

**Білецький В.С.,**

*д.т.н., професор, Харківський національний технічний  
університет*

**Круть О.А.,**

*д.т.н., с.н.с., Інститут вугільних енерготехнологій НАН України*

**СЕДИМЕНТАЦІЙНА СТАБІЛЬНІСТЬ  
ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНОВОГО  
ВОДОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА**

В умовах дефіциту паливних ресурсів і зміни цінової політики щодо нафти та газу в Україні все актуальнішим стає збільшення частки вугілля у паливно-енергетичному балансі. Однією з перспективних технологій є використання в якості палива висококонцентрованих водовугільних суспензій (ВВВС).

По-перше, ВВВС дозволяє одержувати стійке транспортабельне **водо-вугільне паливо** (ВВП), яке може спалюватись в топках котлів без попереднього зневоднення.

По-друге, ця технологія відрізняється суттєво більшою екологічною чистотою

# Водовугільне паливо (Скорочення: ВВП, ВУТ, CWS, CWSM, CWM)

— рідке паливо, яке отримують шляхом змішування подрібненого вугілля (0-100 мкм), води (25-30 %) та пластифікатору (1%). Використовується на теплогенеруючих об'єктах, здебільшого як альтернатива природному газу та мазуту.



**Седиментаційна стійкість (стабільність) – властивість водовугільної суспензії зберігати вертикальну однорідність за густиною без випадання твердих частинок на дно труби або резервуара при транспортуванні або зберіганні. Порушення седиментаційної стійкості водовугільної суспензії веде до аварій.**



Сумарна енергія  $E_c$  взаємодії двох сферичних частинок у рідині, згідно теорії ДЛФО, має дві складові: йонно-електростатичну  $E_e$  та молекулярну дисперсійну (Ван-дер-Ваальсову)  $E_{д}$ .

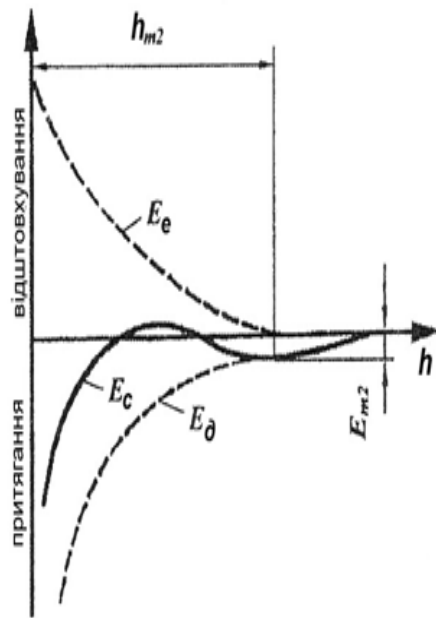
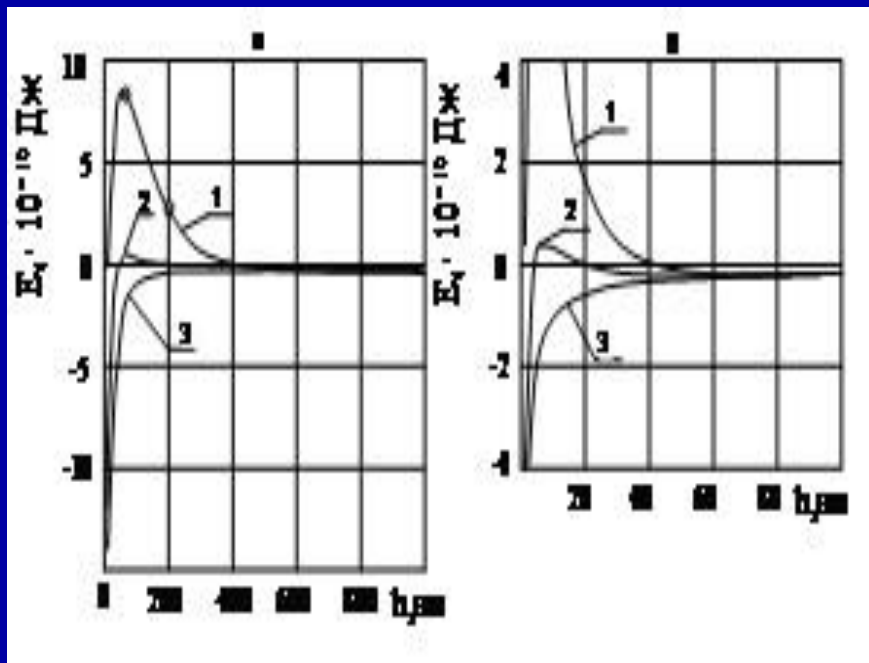


