|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Реагент** | | **Ур-я реак-ий** | **Наблюдения** | **Усл. проведения** |
| **Первая группа катионов** | | | | |
| **NH4+** | | | | |
| (K/Na)OH | |  |  | проводить в цилиндре на предм. cтекле, закрыть фил. бум. пропит. ф-ф или Hg2(NO3)2  ПО=0,2мкг |
| реактив Несслера  K2HgI4 |  | |  | щелочная среда  ПО=0,15мг |
| **Na+** | | | | |
| M(UO2)3(CH3COO)8  M=Zn/Ni | | M(UO2)3(CH3COO)8+Na+= |  | нейтральная среда  мешают Li+,Hg22+,Ag+,Sb3+,PO43-,AsO43-; при сод. >5г/л K+,NH4+,Ca2+,Ba2+,Sr2+,Pb2+  Zn2+, Mn2+,Co2+,Ni2+,Hg2+,Al3+,Fe3+,Bi3+  ПО=0,1мкг |
| M=Zn ↑(тоже) | |  |  | УФ-облучение  ПО=0,03мкг |
| окрашивание пламени |  | |  | помещают соль в пламя горелки |
| **K+** | | | | |
| NaHC4H4O6 | |  |  | pH=4-5, мешает NH4+  ПО=1,2мг |
|  | |  |  | pH=4-5, мешают Li+,NH4+,I-,Fe2+,Fe3+,Al3+, Zn2+ и щелочнозем.  ПО=20мкг |
|  | | + 2К+= |  | мешают NH4+,I-  ПО=0,15мкг |
| окрашивание пламени | |  |  | помещают соль в пламя горелки  ПО=0,0001мкг |
| **Mg2+** | | | | |
| Na2HPO4 | |  |  | pH=9, мешают PO43-, HPO42-,H2PO4-  ПО=10мкг |
| хинализарин | | Mg2+ + = |  | Щелочная среда, мешает NH4+  ПО=5мкг |
| 8-оксихинолин  https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/81/8-idrossichinolina_struttura.svg/236px-8-idrossichinolina_struttura.svg.png | | Mg2++https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/81/8-idrossichinolina_struttura.svg/236px-8-idrossichinolina_struttura.svg.png= |  | pH=9-12, мешают Al3+,Zn2+  ПО=0,025мкг |
| **Вторая группа катионов** | | | | |
| **Сa2+** | | | | |
| (NH4)2C2O4 | |  |  | мешают Ba2+,Sr2+  ПО=20мкг |
|  | |  |  | В щелочной среде, в присутствии NH4Cl  мешают Ba2+,Mg2+  ПО=50мкг |
| H2SO4 | | Ca2++H2SO4+2H2O=CaSO4\*2H2O↓+2H+ |  | мешают в 10х кол-ве по отнош. к Са2+  Pb2+,Ba2+,Sr2+  ПО=1мкг |
| окрашивание пламени | |  |  | помещают соль в пламя горелки |
| **Sr2+** | | | | |
| гипсовая вода | |  |  | мешают Pb2+,Ba2+ |
| окрашивание пламени | |  |  | помещают соль в пламя горелки |
| **Ba2+** | | | | |
| K2Cr2O7 | |  |  | в ацетатном буфере  мешают Hg22+,Hg2+,Ag+,Bi3+,Pb2+,Fe3+  ПО=0,15мг |
| H2SO4 и SO42- | |  |  | мешают Pb2+,Sr2+,Са2+  ПО=0,08мкг |
| окрашивание пламени | |  |  | помещают соль в пламя горелки |
| **Третья группа катионов** | | | | |
