

Куцевол Н.В., Безугла Т. М., Савицький В.М.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ФЛОКУЛЯЦІЙНА АКТИВНІСТЬ РОЗГАЛУЖЕНИХ ПОЛІАКРИЛАМІДІВ

Ключові слова: стічні води, очищення, флокуляція, полімерні флокулянти, розгалужені поліакриламід

Актуальність проблеми. Незважаючи на тенденцію до зменшення загального антропогенного тиску на довкілля, яка спостерігається останнім часом, рівень техногенного впливу на поверхневі і підземні природні води України залишається високим, а їх екологічний стан у багатьох випадках наближається до критичного. Це, зокрема, пов'язано з тим, що понад чверть скидів стічних вод різного походження в річки, водосховища, інші водні об'єкти залишаються забрудненими і брудними [1,2]. Тому надзвичайно актуальним є очищення зазначених вод від цілої низки небажаних речовин. Одним із етапів цього процесу є звільнення води від механічних домішок, тобто її освітлення.

Технологічні процеси освітлення води (як основний або попередній етап її очищення) особливо важливі у гірничодобувній промисловості, оскільки шахтні та кар'єрні води, що утворюються при добуванні корисних копалин, а потім відкачуються і скидаються у поверхневі природні чи штучні водні об'єкти, як правило, відчутно забруднені зваженими речовинами (90-100 мг/дм³). Це призводить до замулення, засмічення і забруднення водних об'єктів – приймачів зазначених вод, погіршення умов їх повторного використання як теплоносіїв, при збагаченні руд флотаційними методами, пилоподавленні в шахтах тощо.

Найбільша екологічна напруга внаслідок утворення і скидання шахтних і кар'єрних вод, а також стічних вод промислового і господарсько-побутового походження з високим вмістом дрібнодисперсних зважених речовин спостерігається на Донбасі, Криворіжжі, Волині, у Придніпров'ї (басейні Нижнього Дніпра), де тільки з гірничих виробок відкачується і скидається у поверхневі водні об'єкти щорічно до 1 млрд.м³ зазначених вод. Особливо відчутним є їх вплив на екологічний стан довкілля у Донецькому регіоні, де їх об'єми співрозмірні з об'ємами щорічного стоку всіх річок, що вкрай негативно впливає на водогосподарську ситуацію в його межах.

Освітлення стічних вод з високим вмістом зважених речовин (зависей) здійснюється шляхом їх відстоювання і фільтрування [3]. При цьому серйозною проблемою є видалення з водного середовища твердої фази, що складається з дрібних часточок забруднюючих речовин. Часто дисперсії з

часточками малих розмірів (декілька мікрометрів і менше) є дуже стійкими і не руйнуються протягом тривалого часу.

Промислові суспензії, міські стічні води, природні замулені води – все це дисперсії з часточками різної природи і різного розміру. За теорією Дерягіна-Ландау-Фервея-Овербека агрегативна стійкість дисперсних систем визначається співвідношенням молекулярних сил притягання та електростатичних сил відштовхування між часточками. Порушення агрегативної стійкості таких систем зумовлює злипання часточок. Процес злипання часточок дисперсії з утворенням агрегатів, який називають коагуляцією, перебігає під впливом коагулянтів – низькомолекулярних неорганічних та органічних електролітів. При утворенні агрегатів достатньої маси порушується седиментаційна стійкість системи і відбувається осідання забруднюючих речовин під дією сили земного тяжіння.

При очищенні природної води та промислових скидних і стічних вод як коагулянти використовують сірчаноокислий алюміній або хлорид заліза, які при гідролізі утворюють позитивно заряджені золі гідроксидів. Часточки гідроксидів реагують з негативно зарядженими часточками забруднюючих речовин, відбувається гетерокоагуляція, порушення седиментаційної стійкості і осадження твердої дисперсної фази. При коагуляції утворюється досить щільний осад, проте агрегати можуть бути досить дрібними і процес осадження йти повільно. Для забезпечення формування великих агломератів, прискорення процесів осадження та підвищення ступеня освітлення води до дисперсій додають флокулянти [4].

