

## Список використаної літератури

1. Основы технологии переработки пластмасс / С.В. Власов. // М.: Мир, 2006. — 600 с.
2. Пітюлін І.Н. Науково-технічні основи створення кам'яновугільних вуглецевих матеріалів для великогабаритних електродів: Монографія / І.Н. Пітюлін. — Харків. 2004. — 480 с.
3. Тагер А.А. Физико-химия полимеров / А.А. Тагер. — М.: Госхимиздат, 1963. — 528 с.

Надійшла до редколегії 20.02.2012

© Крутько І.Г., Каулін В.Ю., Сацюк К.О., 2012

УДК 662.74.002.5

І.Г. Крутько, Ю.В. Пульникова (ДонНТУ)

### КОАЛЕСЦЕНЦІЯ ВОДНИХ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНИХ ЕМУЛЬСІЙ НА МІНЕРАЛЬНИХ ВОЛОКНИСТИХ МАТЕРІАЛАХ

*Досліджено вплив різних факторів та параметрів (швидкість потоку, щільність упаковки, конструкція фільтру, температура) на ефективність розділення водних кам'яновугільних емульсій.*

**Ключові слова:** водні кам'яновугільні емульсії, аміачні води, коалесценція, мінеральні волокнисті матеріали, седиментаційний аналіз

*Исследовано влияние различных факторов и параметров (скорость потока, плотность упаковки, конструкция фильтра, температура) на эффективность разделения водных каменноугольных эмульсий.*

**Ключевые слова:** водные каменноугольные эмульсии, аммиачные воды, коалесценция, минеральные волокнистые материалы, седиментационный анализ.

В основі процесів коалесценції емульгованих смол та масел на фільтруючому матеріалі лежать явища адгезії та змочування, що в певній мірі впливають і на процес звичайного фільтрування. В коалесцюючих фільтрах вони є визначальними.

Метод коалесценції може бути реалізований шляхом фільтрування водних кам'яновугільних емульсій крізь різні матеріали. Призначення коалесцюючих матеріалів — укрупнення дрібних емульгованих крапель дисперсної фази. Остання обставина й визначає властивості коалесцюючого матеріалу.

Всі коалесцюючі матеріали можна поділити на гранульовані, волокнисті та пористі штучного та природного походження.

Аналіз літературних джерел показав, що більш високий ефект коалесценції мають волокнисті полімерні та мінеральні матеріали. Аміачні води (конденсат первинних газових холодильників та надсмольна вода) представляють собою розбавлені водні кам'яновугільні емульсії (концентрація

смол та масел — 0,01–0,2%), що характеризуються високою дисперсністю часток смол та масел (вміст часток розміром від 0–20 мкм до 280–620 мг/л) [1]. Для розділення таких емульсій було обрано мінеральний волокнистий матеріал діабазової групи (МВД) на основі природних мінералів та скляне волокно (СВ). Матеріал МВД був модифікований шляхом обробки поверхні волокон композиціями на основі фенолформальдегідних смол, що мають сродство до дисперсної фази водних кам'яновугільних емульсій.

Ефект коалесценції залежить від багатьох факторів: фізико-хімічних властивостей матеріалу, що полягає в здатності утримувати та накопичувати на своїй поверхні смолисті речовини (дисперсну фазу); фізико-хімічних властивостей води (дисперсійного середовища) та смолистих речовин (дисперсної фази); гідродинамічного режиму руху емульсії [2].

Процес коалесценції диспергованих часток смол та масел водокам'яновугільних емульсій через коа-

лесцючий матеріал є результатом складної взаємодії адгезійних та гідродинамічних сил, тобто властивостей, геометричної форми, розмірів коалесцючого матеріалу та швидкості протікання емульсії крізь нього [3–6].

Вивчення коалесцючих властивостей МВД та СВ проводили на лабораторній колонці, що заповнена МВД чи СВ, при різних параметрах процесу: температурі (40–75°C), швидкості фільтрування 10–40 м/год, щільності упаковки волокон (45–70 кг/м<sup>3</sup>), геометричних розмірах завантаження фільтру (співвідношення l/d фільтру 3,3 та 6,7). Вивчали водну кам'яновугільну емульсію (конденсат ПГХ, надсмольна вода), що містить фракцію 0–20 мкм, оскільки саме такі частки дуже важко осадити. Для збільшення ефективності осідання не-

обхідно мати частки розміром >20 мкм. Коалесцючі властивості волокон оцінювали за здатністю їх укрупнювати частки 0–20 мкм.

Ефективність коалесценції визначали як зміну складу фракції 0–20 мкм за формулою:

$$\eta_k = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100\%,$$

де  $C_0$  — вміст смолистих речовин (фракція 0–20 мкм) до коалесцючого фільтру, мг/л;  $C$  — вміст смолистих речовин (фракція 0–20 мкм) після коалесцючого фільтру, мг/л.

