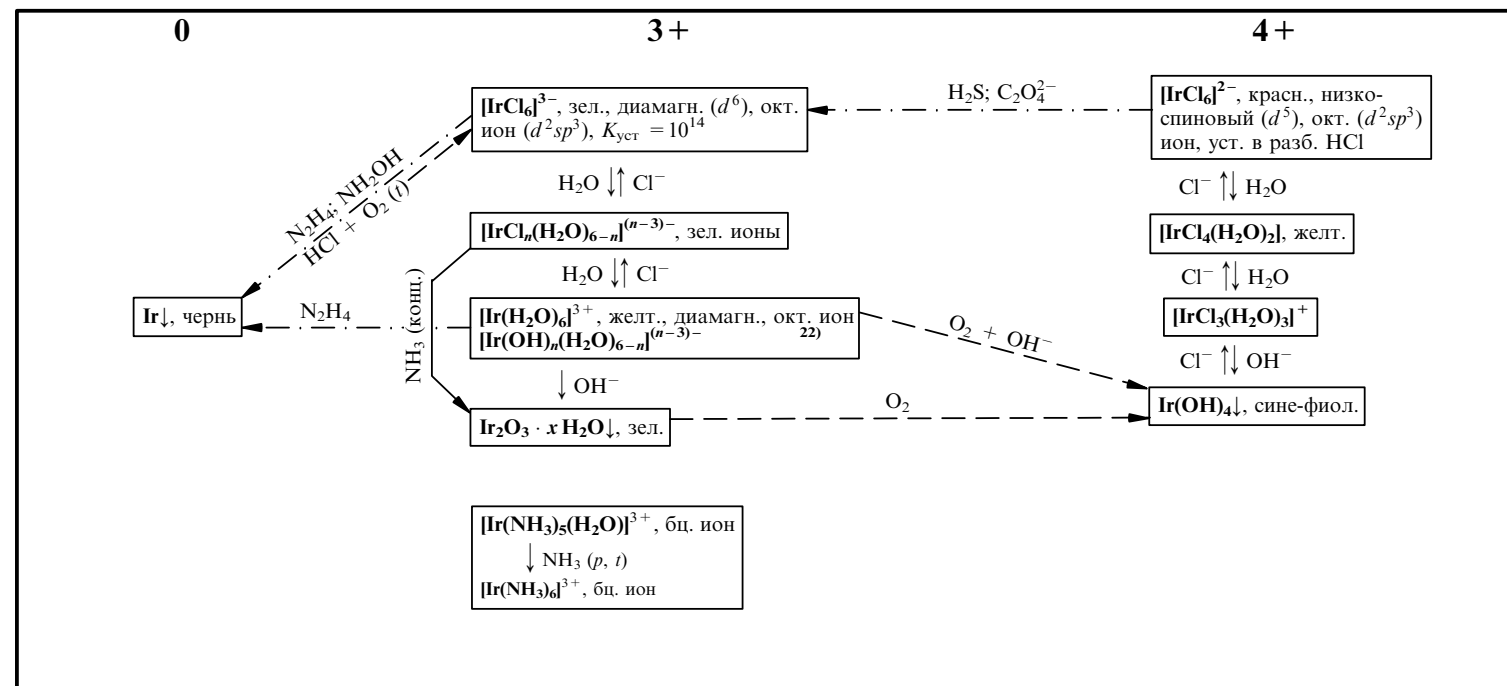
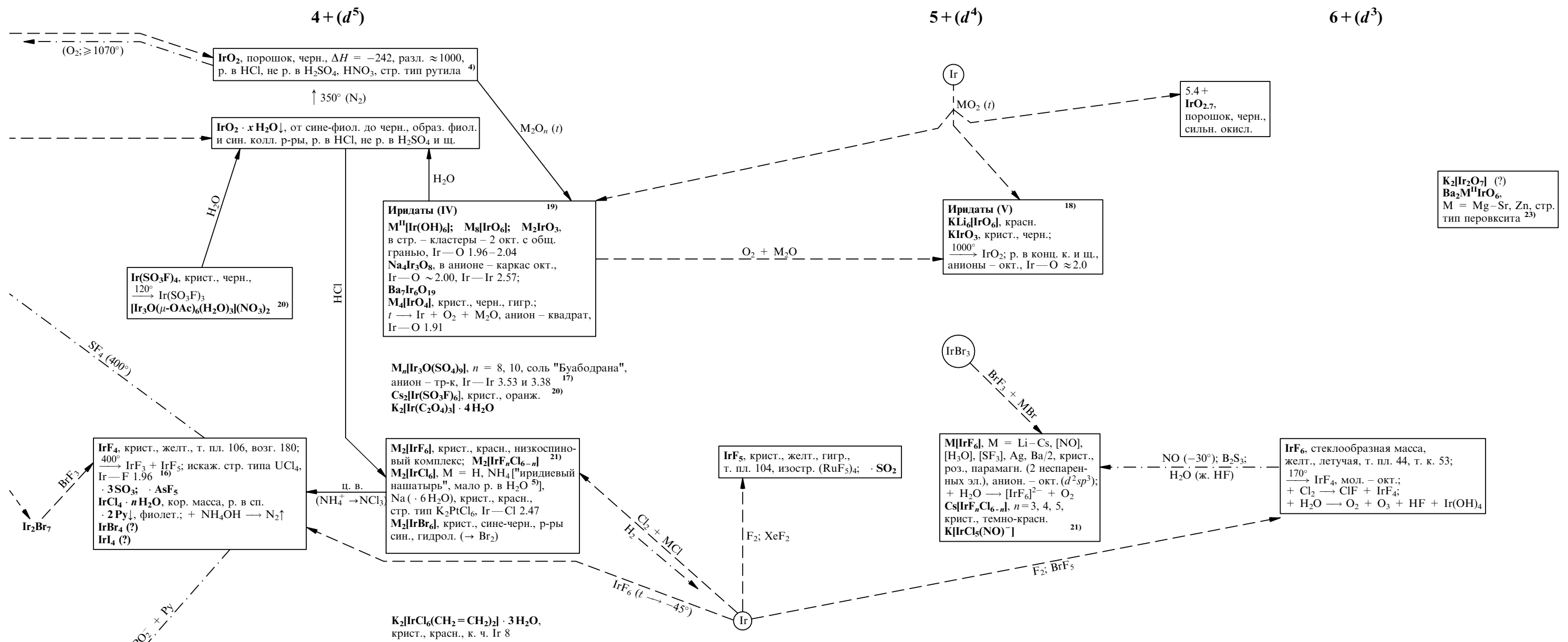
6 + (d²)

