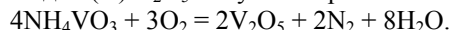


## Глава 2. Химия ванадия

### 2.1. Теоретическая часть

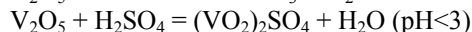
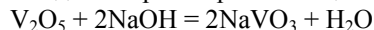
Ванадий находится в VB (5) группе Периодической системы. Электронная конфигурация валентного уровня атома ванадия:  $3d^34s^2$ . Возможные степени окисления ванадия в соединениях: +5, +4, +3, +2, из которых наиболее устойчивой является степень окисления +4. Соединения ванадия (V).

Оксид ванадия (V)  $V_2O_5$  получают прокаливанием на воздухе метаванадата аммония:



Оксид ванадия (V) незначительно растворяется в воде. При этом получается бледно-желтый раствор, содержащий метаванадиевую кислоту  $HVO_3$ , которая сообщает раствору кислую реакцию.

Оксид ванадия (V) проявляет амфотерные свойства с преобладанием кислотных, хотя и довольно медленно растворяется в щелочи.



При взаимодействии со щелочами образуются соли ванадиевой кислоты, которые в зависимости от pH среды существуют либо с анионом ортованадиевой кислоты ( $VO_4^{3-}$ ) либо, как производные полимеризованной ортованадиевой кислоты — изополиванадаты. Соотношение различных форм ванадия (V) в зависимости от pH и концентрации ванадия показано на рис. 2.1.

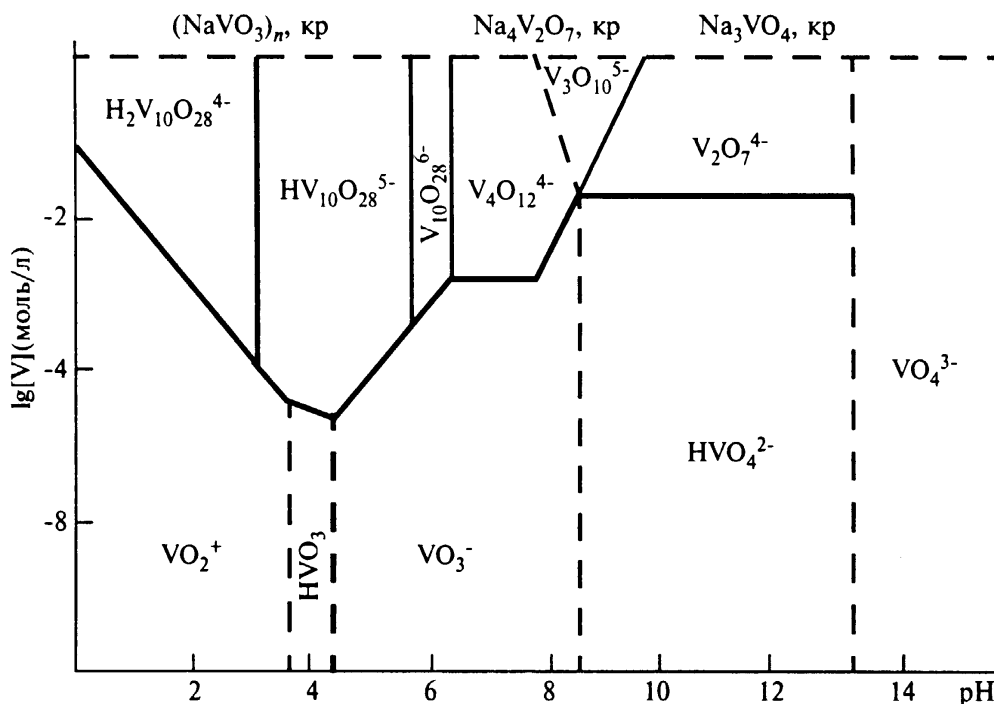


Рис. 2.1.

