

Металлохромные индикаторы

Название индикатора	Рациональное название индикатора	Рекомендуется для определения катионов	Интервал рН	Изменение окраски	
				комплекс с катионом	индикатор
Ализарин (ализариновый красный, сульфоализарин)	1,2-диоксиантрахинон-3-сульфокислота	Th(IV)	2,3–3,4	Розовая	Желтая
		Sc(III)	2	Красная	Зеленая
		Y(III)	5	Розовая	Желтая
Арсенazo I (уранон)	2-(<i>o</i> -арсенофенилазо)-1,8-диоксинафталин-3,6-дисульфокислота	U(IV), Th(IV) Ca(II), Mg(II)	1,7–3,0 10	Синяя Фиолетовая	Розовая Красно-оранжевая
Арсенazo III	1,8-диоксинафталин-3,6 дисульфокислота-2,7-бис-(<i>-</i> азо-1)-2-фениларсоновая кислота	U(IV), Th(IV), Zn(II)	Сильно-кислая	Сине-зеленая	Красная
Бромпирогаллоловый красный	3',3''-дибромсульфогаллеин	Bi(III)	2–3	Винно-красная	Оранжево-желтая
		Pb(II)	5–6	Синяя	Красная
		Cd(II), Ni(II)	9,3	Синяя	Красная
		Mg(II), Mn(II)	10	Синяя	Фиолетовая

Название индикатора	Рациональное название индикатора	Рекомендуется для определения катионов	Интервал pH	Изменение окраски	
				комплекс с катионом	индикатор
Глицинкрезоловый красный	3,3'-ди-(N-карбоксиметил-аминометил)-о-крезолсульфоталеин (натриевая соль)	Cu(II)	5–6	Красная	Желтая
Глицинтимоловый синий	3,3'-ди-(N-карбоксиметил-аминометил)тимолсульфоталеин (натриевая соль)	Cu(II)	5–5,5	Синяя	Желтая или зеленовато-желтая
Дитизон	2-фенилгидразинфенилазотиомуравьиная кислота	Pb(II), Zn(II), Cd(II) Bi(III)	4,7–5,4	Красная	Сине-зеленая
			2,5–5,0	Красная	Сине-зеленая
Крезолфталексон	3,3'-бис[N,N-ди(карбоксиметил)аминометил]-о-крезолфталеин	Ca(II), Ba(II), Sr(II)	10–11	Пурпурная	Розовая
Ксиленоловый оранжевый	3,3'-бис[N,N-ди(карбоксиметил)аминометил]-о-крезолсульфоталеин	Bi(III), Fe(III) Th(IV) Pb(II), Zn(II), Cd(II), Hg(II), Co(II)	1–2	Красно-фиолетовая	Желтая
			2,5–3,5 5–6		

Название индикатора	Рациональное название индикатора	Рекомендуется для определения катионов	Интервал рН	Изменение окраски	
				комплекс с катионом	индикатор
Ксиленоловый оранжевый		Mn(II), Mg(II), Ca(II)	10	Фиолетовая	Серая
Метилтимоловый синий	3,3'-бис[N,N-ди-(карбоксиметил)аминометил]тимолсульфогалеин (натриевая соль)	Pb(II), Cd(II), Mn(II), Zn(II), Hg(II), La(III), Sc(III)	5–6,5	Синяя	Желтая
		Pb(II), Zn(II), Cd(II), Mg(II), Cu(II), Ca(II), Ba(II), Sr(II)	11,5–12,5	Синяя	Серая
Морин	3,5,7,2',4'-пентагидрокси-флавон	Ga(III), In(III)	4,5–6	Зеленая флуоресценция	Флуоресценция гасится
Мурексид	аммониевая соль 5,5'-нитрилодибарбитуровой кислоты (пурпурат аммония)	Co(II), Cu(II), Mn(II), Ni(II), Zn(II)	9–10	От желтой до красной	Фиолетовая
		Ca(II)	>12	От желтой до красной	Фиолетовая

