

# Коригування якості води

---

КОАГУЛЮВАННЯ  
ЗНЕЗАРАЖЕННЯ  
СТАБІЛІЗАЦІЯ



ПОМ'ЯКШЕННЯ  
ЗНЕСОЛЕННЯ  
ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ



# Коагулювання води

обробка води реагентом  
(*коагулянт*ом), що призводить до  
укрупнення частинок забруднень та  
полегшення їх вилучення

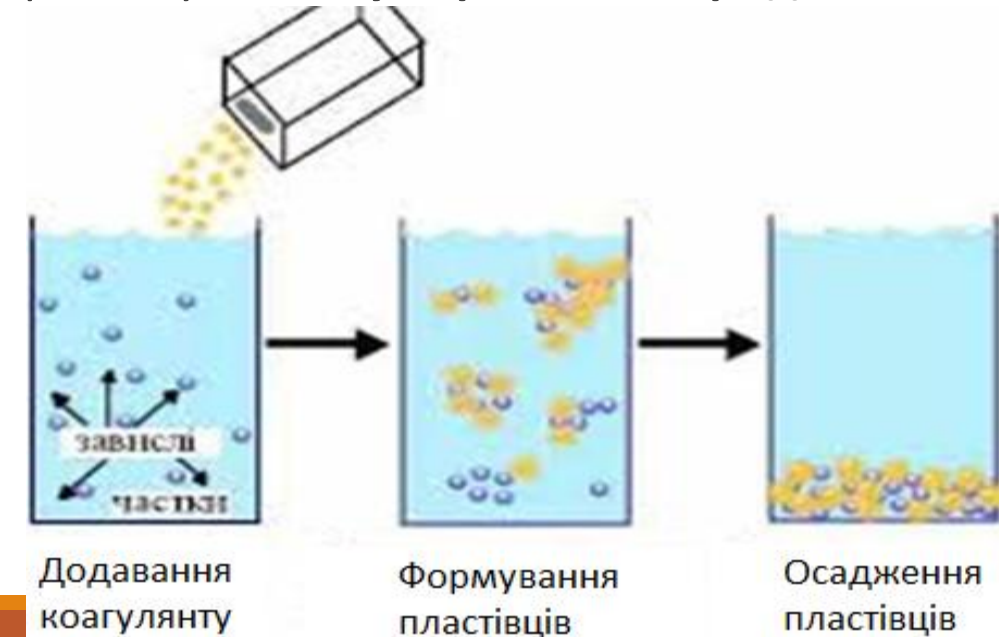
**Призначення** – вилучення домішок, що зумовлюють каламутність та забарвленість води, фізико-хімічні властивості яких не дозволяють видалення їх безреагентними методами.

**Здійснюється** додаванням до води мінеральних солей з гідролізуючим катіоном або анодним розчиненням металів.

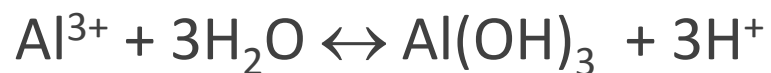
**Коагулянти** – солі слабких лугів і сильних кислот. Переважно використовуються **сульфати та хлориди алюмінію та заліза**.

## Стадії процесу коагулювання

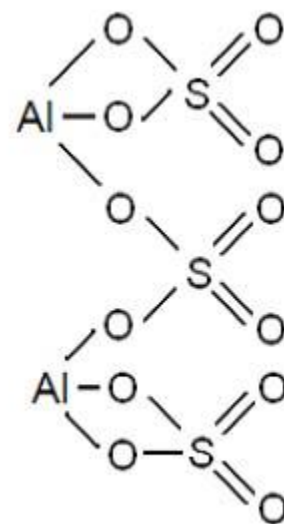
1. Гідроліз коагулянту  
з утворенням розведеного розчину гідроксиду металу.
2. Взаємодія золю гідроксиду з домішками води,  
коагуляція золю коагулянту.
3. Утворення пластівців та їх вилучення.



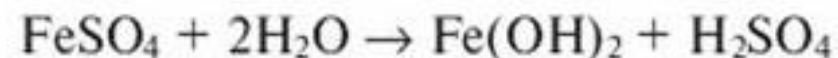
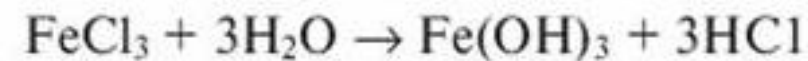
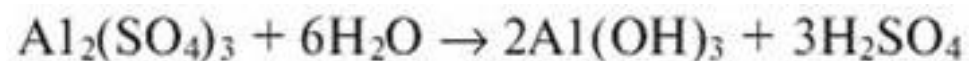
# Стадія 1. Гідроліз коагулянту



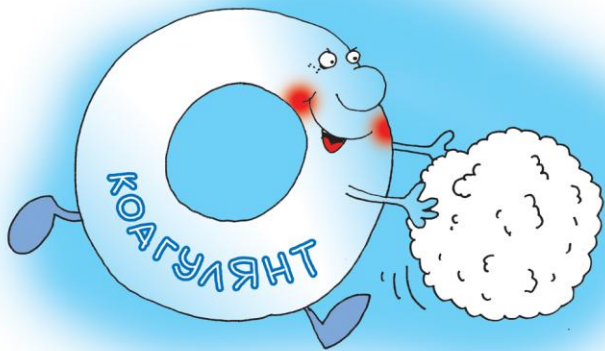
Результатом гідролізу є накопичення в розчині іонів  $\text{H}^+$  - підкислення середовища



*Сульфат алюмінію*







## Стадія 1. Фактори впливу

---

На перебіг гідролізу впливають: концентрація (доза) коагулянту; температура, pH

➤ **Концентрація:** згідно закону діючих мас швидкість гідролізу  $\underline{v_k = k \cdot [Al^{3+}] \cdot [H_2O]^3 = k_1 \cdot [Al^{3+}]}$ ,

де  $k_1 = k \cdot [H_2O]^3 = const$ , отже швидкість гідролізу **прямо пропорційна** дозі коагулянту

➤ З підвищенням **температури** на  $10^\circ C$  швидкість гідролізу зростає у 2 рази

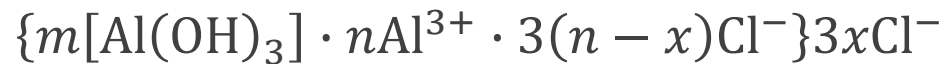
➤ При **pH**  $\leq 7,5$  новоутворений  $Al(OH)_3$  розчинюється кислотою (зворотна реакція).