7 + (d¹)

8 + (d⁰)





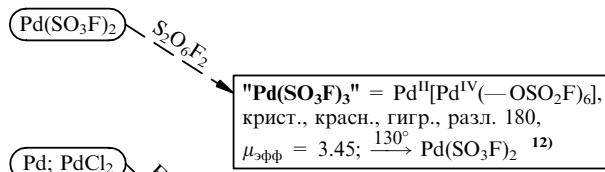


"3+" и 3+ (d^7)

4+ (d^6)

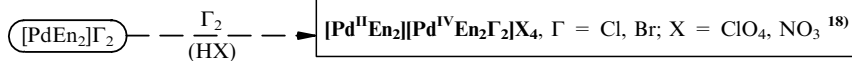
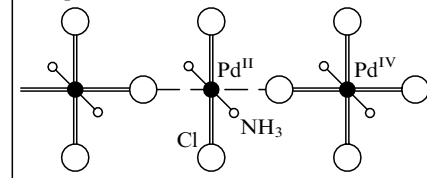
5+ (d^5)

(2.33–2.66)+
 M, Pd_3O_4
M = Li–K, Tl
крст., черн. ²⁾



$Na[PdF_4]; M_2M'[PdF_6]$,
(M, M') = (K, Li), (K, Na), (Cs, K),
изостр. $K[BrF_4]$ и $K_2Na[AlF_6]$,
анионы – окт. (t_{2g}^6, e_g^1) Pd^{3+} ¹⁷⁾

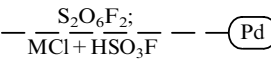
$[Pd^{II}(NH_3)_4][Pd^{IV}Cl_6]$
" $Pd\Gamma_3 \cdot 2NH_3$ " = $[Pd^{II}(NH_3)_2\Gamma_2][Pd^{IV}(NH_3)_2\Gamma_4]$,
 $\Gamma = Cl, Br$, в стр. – цепи чередующихся окт. и
квадратов



$PdO_2 \cdot nH_2O \downarrow$, темно-красн.,
свежеосажденный – р. в к. и щ.,
сильн. окисл.

Палладаты (IV) ²⁾
 $M_2Pd(OH)_6; \xrightarrow{-H_2O} M_2O + PdO_{1.63}$
 M_2PdO_3 , M = Na–Rb, диамагн., изостр. Li_2MnO_4

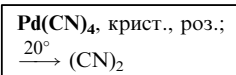
$M_2[Pd(SO_3)_2(OH)_2]$, M = Na, K, крст., кор., неуст.
 $M_2[Pd(SO_3F)_6]$, M = Cs, [NO], [ClO₂], Ba/2 ¹²⁾
 $K_2[PdO(C_2O_4)_2] \cdot 2H_2O$, крст., красн.
 $M_2[Pd(C_2O_4)_2Cl_2]$, M = Na, K, крст., желт.



$MPdF_6$, M = Na, [O₂] ¹⁹⁾

PdF_4 , крст., красн.,
искаж. стр. тип UCl_4
(к. ч. Pd 8), $Pd-F 1.94, 2.00$;
 $+ H_2O \rightarrow O_2$ ¹⁶⁾