Фракційний склад дисперсної фази до та після коалесцючого фільтру визначали седиментаційним методом.

Результати наведені в таблицях 1–3 та на рис. 1.

**Таблиця 1.** Коалесцючі властивості мінеральних волокон ( $\eta_k$ , %)\*

t, °C	U, м/год	Конденсат ПГХ		Надсмольна вода	
		МВД	СВ	МВД	СВ
40	10	77,8	41,3	78,9	42,0
	30	74,8	39,6	75,5	40,6
60	10	78,2	48,2	80,1	49,0
	30	76,4	44,5	77,7	43,9

\* -  $\gamma = 45$  кг/м<sup>3</sup>; l/d = 6,7

**Таблиця 2.** Вплив температури та швидкості фільтрування на зміну фракційного складу \*

t, °C	U, м/год	Конденсат ПГХ, $\frac{C_0}{C}$				Надсмольна вода, $\frac{C_0}{C}$			
		МВД		СВ		МВД		СВ	
		11-20 мкм	0-11 мкм	11-20 мкм	0-11 мкм	11-20 мкм	0-11 мкм	11-20 мкм	0-11 мкм
40	10	4,4	4,9	1,7	1,8	4,4	5,5	1,6	1,9
	30	4,1	3,7	1,7	1,6	3,9	4,5	1,7	1,7
60	10	4,4	5,2	1,9	2,0	4,6	6,3	1,9	2,2
	30	4,1	4,6	1,8	1,8	4,2	5,1	1,8	1,8

\* -  $\gamma = 45$  кг/м<sup>3</sup>; l/d = 6,7

Згідно сучасним уявленням [2], процес коалесценції емульгованих смол та масел на мінеральному волокні може бути представлений наступним чином. Завдяки змочуванню та адгезії на поверхні волокна емульгованими частками смол та масел утворюється шар дисперсної фази та подальша коалесценція крапель смол

та масел відбувається при взаємодії з цим шаром. Ефективність коалесцючої дії матеріалу визначається сумарним ефектом молекулярно-поверхневих та гідродинамічних сил, тобто коалесценція диспергованих смол та масел визначається контактним та гідродинамічним механізмом.

Таблиця 3. Вплив щільності упаковки на фракційний склад та ефект коалесценції\*

t, °C	U, м/год	Зміна фракційного складу $\frac{C_0}{C}$				$\eta_k, \%$	
		$\gamma = 45 \text{ кг/м}^3$		$\gamma = 70 \text{ кг/м}^3$		$\gamma = 45 \text{ кг/м}^3$	$\gamma = 70 \text{ кг/м}^3$
		11-20 мкм	0-11 мкм	11-20 мкм	0-11 мкм		
40	10	4,4	4,9	3,9	4,8	77,8	75,7
	20	4,2	4,3	4,0	4,0	76,0	74,9
	30	4,1	3,7	-	-	74,8	-
60	10	4,4	5,2	3,4	5,0	78,2	73,7
	20	4,3	4,9	4,1	4,6	77,1	76,1
	30	4,1	4,6	-	-	76,4	-

