

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

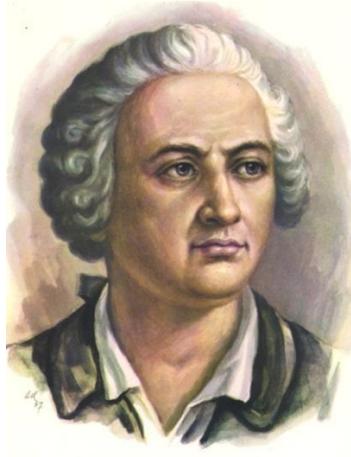
Аналитическая химия

- **Аналитическая химия** – наука о методах определения состава и структуры химических систем.
- **Аналитическая химия** – раздел химической науки, разрабатывающий на основе фундаментальных законов химии и физики принципиальные методы и приемы качественного и количественного анализа атомного, молекулярного и фазового состава вещества.

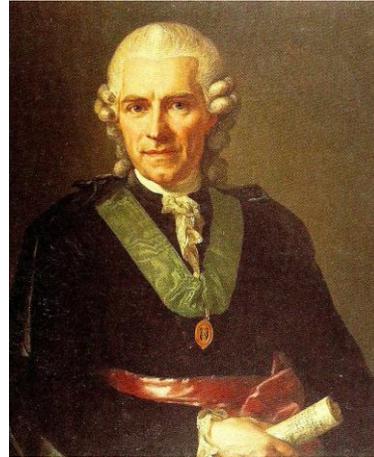
Аналитическая химия



Р.Бойль
(1627 – 1691)



М.В. Ломоносов
(1711 – 1765)



Т.О. Бергман
(1735 – 1784)

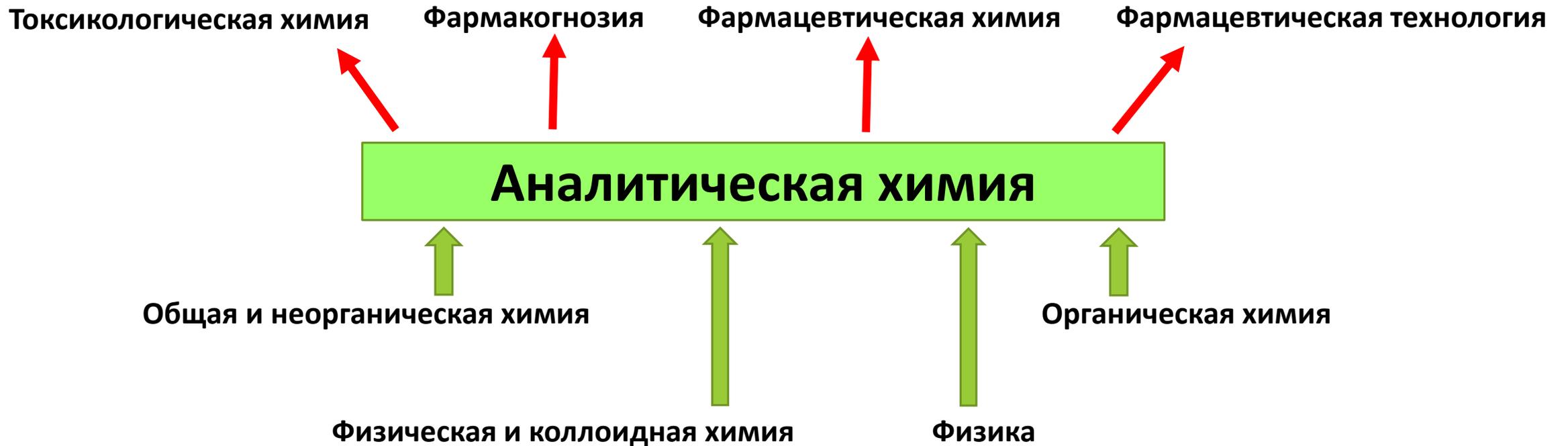


В.М. Севергин
(1765 – 1826)



Н.А. Меншуткин
(1842 – 1907)

Аналитическая химия



Анализ – процедура получения опытным путем данных о химическом составе вещества



То, что анализируется в лабораториях, является неотъемлемой частью нашей жизни (Waters.com)



"TODAY EVERYONE HAS TO KNOW 'WHAT'S IN THE FOOD?', 'WHAT'S IN THE WATER?', 'WHAT'S IN THE AIR?' THIS IS TRULY THE 'GOLDEN AGE OF ANALYTICAL CHEMISTRY.'"