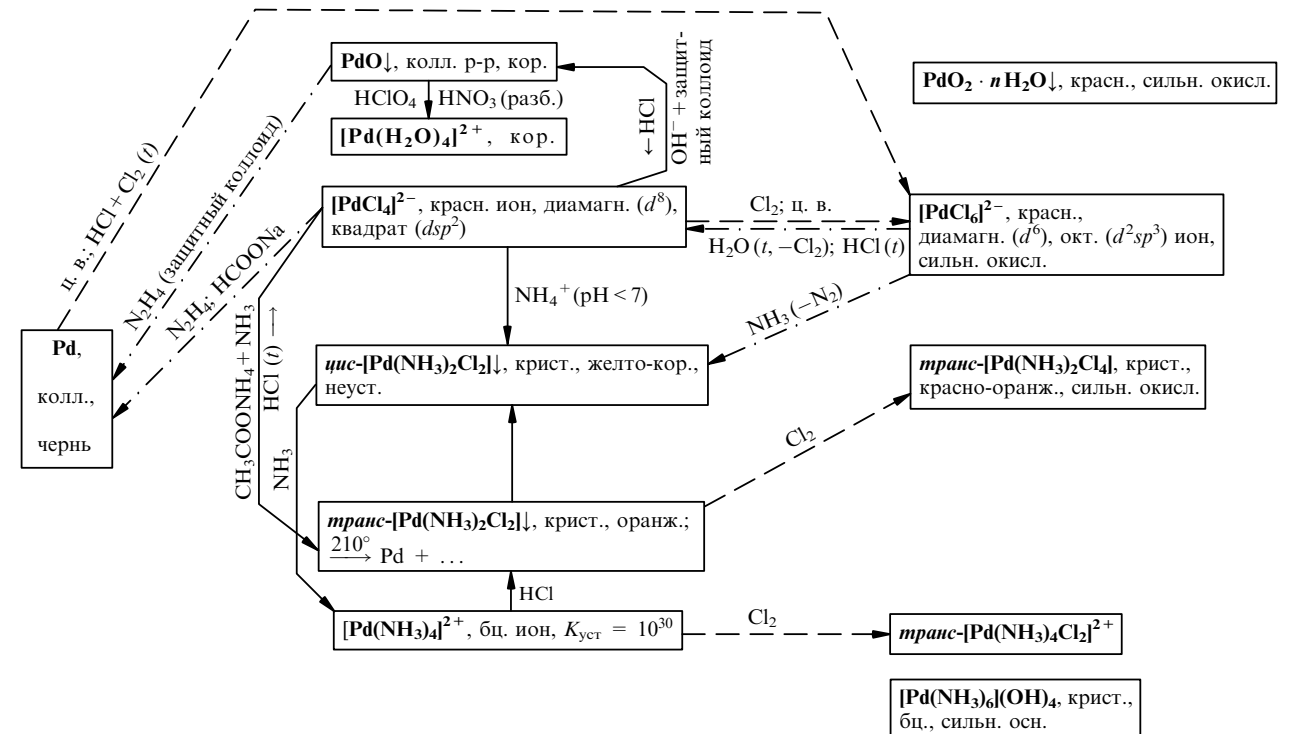
$M_2[PdF_6]$, M = K–Cs, $M^{II}/2, Xe/2$ ⁶⁾,
крст., желт., диамагн., анион – окт., $Pd-F 2.1$
 $\uparrow MF(SeF_4)$
 $[SeF_3]_2[PdF_6]; \xrightarrow{155^\circ} PdF_2 + SeF_4 \uparrow + SeF_6 \uparrow$
 $[XeF]^+ [Pd_2F_9]^-; \xrightarrow{280^\circ} XeF_4 + PdF_3$ ⁶⁾
 $H_2[PdCl_6]$, сущ. в разб. р-ре, черн.;
 $+ H_2O \rightarrow Cl_2 + PdCl_2$
 $M_2[PdCl_6]$, крст., красн., диамагн.,
стр. тип K_2PtCl_6 , $Pd-Cl 2.30$;
 $+ H_2O(t) \rightarrow M_2PdCl_4 + Cl_2$
 $M_2[PdBr_6]$