| **Ag+** | | | | |
| H2S, (NH4)2S | | 2Ag++S2- = Ag2S↓ |  | в кислой среде, мешают Cu2+,Hg2+,Bi3+  Sn4+/2+  ПО=1мкг |
| Hal-  =Cl-,Br-,I- | | Ag++Hal- = AgHal↓ |  | мешают Pb2+,Hg22+  ПО=5/10 мкг |
| дитизон | | Ag+ + =  = |  | экстракция в СCl4 или CHCl3  мешают Cu2+, Hg2+  ПО=1мкг |
| **Hg22+** | | | | |
| H2S, (NH4)2S | |  |  | ПО=5мкг |
| NH3 | |  |  | в кислой среде  ПО=20мкг |
| соляная кислота  HCl(H2O) | | Hg22++2Cl-=Hg2Cl2 |  | УФ-облучение, мешают в 200х кол-ве по отнош. к Hg22+ Cu2+,Pb2+,Ag+,Bi3+,Sn2+  ПО=0,5мкг |
| **Pb2+** | | | | |
| K2Cr2O7 / K2CrO4 | |  |  | нейтр. или кислая (ацет. буфер) среда  мешают Bi3+, Hg2+,Ba2+,Sr2+,Ag+  ПО=20мкг |
| KI | | 2I- + Pb2+ = PbI2↓  PbI2 + I- = PbI(H2O)3+ + PbI2(H2O)2 +  + PbI3(H2O)- + PbI42- |  | в кислой среде (укс. к-та)  мешают Ag+,Hg22+,Cu2+,Fe3+,CrO42-,MnO4-  ПО=100мкг |
| дитизон | | 2+ Pb2+ =  = |  | нейтральная или слабощел. среда, экстракция в СCl4 или CHCl3  мешают Mn2+,Fe2+,Co2+,Ni2+,Cu+,Cu2+,Sn2+  Ag+ ,Zn2+,Cd2+,Hg22+,Hg2+  ПО=0,8мкг |
| соляная кислота  HCl(H2O) | | 2HCl + Pb2+ = PbCl2 + 2H+  PbCl2 +HCl= PbCl3(H2O)- + PbCl42- |  | сильнокислая среда, УФ-облучение  мешают Sb3+,Bi3+, в 1000x кол-ве по отнош. к Pb2+ Na+,NH4+,K+,Ba2+,Sr2+,Mg2+  Sn2+,Cd2+,Co2+,Ni2+,Cr3+,Fe3+,Al3+,As3+  ПО=0,04мкг |
| **W6+** | | | | |
| HCl,HNO3,H2SO4 | | WO3\*2H2O→WO3\*H2O+H2O |  | pH<5,4  мешают органические кислоты, HF |
| H2S, (NH4)2S | |  |  | щелочная среда а потом подкисление |
| Zn, Al, SnCl2 | | 5WO42- + Zn + 12HClконц = ZnCl2 +W5O14↓ + 6H2O+10Cl- |  | кислая среда  ПО=5мкг |
| **Четвёртая группа катионов** | | | | |
| **Zn2+** | | | | |
|  | | растворяется в сильных кислотах и щелочах |  | слабокислая среда, в присутствии кобальта, мешают:  Cu2+(>0,1%),Co2+(>0,02%),Ni2+,Fe3+,Fe2+  Cd2+,Sn2+  ПО=30мкг  ПО=4мкг(+Со2+,рН=7)  ПО=10мкг(+Со2+,0,5М HCl) |
| дитизон  http://www.chemport.ru/data/dataimgs/ditizon.gif | | http://refdb.ru/images/1077/2152463/6d9c03e6.gif |  | экстракция в СCl4 или CHCl3  мешают Cu2+, Hg2+,Ag+,Pb2+,Cd2+,Co2+  Bi3+,Ni2+  ПО=1мкг |
|  | |  |  | микрокристаллическая  ПО=0,2мкг(рН=7)  ПО=0,5мкг(0,5М HCl) |
| **Al3+** | | | | |
| (K/Na)OH+NH4OH |  | |  | рН= 4-7,8  мешают F-,C2O42-,H2C4O62- |