Повноту перебігу гідролізу забезпечує **лужний запас** природних вод ( $[HCO_3^-]$ ):  $H^+ + HCO_3^- \rightarrow H_2O + CO_2$   
(лужність нейтралізує утворену під час гідролізу кислоту, перешкоджає перебігу зворотної реакції)

# Стадія 1. Утворення золю гідроксиду металу

Гідроксид Al – малорозчинна речовина, утворює з водою **колоїдну систему**, заряджену «+» у кислому та нейтральному середовищі

Будова міцели для золю, утвореного в результаті гідролізу  $\text{AlCl}_3$ :



ядро  
з зарядом « $3n+$ »

адсорбційний  
шар протиіонів

колоїдна частинка  
з зарядом « $3x+$ »

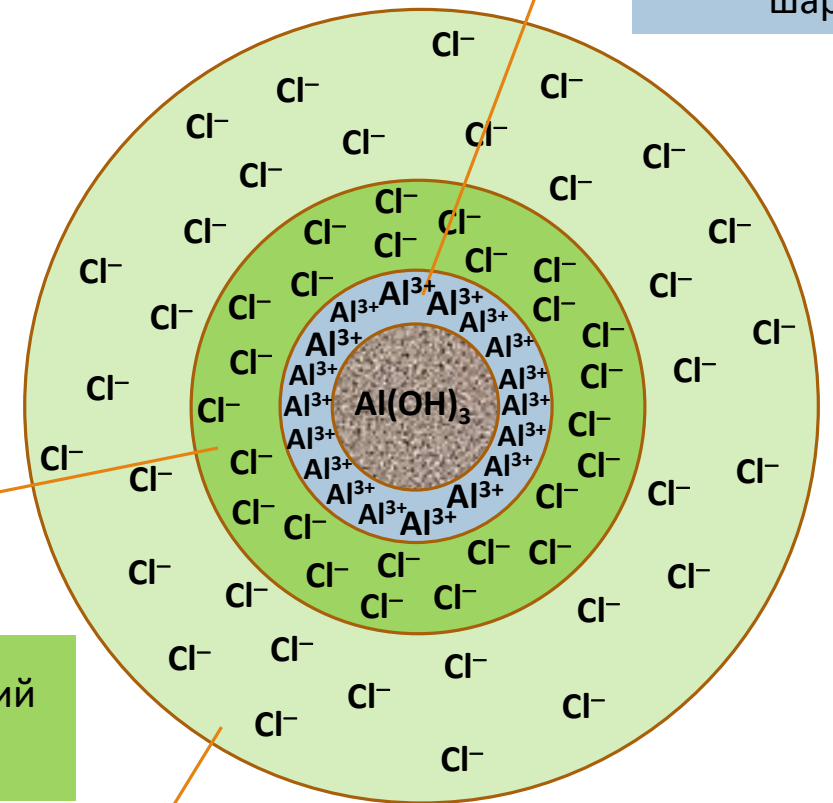
дифузний шар  
протиіонів

міцела  
з зарядом «0»

адсорбційний  
шар

дифузний шар

потенціал  
визначальний  
шар



## Стадія 2. Взаємодія коагулянту з домішками води

Домішки природних вод I та II груп класифікації переважно несуть **негативний заряд**.

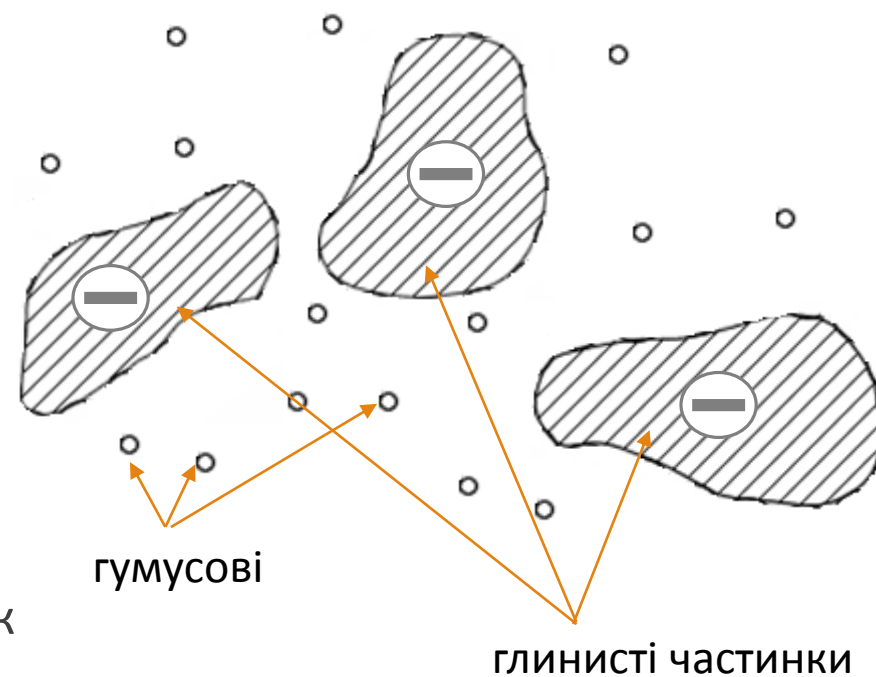
- Глинисті частинки – гідроалюмосилікати –  
$$x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot y\text{SiO}_2 \cdot z\text{H}_2\text{O} - \text{H}_4\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_9$$

Міцела глинистої частинки –  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_9^{4-}$  з протиіонами  $\text{H}^+$

- Гумусові речовини – слабкі гумінові та фульвокислоти, їх солі – представлені крупними аніонами