Рис. Криві потенційної енергії взаємодії двох частинок в залежності від відстані між ними

- Характеристики коагульованої тиксотропної водовугільної системи в цілому визначаються “глибиною”  $E_{m2}$  та координатою  $h_{m2}$  другої енергетичної ями (рис. 1)
- Стійкість дисперсних систем визначається балансом енергії тяжіння і енергії відштовхування частинок. Енергія тяжіння обумовлена міжмолекулярними силами, головним чином силами Ван-дер-Ваальса. У першому наближенні ця енергія обернено пропорційна квадрату відстані між частинками. За теорією ДЛФО (Дерягіна, Ландау, Фервея, Овербека), що враховує тільки електростатичну складову розклинюючого тиску (тиску відштовхування), енергія відштовхування зменшується з відстанню за експоненціальним законом.

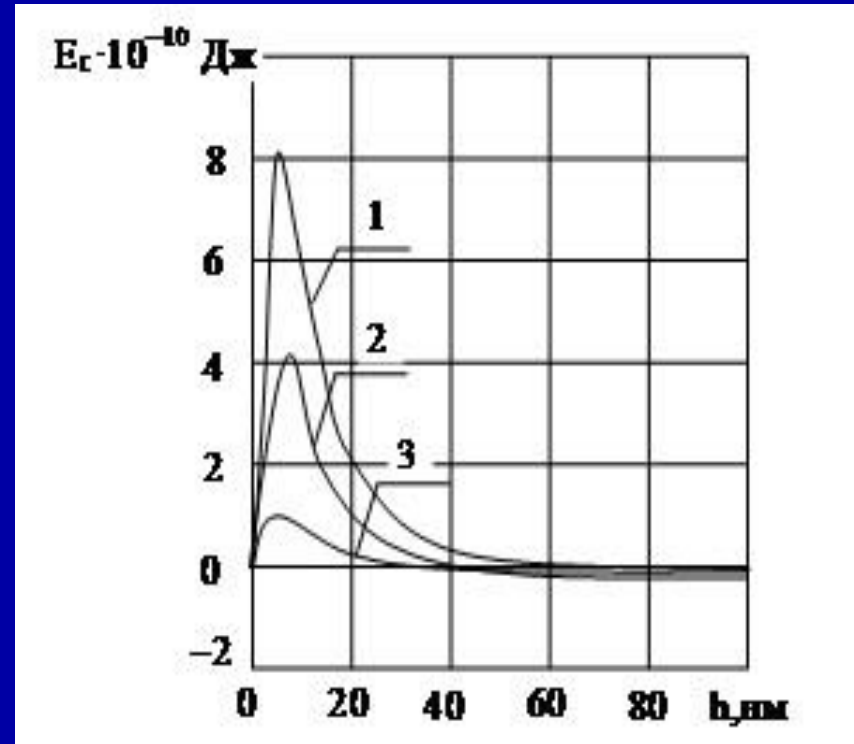


- Аналітичні залежності  $E_c(h)$  при зміні потенціалу поверхні вугільних частинок в межах 20-100 мВ. 1 - 100 мВ; 2 - 50 мВ; 3 - 20 мВ.
- а – загально-оглядовий масштаб кривих;
- б - деталізований відносно осі  $E_c$ .

Аналіз одержаних кривих показує, що збільшення потенціалу вугільної поверхні приводить до появи і збільшення енергетичного бар'єру відштовхування. Цей бар'єр з'являється при  $\phi \approx 50$  мВ. При  $\phi < 50$  мВ водовугільна суспензія агрегативно нестійка. Її зерна під дією дисперсійних Ван-дер-Ваальсових взаємодій незворотно коагулюють між собою і суспензія розшаровується. При  $\phi > 50$  мВ спостерігається два характерних ефекти. По-перше, суттєво зростає висота енергетичного бар'єру відштовхування, що відповідно збільшує агрегативну стійкість ВВВС. По-друге, координата другої енергетичної ями  $h_{m2}$  зміщується вправо. Це призводить до збільшення відстані між вугільними частинками, які фіксуються у другій потенційній ямі тиксотропної структури.