Анализ

```
graph TD; A[Анализ] --> B[Качественный]; A --> C[Количественный];
```

Качественный

Обнаружение и
идентификация
компонентов
анализируемого образца

Количественный

Определение
концентраций или
масс компонентов
анализируемого образца

Качественный анализ

Качественный анализ

Неорганические соединения

Определение
катионов и
анионов

Органические соединения

Определение
функциональных
групп

Качественный анализ неорганических соединений

Классификации катионов:

- сульфидная
- аммиачно-фосфатная
- кислотнo-основная

Классификации анионов основана на:

- способности образовывать нерастворимые соединения
- окислительно-восстановительных свойствах

Кислотно-основная классификация катионов

Группа	Катионы	Групповой реагент	Характеристика группы
I	K^+ , Na^+ , NH_4^+	Нет	Хлориды, сульфаты и гидроксиды растворимы в воде
II	Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+}	Хлористоводородная кислота (HCl)	Образуют нерастворимые хлориды
III	Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+}	Серная кислота (H_2SO_4)	Образуют нерастворимые сульфаты
IV	Zn^{2+} , Al^{3+} , Sn^{2+} , Sn^{4+} , As^{3+} , As^{5+} , Cr^{3+}	Гидроксид натрия (NaOH) с раствором перекиси водорода (H_2O_2)	Образуют амфотерные гидроксиды, растворимые в избытке NaOH
V	Mg^{2+} , Mn^{2+} , Bi^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Sb^{3+} , Sb^{5+}	Гидроксид натрия (NaOH) или раствор аммиака (25%)	Образуют гидроксиды, которые нерастворимы в избытке NaOH
VI	Cu^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+}	Раствор аммиака (25%)	Образуют комплексные соединения, растворимые в избытке раствора аммиака

Классификация анионов

Группа	Анионы	Групповой реагент
I	SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, CO_3^{2-} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, PO_4^{3-} , AsO_4^{3-} , AsO_3^{3-}	BaCl_2
II	Cl^- , Br^- , I^- , S^{2-} , SCN^- , BrO_3^-	AgNO_3
III	NO_3^- , NO_2^- , CH_3COO^-	Нет

Качественный анализ

Качественный анализ

Дробный анализ

Обнаружение иона или вещества с помощью специфического реагента в присутствии всех компонентов пробы

Систематический анализ

Разделение смеси анализируемых ионов по аналитическим группам с последующим обнаружением каждого иона

В зависимости от природы обнаруживаемых частиц

- **Элементный анализ**- качественный и количественный химический анализ, в результате которого определяют, какие химические элементы и в каких количественных соотношениях входят в состав анализируемого вещества;
- **Функциональный анализ** – открытие и определение различных функциональных групп ($-\text{NH}_2$, $-\text{NO}_2$, $-\text{COOH}$ и др.);
- **Молекулярный анализ** – открытие молекул и определение молекулярного состава анализируемого вещества;
- **Фазовый анализ** – открытие и определение различных фаз (твердых, жидких, газообразных), входящих в данную анализируемую систему.

В зависимости от масштаба работы, объема или массы пробы

<u>Вид анализа</u>	<u>Масса пробы, г</u>	<u>Объем раствора, мл</u>
Макроанализ	$> 0,1$	$10 - 10^3$
Полумикроанализ	$0,01 - 0,1$	$10^{-1} - 10$
Микроанализ	$< 0,01$	$10^{-2} - 1$
Субмикроанализ	$10^{-4} - 10^{-3}$	$< 10^{-2}$
Ультрамикроанализ	$< 10^{-4}$	$< 10^{-3}$

Фармацевтический анализ

Фармацевтический анализ – определение качества лекарственных препаратов и лекарственных форм, изготавливаемых промышленностью и аптеками (анализ лекарственного сырья, анализ лекарственных препаратов, контроль производства лекарств).