В кислому середовищі ступінь дисоціації знижується, заряд частинок падає, коагуляція полегшується

Злипання між ними **не відбувається** через електростатичне відштовхування



## Стадія 2. Взаємодія коагулянту з домішками води

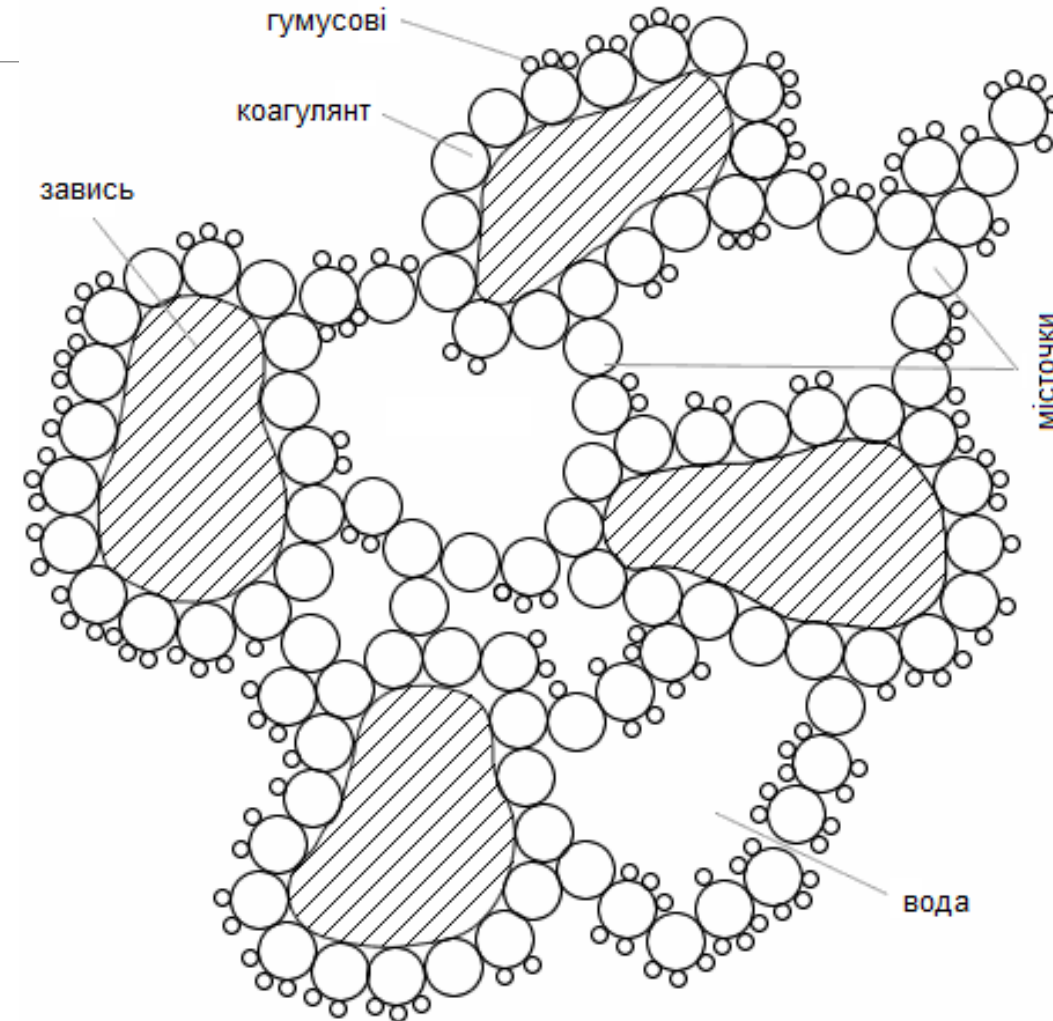
Процес взаємодії домішок води з коагулянтом – **прихована коагуляція**.

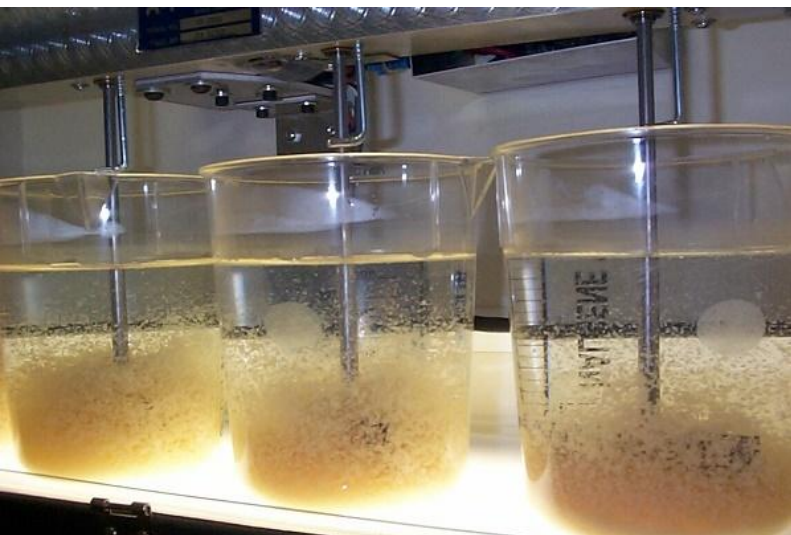
При введенні золю гідроксиду в воду частинки коагулянту адсорбуються поверхнею глинистих частинок. Гумусові, в свою чергу, адсорбуються на поверхні частинок коагулянту.

**Під впливом аніонів природних вод золь коагулянту коагулює** з утворенням місточкоподібних структур.

В результаті формується т.зв. **надміцелярна структура** у вигляді просторового каркасу, що з'єднує всі домішки води. Структура може бути досить рихлою, захоплювати багато води.

Візуально прихована коагуляція характеризується збільшенням каламутності води, опалесценцією.