| алюминон | + Al3+ = | |  | щелочная среда (NH3 p-p)  мешают Fe3+,Ca2+,Cr3+  ПО=2мкг (повышается в присутствии PO43-,F-,C2O42-) |
| ализариновый красный S | +Al3+ = | |  | кислый ацетатный буфер, нагревание  мешают Fe3+,Cr3+,Mn2+  ПО=0,15мкг |
| 8-оксихинолин  https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/81/8-idrossichinolina_struttura.svg/236px-8-idrossichinolina_struttura.svg.png | https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/81/8-idrossichinolina_struttura.svg/236px-8-idrossichinolina_struttura.svg.png+ Al3+ = | |  | pH= 4,5-10  можно экстрагировать CHCl3,CCl4  мешают Ca2+,Mg2+,Sr2+,Ba2+,Zn2+,Cd2+,Zr4+,Sn2+  при 100х Ni2+,Co2+,Cu2+,Fe3+  ПО=0,008мкг  ПО=0,004мкг(при экстракции) |
| морин  http://www.xumuk.ru/encyklopedia/3028-3.jpg  кверцетин  http://bivran.ru/stroenie-i-sostav-produktov-ekstrakcii-i-modifikacii-biologich/4.gif | комплекс аналогичный комплексу с ализарином | |  | УФ-облучение  рН= 4-5(ацетатный буфер)  мешают Zr4+,Th4+,Ga3+,In3+,Zn2+,Be2+,Sc3+  при 100х Ni2+,Co2+,Cu2+,Fe3+,Ti4+  ПО=0,03мкг(кверцетин+пробирка)  ПО=0,005мкг(кверцетин+фильт. бумага)  ПО=0,005мкг(морин) |
| **Sn2+** | | | | |
| H2S+HCl(2M) | | SnS + 4HClконц = H2SnCl4 + H2S↑ |  | солянокислая среда  ПО=1,5мкг |
| HgCl2 | |  |  | солянокислая среда  ПО=12,5мкг |
| **Sn4+** | | | | |
| Fe  Mg,Al+HClконц | | SnCl4+Fe+2HCl=FeCl2+H2SnCl4 |  | солянокислая среда  ПО=12,5мкг |
| диметилглиоксим  http://dic.academic.ru/pictures/wiki/files/68/Dimethylglyoxime.png | | SnCl4+Fe+2HCl=FeCl2+H2SnCl4  Fe(II)-Sn(II)-диметилглиоксим |  | щелочная среда (для конечной реакции)  экстракция C4H9OH  мешают Co2+(в большом избытке, когда концентрация выше Fe2+),Fe3+, при 50х Hg22+,Hg2+,Sb3+,Sb5+,Bi3+  ПО=10мкг |
| (Rb/Cs/NH4)Cl  микрокристаллоск. | |  |  | мешают Pb2+,Ag+,Hg22+  ПО=0,1-0,2мкг((Rb/Cs)Cl)  ПО=2,5мкг(NH4Cl) |
| **V5+** | | | | |
| H+ | |  |  | кислая среда |
| H2O2 + H+ | | VO43- + H2SO4 + H2O2 = |  | H2O2:V=1:1; V:H+=1:9  мешают Fe3+,Cr6+,Mo6+,W6+,Ti4+  ПО=50мкг |
| Zn,Al,Cd | |  |  | кислая среда |
| 8-оксихинолин  https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/81/8-idrossichinolina_struttura.svg/236px-8-idrossichinolina_struttura.svg.png | | https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/81/8-idrossichinolina_struttura.svg/236px-8-idrossichinolina_struttura.svg.png+ VO3- = |  | уксуснокислая среда, экстракция в CHCl3  мешают Fe3+,Cu2+,Ti4+  ПО=2мкг |