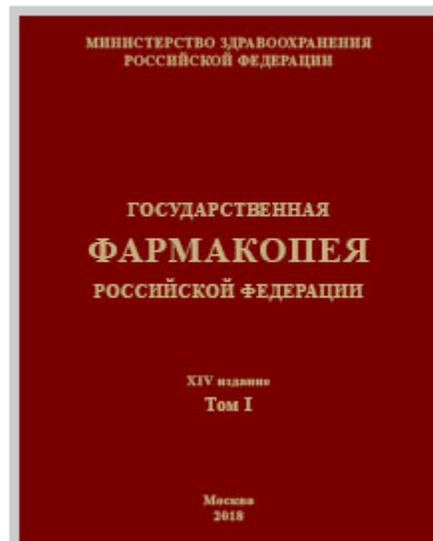
Государственная Фармакопея – сборник обязательных общегосударственных стандартов и положений, нормирующих качество лекарственных средств.

Фармакопейные методы анализа – методы, описанные и утвержденные в Фармакопейных статьях или включенные в Государственную Фармакопею.

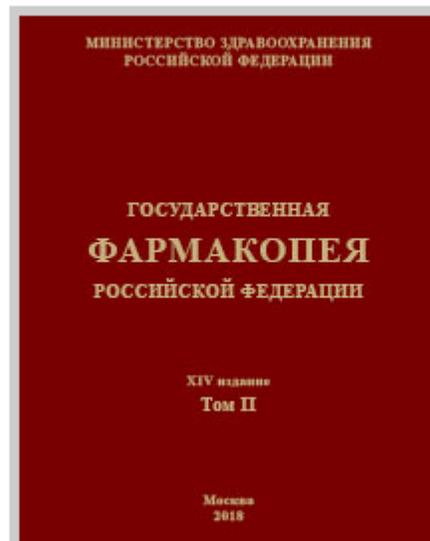
Государственная фармакопея Российской Федерации

<http://femb.ru/femb/pharmacopea.php>

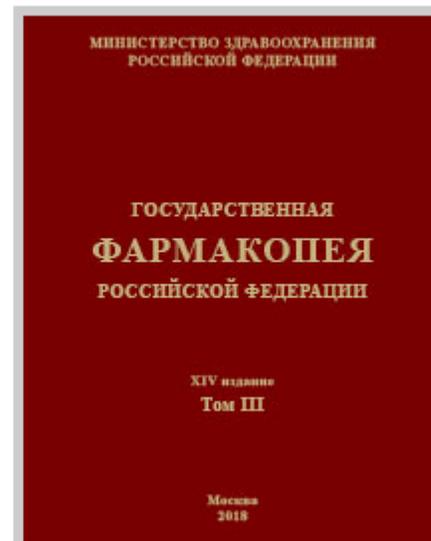
ФАРМАКОПЕЯ



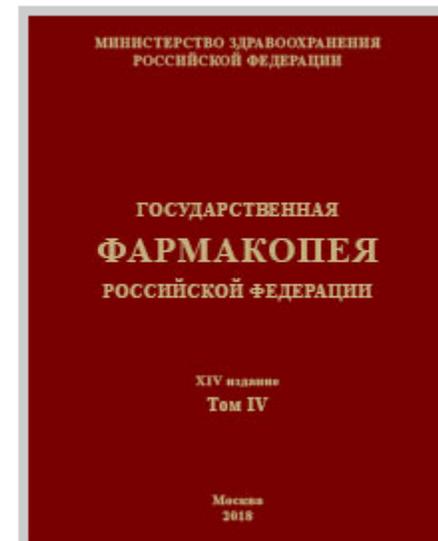
[Версия HTML5](#)



[Версия HTML5](#)



[Версия HTML5](#)



[Версия HTML5](#)