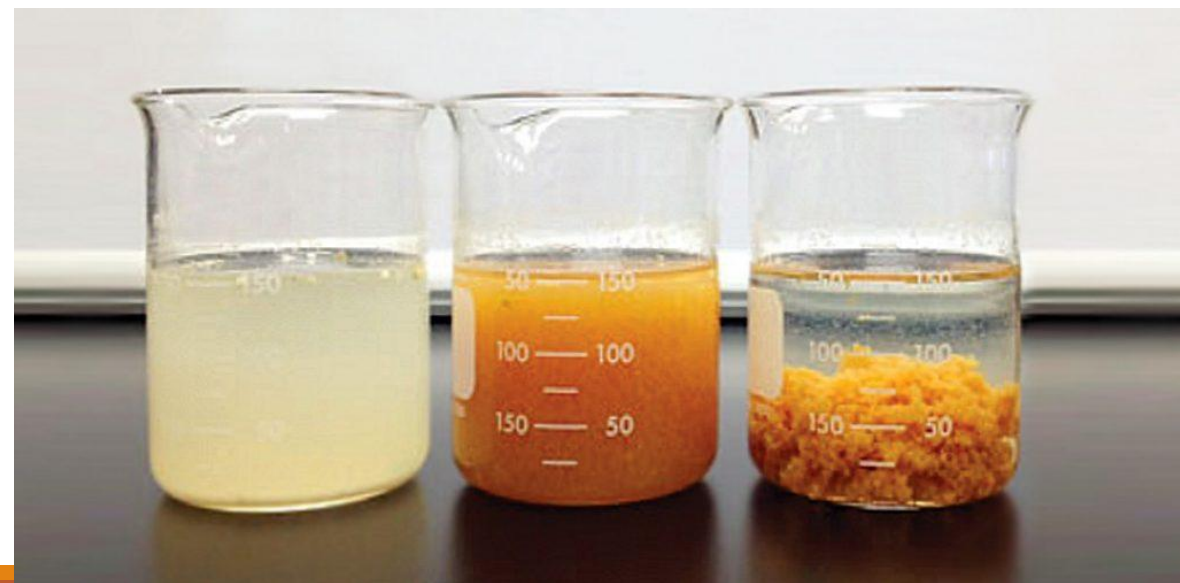


## Стадія 3. Утворення пластівців

Під впливом гідродинамічних сил потоку та власної ваги надміцелярна структура руйнується з утворенням **мікропластівців**, які зчіплюються одне з одним, укрупнюються та осідають.

Мікропластівці являють собою агрегати, маса яких недостатня для осідання. Їх кількість становить *тисячі в см<sup>3</sup>*

Осідання пластівців починається після досягнення ними певного розміру – кількість падає до одиниць у см<sup>3</sup>





# Стадії 2 і 3. Фактори впливу

---

➤ При зниженні **температури** – зменшується кількість ефективних зіткнень частинок

➤ **pH** впливає на структуру пластівців:

$\text{Al}(\text{OH})_3$	рихлі при $\text{pH} < 5,5$ щільні при $\text{pH} 5,5 \dots 7,5$
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	рихлі при $\text{pH} 6 \dots 7$ щільні при $\text{pH} 8 \dots 9$

➤ **Аніонний склад** домішок: аніони природних вод забезпечують коагуляцію золю гідроксиду металу

поріг коагуляції	$\text{Cl}^-$	$0,07 \text{ моль/дм}^3 = 2,485 \text{ г/л}$
------------------	---------------	--

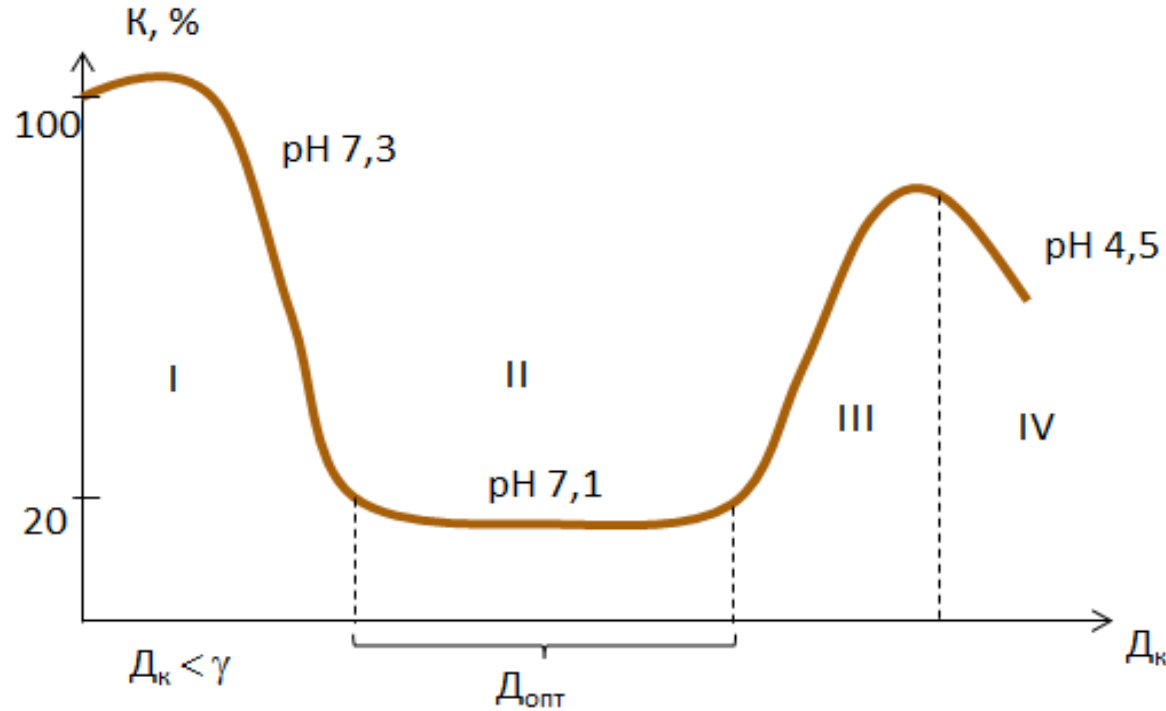
	$\text{HCO}_3^-$	$0,005 \text{ моль/дм}^3 = 0,305 \text{ г/л}$
--	------------------	---

	$\text{SO}_4^{2-}$	$0,001 \dots 0,002 \text{ моль/дм}^3 = 0,049 \text{ г/л}$
--	--------------------	---