# Аналітичні залежності $E_c(h)$ для частинок крупністю: 1 - 100 мкм; 2 - 50 мкм; 3 - 10 мкм.

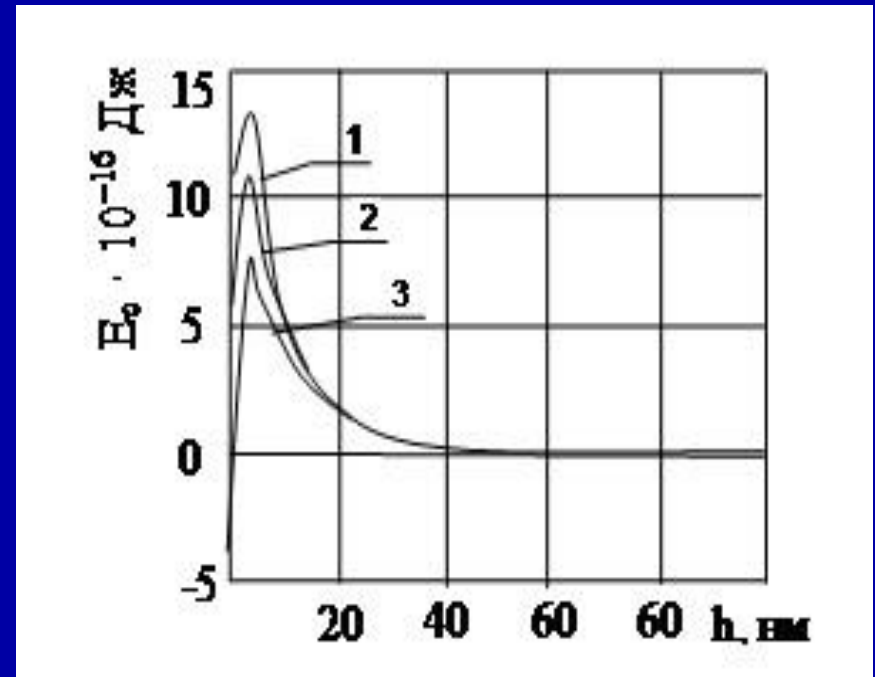
- Основними факторами, які визначають поведінку вугільної частинки у коагульованій структурі є: **крупність частинки**, **гідрофільно-гідрофобний баланс поверхні** частинок, **загальний та електрокінетичний потенціал цієї поверхні**.



Як видно, зі збільшенням крупності вугільних зерен збільшується енергетичний бар'єр відштовхування. Перше відмічене явище – збільшення енергетичного бар'єру відштовхування – обумовлює зростання агрегативної стійкості, так як цей бар'єр перешкоджає потраплянню і незворотній коагуляції частинок в “першій потенціальній ямі”.

Аналітичні залежності  $E_c(h)$  при зміні гідрофільно-гідрофобного балансу поверхні вугільних частинок, константа Гамакера: 1 -  $A_r = 0,5 \cdot 10^{-19}$  Дж; 2 -  $A_r = 1,5 \cdot 10^{-19}$  Дж; 3 -  $A_r = 3,5 \cdot 10^{-19}$  Дж.

