

$$\ln\left(\frac{a}{a-h}\right) = \tau, \quad (11)$$

$$\text{де } a = \frac{C_{R.n.} \cdot V \cdot m}{2 \cdot B \cdot L \cdot \chi_p}; \quad \tau = \frac{2 \cdot \alpha \cdot B \cdot L \cdot K}{V} t.$$

Рівняння (11) дає можливість визначити коефіцієнт швидкості хімічного розчинення K обробкою експериментальних даних кінетичних кривих $C_R(t)$ за рівнянням:

$$\Phi = \frac{V}{2 \cdot \alpha \cdot B \cdot L} \ln\left(\frac{a}{a-h}\right) = K \cdot t. \quad (12)$$

1. Аксельруд Г.А. *Массообмен в системе твердое тело – жидкость.* – Львов, 1970. 2. Молчанов А.Д., Тимофеев И.Л. *Интенсификация технологических процессов растворения и выщелачивания.* – Львов, 1988.

УДК 622.277:621.319

Алексєєв А., Скіра В.¹, Тимофєєв І.², Волошкевич П.³

ДУ "Львівська політехніка", кафедра гідравліки та сантехніки

¹ДУ "Львівська політехніка", кафедра техногенно-екологічної безпеки

²ДУ "Львівська політехніка", кафедра теплотехніки і теплових електричних станцій

³ДУ "Львівська політехніка", кафедра нарисної геометрії і графіки

КІНЕТИКА СУСПЕНДУВАННЯ ГЛИНИ

© Алексєєв А., Скіра В., Тимофєєв І., Волошкевич П., 2000

**Is investigated of process of dissolution of clay with use of the various solvents.
The processing experimental yes receives numerical meanings importance of constants.**

Актуальною проблемою сьогодення є дефіцит питної води. Збільшення її видобутку можливе за рахунок буріння нових свердловин, але це вимагає додаткових капіталовкладень та призводить до зміни гідрогеологічних умов довкілля, додаткового відчуження орних земель. Тому основна увага приділяється інтенсифікації роботи наявних водозабірних свердловин, дебіт яких у часі експлуатації зменшується.

Зменшення продуктивності водозабірних свердловин значною мірою зумовлено кольматацією їх фільтрів і прифільтрової зони водоносного пласта різноманітними твердими домішками, зокрема глиною.

Використання процесу суспендування глини дозволяє збільшити дебіт свердловин у процесі експлуатації. Рушійна сила такого процесу визначається фізико-хімічною дією молекул розчинника та реагентів на частинки глини при їх дифузії по мікрокапілярах під дією так званого капілярного тиску та за рахунок поверхневої активності (ефект Ребіндера). При цьому кристалічні тверді тіла втрачають свою початкову міцність, а аморфні (пластичні) збільшуються в об'ємі – набрякають. У роботі [1] показано, що із дванадцяти реагентів

найкращі результати із суспендування глини дає розчин триполіфосфату натрію (ТПФ натрію) концентрацією 5 %.

Очевидно, що процес набрякання є першою стадією процесу. Тому нами оцінювався ефект набрякання у воді та в розчині ТПФ натрію концентрацією 5 % з наступним дослідженням кінетики суспендування кулястих частинок глини.

Дослідження набрякання глини

	Вода		Розчин ТПФ натрію 5 %	
	Об'єм, см ³	Час t, с	Об'єм, см ³	Час t, с
1.	2,7	0	2,7	0
2.	2,85	300	3,24	300
3.	3,0	800	3,8	500
4.	3,3	900	3,8	900
5.	3,6	1800	3,85	1500
6.	3,65	2000	3,9	2400
7.	3,7	4830	3,9	3600
8.	3,7	7200	3,95	4800
9.	3,75	9000	4,0	6600

Результати досліджень наведено у таблиці, аналізуючи яку, можна зробити такі висновки:

1. Час інтенсивного набрякання у воді становить 1800 с, а у розчині ТПФ натрію – 600 с.
2. За час інтенсивного набрякання ефект збільшення об'єму суспензії глини становить 3,8/2,7-1,34 для води та 3,8/2,7-1,4 для розчину ТПФ натрію.