| **Cr3+** | | | | |
| H2O2+OH- | | S-орг. р-ль |  | щелочная среда  кислая среда при окислении  экстракция эфиром  мешают V5+ при 5х  ПО=10мкг |
| ЭДТА | | H2Y2- + Cr3+ = CrY- + 2H+ |  | рН=4-5  нагревание, подщелачивание  мешают Fe3+,Cu2+,Co2+,Ni2+,C3H5O(COO)33-,C2O42- |
| дифенилкарбазид | | +Сr6+=+Cr3+ (комплекс) |  | кислая среда, в присутствии ЭДТА, F-  экстракция изоамиловым спиртом  ПО=10мкг |
| **Mo6+** | | | | |
| HClконц | | MoO42- + H+ = MoO3\*(1/2)H2O↓  MoO3\*H2O + 2HCl = MoO2Cl2 + 2H2O |  | Кислая среда |
| NH4NCS | |  |  | мешают Fe3+  экстракция изоамиловым спиртом  ПО=2мкг |
| этилксантогенат калия | | MoO42- + H+ + C2H5OCSSK = MoO3\*2(C2H5OCSSH) + K+ + H2O |  | кислая среда, экстракция CHCl3  мешают F-,C2O42-, H2C4O62-  ПО=4мкг |
| **Пятая группа катионов** | | | | |
| **Sb3+/5+** | | | | |
| металлы левее сурьмы | |  |  | солянокислая среда  мешают As3+,As5+  ПО=0,2мкг |
| H2S,Met2S  Met=щелочные металлы | |  |  | кислая среда  ПО=0,25мкг |
| 1-(2-пиридилазо)-2-нафтол  http://www.himreakt.ru/wa-data/public/shop/products/25/52/5225/images/4716/4716.970.png | | SbCl63- + http://www.himreakt.ru/wa-data/public/shop/products/25/52/5225/images/4716/4716.970.png= комплекс |  | сильнокислый раствор, KBr, тиомочевина  экстракция бензолом  мешают Cu2+ |
| pодамин С | | + SbCl6- = |  | солянокислый раствор, экстракция бензолом  мешают Fe3+,Hg2+,Bi3+,W6+,Mo6+  ПО=10мкг |
| HBr(р-р) | | Sb3+ + HBr = SbBr52- + SbBr63- + SbBr4- + SbBr4(H2O)2- |  | жидкий азот, УФ-облучение  мешают 1000х Na+,K+,NH4+,Ba2+,Sr2+,Ca2+,Mg2+,Cu2+,Sn2+  Cd2+,Co2+,Ni2+,Cr3+,Fe3+,Al3+,As3+  ПО=0,003мкг |
| **Bi3+** | | | | |
| SnCl2+OH- | |  |  | избегать нагрева и высокой концентрации OH-  ПО=20мкг |
| KI  Ox - 8-оксихинолин | | Ox+KBiI4+H2O=OxHBiI4↓+КОН |  | мешают Ag+,Pb2+,Hg22+,Fe3+,Cu2+  ПО=0,5мкг  ПО=1мкг(капельный метод) |
| дитизон  http://www.chemport.ru/data/dataimgs/ditizon.gif | | http://www.chemport.ru/data/dataimgs/ditizon.gif+Bi3+ =  внутримолекулярный комплекс |  | рН=3-10, присутствие KCN  экстракция CHCl3,CCl4  мешают Sn2+,Pb2+ |
| HCl | | Bi3+ + HCl = BiCl52- + BiCl64- |  | жидкий азот  мешают 1000х Mg2+,Ni2+,Co2+,Sn2+,Cd2+  Cu2+,Al3+,Cr3+,Fe3+,As3+  ПО=0,03мкг |