\* конденсат ПГХ, волокно – МВД, l/d = 6,7

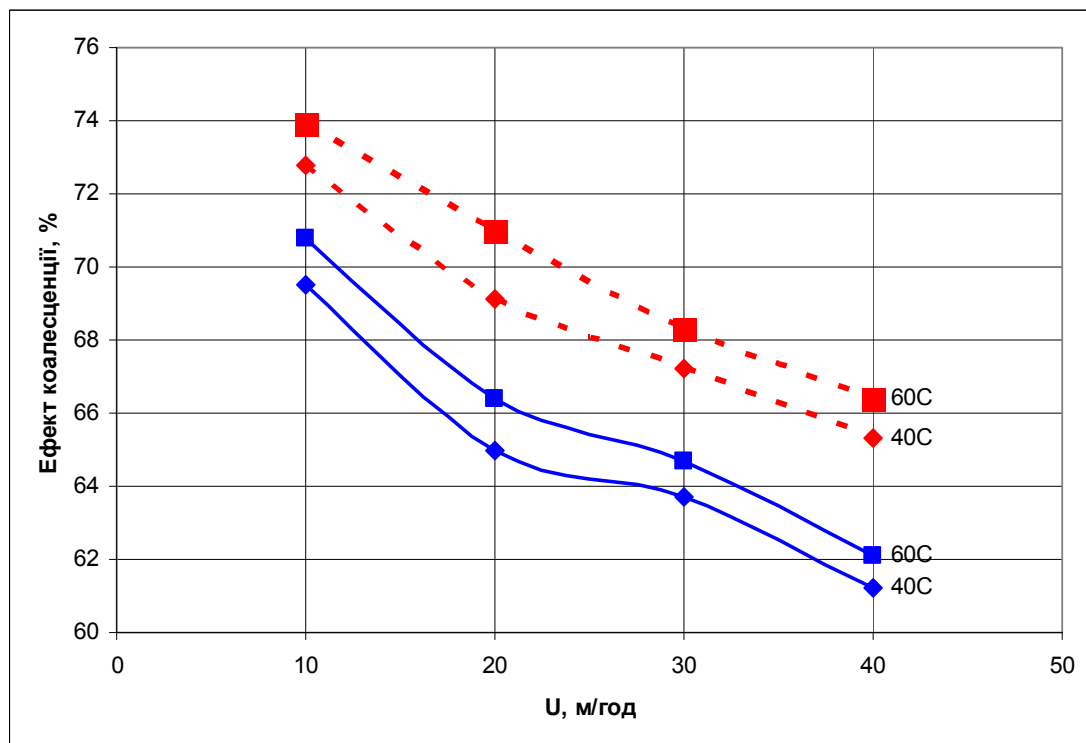


Рис.1. Вплив температури на ефект коалесценції \*

\* -  $\gamma = 45 \text{ кг/м}^3$ , l/d = 3,3, матеріал МВД

— конденсат ПГХ; - - - надсмольна вода

Дослідження коалесцюючих властивостей мінеральних волокон показало (табл.1), що з підвищенням температури ефективність коалесценції дещо збільшується, а зі зростанням швидкості фільтрування — зменшується.

Відомо, що на механізм коалесценції емульсії оказує вплив в'язкість дисперсної фази. З підвищенням температури в'язкість смол та масел

зменшується, що сприяє більш ефективному укрупненню часток.

При збільшенні швидкості руху емульсії крізь шар волокна в більшій мірі проявляється вплив гідродинамічного фактора. Можна зробити припущення, що в цьому випадку крапля не встигає вступити в контакт з шаром дисперсної фази або спостерігається диспергування цієї краплі. Про

відсутність суттєвого диспергування часток смол та масел говорять результати дослідження фракційного складу дисперсної фази після коалесценції (табл.2). При збільшенні швидкості потоку розподіл часток розміром 0–11 мкм та 11–20 мкм всередині фракції 0–20 мкм після фільтру практично не змінюється. Окрім того, досліджувалась зміна дисперсності різних кам'яновугільних емульсій до та після фільтру. Однозначних залежностей дисперсності від різних умов проведення процесу фільтрування не виявлено, але в усіх випадках спостерігалось зниження дисперсності в більшій чи меншій мірі (до 29,2%). Таким чином, швидкість рідини має вплив на товщину шару смол та масел, погіршуючи їх коалесценцію при її збільшенні.

Використання МВД дозволяє знизити кількість смолистих часток <20 мкм приблизно в 4 рази (табл.2), причому цей ефект зберігається для різних кам'яновугільних емульсій. Матеріал МВД забезпечує більший (в 1,6–1,9 рази) ефект коалесценції у порівнянні зі СВ, причому, незалежно від температури та швидкості потоку емульсії.

Слід відмітити, що стан поверхні волокон для МВД та СВ різний, а це має суттєвий вплив на ефективність процесу коалесценції. Поверхня матеріалу МВД більш шерохувата, ніж у СВ. Адгезія та змочування шерохуватих поверхонь мають ряд особливостей. Причини зміни краевого куту змочування, роботи адгезії та критичного поверхневого натягу — наявність виступів на поверхні та площі контакту рідини з шерохуватою поверхнею. Більша шерохуватість сприяє закріпленню та адгезії крапель смол та масел на поверхні волокна. Цим можна пояснити більшу коалесцюючу здатність матеріалу МВД, незважаючи на меншу поверхню у порівнянні зі СВ.

Середня товщина волокна для МВД 5 мкм, для СВ — 3 мкм.

Крім того, наявність на поверхні волокон фенолформальдегідних смол та спорідненість цих смол до дисперсної фази водних кам'яновугільних емульсій забезпечує вищий ефект коалесценції при використанні МВД.

На основі цього кращим матеріалом завантаження обрано МВД.

Експериментальні дані (табл.1, рис.1) показали, що за інших рівних умов ефективність коалесценції для надсмольної води вища, ніж для конденсату ПГХ. Це можна пояснити тим, що вміст мілких фракцій (<10 мкм) в конденсаті ПГХ більше (31,4%), ніж в надсмольній воді в (26,9%). До того ж, в надсмольній воді більше важких ароматичних вуглеводнів — 11,1% проти 7,4% в конденсаті ПГХ. Виконані розрахунки констант седиментації для надсмольної води та конденсату ПГХ показали, що конденсат ПГХ більш седиментаційно стійкий.