➤ **Доза** коагулянту забезпечує необхідну кількість дрібних агрегатів

# Крива коагуляції

описує зміну каламутності води залежно від дози коагулянту , рН, часу

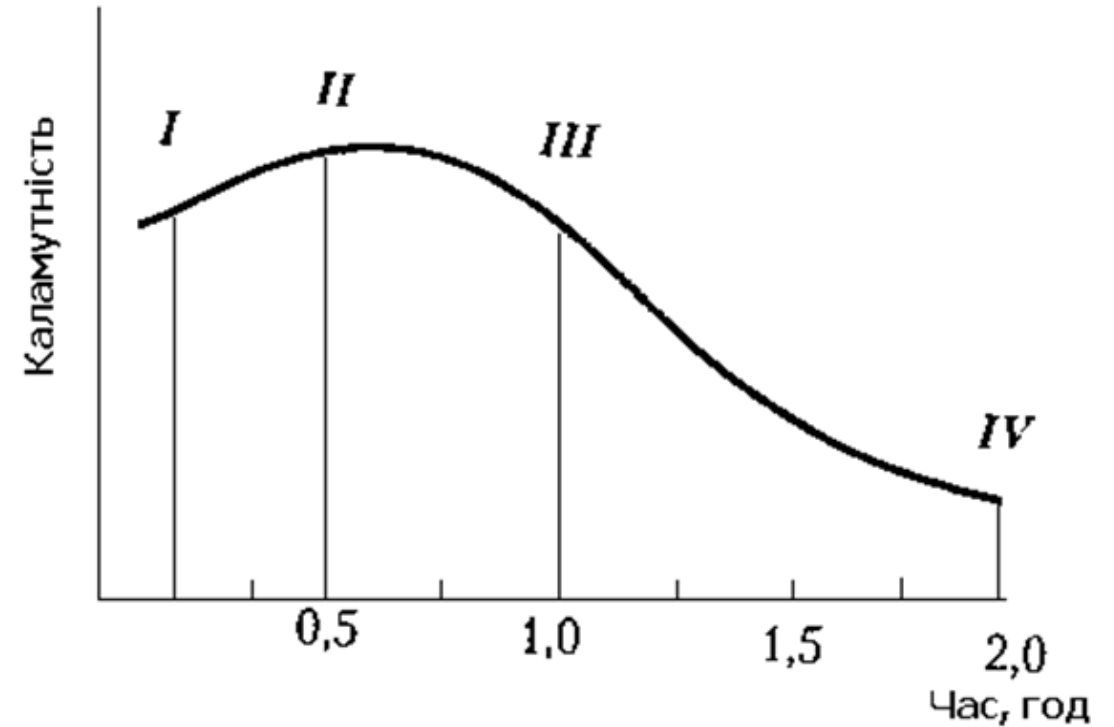


I – зона стійкості

II – зона коагуляції

III – зона стійкості – лужний резерв вичерпано, каламутність зростає внаслідок зменшення ступеню гідролізу

IV – перезарядка колоїдних частинок



I – прихована коагуляція; II – початок утворення пластівців;  
III – початок седиментації; IV – закінчення седиментації

# Інтенсифікація коагулювання

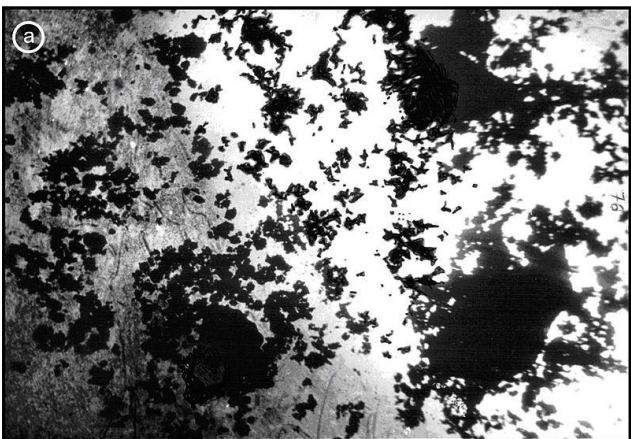
прискорення та збільшення  
ефективності процесу

Інтенсифікація коагулювання спрямована на полегшення складних етапів очистки та на нівелювання впливу негативних факторів

## Методи:

- застосування флокулянтів (II стадія);
- використання регуляторів рН (I стадія);
- окиснення (II стадія);
- закаламучення (II та III стадія);
- перемішування (II стадія);
- раціональне додавання реагентів;
- термічний метод;
- ультразвук;
- електричне поле тощо



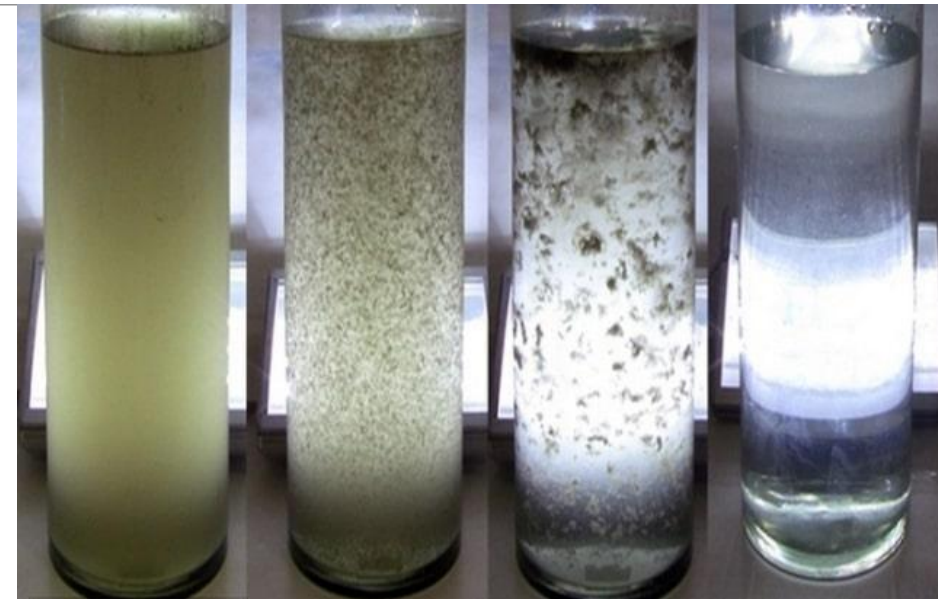


# Флокулянти

реагенти, що використовуються для полегшення процесу формування пластівців

***floculi** (лат) – шматки, пластівці*

- **Флокуляція** - утворення нетривких агрегатів невизначеної форми з дрібних частинок дисперсної фази, які знаходяться в завислому стані в рідкому середовищі
- Для обробки природних вод використовуються речовини, що утворюють з водою **колоїдні розчини заряджені «-»**
- За походженням та хімічною природою основні флокулянти відносять до **мінеральних** на основі природних речовин та органічних **високомолекулярних** сполук.