Флокулянти – це водорозчинні високомолекулярні сполуки, які здатні адсорбуватися або хімічно зв'язуватись з поверхнею дисперсних часточок і утворювати агломерати (флокули), які досить швидко осідають під дією сили тяжіння. Незважаючи на те, що використання природних високомолекулярних сполук (крохмалю, желатини, яєчного білку) для очищення різних рідин (води, вина тощо) має давню історію, практичне використання флокуляції в промислових процесах почалось тільки в 30-х роках минулого століття. Флокулянти почали використовувати для очищення шахтних вод від диспергованого вугілля та глини, для виділення фосфоритних шлаків при одержанні уранових солей, для інтенсифікації очистки промислових стоків. Модернізація технологічних процесів, при яких відбувається розділення твердої та рідкої фаз, зумовила пошук нових флокулянтів, які б мали вищу флокуляційну активність та задовольняли інші вимоги, що висуваються до таких речовин. Серед нових матеріалів були штучні флокулянти (похідні сполуки крохмалю або целюлози) та синтетичні, зокрема поліакриламідні флокулянти [5, 6].

Поліакриламід лінійної будови є одним з найпоширеніших водорозчинних полімерів, який поряд з комплексом надзвичайно корисних властивостей має досить невисоку вартість [6]. На даний час це один з найважливіших флокулянтів, що використовується в неіоногенній, катіонній та аніонній формах. Цілеспрямовані зміни його внутрішньомолекулярної

структури є перспективним шляхом одержання нових полімерних матеріалів, в тому числі, високоефективних флокулянтів.

Останнім часом особливу увагу дослідників привертають полімери нелінійної будови, а серед них прищеплені кополімери складної молекулярної архітектури. Прищеплені кополімери – це полімерні системи, в яких до основного полімерного ланцюга, що складається з одного типу мономерних ланок, приєднані блоки ланок іншого типу. Структура макромолекул таких кополімерів є розгалуженою.

Значний прогрес останнього десятиріччя в теорії розгалужених систем [7] робить актуальним експериментальне дослідження реальних полімерних об'єктів складної структури, що можуть застосовуватись для вирішення конкретних технологічних задач, в тому числі екологічного спрямування.

Відомо, що в хорошому розчиннику лінійний полімер з гнучким ланцюгом набуває конформації статистичного клубка. При прищепленні такого ланцюга на деяку поверхню об'єм, який приходить на один прищеплений ланцюг, стає набагато меншим, ніж для вільного ланцюга. Внаслідок цього прищеплені ланцюги взаємодіють один з одним тим сильніше, чим більша густина щеплень. Крім того вони стають все більш витягнутими. Такі взаємодії надають додаткової жорсткості макромолекулі, що може мати як позитивний, так і негативний вплив на функціональні властивості полімерної системи.

Дана робота присвячена дослідженню впливу внутрішньомолекулярної структури молекули розгалуженого поліакриламідру на параметри процесу флокуляції полідисперсної суспензії (на прикладі каоліну).

Матеріали та методи дослідження. Як флокулянти використовували синтезовані нами розгалужені полімери, які відповідають теоретичній моделі сферичної полімерної щітки [7], тобто моделі, в якій полімерні ланцюги прищеплені до деякої поверхні, функцію якої в нашому випадку виконує полісахаридний макромолекулярний клубок (декстран). Поліакриламід (ПАА) прищеплювали на декстран з різною молекулярною масою ($M_w=2 \times 10^4$ та $M_w=7 \times 10^4$), що позначатиметься далі як Д20 та Д70. Для ініціювання радикальної прищепленої кополімеризації була вибрана $\text{Ce}^{(IV)}/\text{HNO}_3$ редокс-система, тому що при її використанні радикали виникають виключно на полісахаридному ланцюзі, тобто щеплення проходить на декстрані, і не відбувається гомополімеризації акриламідру (АА) [8]. Оскільки вміст декстранової компоненти не перевищує 5%, властивості отриманого кополімеру повинні визначатися властивостями поліакриамідної компоненти та структурними особливостями синтезованої системи. Фактично такі системи є розгалуженими поліакриламідами.