При взаимодействии ванадатов с пероксидом водорода в зависимости от среды образуются пероксосоединения ванадия (V) различного состава:

В щелочной среде:	$[V(O_2)_4]^{3-}$	Сине-фиолетовый
В нейтральной среде:	$[VO_2(O_2)_2]^{3-}$	Желтый
В кислой среде	$[VO(O_2)]^+$	Красный

Кроме того, в очень кислой среде ( $pH < 1$ ) может происходить и восстановление соединения ванадия (V) до ванадия (IV) пероксидом водорода:



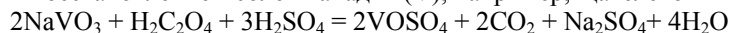
Соединения ванадия (V) являются сильными окислителями. Так, например, концентрированная соляная кислота окисляется оксидом ванадия до свободного хлора:



#### *Соединения ванадия (IV).*

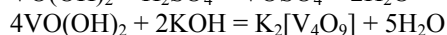
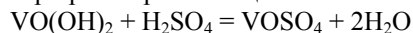
Степень окисления +4 — наиболее устойчивая степень окисления ванадия.

Водные растворы соединений ванадий (IV) синего цвета, который придает им гидратированный ион  $[\text{VO}(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$  (ион ванадила или оксованадий (IV)). Соединения ванадия (IV) могут быть получены восстановлением солей ванадия (V), например, щавелевой кислотой:



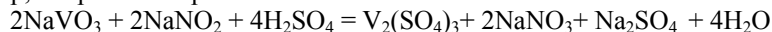
Ванадил-ион ( $\text{VO}^{2+}$ ), образующийся в результате этой реакции, очень устойчив и сохраняется не только в водных растворах солей, но и в составе гидроксида ванадия (IV)  $\text{VO}(\text{OH})_2$ .

Оксид и гидроксид ванадия (IV) обладают амфотерными свойствами, т. е. растворяются и в кислотах и в основаниях. При растворении в кислотах образуются производные ванадил-иона ( $\text{VO}^{2+}$ ), а при растворении в щелочах — ванадаты (IV) различного состава, например  $\text{V}_4\text{O}_9^{2-}$ .



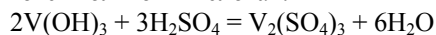
#### *Соединения ванадия (III).*

Получить соединения ванадия (III) можно восстановлением солей ванадия (V) в кислой среде, например, нитритом натрия:



Водные растворы соединений ванадия (III) окрашены в зеленый цвет, который им придают гидратированные ионы  $[\text{V}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ .

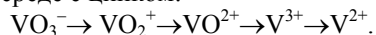
Оксид и гидроксид ванадия (III) обладают ярко выраженными основными свойствами и растворяются только в кислотах:



Соединения ванадия (III) являются восстановителями.

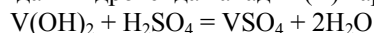
#### *Соединения ванадия (II).*

Переход ванадия от высшей степени окисления +5 к низшей +2, через все промежуточные степени окисления, можно наблюдать при взаимодействии раствора метаванадата натрия в кислой среде с цинком:



Водные растворы соединений ванадия (II) имеют фиолетовый цвет, за счет гидратированных ионов  $[\text{V}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ .

Для оксида и гидроксида ванадия (II) характерны основные свойства:



Соединения ванадия (II) — сильные восстановители.

### **2.1.1. Вопросы по теме:**

1. Какие степени окисления характерны для ванадия?
2. Какая степень окисления является устойчивой?
3. Как изменяются кислотно-основные свойства в ряду оксидов и гидроксидов  $\text{V(V)} - \text{V(IV)} - \text{V(III)} - \text{V(II)}$ ? Приведите уравнения соответствующих реакций.
4. Как изменяются окислительно-восстановительные свойства в ряду соединений  $\text{V(V)} - \text{V(IV)} - \text{V(III)} - \text{V(II)}$ ? Приведите уравнения соответствующих реакций.