Максимальні ефекти збільшення об'єму суспензії за час досліду (близько двох годин) становлять 1,38 для води, та 1,47 для ТПФ натрію концентрацією 5 %.

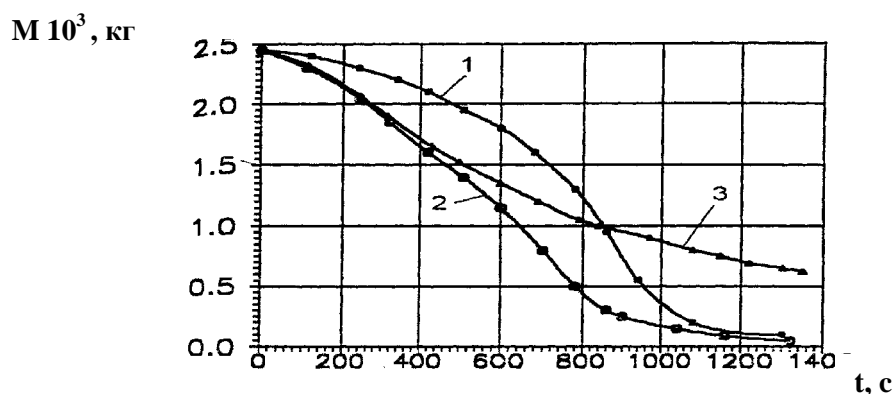


Рис.1 Зменшення маси кулястих зразків глини з часом суспендування у розчинах ТПФ натрію різних концентрацій: 1-5%; 2-10%; 3-15%

Це підтверджує доцільність використання розчинів ТПФ натрію для інтенсифікації процесів набрякання глини.

Проведено серію дослідів із розчинення зразків глини кулястої форми у розчинах ТПФ натрію різної концентрації. Дані, що характеризують зміну маси M кулястих зразків глини при взаємодії з розчинами ТПФ натрію різних концентрацій, наведено на рис.1.

Аналіз отриманих результатів дозволяє судити про наявність у всіх випадках повільної стадії зменшення маси зразків.

Час набрякання зменшується з 600 с у розчині ТПФ натрію концентрацією 5 % і до 300-400 с при концентрації 10 %.

Обробка цих експериментальних даних дає можливість визначити зміну діаметра зразків d та їх поверхні F в часі t .

У роботі [2] наведена математична модель кінетики розчинення глини кулястої форми. За аналогією з фізичним розчиненням зменшення маси M зразків у часі t суспендування описується рівнянням:

$$-\frac{dM}{dt} = k_C \cdot \Delta C_C, \quad (1)$$

де k_C – коефіцієнт швидкості суспендування глини, м/с; ΔC_C – рушійна сила процесу суспендування, кг/м³.

Нині невідомі методи визначення рушійної сили при дії різних реагентів. Тому для інженерних розрахунків приймаємо у рівнянні (1) як кінетичний коефіцієнт:

$$k' = k_C \cdot \Delta C_C, \quad (2)$$

де k' – кінетичний коефіцієнт, кг/м²с.

Обробка експериментальних даних за рис.1 дозволяє визначити залежність $k' = f(t)$, наведену на рис.2.