Кількість прищеплених поліакриламідних ланцюгів (n) варіювали в процесі синтезу. В представленій роботі $n=5; 10; 15$ та 20 . Отримані кополімери в подальшому позначені як Д20-ПАА $_n$ та Д70-ПАА $_n$. Синтез, очистка та визначення молекулярних параметрів розгалужених кополімерів детально описано в [8].

В табл.1 представлені молекулярні параметри синтезованих полімерних зразків, визначені гел-проникною хроматографією в поєднанні з мультикутовим детектором розсіювання світла (LS) Down HELEOS від WYATT TECHNOLOGY та диференційного рефрактометра R410 від WATERS (Rf). Як елюент використовували 0,1М розчин NaNO₃. Відомо, що методом LS визначають середньомасову молекулярну масу та радіус інерції макромолекулярного клубка, M_w та R_g відповідно, а методом Rf – середньочисловою молекулярну масу (M_n). Також за даними SEC-LS-Rf оцінювали полідисперсність зразків (M_w/M_n), яка виявилась невисокою.

Дослідження флокуляційної активності проводили на полідисперсній суспензії каоліну КОМ (Surmin-Kaolin, Польща) з високим вмістом (60 %) дрібнодисперсної фракції з розміром часточок, менших 2 мкм, за методикою, наведеною в роботі [9].

Таблиця 1. Молекулярні параметри синтезованих зразків флокулянтів, визначені методом SEC-LS-Rf

Зразок	$M_w \times 10^{-6}$	$R_{g, \text{нм}}$	$(R_g^2/M_w) \times 10^3$	M_w/M_n
Д70-ПАА5	2,15	85	3,4	1,72
Д70-ПАА10	1,70	71	3,0	1,66
Д70-ПАА15	1,57	67	2,9	1,81
Д70-ПАА20	1,43	64	2,8	1,98
Д20-ПАА5	1,60	67	2,8	1,63
Д20-ПАА10	0,95	51	2,7	1,62
Д20-ПАА15	0,77	46	2,7	1,81
Д20-ПАА20	0,94	50	2,6	1,67

Тест на флокуляційну активність проводили в циліндрі на 50 мл, ціна поділки циліндра складала 2,5 мм. До суспензії каоліну ($C=30 \text{ г/дм}^3$) додавали розраховану кількість флокулянта, систему перемішували за стандартизованою процедурою і оцінювали флокуляційну здатність за наступними параметрами: V – швидкість осідання суспензії, мм/с; h – висота осаду в циліндрі через 1 хв після початку процесу флокуляції, мм; D – оптична густина супернатанту (рідини над осадом) через 20 хв після початку процесу флокуляції ($\lambda=540 \text{ нм}$, спектрофотометр СФ-46 (ЛОМО, Росія).

Таким чином, перший параметр (V) характеризує кінетику процесу флокуляції, другий (h) – щільність осаду, що є надзвичайно важливою характеристикою при його утилізації в процесі очищення води на водоочисних станціях, а останній (D) – ступінь освітлення супернатанту. На рис.1 наведено приклад визначення швидкості осідання суспензії (V) та щільності осаду (h).

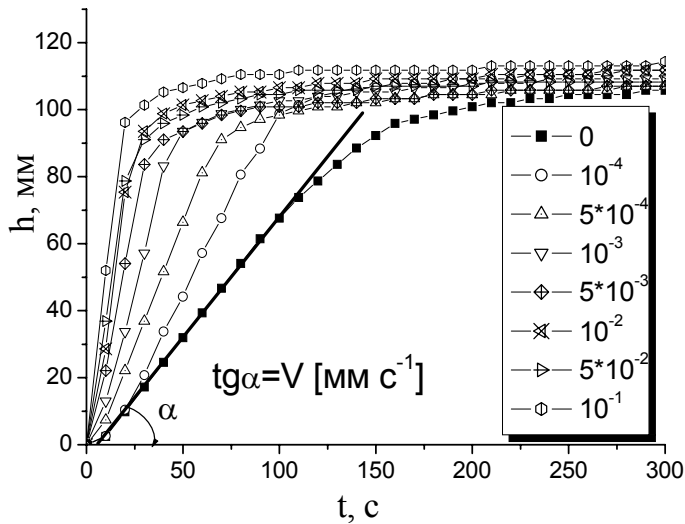


Рис.1. Кінетичні криві осадження чистої суспензії каоліну ($C=30\text{г/дм}^3$) та суспензії в присутності Д70-ПАА5

систем від завислих часточок є необхідною стадією технологічного процесу.