На наступному етапі досліджень вивчали вплив щільності упаковки на фракційний склад смолистих речовин та ефективність коалесценції для конденсату ПГХ як найбільш стійкої водної кам'яновугільної емульсії. Результати представлені в таблиці 3.

Зміна щільності упаковки не оказує суттєвого впливу на зміну фракційного складу водних кам'яновугільних емульсій. При даних щільностях упаковки ефект коалесценції високий та складає 73,7–78,2%. Як бачимо з отриманих результатів, з підвищенням температури кількість фракції 0–11 мкм зменшується в 3,4–5,2 рази, причому зі зниженням швидкості фільтрування зменшення кількості фракції 0–11 мкм відбувається в більшій мірі. Недоліками використання завантаження з високою щільністю є низький коефіцієнт використання матеріалу (утворюються застійні зони) та великий опір, що призводить до

втрата напорю та зниження ефекту коалесценції.

Таким чином, виявлено, що мінеральний волокнистий матеріал діабазової групи забезпечує укрупнення дрібнодисперсних часток кам'яновугільних смол та масел, а також перерозподіл фракції 0–20 мкм в сторону

більш крупних часток. Ефект коалесценції зростає з підвищенням температури, зниженням швидкості процесу. Використання МВД у якості коалескуючого матеріалу може забезпечити підвищення ефективності роботи гравітаційних відстійників, як передчасної стадії очищення аміачних вод.

### Список використаної літератури

1. Крутько І.Г. Мінеральний волокнистий матеріал як коалескуючий елемент водних кам'яновугільних емульсій/ І.Г.Крутько, Ю.В.Пульникова// Наукові праці ДонНТУ. Серія: Хімія і хімічна технологія. Донецьк: ДонНТУ. – 2011. - №17(187). – С.123-126.
2. Роев Г.А. Очистка сточных вод и вторичное использование нефтепродуктов/ Г.А. Роев, В.А. Юфин. - М.: Недра. - 1987. – 227 с.
3. Левченко Д.Н. Эмульсии нефти с водой и методы их разрушения/ Д.Н. Левченко, А.Д.Худякова. - М.: Химия, 1972. – 277 с.
4. Адельшин А.Б. Установка очистки нефтепромысловых сточных вод с коалесцирующими насадками: обзорная информация/ А.Б. Адельшин, Д.И.Мутин, И.С. Урмитова и др. - М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1983. – 40 с.
5. Небольсина Л.А. Состояние и перспективы очистки сточных вод коксохимических предприятий от эмульгированных масел/ Л.А.Небольсина, О.Г.Передерий, Г.Д. Харлампович и др. //Кокс и химия. - 1985. - №10.- с.28-29.
6. Сивков А.Л. Методы очистки сточных вод электростанций от нефтепродуктов/ А.Л.Сивков, И.Е.Панфилова, Э.Л.Гоголашвили//Наука и практика. – 2006. - №6. – с.17-20.

Надійшла до редколегії 20.02.2012

© Крутько І.Г., Пульникова Ю.В., 2012

УДК 541.183:622.333

**С.Л. Хилько\***, **В.Г. Самойлик\*\*** (\*Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М.Литвиненко НАН Украины, \*\* Донецкий национальный технический университет, кафедра обогащения полезных ископаемых)

### РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОУГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ ИЗ УГЛЕЙ РЯДА МЕТАМОРФИЗМА

*Методом ротационной вискозиметрии исследованы реологические характеристики водоугольных суспензий из углей ряда метаморфизма — энергетических каменных углей низких стадий метаморфизма (марки «Д», «Г») и высокометаморфизованных углей марок «Т» и «А», а также угля средней стадии углефикации марки «Ж». Установлено, что моделированием состава твердой фазы суспензий можно получать водоугольные суспензии с регламентными технологическими свойствами.*

**Ключевые слова:** водоугольные суспензии, реологические характеристики, вязкость, стабильность, пластификаторы.

*Методом ротационної вискозиметрії досліджені реологічні характеристики водовугільних суспензій з вугілля ряду метаморфізму - енергетичного кам'яного вугілля низьких стадій метаморфізму (марки «Д», «Г») і високометаморфізованих вугілля марок «Т» і «А», а також вугілля середньої стадії вуглефікації марки «Ж». Встановлено, що моделюванням складу твердої фази суспензій можливо отримувати водовугільні суспензії з регламентними технологічними властивостями.*

**Ключевые слова:** водовугільні суспензії, реологічні характеристики, в'язкість, стабільність, пластифікатори.