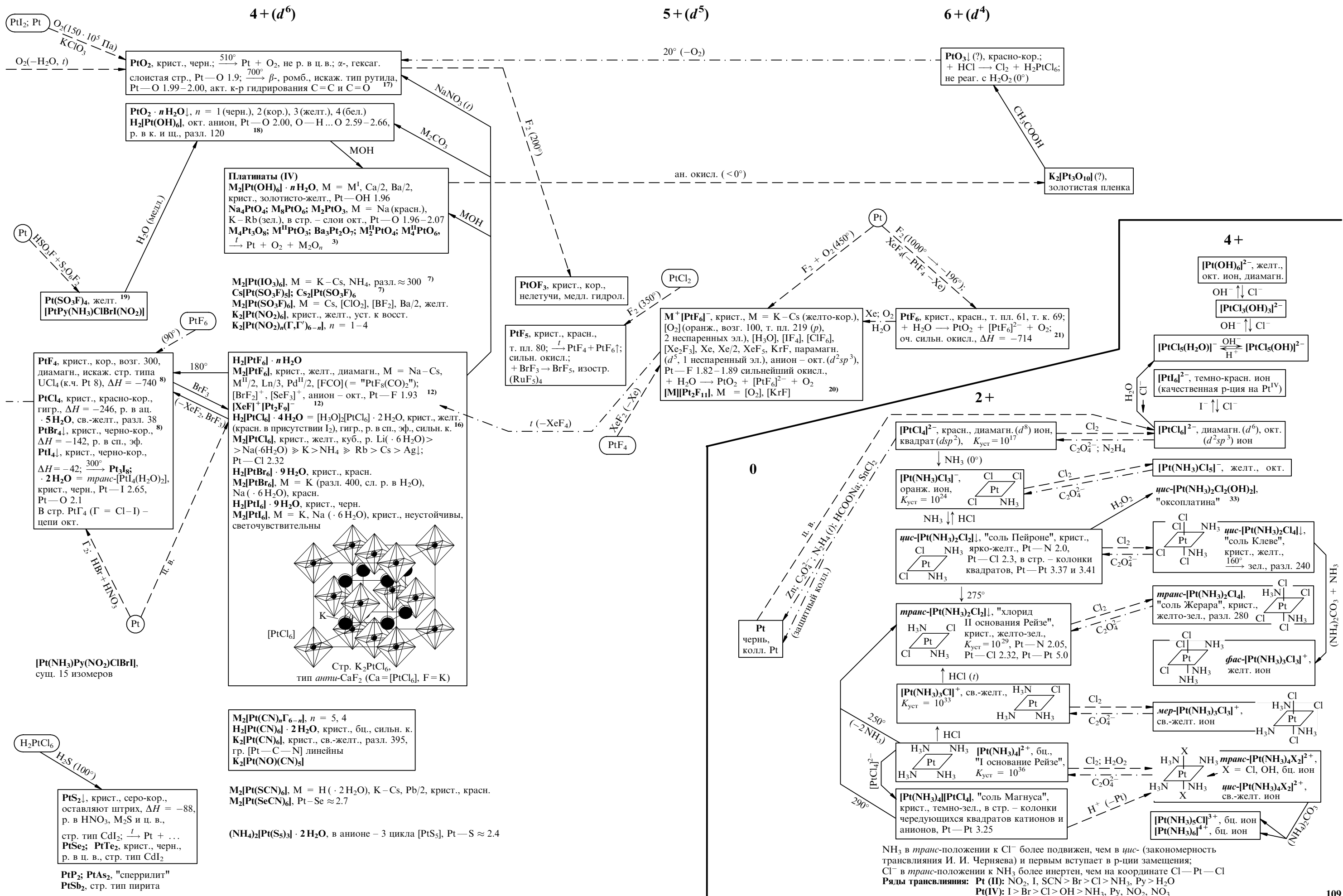


0

2+

4+

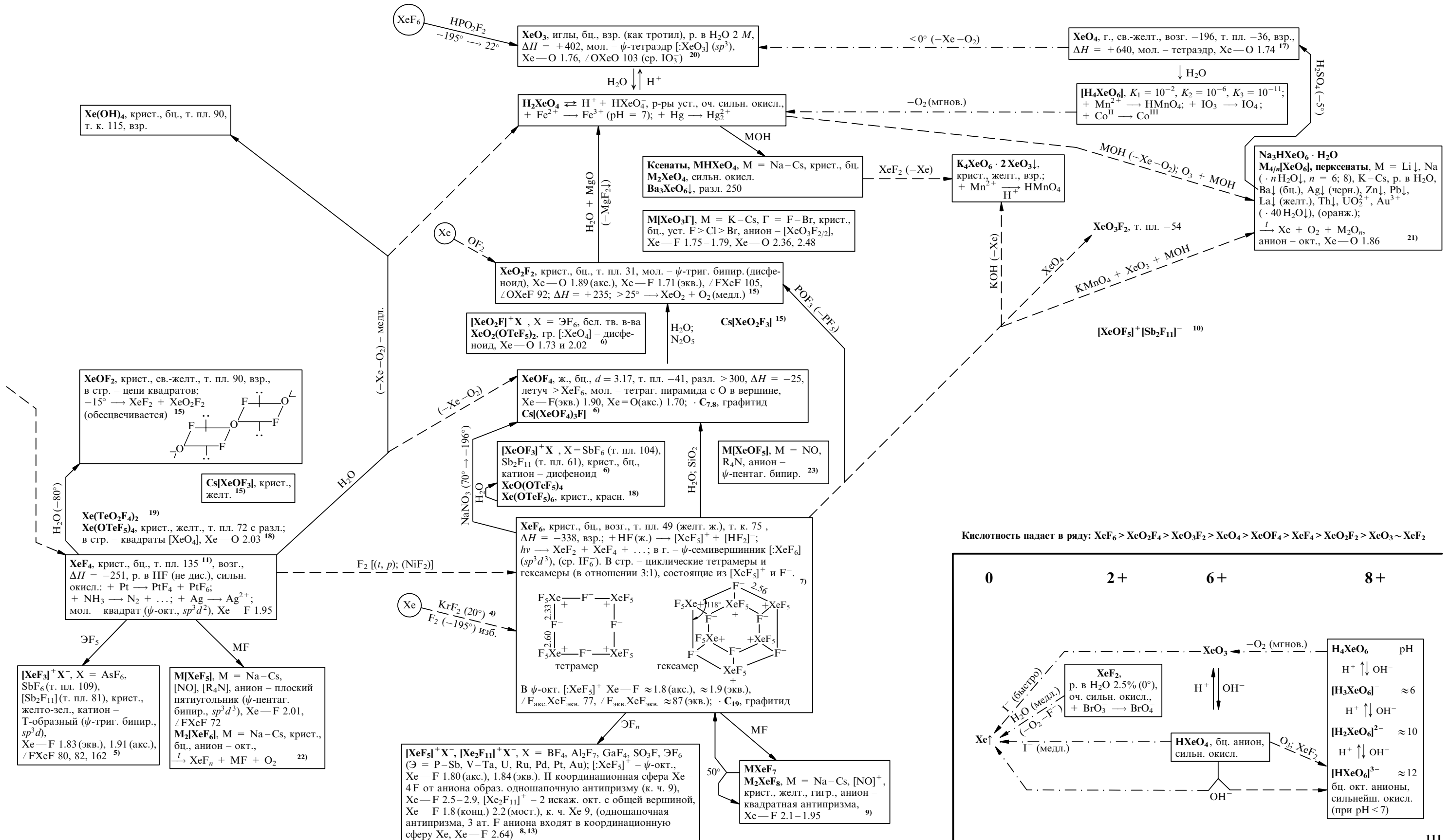




4+

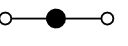
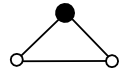
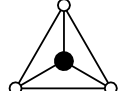
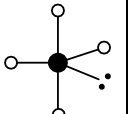
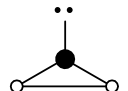
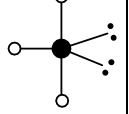
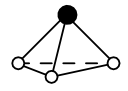
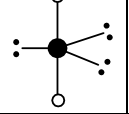
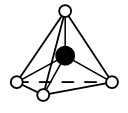
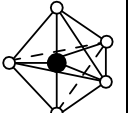
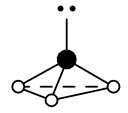
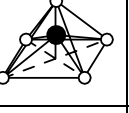
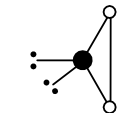
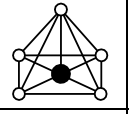
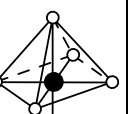
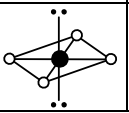
6+


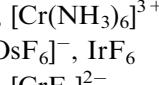
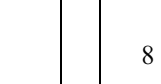
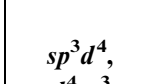
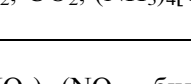
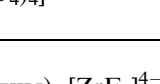
8+


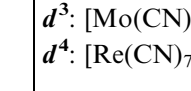

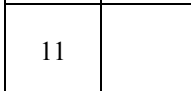
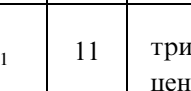
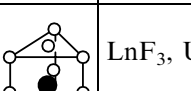
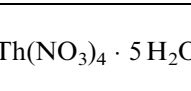


ВАЛЕНТНЫЕ СОСТОЯНИЯ (ТИПЫ ГИБРИДИЗАЦИИ) И КООРДИНАЦИОННЫЕ МНОГОГРАННИКИ ЦЕНТРАЛЬНОГО АТОМА

(E – локализованная пара эл.)