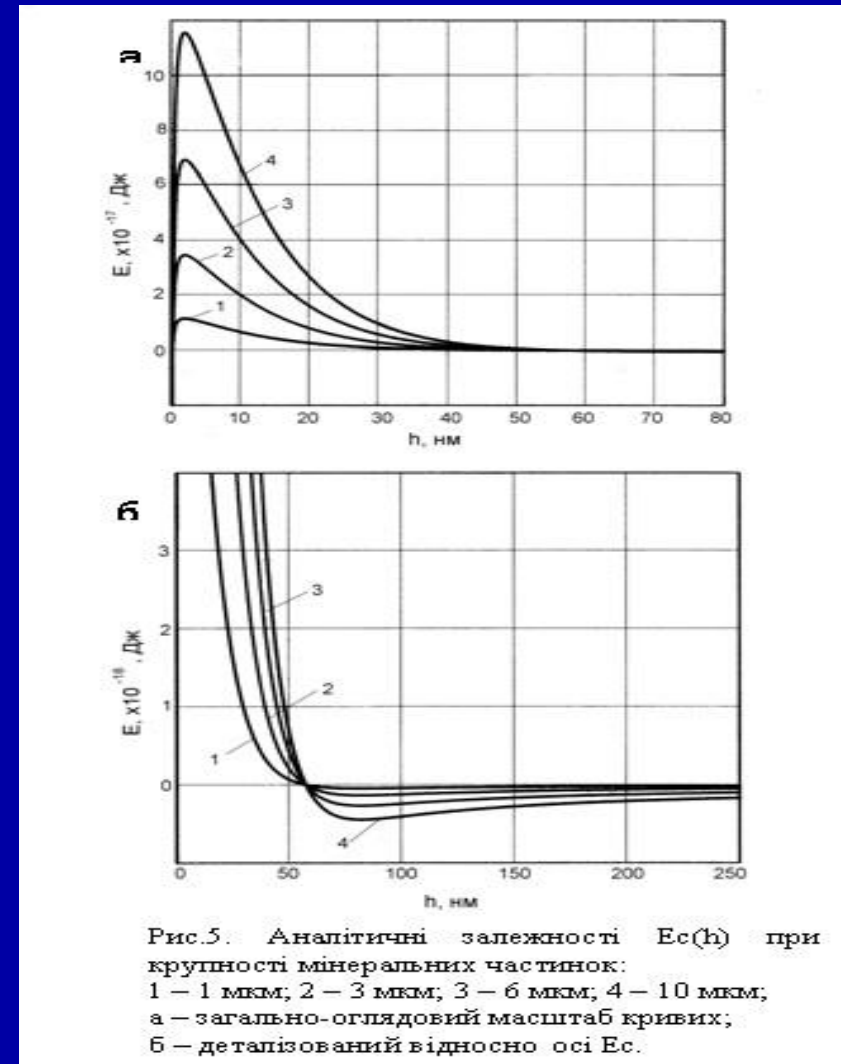
**Основними факторами, які визначають поведінку вугільної частинки у коагульованій структурі є:**  
**крупність частинки,**  
**гідрофільно-гідрофобний баланс поверхні частинок,**  
**загальний та електрокінетичний потенціал цієї поверхні.**



Зростання значення константи  $A_r$  відповідає збільшенню гідрофобних властивостей вугільної поверхні. Одержані нами аналітичні криві  $E_c(h) | A_r = \text{var}$ , а також  $d_s = 100$  мкм,  $\varphi = 100$  мВ підтверджують цю тезу і показують, що збільшення гідрофобних властивостей вугільних частинок приводить до деякого зменшення висоти енергетичного бар'єру відштовхування і, відповідно, зменшення агрегативної стійкості ВВВС.