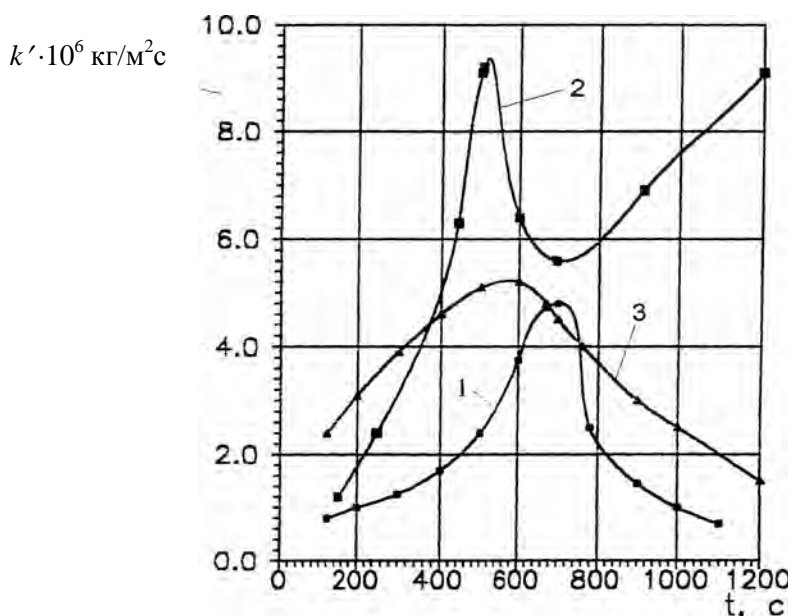


Рис.2. Зміна кінетичного коефіцієнта k' з часом t у процесі суспендування кулястих зразків глини в розчинах ТПФ натрію різних концентрацій:
1-5 %; 2-10 %; 3-15 %

При всіх концентраціях ТПФ натрію існують оптимальні значення k' через 500-700с після початку суспендування. Їх можна пояснити інтенсивним перебігом процесу суспендування після набрякання глини. Найбільші значення k' відповідають 10 %-й концентрації ТПФ натрію.

Рівняння кінетики розчинення глини кулястої форми має вигляд [2]:

$$\varphi = 1 + \frac{B}{\psi} - B \cdot \Phi(t), \quad (3)$$

де φ – величина, що характеризує у безрозмірному вигляді залежність зміни діаметра кулі d , її поверхні F та маси M у процесі розчинення; ψ – константа росту активності твердої фази; $B = \frac{k' \cdot V_0 \cdot F_0}{3 \cdot \psi \cdot M_0}$ – кінетичний коефіцієнт; V_0 – швидкість народження активних центрів,

м/с; F_0, M_0 – початкові значення відповідно поверхні та маси кулі; $\Phi(t) = \frac{\exp(\psi t)}{\psi} - t$.

Якщо прийняти, що теоретичні припущення правильні, то залежність $\varphi = f[\Phi(t)]$ у координатах $\varphi - \Phi(t)$ має бути лінійною. Це дозволяє визначити кінетичний коефіцієнт B .

Обробка експериментальних результатів згідно з рівнянням (3) показала (рис.3), що залежності $\varphi[\Phi(t)]$ дійсно лінійні. Але для залежності (3) існують дві області на межі $\Phi(t) = 21 \cdot 10^{-2} \text{ с}$. У першій (на початку) процес суспендування відбувається швидко: $B = 2 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$, а добуток $k' \cdot V_0 = 4,6 \cdot 10^{-7} \text{ кг/м} \cdot \text{с}^2$. Це можна пояснити екрануванням поверхні інертними домішками (пісок, вапняк, оксиди заліза тощо), вплив яких збільшується із зменшенням діаметрів зразків.

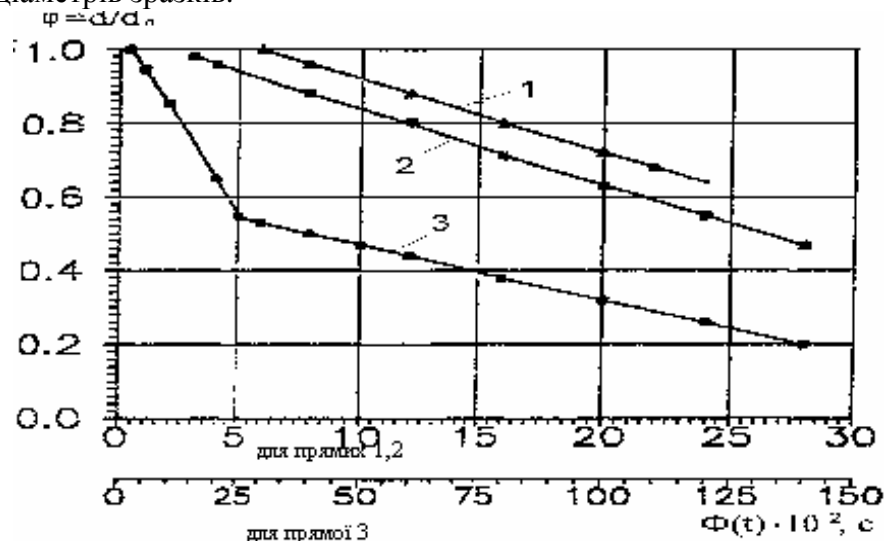


Рис.3. Залежність $\varphi = f[\Phi(t)]$ для сферичних зразків глини у розчині ТПФ: 1-5 %; 2-10 %; 3-15 %

Кінетику суспендування глини можна також описати, ґрунтуючись на закономірностях утворення активних центрів згідно з теорією топохімічних реакцій, які відбуваються на поверхні твердих тіл.