Число эл. пар	Валентное состояние, валентный угол	Тип молекулы или иона	К. Ч.	Пространственная конфигурация	Примеры	Число эл. пар	Валентное состояние, валентный угол	Тип молекулы или иона	К. Ч.	Пространственная конфигурация	Примеры	
2	sp , 180° $7s5f$, 180°	AX_2	2 2	линейная (гантель) 	BeF_2 , $\Gamma = F-I(r.)$, CO_2 , N_2O , $[NO_2]^+$ d^{10} : $ZnCl_2(r.)$, $HgCl_2$, $[Ag(NH_3)_2]^+$, d^0 : $[UO_2]^{2+}$, $[NpO_2]^{2+}$, $[PuO_2]^{2+}$	5	sp^3d , 120° (экв.), 90° (акс.)	AX_5	5	триг. бипир.	$AlH_3 \cdot 2NR_3$, $[SnCl_5]^-$, $PF_5(r.)$, SOF_4 , $[IO_5]^{3-}$, ClO_2F_3	
2	p^2 , 90°	AX_2	2	угловая 	H_2S , H_2Se , $[TiCl_2]^-$			AX_5	5	тетраг. пирамида	$[InCl_5]^{2-}$	
3	sp^2 , 120° d^2s , 120°	AX_3	3	плоский тр-к 	$K[BeF_3](r.)$, BF_3 , $[BO_3]^{3-}$, B_2Cl_4 , $[CO_3]^{2-}$, C_2H_4 , $[NO_3]^-$, $SO_3(r.)$, $[O(HgCl)_3]^+$; d^{10} : $[HgI_3]^-$ d^6 : $[FeO_3]^{4-}$ d^0 : $ScF_3(r.)$			AX_4E	4	дисфеноид (ψ -триг. бипир.) 	$[PBr_4]^-$, $[SbF_4]^-$, SF_4 , $TeCl_4$, $[GO_2F_2]^-$, $[GF_4]^+$, FOF_3 , $XeO_2F_2(2F-акс)$, XeO_3F	
		AX_2E	2	угловая (ψ -тр-к) 	$SnF_2(r.)$, $[NO_2]^-$, N_2F_2 , O_3 , $SO_2(r.)$, ClO_2^+			AX_3E_2	3	T-образная (ψ -триг. бипир.) 	ClF_3 , BrF_3 , $[XeF_3]^+$, $XeOF_2$	
3	p^3 , 90°	AX_3	3	триг. пирамида 	PH_3 , $AsF_3(r.)$			AX_2E_3	2	линейная (ψ -триг. бипир.) 	$[ICl_2]^-$, $[I_3]^-$, XeF_2	
4	sp^3 , $\approx 109^\circ 28'$	AX_4	4	тетраэдр 	$[Be(H_2O)_4]^{2+}$, $[OBe_4]$ в мол. $Be_4O(OAc)_6$; $[BF_4]^-$, $[AlCl_4]^-$, CH_4 , $[SiO_4]^{4-}$, NOF_3 , $[SO_4]^{2-}$, $[ClO_4]^-$ d^{10} : $Ni(CO)_4$, $[Cu(CN)_4]^{3-}$, $[Zn(CN)_4]^{2-}$, $[GaH_4]^-$, $GeCl_4$, $[AsO_4]^{3-}$, $[SeO_4]^{2-}$, $[BrO_4]^-$, XeO_4 d^9 : $Co(CO)_3(NO)$, $Cs_2[CuCl_4]$ d^8 : $[Fe(CO)_2(NO)_2]$, $[Co(CO)_4]^-$, $[NiCl_4]^{2-}$ d^7 : $[Mn(CO)(NO)_3]$, $[CoCl_4]^{2-}$ d^6 : $[FeCl_4]^{2-}$; d^5 : $[MnCl_4]^{2-}$; d^3 : $[FeO_4]^{3-}$			AX_5	5	триг. бипир. 	d^8 : $[Mn(CO)_5]^-$, $Fe(CO)_5$, $[Co(CO)_3(PR_3)_2]^+$, $[Pt(SnCl_3)_5]^{3-}$, $[CuCl_5]^{3-}$ ($3d^9 \rightarrow 3d^8 4d^1$) d^7 : $Mn(CO)_4(NO)(r.)$, $[NiBr_3(PEt_3)_2]$	
		AX_3E	3	триг. пирамида (ψ -тетраэдр) 	NH_3 , NF_3 , N_2F_4 , $[AsO_3]^{3-}$, $[H_3O]^+$, $SOCl_2$, $[SO_3]^{2-}$, $[Se_n]$, $[SeO_3]^{2-}$, $[IO_3]^-$, $[BrO_3]^-$, XeO_3			AX_5	5	тетраг. пирамида (центральный ат. над центром квадрата) 	d^6 : $[RuCl_2(PR_3)_3]$ d^4 : $[Et_4N]_2[MnCl_5]$	
		AX_2E_2	2	угловая (ψ -тетраэдр) 	H_2O , OF_2 , $[S_n]$, SCl_2 , TeF_2 , $[ClF_2]^+$, $[ClO_2]^-$, XeO_2			d^3sp	AX_5	5	триг. бипир.	d^0 : $NbCl_5$, VF_5
		AX_4	4	тетраэдр	d^2 : $Cr(OC_4H_9-t)_4$, $[MnO_4]^{3-}$, $[FeO_4]^{2-}$ d^1 : VCl_4 , $[CrO_4]^{3-}$, $[MnO_4]^{2-}$, $[RuO_4]^-$ d^0 : $TiCl_4$, $[VO_4]^{3-}$, $[CrO_4]^{2-}$, $[MnO_4]^-$, OsO_4			d^4s , 90°	AX_5	5	тетраг. пирамида 	d^2 : $VCl_3(SMe_2)_2$, $[Mo(CN)_5]^-$, $[ReO_4]^-$
		d^3s , $109^\circ 28'$	AX_4	4	тетраэдр			d^8 : $[Co(CN)_4]^{3-}$, $[Ni(CN)_4]^{2-}$, $[PtCl_4]^{2-}$, CuO , $[Au(OH)_4]^-$	6	sp^3d^2 , 90°	AX_6	6
sp^3 , $\approx 103^\circ$	AX_3E	3	триг. пирамида (ψ -тетраэдр)	AX_5E	5	тетраг. пирамида (центральный ат. в центре или под центром квадрата) (ψ -окт.) 	$[SbF_5]^{2-}$, $[SF_5]^-$, GF_5 , $[FOF_4]^-$, $[XeF_5]^+$					
sp^3 , $\approx 103^\circ$	AX_2E_2	2	угловая (ψ -тетраэдр)	AX_4E_2	4	квадрат (ψ -окт.) 	$[ICl_4]^-$, XeF_4					
d^3s , $109^\circ 28'$	AX_4	4	тетраэдр									