Название индикатора	Рациональное название индикатора	Рекомендуется для определения катионов	Интервал рН	Изменение окраски	
				комплекс с катионом	индикатор
Нафтоловый фиолетовый	4-(4-нитрофенилазо)-2-бис-(карбоксиметил) аминометил-1-нафтол	Bi(III)	1–2	Красно-фиолетовая	Красно-оранжевая
		Cu(II), Zn(II), Cd(II), Mg(II), Mn(II)	10–11	Красно-фиолетовая	Синяя
ПАН	1-(2-пиридилазо)-2-нафтол	Cu(II), Zn(II), Cd(II)	5–7	Розово-красная	Желтая
		Ni(II)	4		
		Cu(II)	<2,5		
		Bi(III)	1–3		
ПАР	4-(2-пиридилазо)-резорцинол	Bi(III), Tl(III)	1–2	Оранжевая или красная	Зелено-желтая
		Al(III)	3		
		Hg(II)	6–11		
Пирокатехиновый фиолетовый	3,3',4'-триоксифуксон-2''-сульфо кислота	Bi(III), Th(IV), Fe(III), Ga(III)	2–3	Синяя	Желтая
		Pb(II)	4,5–5,5	Синяя	Желтая
		Cu(II)	5,5–6,5	Синяя	Желтая

Название индикатора	Рациональное название индикатора	Рекомендуется для определения катионов	Интервал рН	Изменение окраски	
				комплекс с катионом	индикатор
Пирокатехиновый фиолетовый		Zn(II), Mg(II), Cd(II), Cu(II), Mn(II), Ni(II), Sc(III)	9–11	Синяя	Красно-фиолетовая
Пирогаллоловый красный	Пирогаллолсульфоталеин	Bi(III)	2–3	Красная	Оранжево-желтая
		Pb(II)	5–6	Фиолетовая	Красная
		Ni(II), Co(II)	9	Синяя	Красная
Салициловая кислота	2-гидроксibenзойная кислота	Fe(III)	1,8–3	Фиолетовая	Желтая
Тимолфталеин-комплексон	3,3'-бис[N,N-ди(карбоксиметил)аминометил] тимолфталеин	Ca(II), Ba(II), Sr(II), Ag(I), Mn(II)	10–11	Синяя	Бесцветная
Тирон	Пирокатехин-3,5-дисульфокислота (натриевая соль)	Fe(III), Ti(IV)	2–3	Синяя	Желтая

Название индикатора	Рациональное название индикатора	Рекомендуется для определения катионов	Интервал pH	Изменение окраски	
				комплекс с катионом	индикатор
Флуорексон (флуоресцеин-комплексон, кальцеин)	N,N-ди(карбоксиметил)-аминометилфлуоресцеин	Ca(II), Ba(II), Sr(II)	>10	Желто-зеленая флуоресценция	Флуоресценция гасится; раствор розовый
		Cu(II), Mn(II)	10–11	Красная или красно-фиолетовая	Желто-зеленая флуоресценция
Хромазуrol S	2,6-дихлордиметилсульфо-оксифуксондикарбоновая кислота (натриевая соль)	Fe(III), Th(III), Zr(IV)	2–3	Красно-фиолетовая или фиолетово-синяя	Желтая, оранжевая или желто-зеленая
		Al(III), Ce(III), La(III)	4–5		
		Cu(II)	6–6,5		
		Ni(II)	7,5		
		Ca(II), Mg(II)	10–11		