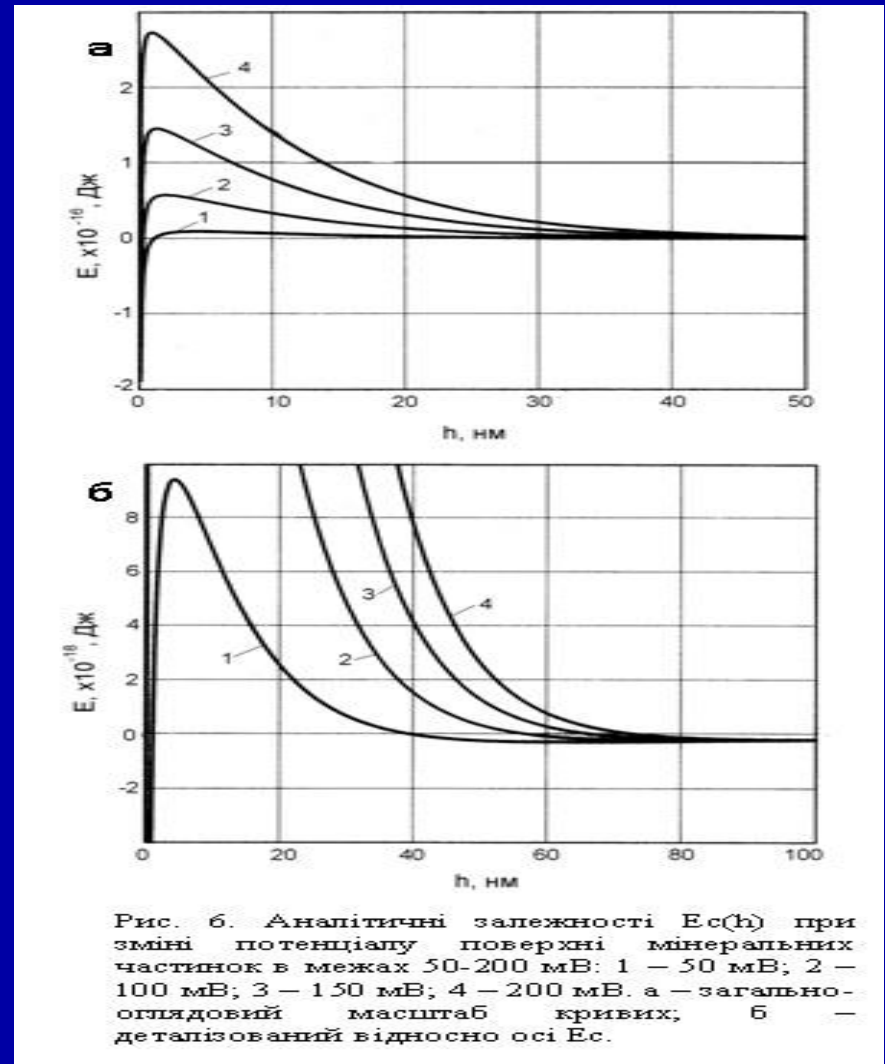
# Вплив на тиксотропні властивості ВВВС мінеральної складової

- Зі збільшенням крупності мінеральних зерен збільшується енергетичний бар'єр відштовхування і одночасно зростає глибина "другої потенціальної ями". Перше відмічене явище – збільшення енергетичного бар'єру відштовхування – обумовлює зростання агрегативної стійкості, так як цей бар'єр перешкоджає потраплянню і незворотній коагуляції частинок в "першій потенціальній ямі". Друге явище – збільшення глибини "другої потенціальної ями" – сприяє зростанню стабільності тиксотропної структури мінеральної суспензії.



# Вплив на тиксотропні властивості ВВВС мінеральної складової

Збільшення потенціалу мінеральної поверхні приводить до появи і збільшення енергетичного бар'єру відштовхування. Цей бар'єр, так само як і для вугільних зерен, з'являється при  $\varphi \approx 50$  мВ. При  $\varphi < 50$  мВ мінеральна суспензія агрегативно нестійка. Її зерна під дією дисперсійних Ван-дер-Ваальсових взаємодій незворотно коагулюють між собою і мінеральна суспензія розшаровується.



# ВИСНОВКИ

- 1. Застосування теорії ДЛФО для аналізу енергетичного стану твердої фази висококонцентрованих водовугільних суспензій є перспективним інструментом вивчення цього об'єкту і може бути покладено в основу теорії ВВВС. Зокрема, застосування теорії ДЛФО дозволяє пояснити природу явищ, які мають місце при зміні крупності і поверхневого потенціалу вугільних і мінеральних частинок, гідрофільно-гідрофобного балансу їх поверхні.
- 2. Як показує виконаний аналіз одержаних нами енергетичних кривих  $E_c(h)$ , при відносно малих поверхневих потенціалах вугільних частинок ( $\phi < 50$  мВ) водовугільна суспензія агрегативно нестійка.
- 3. Збільшення потенціалу частинок грубодисперсних колоїдних систем в області  $\phi > 50$  мВ приводить до збільшення агрегативної стійкості водовугільних суспензій. Разом з тим, для вугілля з поверхневим потенціалом  $\phi > 50$  мВ спостерігається збільшення відстані між вугільними частинками при їх фіксації у "другій потенціальній ямі" енергетичних кривих  $E_c(h)$ , що обумовлює збільшення частки води в складі ВВВС.
- 4. Зростання гідрофобності вугільної поверхні приводить до деякого зменшення агрегативної стійкості ВВВС.
- 5. Речовинний склад мінеральної компоненти ВВВС є окремим фактором впливу на тиксотропні характеристики водовугільної суспензії.

**Дякую за увагу**