Число эл. пар	Валентное состояние, валентный угол	Тип молекулы или иона	К. Ч.	Пространственная конфигурация	Примеры
6	d^2sp^3 , 90°	AX_6	6	окт. 	низко-спиновые d^7 : $[\text{Os}(\text{NH}_3)_6]^+$, $[\text{NiF}_6]^{3-}$ d^6 : $\text{Cr}(\text{CO})_6$, $[\text{Mn}(\text{CN})_6]^{5-}$, $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$, $[\text{NiF}_6]^{2-}$ d^5 : $[\text{Mn}(\text{CN})_6]^{4-}$, $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$, $[\text{PtF}_6]^-$ d^4 : $[\text{TiDipy}_3]$, $[\text{Mo}(\text{CN})_6]^{4-}$, $[\text{Mn}(\text{CN})_6]^{3-}$, $[\text{OsCl}_6]^{2-}$, $[\text{IrF}_6]^-$, PtF_6 d^3 : $[\text{V}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$, $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$, $[\text{MnCl}_6]^{2-}$, $[\text{OsF}_6]^-$, IrF_6 d^2 : $[\text{V}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$, $[\text{CrF}_6]^{2-}$, $[\text{ReOCl}_5]^{2-}$, $[\text{OsNF}_5]^{2-}$, RuF_6 d^1 : $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$, $[\text{VF}_6]^{2-}$, $[\text{MoF}_6]^-$, ReF_6 , OsOF_5 d^0 : $[\text{Sc}(\text{OH})_6]^{3-}$, $[\text{TiF}_6]^{2-}$, $[\text{VF}_6]^-$, MoF_6 , $[\text{ReO}_3\text{Cl}_3]^{2-}$, $[\text{OsO}_4(\text{OH})_2]^{2-}$
	d^4sp (?)	AX_5E	6	триг. призма 	d^2 : MoS_2 , WS_2
7	sp^3d^3 , sp^3d^2f (?)	AX_7	7	пентаг. бипир. 	IF_7
		AX_6E	6	искаж. окт. (ψ -пентаг. бипир. или ψ -одношапочный окт.) 	$[\text{IF}_6]^-$, XeF_6 (г.), $[\text{XeOF}_5]^-$
		AX_5E_2	5	плоский 5-угольник (ψ -пентаг. бипир.)	$[\text{XeF}_5]^-$
	d^5sp , d^4sp^2 , d^3sp^3	AX_7	7	пентаг. бипир.	d^0 : $(\text{NH}_4)_3[\text{ZrF}_7]$, OsF_7 d^1 : OsF_7 d^2 : $[\text{V}(\text{CN})_7]^{4-}$ d^3 : $[\text{Mo}(\text{CN})_7]^{4-}$ d^4 : $[\text{Re}(\text{CN})_7]^{4-}$
7			одношапочный окт. 	d^0 : $[\text{NbOF}_6]^{3-}$	
7			одношапочная триг. призма 	d^0 : $[\text{NbF}_7]^{2-}$, $[\text{TaF}_7]^{2-}$, $\text{LnO}(\text{OH})$, $\text{YO}(\text{OH})$	

Число эл. пар	Валентное состояние, валентный угол	Тип молекулы или иона	К. Ч.	Пространственная конфигурация	Примеры
8	sp^3d^4 , d^4sp^3	AX_8	8	антипризма (томсоновский куб) (\angle поворота 45° – антипризма Архимеда) 	$[\text{XeF}_8]^{2-}$, $[\text{Ba}(\text{H}_2\text{O})_8]^{2+}$, $\text{Zr}[\text{IO}_3]_4$, $[\text{TaF}_8]^{3-}$, $[\text{W}(\text{CN})_8]^{2-}$, $[\text{Mo}(\text{CN})_8]^{4-}$, $[\text{ReF}_8]^{2-}$, $[\text{Eu}(\text{H}_2\text{O})_6\text{Cl}_2]^+$
				куб	ThO_2 , UO_2 , $(\text{NH}_3)_4[\text{U}(\text{C}_2\text{O}_4)_4]$
				додекаэдр 	$\text{Ti}(\text{NO}_3)_4$ (NO_3 – бидентатны), $[\text{ZrF}_8]^{4-}$, $[\text{Cr}^{\text{V}}(\text{O}_2)_4]^{3-}$, $[\text{Mo}(\text{CN})_8]^{2-}$, $[\text{Co}(\text{NO}_3)_4]^{2-}$, $[\text{Fe}(\text{NO}_3)_4]^-$, $[\text{Re}(\text{CN})_8]^{3-}$
				гексаг. бипир. 	$[\text{UO}_2(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$
9		AX_9	9	тетраг. одношапочная призма	Li_3ThI_7
				трехшапочная триг. призма 	PbCl_2 , $\text{Ba}\Gamma_2$, EuCl_2 , $[\text{Nd}(\text{H}_2\text{O})_9]^{3+}$, $[\text{Sc}(\text{H}_2\text{O}_9)]^{3+}$, $[\text{Th}(\text{SO}_4)_4]^{4-}$, $\text{K}_2[\text{PaF}_7]$, UCl_3 , $[\text{ReH}_9]^{2-}$, $\text{Tl}(\text{NO}_3)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
				sp^3d^5	AX_8E
10		AX_{10}	10	квадратная призма с 2 центрированными гранями 	$[\text{Th}(\text{трополонат})_5]^-$
				пентаг. бипир.	$[\text{UO}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^{2-}$
11		AX_{11}	11	триг. призма с центрированными основаниями и ребрами 	LnF_3 , UF_3 , $\text{Th}(\text{NO}_3)_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
12		AX_{12}	12	икосаэдр  (кубооктаэдр и его гексаг. аналог встречаются в ионных крист.)	$\text{La}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, $[\text{Ce}(\text{NO}_3)_6]^{3-}$, $[\text{Th}(\text{NO}_3)_6]^{2-}$, $[\text{UO}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{4-}$