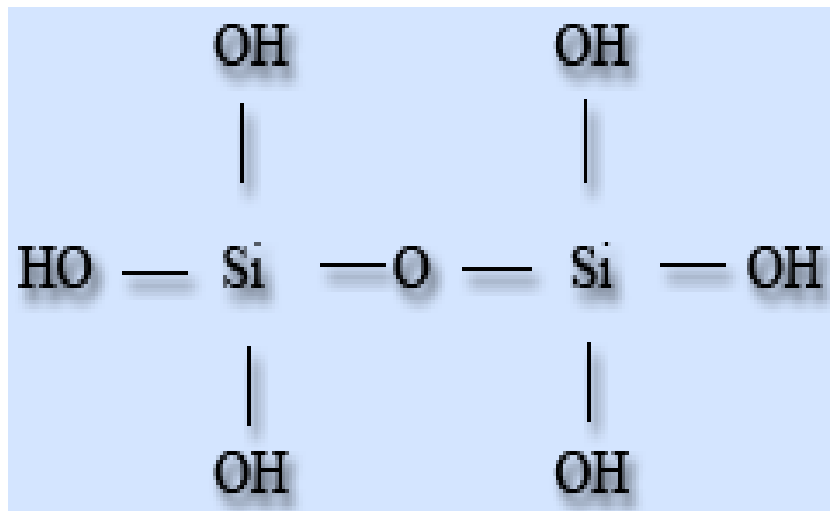
## Механізм дії:

- нейтралізація заряду частинок коагулянту  $\Rightarrow$  полегшення їх зчеплення
- створення додаткових центрів коагуляції
- безпосередня взаємодія з частинками забруднень



# Флокулянти. Активована кремнекислота (АК)

**Активована кремнекислота** (рідке скло) – це водний розчин кремнієвої кислоти, активованої розчинами сильних кислот/коагулянтів/хлору



Розчин АК являє собою **негативно заряджений золь** з частинками, розмір яких приблизно дорівнює розміру частинок коагулянту у воді



# Флокулянти. Активована кремнекислота (АК)

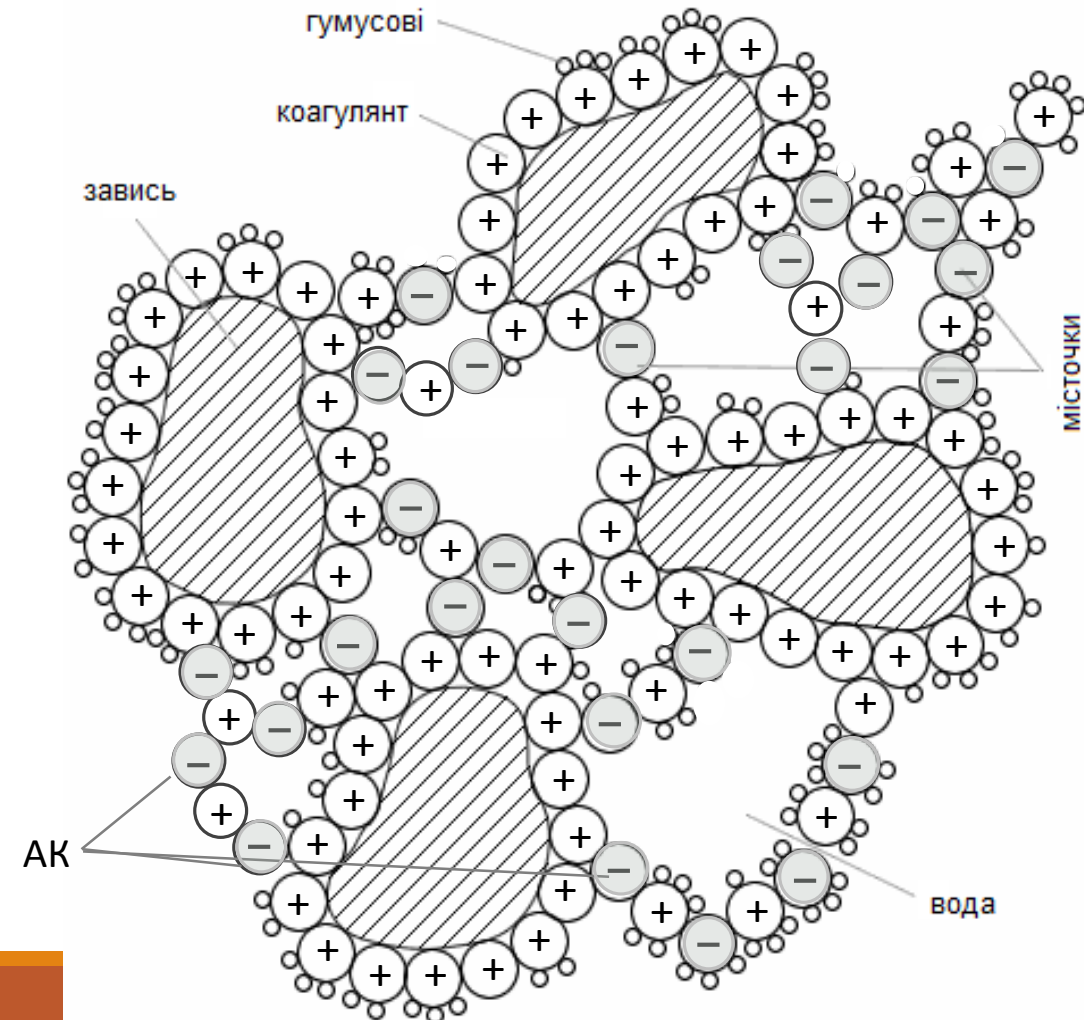
## Механізм дії:

при введенні в зону коагуляції включається в процес формування надміцелярної структури – полегшує **створення місточків** коагулянту (відбувається **взаємна коагуляція** золь);

частинки золь АК є також додатковими центрами коагуляції домішок

## Переваги:

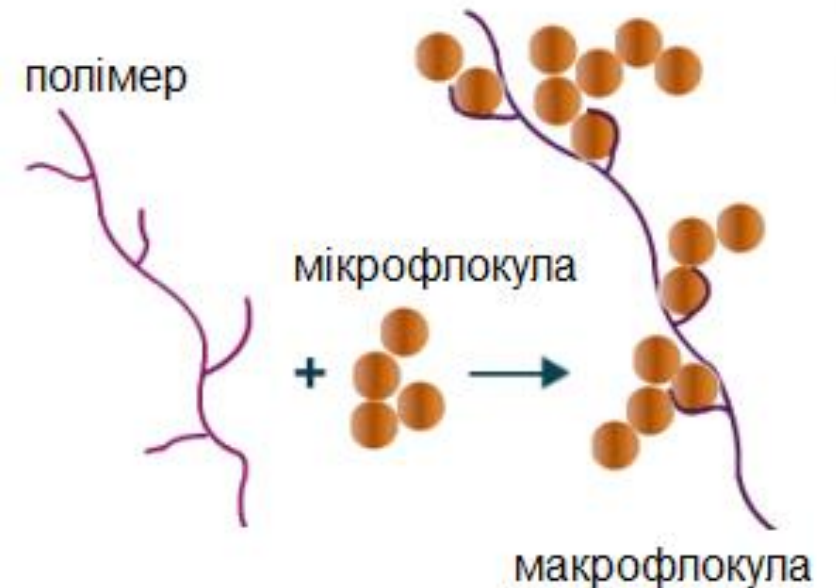
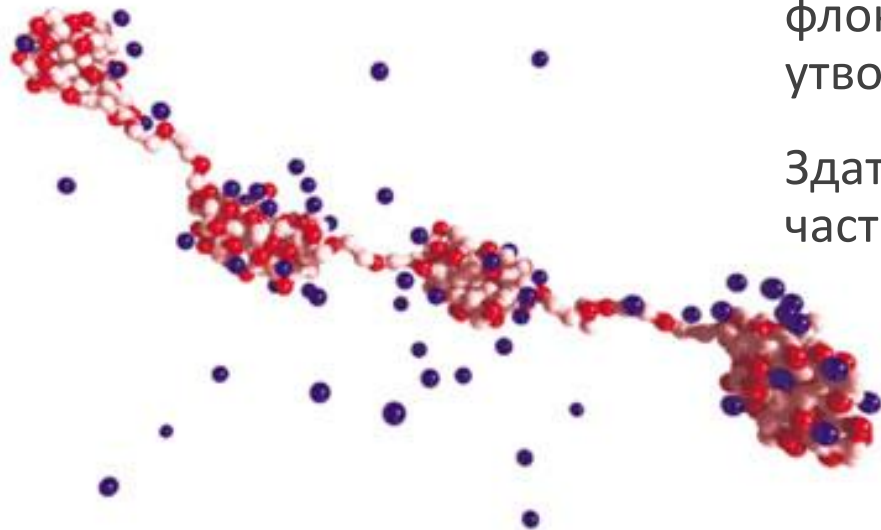
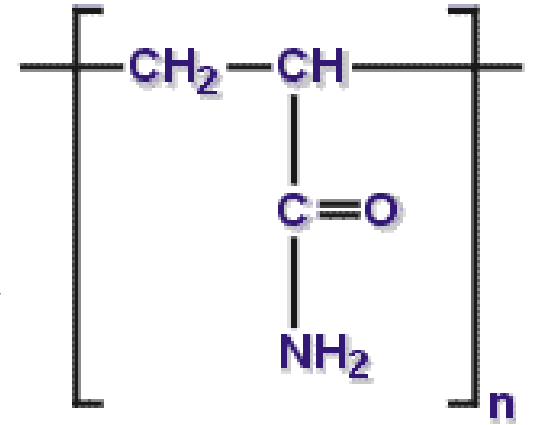
зменшення дози коагулянту у 2...3 рази;  
нівелювання впливу низьких температур;  
низька вартість та доступність реагенту.