| (Rb/Cs)I  микрокристаллоск. | | 2CsI + Bi3+ + 3I-= Cs2BiI5\*2,5H2O↓ |  | мешают Sb3+  ПО=0,13мкг |
| **Mn2+** | | | | |
| NaBiO3, (NH4)2S2O8, PbO2 | |  |  | кислая среда, для S2O82- Ag+ - cat,  ПО=2мкг |
| 1-(2-пиридилазо)-2-нафтол  http://www.himreakt.ru/wa-data/public/shop/products/25/52/5225/images/4716/4716.970.png | | http://www.himreakt.ru/wa-data/public/shop/products/25/52/5225/images/4716/4716.970.png+ Mn2+ = |  | pH=7-10, экстракция C6H6,CHCl3,CCl4, спирты  мешают Fe3+,Co2+,Ni2+,Zn2+  ПО=0,05мкг |
| **Fe2+** | | | | |
| K3[Fe(CN)6] | | K3[Fe(CN)6] + Fe2+ =KFe[Fe(CN)6]↓  KFe[Fe(CN)6]+OH-=  = Fe(OH)2↓+ Fe(OH)3↓+CN- |  | слабокислая среда  ПО=0,02мкг |
| диметилглиоксим  (H2D)  http://dic.academic.ru/pictures/wiki/files/68/Dimethylglyoxime.png | |  |  | в р-ре NH3  мешают Fe3+  ПО=8мкг |
| **Fe3+** | | | | |
| K4[Fe(CN)6] | |  |  | кислая среда  мешают Cu2+,Ni2+ и др.,F-,C2O42-  ПО=0,2мкг |
| SCN- | | Fe3+ + SCN- = Fe(SCN)n(3-n)+ |  | слабокислая среда, экстракция эфиром, изоамиловым спиртом  мешают PO43-,AsO43-,C2O42-, H2C4O62-  C3H5O(COO)33-,F-  ПО=0,5мкг |
| **Шестая группа катионов** | | | | |
| **Co2+** | | | | |
| SCN- | | Сo2+ + SCN- = Co(SCN)n(2-n)+ |  | уксуснокислая среда (рН=4-5), избыток SCN-, экстракция эфирами, ацетоном, изоамиловым спиртом  мешают Fe3+  ПО=3мкг |
| KNO2 | |  |  | уксуснокислая среда (рН=4-5), нагревание  ПО=0,4мкг |
| 1-нитрозо-2-нафтол | | + Со2+ = |  | рН=3-10, в присутствии F-, C3H5O(COOH)3, экстракция CHCl3,C6H6,изоамиловый спирт, 2М HCl  ПО=1мкг(слабокислые, нейтральные)  ПО=0,6мкг(щелочные) |
| (NH4)2Hg(SCN)4 | | (NH4)2Hg(SCN)4 + Co2+ = CoHg(SCN)4↓+ 2NH4+ |  | 0,5M HCl; мешают Zn2+,Ag+,Pb2+,Cd2+  Fe2+ ,Fe3+,Ni2+,Cu2+,Sn2+  ПО=0,1мкг |
| **Ni2+** | | | | |
| диметилглиоксим  (H2D)  http://dic.academic.ru/pictures/wiki/files/68/Dimethylglyoxime.png | | http://dic.academic.ru/pictures/wiki/files/68/Dimethylglyoxime.png+ Ni2+ = |  | pH=5-10, NH3 p-p  мешают Fe2+,Co2+,Cu2+,Ni2+,Cr3+,V3+ и др.  ПО=3,2мкг |
| **Cu2+** | | | | |
| K4[Fe(CN)6] | | K4[Fe(CN)6]+ Сu2+ = Cu2[Fe(CN)6]↓  Cu2[Fe(CN)6] + 10NH4OH = [Cu(NH3)4](OH)2↓ + 6NH4CN + Fe(OH)2↓ |  | pH<7  мешают Fe3+,Ni2+,Co2+  ПО=10мкг |
| NH3 p-p | | Сu2+ + NH3 + H2O = [Cu(NH3)4]2+ + [Cu(NH3)3(H2O)1]2+ + [Cu(NH3)2(H2O)2]2+ + [Cu(NH3)1(H2O)3]2+ |  | pH>9  ПО=40мкг |