Название индикатора	Рациональное название индикатора	Рекомендуется для определения катионов	Интервал рН	Изменение окраски	
				комплекс с катионом	индикатор
Эриохромцианин R	натриевая соль диметил-сульфооксифуксон-дикарбоновой кислоты	Zr(IV)	1,4	Розовая	Желтая
		Th(IV), Fe(II)	2–6	Пурпурная	Оранжевая
		Al(III)	10		
		Mg(II), Cu(II), Ca(II)	11,5	Фиолетовая	Желтая
Эриохром черный T	натриевая соль (1-окси-2-нафтилазо)-6-нитро-2-нафтол-4-сульфокислоты	Лантаниды	8–9	Винно-красная	Синяя
		Pb(II), Zn(II), Mg(II), Ca(II), Ba(II), Mn(II), Fe(III), Cd(II), Hg(II)	8–10		
СПАДНС	натриевая соль 2-(<i>n</i> -сульфобензилазо)-1,8-дигидрокси-нафталин-3,6-дисульфокислоты	Zr(IV)	1,5–2,5	Пурпурно-розовая	Желтая
		Th(IV)	2,5–3,5	Сине-фиолетовая	Пурпурно-красная

Маскирующие реагенты при титровании ЭДТА (этилендиаминтетраацетатом натрия)

Маскирование – это введение в анализируемый раствор реактива (или смеси реактивов), который превращает ионы, мешающие химико-аналитическому определению, в устойчивые в растворе комплексные соединения, после чего их мешающее влияние исчезает. Некоторые маскирующие реагенты могут осаждать мешающие ионы, если образовавшийся осадок не мешает последующему титрованию.

Маскирование используют во всех видах аналитических определений: в титриметрии, в фотометрии, в гравиметрии и др. В таблице собраны данные о применении маскирования при титровании раствором ЭДТА. Многие из этих данных могут быть использованы и в других титриметрических методах, а также при разработке фотометрических методов анализа. Следует учитывать, что как образующиеся при маскировании в растворе комплексные ионы, так и избыток маскирующего реагента в некоторых случаях оказывают мешающее влияние в ходе последующих операций определения.

18

<i>Маскирующий реагент</i>	<i>Маскируемые ионы</i>	<i>Титруемые ионы</i>	<i>Условия титрования</i>	<i>Индикатор</i>
Аскорбиновая кислота	Cr^{3+}	Ca^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+}	Добавление реактива к кислому раствору, кипячение (образование Cr^{3+} компл.), подщелачивание, обратное титрование солью Ca^{2+} .	Тимолфталексон
	Cu^{2+}	Zn^{2+}	Аммиачный раствор + реактив до обесцвечивания, прямое титрование.	Мурексид
Аскорбиновая кислота + I^-	Cu^{2+} (осаждение CuI)	Mn^{2+}	Обесцвечивание I_2 добавлением $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ прямое титрование, $\text{pH} = 10$.	Эриохромовый черный Т

Маскирующий реактив	Маскируемые ионы	Титруемые ионы	Условия титрования	Индикатор
Аскорбиновая кислота + Г или SCN ⁻	Cu ²⁺ (осаждение CuI или CuSCN)	Zn ²⁺	Прямое титрование, гексаметилен-тетрамин, <i>pH</i> = 6.	Ксиленоловый оранжевый
Гидрокарбонат-ионы	UO ₂ ²⁺	Zn ²⁺	Прямое титрование, <i>pH</i> = 8–8,5.	Мурексид
Диэтилдитиокарбамат (купраль)	Cd ²⁺ (осаждение)	Zn ²⁺	Прямое титрование, <i>pH</i> = 10, T = 60 °С.	Эриохромовый черный Т
	Pb ²⁺ (осаждение)	Mn ²⁺	Прямое титрование, <i>pH</i> = 10.	Эриохромовый черный Т
	Pb ²⁺	Ca ²⁺	Прямое титрование, <i>pH</i> ≥ 12.	Мурексид и др. индикаторы
	Fe ³⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Прямое титрование, <i>pH</i> = 10.	Эриохромовый черный Т
Иодид-ионы	Hg ₂ ²⁺	Cu ²⁺	Прямое титрование, <i>pH</i> = 7, T = 70 °С.	ПАН
2,4-Пентандион (ацетилацетон)	Al ³⁺ , Fe ³⁺ , Pd ²⁺ (осаждение)	Pb ²⁺ , Zn ²⁺	Прямое титрование, <i>pH</i> = 5–6, гексаметилен-тетрамин.	Ксиленоловый оранжевый
	Mo ^{IV} (осаждение)	Bi ³⁺	После осаждения молибдена приводят <i>pH</i> к 1–1,5, прямое титрование.	Ксиленоловый оранжевый