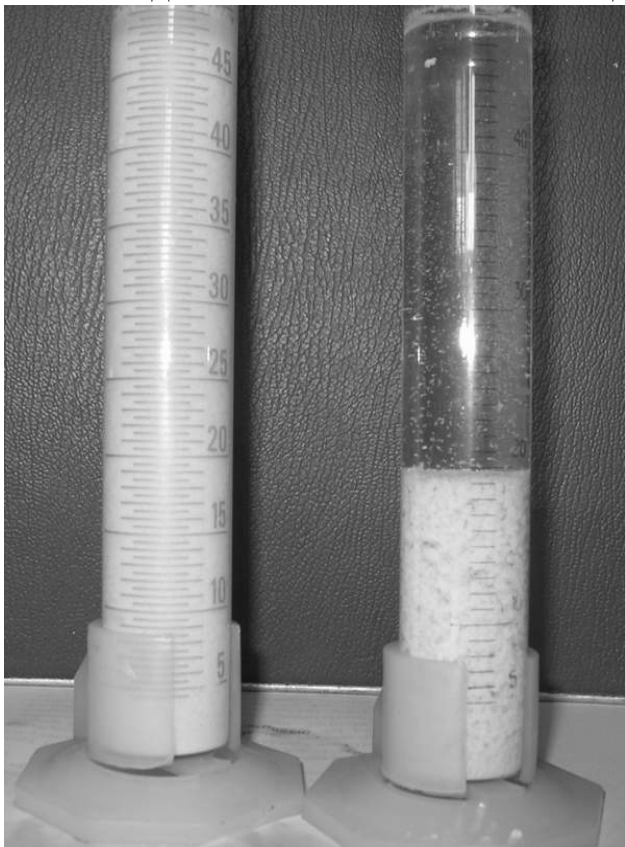


Рис.2. Типовий приклад: осадження суспензії каоліну під дією Д70-ПАА5 ($C=1 \times 10^{-2} \text{ г/дм}^3$, $\tau=1 \text{ хв.}$)

Результати і їх обговорення. В процесі флокуляції при дії на дисперсію високомолекулярних сполук утворюються великі флокули, що осідають і утворюють осад (рис. 2). На відміну від коагуляції, коли можлива дезагрегація (пептизація) осаду при зменшенні вмісту

низькомолекулярного електроліту в розчині, флокуляція є незворотнім процесом. Тому додавання флокулянтів при очищенні водних

Існує декілька визнаних механізмів флокуляції для неіоногенних полімерів. Флокуляція за механізмом витискання базується на частковому або повному витісненні макромолекул з простору між часточками дисперсії [10]. Такий процес спостерігається у випадку, коли полімер не взаємодіє з адсорбентом. У випадку, коли в системі існує взаємодія полімер-адсорбент, часточки зв'язуються у флокули через полімерні містки, що виникають внаслідок адсорбції певних ділянок макромолекули одночасно на декількох різних часточках (теорія Ла Мера) [11]. Такі флокули мають велику масу і тому легко седиментують. Згідно цієї теорії, зі збільшенням молекулярної маси з'являється можливість для зв'язування більшого числа часточок дисперсної фази, а отже, ефективність

флокулянта має зростати. Ця теорія розроблялась для систем, в яких макромолекули і часточки дисперсної фази є співрозмірними.

У випадку, коли часточки дисперсної фази значно менші за розміром від макромолекули флокулянту, процес флокуляції набуває певних особливостей. У роботах [12, 10] показано, що визначальну роль при взаємодії макромолекул та малих часточок дисперсії відіграють саме властивості макромолекул, а не поверхня дисперсної фази. Зв'язування багатьох часточок з полімерною матрицею здійснюється одночасно, тобто відбувається взаємодія макромолекули з декількома дисперсними часточками. Цей процес можна розглядати, як адсорбцію маленької часточки на полімерному ланцюзі. Очевидно, що в даному випадку особливе значення має вихідна архітектура полімеру та доступність його функціональних груп. Найбільш перспективними в даному аспекті є розгалужені полімери, оскільки локальна концентрація функціональних груп в них є значно вищою, ніж у лінійного полімеру. Крім того, конформація полімерних ланцюгів може бути керованою в залежності, зокрема, від відстані між щепленнями.