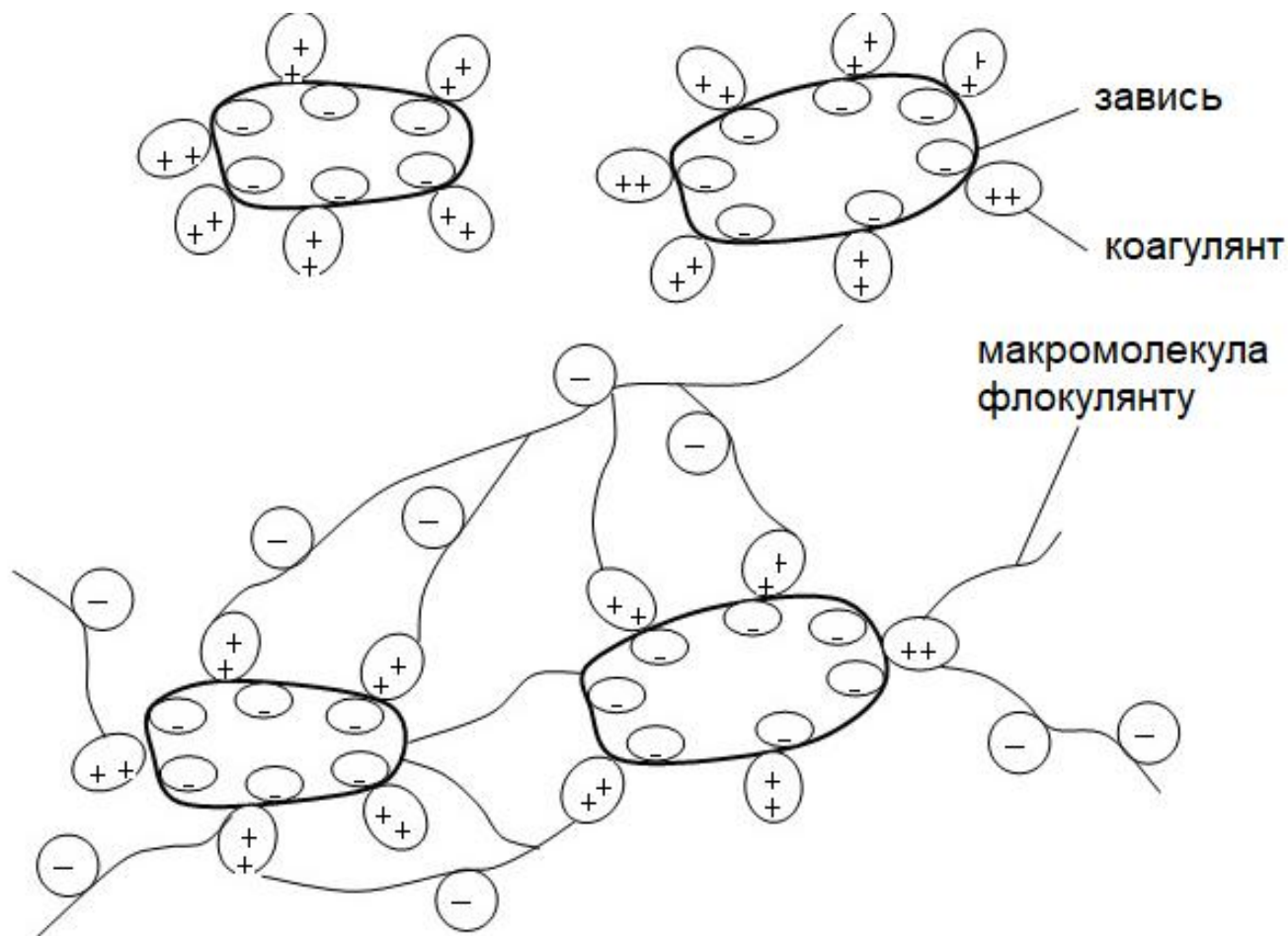
# Флокулянти. Поліакриламід (ПАА)

**Поліакриламід (ПАА)** – це високомолекулярний флокулянт, молекули якого в воді дисоціюють з утворенням **поліаніону**.

Здатний реагувати з позитивно зарядженими частинками коагулянту, формувати міцні структури



# Флокулянти. Поліакриламід (ПАА)



## Механізм дії:

при введенні в зону коагуляції може повністю замінити коагулянт в процесі «**зшивання**» домішок в єдину структуру – за рахунок взаємодії з частинками коагулянту, сорбованими поверхнею завислих домішок

**Переваги:** знижує необхідну дозу коагулянту у 10...20 разів; суттєво зменшує залишкову каламутність води

**Недоліки:** більш висока вартість; низький ефект при малій каламутності води



# Інтенсифікація коагулювання.

---

**Регулятори рН** – вапно, сода, їдкий натр – застосовуються при недостатньому лужному запасі води для забезпечення повноти гідролізу (нейтралізації кислоти)

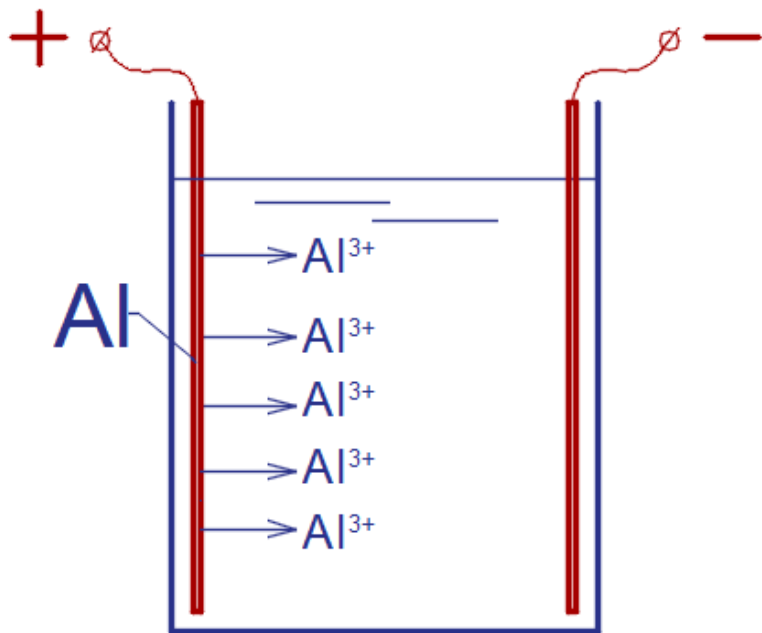
**Окисники** – хлор, озон тощо – руйнують органічні сполуки в воді, які виступають в ролі стабілізаторів системи

**Закаламутнювачі** – глина, подрібнені крейда, вапняк тощо – при малій каламутності води створюють додаткові центри коагуляції домішок

**Перемішування** може частково знизити негативний вплив низьких температур

**Рециркуляція осаду** – повернення свіжеосадженого коагулянту в зону утворення пластівців прискорює процес та сприяє підвищенню їх міцності та щільності

**Іонізуюче випромінення та ультразвук** – сприяють окисненню органічних та знищення біологічних домішок води



# Електрохімічне коагулювання

Забезпечується за рахунок електролітичного розчинення матеріалу аноду

## Переваги:

- високий ступінь очищення
- відсутність реагентів
- комплексний вплив на домішки води
- бактерицидний ефект
- простота автоматизації процесу

## Недоліки:

- мала продуктивність установок
- енергоємність
- важко утилізовані осади