З теорії топохімічних реакцій концентрацію активних центрів C_a можна визначити за рівнянням:

$$C_a = \frac{V_0}{\psi} (e^{\psi t} - 1), \quad (4)$$

Згідно з рівнянням Єрофєєва зміну ступеня набрякання твердої речовини у процесі суспендування α з часом t визначають так [3]:

$$\alpha = 1 - e^{-kt^n}, \quad (5)$$

де k і n – константи, що встановлюють експериментально.

З іншого боку:

$$\alpha = 1 - \frac{M}{M_0}, \quad (6)$$

де M_0 і M – відповідно початкова та поточна маса твердої частинки, кг.

З рівняння (5) і (6) отримаємо:

$$\frac{M_0}{M} = e^{-kt^n}. \quad (7)$$

Для подальшого визначення констант k і n використовуємо подвійне логарифмування рівняння (7):

$$\ln\left(\ln \frac{M_0}{M}\right) = \ln k + n \cdot \ln t. \quad (8)$$

Залежність $\ln\left(\ln \frac{M_0}{M}\right) = f(\ln t)$, що описується рівнянням (8), є лінійною. Відкладаючи

її у координатах $\ln\left(\ln \frac{M_0}{M}\right) - \ln t$, можна знайти значення k і n .

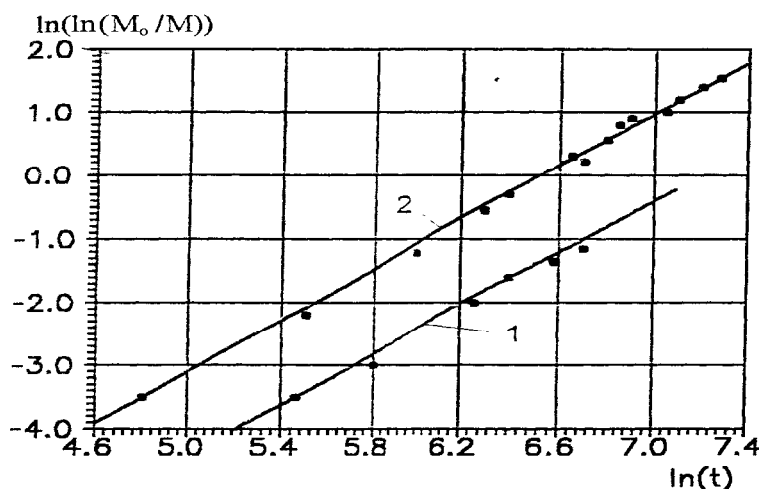


Рис.4. Залежність $\ln\left(\ln \frac{M_0}{M}\right)$ від $\ln(t)$ для зразків глини кулястої форми у розчині ТПФ натрію 1-5 %; 2-10 %

Обробка експериментальних результатів згідно з рівнянням (8) показала (рис.4), що ці залежності лінійні при $n = 2$ і $k = 1,83 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-2}$ для розчинів з концентрацією ТПФ натрію 5 %.

Узагальнюючи, можна сказати, що з розглянутих вище способів математичного опису кінетики суспендування глини кулястих зразків при видобутку води зі свердловин, запропонований нами спосіб слід вважати найбільш доцільним, виходячи з більш спрощеної методики розрахунків.

1. Романенко В.А., Вольницькая Є.М. Восстановление производительности водозаборных скважин. – Л., 1986. 2. Алексеев А.Д., Тимофеев І.Л. Математична модель кінетики розчинення глини кулеподібної форми // Вісн. ДУ “Львівська політехніка”. – 1996. – № 304. – С.3-5. 3. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. – М., 1988.