United State Pharmacopoeia

<https://www.usp.org/>

The image shows the homepage of the United States Pharmacopeia (USP) website. The page has a dark blue header with navigation links: "Global Presence" with a "Select Country" dropdown, "Careers", "Store", "Help", "FAQs", "USP en Español", "Contact Us", and a yellow "Login" button. Below the header is a navigation bar with the USP logo and menu items: "About", "Our Impact", "Our Work", "Products & Services", "Events & Training", and "Get Involved". A search bar is located on the right side of the navigation bar. The main content area features a large banner for the 200th anniversary. On the left, it says "200 years of building trust" with up and down arrows. On the right, it says "200 usp The standard of trust" with the USP logo. Below this, it says "Learn how USP has helped ensure quality and safety since 1820." and a button that says "Explore our impact". The bottom of the banner is decorated with a pattern of colorful dots.

Методы анализа

Метод анализа – краткое изложение принципов, положенных в основу анализа вещества (без указания определяемого компонента и объекта).

Методика анализа - подробное описание анализа данного объекта с использованием выбранного метода.

Методы анализа

```
graph TD; A[Методы анализа] --> B[Химические]; A --> C[Физические]; A --> D[Биологические]; B --- E[Физико-химические]; C --- E;
```

Химические

Основаны на использовании химических реакций

Физические

Основаны на измерении с помощью специальных приборов физических свойств определяемых веществ

Биологические

Основаны на применении живых организмов в качестве аналитических индикаторов

Физико-химические

С помощью специальных приборов исследуются изменения физических свойств вещества во время протекания химических реакций

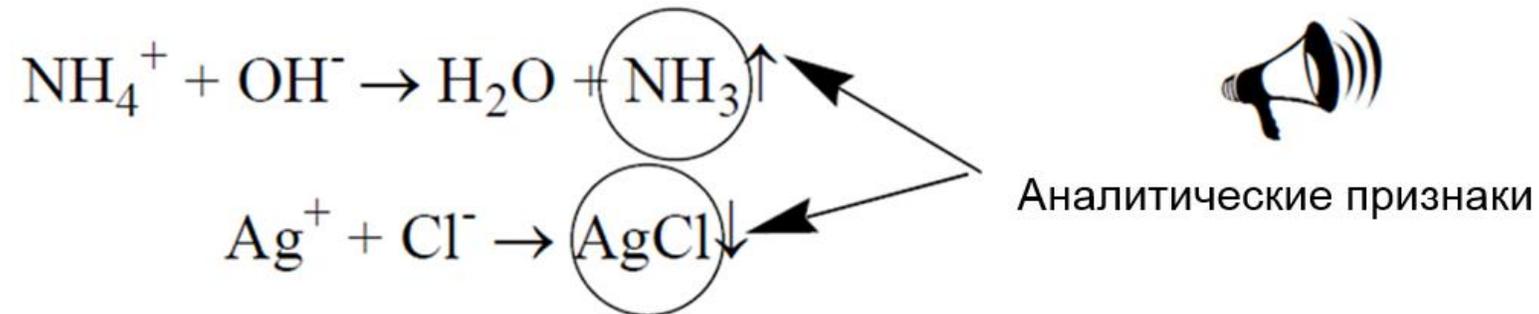
Аналитические реакции

Аналитическая реакция – химическое превращение анализируемого вещества при действии аналитического реагента с образованием продуктов с заметными аналитическими признаками.

Протекание аналитической реакции зависит от температуры, концентрации растворов, рН среды, присутствия веществ, мешающих, маскирующих или катализирующих протекание реакции.

Аналитические признаки

Аналитические признаки - свойства анализируемого вещества, которые позволяют судить о наличии в нем тех или иных компонентов (цвет, запах, угол вращения плоскости поляризации света, способность к взаимодействию с электромагнитным излучением, в результате чего появляются полосы поглощения в ультрафиолетовой, инфракрасной и видимой областях спектра).