ВАЖНЕЙШИЕ ТИПЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР

Формула		Тип решетки	К. Ч. и многогранник центрального атома	К. Ч. и многогранник лиганда	Страница	Формула		Тип решетки	К. Ч. и многогранник центрального атома	К. Ч. и многогранник лиганда	Страница	
Простые вещества	Cu	куб. пл. упак.	12, кубооктаэдр	—	86	Соединения типа AX ₃	FeCl₃	ромбоэдрическая	6, окт.	3, триг. пирамида	91	
	α-Fe	куб. объемно-центрированная	8, куб	—	90		ReO₃	куб.	6, окт.	2, гантель	15	
	Mg	гексаг. пл. упак.	12, гексаг. аналог кубооктаэдра	—	78		PuBr₃	ромб.	8, искаж. восьмивершинник	{ 3, триг. пирамида 2, угол	34	
	C (алмаз)	куб.	4(= 8-4), тетраэдр	—	54		UCl₃	гексаг.	9, трехшапочная триг. призма	3, триг. пирамида	32	
	C (графит)	гексаг.	3, тр-к	—	54		LaF₃	гексаг.	3(тр-к)+6(призма)+2(акс.) = 11	{ 4, тетраэдр 3, тр-к	77	
	P – бел.	куб.	3(= 8-5), триг. пирамида, ∠PPP 60°	—	40		YF₃	ромб.	9 = 8 + 1	—	77	
	P – черн.	ромб.	3, триг. пирамида	—	40		Соединения типа AX ₄	UCl₄	тетраг.	4 (искаж. тетраэдр) + 4 (мост.) = 8	2, угол	32
	S₈	ромб.	2(= 8-6), ∠SSS 108°	—	18			ZrF₄	монокл.	8, антипризма	2, угол	65
	I₂	ромб.	1(= 8-7) К. Ч. = 8-№ гр. (правило Юм-Розери)	—	6		Соединения типа A ₂ O ₃	α-Al₂O₃ (корунд)	ромбоэдрическая	6, искаж. окт.	4, искаж. тетраэдр	70
Соединения типа AX	NaCl	куб.	6, окт.	6, окт.	85	Mn₂O₃		куб.	6 (6 вершин куба)	4, тетраэдр	12	
	CsCl	куб.	8, куб	8, куб	85	La₂O₃		гексаг.	7, одношапочный окт.	4 (= 3 + 1)	77	
	ZnS (сфалерит)	куб.	4, тетраэдр	4, тетраэдр	81	Тройные соединения	MgAl₂O₄ (шпинель)	куб.	Mg – 4, тетраэдр Al – 6, окт.	4, тетраэдр (= 3Al + 1Mg)	70	
	ZnS (вюртцит)	гексаг.	4, тетраэдр	4, тетраэдр	81		CaTiO₃ (перовскит)	ромб. (псевдокубическая)	Ca – 12, кубооктаэдр (куб из 4 гр. [TiO ₃]) Ti – 6, окт.	2 Ti + 4 Ca (тетраг. бипир.)	65	
	= ZnO	гексаг.	6, окт.	6, окт.	94		K₂PtCl₆	куб. (тип. анти-CaF ₂)	K – 12, кубооктаэдр (тетраэдр из 4 гр. [PtCl ₆]) Pt – 6, окт.	2Pt + 4K (тетраг. бипир.)	109	
	NiAs	гексаг.	3, тр-к	3, тр-к	69	Соединения типа AX ₂	K₂NiF₄	тетраг.	K – 9 Ni – 6, искаж. окт.	2 Ni	95	
	BN	гексаг.	3, тр-к	3, тр-к	69		Гидраты газов 8 X · 46 H₂O , X = Cl ₂ , H ₂ S, N ₂ O, CO ₂ , CH ₄ , Xe 6 X · 46 H₂O , X = Br ₂ , SO ₂ , соединения включения в стр. льда	куб., a = 12	20 H ₂ O, пентагондодекаэдр	—	6	
PbO	тетраг.	4, тетраг. пирамида	4, тетраэдр	61	Соединения типа AX ₂	CaC₂	тетраг.	10 и 2, тетраг. пирамиды, сближенные основаниями	5, тетраг. пирамида	79		
PtS	тетраг.	4, квадрат	4, тетраэдр	108		FeS₂ (пирит)	куб.	6, окт.	4, тетраэдр	90		
Соединения типа AX ₂	CaC₂	тетраг.	10 и 2, тетраг. пирамиды, сближенные основаниями	5, тетраг. пирамида		79	CaF₂ (флюорит)	куб.	8, куб	4, тетраэдр	79	
	FeS₂ (пирит)	куб.	6, окт.	4, тетраэдр		90	PbCl₂	ромб.	9, трехшапочная триг. призма	{ 4, тетраэдр 5, пентаг. пирамида	62	
	CaF₂ (флюорит)	куб.	8, куб	4, тетраэдр		79	TiO₂ (рутил)	тетраг.	6, окт.	3, тр-к	65	
	PbCl₂	ромб.	9, трехшапочная триг. призма	{ 4, тетраэдр 5, пентаг. пирамида		62	CdI₂	гексаг.	6, окт.	3, триг. пирамида	80	
	TiO₂ (рутил)	тетраг.	6, окт.	3, тр-к		65	CdCl₂	ромбоэдрическая	6, окт.	3, триг. пирамида	80	
	CdI₂	гексаг.	6, окт.	3, триг. пирамида		80	SiO₂ (кристобалит)	куб.	4, тетраэдр	2, гантель	59	
	CdCl₂	ромбоэдрическая	6, окт.	3, триг. пирамида		80	SiS₂	ромб.	4, тетраэдр	2, угловая, ∠SiSSi ≈ 100°	59	
SiO₂ (кристобалит)	куб.	4, тетраэдр	2, гантель	59	CO₂	куб.	2, гантель	1	55			
SiS₂	ромб.	4, тетраэдр	2, угловая, ∠SiSSi ≈ 100°	59								
CO₂	куб.	2, гантель	1	55								