| (NH4)2Hg(SCN)4 | | (NH4)2Hg(SCN)4 + Cu2+ = CuHg(SCN)4↓+ 2NH4+ |  | уксуснокислая среда, в присутствии Zn2+  мешают Fe3+,Ni2+,Cо2+  ПО=2мкг  ПО=5мкг(микроскоп.) |
| (C2H5)2NCS2Na | | 2(C2H5)2NCS2Na + Cu2+ = ((C2H5)2NCS2)2Cu + 2Na+ |  | pH=4-11, в присутствии ЭДТА и лимонной к-ты, экстракция CCl4,CHCl3  ПО=0,2мкг |
| дитизон  http://www.chemport.ru/data/dataimgs/ditizon.gif | | http://www.chemport.ru/data/dataimgs/ditizon.gif+Cu2+ =  внутримолекулярный комплекс |  | pH=1-4, в присутствии KI, экстракция в CCl4,CHCl3  мешают Ag+,Hg2+  ПО=0,1мкг |
| **Cd2+** | | | | |
| H2S,Met2S  Met=щелочные металлы | | Cd2+ + S2- = CdS↓ |  | рН=0,5  мешают Сu2+,Sn2+,Sn4+,Hg2+,Bi3+,Sb3+,Sb5+  ПО=10мкг |
| дифенилкарбазид  http://files.ub.ua/ist/?action=3&w=280&h=280&f=/goods/goods-photos/29/221496_difenilkarbazon-35649135.jpg | | +Сd2+ + O2(из воздуха)=+Cd2+ (комплекс) |  | нейтральная или слабокислая среда, в присутствии KI, KSCN  мешают Hg2+,Cu2+  ПО=10мкг |
| дитизон  http://www.chemport.ru/data/dataimgs/ditizon.gif | | http://www.chemport.ru/data/dataimgs/ditizon.gif+Cd2+ =  внутримолекулярный комплекс |  | pH=6,5-14  в присутствии H2C4O62- и http://dic.academic.ru/pictures/wiki/files/68/Dimethylglyoxime.png  экстракция CHCl3, CCl4  мешают Ag+,Hg2+,Cu2+  ПО=0,5мкг |
| **Hg2+** | | | | |
| H2S,Met2S  Met=щелочные металлы | | Hg2+ + S2- = HgS↓  растворим в HNO3+HCl, HCl+H2O2, HCl+KI |  | кислая среда(6-7М HCl)  мешают As5+,Cu2+  ПО=10мкг |
| KI | | Hg2+ + 2I- = HgI2↓  HgI2 + 2KI = K2HgI4(так же S2O32-,CN-) |  | конечная реакция в щелочной среде  ПО=5мкг |
| СuI | | Cu2+ + e = Cu+ |  | мешают Ag+,Hg22+,Mo6+,W6+,Fe3+  ПО=2мкг |
| восстановление  Zn,Fe,Al,Cu,Sn2+,Fe2+  HCOOH,C3H5(OH)3 | |  |  | ПО=200мкг |
| дифенилкарбазид  http://files.ub.ua/ist/?action=3&w=280&h=280&f=/goods/goods-photos/29/221496_difenilkarbazon-35649135.jpg | | +Hg(NO3)2=+Hg2+(комплекс)+  +Hg22+ |  | мешают Cu2+,Fe3+,Fe2+,Ag+,Co2+,Ni2+,Pb2+,Cr6+,CN-  Br-,I-,Cl-(в очень большом кол-ве)  ПО=2мкг  ПО=4мкг(0,1М HNO3)  ПО=20мкг(0,2М HNO3) |
| дитизон  http://www.chemport.ru/data/dataimgs/ditizon.gif | | http://www.chemport.ru/data/dataimgs/ditizon.gif+Hg2+ =  внутримолекулярный комплекс |  | р-ры минеральных кислот  экстракция CHCl3, CCl4  ПО=1мкг |