Аналитические реакции и реагенты

Специфические

Позволяют
обнаруживать
данное вещество или
ион в присутствии
других веществ или
ионов

Селективные

Позволяют
обнаруживать
несколько веществ
или ионов

Групповые

Позволяют
обнаруживать
ионы определенной
аналитической
группы

Чувствительность аналитических реакций

Чувствительность аналитических реакций

Чувствительность аналитических реакций определяет возможность обнаружения вещества (ионов, молекул) в растворе данной реакцией. Характеризуется:

- Предельное разбавление V_{lim} – максимальный объем раствора, в котором данной аналитической реакцией может быть обнаружен 1 г вещества, мл/г.
- Предельная концентрация C_{lim} – наименьшая концентрация вещества, которая может быть обнаружена данной аналитической реакцией, г/мл.

**Пределная концентрация и предельное
разбавление связаны соотношением:**

$$C_{lim} = \frac{1}{V_{lim}}$$

Минимальный объем предельно разбавленного раствора V_{\min} – наименьший объем раствора, необходимый для обнаружения вещества данной аналитической реакцией, мл.

Открываемый минимум (предел обнаружения) m
– наименьшая масса вещества, которую можно открыть в минимальном объеме предельно разбавленного раствора, мкг
(1мкг = 10^{-6} г).

Предел обнаружения связан с предельной концентрацией и минимальным объемом предельно разбавленного раствора соотношениями:

$$m = C_{\text{lim}} \cdot V_{\text{min}}$$

или

$$m = V_{\text{min}} / V_{\text{lim}}$$

Чувствительность аналитических реакций

- Аналитическая реакция тем чувствительнее, чем меньше ее открываемый минимум, минимальный объем предельно разбавленного раствора и чем больше предельное разбавление.
- Чувствительность аналитических реакций зависит от природы открываемого вещества и аналитического реагента, температуры, рН среды, присутствия других веществ.

Задача № 1

Предел обнаружения катионов калия тетрафенилборатом натрия равен 1 мкг, предельное разбавление - $5 \cdot 10^4$ мл/г. Рассчитайте предельную концентрацию катионов калия и минимальный объем предельно разбавленного раствора.

Решение

$$C_{lim} = \frac{1}{V_{lim}} = \frac{1}{5 \cdot 10^4} = 2 \cdot 10^{-5} (\text{г/мл})$$

$$m = \frac{V_{min}}{V_{lim}}$$

$$V_{min} = m \cdot V_{lim} = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^4 = 0,05 (\text{мл})$$

Ответ: $2 \cdot 10^{-5}$ г/мл; 0,05 мл.

Задача № 2

При обнаружении катионов кальция оксалат-ионами, минимальный объем предельно разбавленного раствора равен 0,01 мл, предел обнаружения 0,04 мкг. Рассчитайте минимальную молярную концентрацию катионов кальция.

$$C(\text{моль/л}) = \frac{C_{\text{lim}} \cdot 1000}{M(\text{иона})}$$

$$C_{\text{lim}} = \frac{C(\text{моль/л}) \cdot M(\text{иона})}{1000}$$

Решение

$$m = C_{\text{lim}} \cdot V_{\text{min}}$$

$$C_{\text{lim}} = \frac{m}{V_{\text{min}}} = \frac{0,04 \cdot 10^{-6}}{0,01} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ (г/мл)}$$

$$C(\text{моль/л}) = \frac{C_{\text{lim}} \cdot 1000}{M(\text{иона})}$$

$$C(\text{моль/л}) = \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 1000}{40} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ (моль/л)}$$

Ответ: $1 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

Задача № 3

Рассчитайте предельное разбавление и предел обнаружения катионов кальция оксалат-ионами, если минимальная молярная концентрация катионов кальция – 0,0001 моль/л, а минимальный объём предельно разбавленного раствора – 0,01 мл.

Решение

$$C_{lim} = \frac{C \cdot M}{1000} = \frac{0.0001 \cdot 40}{1000} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ (г/мл)}$$

$$V_{lim} = \frac{1}{C_{lim}} = \frac{1}{4 \cdot 10^{-6}} = 0,25 \cdot 10^6 \text{ (мл/г)}$$

$$m = C_{lim} \cdot V_{min} = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,01 = 4 \cdot 10^{-8} \text{ г} = 0,04 \text{ (мкг)}$$

Ответ: $0,25 \cdot 10^6$ мл/г; 0,04 мкг.