Маскирующий реактив	Маскируемые ионы	Титруемые ионы	Условия титрования	Индикатор
2,4-Пентандион + нитробензол	Fe^{3+} , UO_2^{2+}	Pb^{2+} , Zn^{2+}	Если есть Fe^{2+} , то прибавляют H_2O_2 , не отделяя слой нитробензола, прямое титрование при $pH = 5-6$.	Ксиленоловый оранжевый
Пероксид водорода	Ti^{IV}	Mg^{2+} , Zn^{2+} и др.	К кислому р-ру прибавляют H_2O_2 , подщелачивают до $pH = 10$, быстро прямое титрование.	Эриохромовый черный Т
Пирофосфат-ионы	Fe^{3+} , Cr^{3+}	Co^{2+}	Прибавляют $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, NH_3 до $pH = 8$, NH_4SCN , равный объем ацетона, прямое титрование до исчезновения окраски.	NH_4SCN
Роданид-ионы	Hg^{2+}	Bi^{3+}	Прямое титрование, $pH = 0,7-1,2$.	Метилтимоловый синий
Сульфат-ионы	Ba^{2+} (осаждение) Pb^{2+} (осаждение)	Mn^{2+} , Zn^{2+} Sn^{2+} и Sn^{IV}	Прямое титрование, $pH = 10$. Р-р H_2SO_4 (1:1), кипячение, охлаждение, добавление ЭДТА в избытке, $\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ до $pH = 2-2,5$, немного твердого $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$, прямое титрование ЭДТА.	Эриохром красный Б Ксиленоловый оранжевый

Маскирующий реактив	Маскируемые ионы	Титруемые ионы	Условия титрования	Индикатор
Сульфид-ионы	Fe^{3+} , малые количества др. тяжелых металлов	Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	Прямое титрование, щелочной раствор.	Эриохромовый черный Т, мурексид на Ca^{2+}
Сульфид-ионы + гидроксид-ионы	Mg^{2+} , Mn^{2+}	Ca^{2+}	К раствору прибавляют $\text{Na}_2\text{S} + \text{NaOH}$, через 3–5 мин прямое титрование.	Любой индикатор на Ca^{2+}
Сульфосалициловая кислота	Al^{3+} (малые количества)	Zn^{2+}	Прямое титрование, $\text{pH} = 10$.	Эриохром черный Т
Тартрат-ионы или винная кислота	Al^{3+} Al^{3+} , Fe^{3+} Sb^{3+} , Sn^{IV} , Zr^{IV} Tl^{IV} Tl^{IV}	Zn^{2+} Ca^{2+} , Mg^{2+} Bi^{3+} Ni^{2+} Mg^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+}	Прямое титрование, $\text{pH} = 5,2$. Прямое титрование, $\text{pH} = 10$ (аскорбиновая кислота при определении Mn^{2+}). Прямое титрование, $\text{pH} = 1,5 - 2$. Прямое титрование, NH_3 . Прямое титрование, $\text{pH} = 9-10$, NH_2OH (аскорбиновая кислота при определении Mn^{2+}).	Ксиленоловый оранжевый Си-ПАН Тиокарбамид Мурексид Эриохромовый черный Т

<i>Маскирующий реактив</i>	<i>Маскируемые ионы</i>	<i>Титруемые ионы</i>	<i>Условия титрования</i>	<i>Индикатор</i>
Тартрат-ионы + тиосульфат-ионы	Cu^{2+} , W^{IV}	Ni^{2+}	Прямое титрование, $pH = 4$, $T = 70^\circ\text{C}$.	ПАН
Тиокарбамид	Cu^{2+}	Fe^{3+}	К слабокислому раствору прибавляют немного NH_4F (маскирование Fe^{3+}), тиокарбамид, ЭДТА в избытке, нейтрализуют до $pH = 5-5,5$ гексаметилентетрамином, обратное титрование солью Pb^{2+} .	Ксиленоловый оранжевый
	Cu^{2+}	Ni^{2+} , Sn^{IV}	Обратное титрование избытка ЭДТА солью Th^{IV} , $pH = 2$ или для Ni^{2+} $pH = 4-5$.	Ксиленоловый оранжевый
	Cu^{2+}	Pb^{2+} , Sn^{IV}	Обратное титрование избытка ЭДТА солью Th^{IV} , гексаметилентетрамин, $pH = 6$.	Ксиленоловый оранжевый
Тиосемикарбамид	Hg^{2+}	Bi^{3+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+}	Прямое титрование, $pH = 5-6,5$, для определения Bi^{3+} титрование при $pH = 1-2$.	Ксиленоловый оранжевый
Тиосульфат-ионы	Cu^{2+}	Ni^{2+}	Прямое титрование, $pH = 4$, $T = 70^\circ\text{C}$. Добавление $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ к нейтральному раствору ацетатного буфера, $pH = 8,5-9$, прямое титрование.	Мурексид
	Cu^{2+}	Pb^{2+}	К нейтральному раствору прибавляют $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ до обесцвечивания, $pH = 5$, прямое титрование.	Ксиленоловый оранжевый

Маскирующий реактив	Маскируемые ионы	Титруемые ионы	Условия титрования	Индикатор
Триэтаноламин (ТЕА)	Al^{3+}	In^{3+}	Прямое титрование, $pH = 10$ или обратное титрование избытка ЭДТА.	Эриохромовый черный Т
	Al^{3+}	Mg^{2+}	Прямое титрование, охлаждение раствора, $pH = 9-10$.	Эриохромовый черный Т
	Al^{3+} (малые количества)	Zn^{2+}	Прямое титрование, $pH = 10$.	Эриохромовый черный Т
	Al^{3+} , Fe^{3+} и малые количества Mn^{2+}	Ca^{2+}	Прямое титрование, $pH > 12$.	Мурексид, любой индикатор на Ca^{2+}
	Al^{3+} , Fe^{3+} , Ti^{IV} и малые количества Mn^{2+}	Ni^{2+}	Прямое титрование, NH_3 .	Мурексид
	Al^{3+} , Fe^{3+} , Sn^{IV} , Ti^{IV}	Cd^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Р.З.Э. ³⁺	К кислому раствору прибавляют ТЕА, NH_3 до $pH = 10$ (NH_2OH , при определении Mn^{2+}), прямое титрование.	Эриохромовый черный Т
Триэтилен-тетрамин (триен)	Cu^{2+} , Hg^{2+}	Pb^{2+} , Zn^{2+}	Прямое титрование, $pH = 5$, гексаметилентетрамин.	Ксиленоловый оранжевый

<i>Маскирующий реактив</i>	<i>Маскируемые ионы</i>	<i>Титруемые ионы</i>	<i>Условия титрования</i>	<i>Индикатор</i>
1,10-Фенантролин	Cd^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+}	Al^{3+}	К кислому раствору прибавляют ЭДТА в избытке, кипятят 2 мин, охлаждают, приливают индикатор и гексаметиленetetрамин до бледно-оранжевой окраски, затем фенантролин, обратное титрование солью свинца(II).	Ксиленоловый оранжевый
	Cd^{2+} , Zn^{2+}	Pb^{2+}	Прямое титрование, $pH = 5-6$, гексаметилентетрамин.	Ксиленоловый оранжевый
Фторид-ионы	Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+}	Ni^{2+}	Обратное титрование избытка ЭДТА солью марганца(II), аскорбиновая кислота, $pH = 10$.	Эриохромовый черный Т
Цитрат-ионы + лимонная кислота	Al^{3+} (малые количества)	Zn^{2+}	Прямое титрование, $pH = 8,5-9,5$; $T = 30\text{ }^\circ\text{C}$.	Эриохромовый черный Т