В більшості теоретичних і практичних робіт розглядаються стабілізаційні та флокуляційні процеси в монодисперсних системах, а дисперсіям з часточками різного розміру практично не приділяється належної уваги. Проте всі реальні суспензії (стічні води, технологічні та промислові стоки і т.д.) є полідисперсними системами. Тому в даній роботі використовувалась суспензія каоліну, що є природним матеріалом, без фракціонування. Така суспензія є модельною полідисперсною системою з високим вмістом дрібної фракції, в якій при додаванні полімеру можлива флокуляція за містковим механізмом та адсорбція малих часточок на полімерній молекулі.

Флокуляційна здатність полімерів залежить від багатьох чинників: хімічної природи та молекулярної маси полімеру, його концентрації, наявності заряду на ланцюгах тощо [4, 11, 12]. Перевагою синтетичних флокулянтів над іншими є можливість цілеспрямованого регулювання їх будови, варіювання молекулярної маси, природи і кількості функціональних груп на полімерному ланцюзі.

Дослідження флокуляційної активності синтезованих кополімерів проводили в широкому концентраційному інтервалі полімерного реагенту ($C=1 \times 10^{-4} \div 1 \times 10^{-1}$ г/дм³). На рис.1, як приклад, представлені кінетичні залежності процесу осадження каолінової дисперсії без додавання та при додаванні полімеру-флокулянту. Аналогічна залежність є характерною для всіх досліджених зразків: з підвищенням концентрації полімеру швидкість осадження каолінової дисперсії зростає, причому при $C=1 \times 10^{-1}$ г/дм³ процес стає настільки швидким, що фактично неможливим стає його коректний аналіз. Тому для визначення впливу внутрішньомолекулярної структури полімеру на його флокуляційну активність проводили аналіз параметрів флокуляції для зразків полімерів при $C=1 \times 10^{-2}$ г/дм³ (рис.3-5), оскільки при даній концентрації ще спостерігається чітка межа між супернатантом та дисперсією, яка осідає (рис.2).

Аналіз кінетичних кривих осадження каолінової суспензії (рис.1, рис.3) показує, що всі представлені полімерні зразки проявляють високу

флокуляційну активність, проте найбільш ефективним є зразок Д70-ПАА5, що має 5 прищеплених ПАА-ланцюгів.

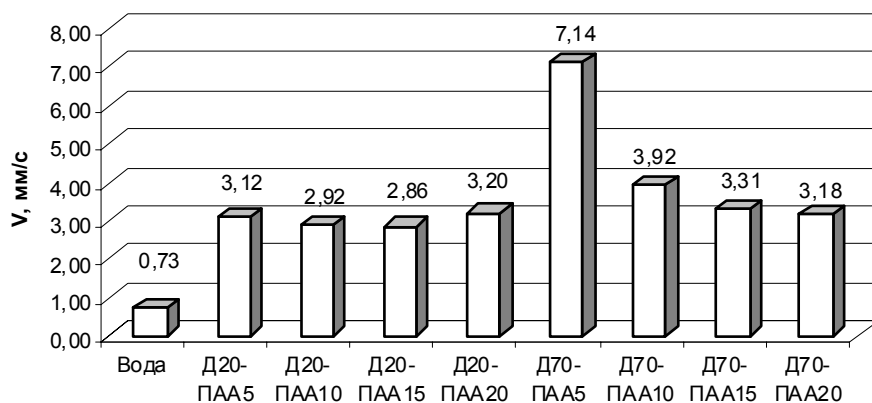


Рис.3. Швидкість осадження суспензії каоліну під дією Д20-ПАА та Д70-ПАА ($C=1 \times 10^{-2}$ г/дм³)

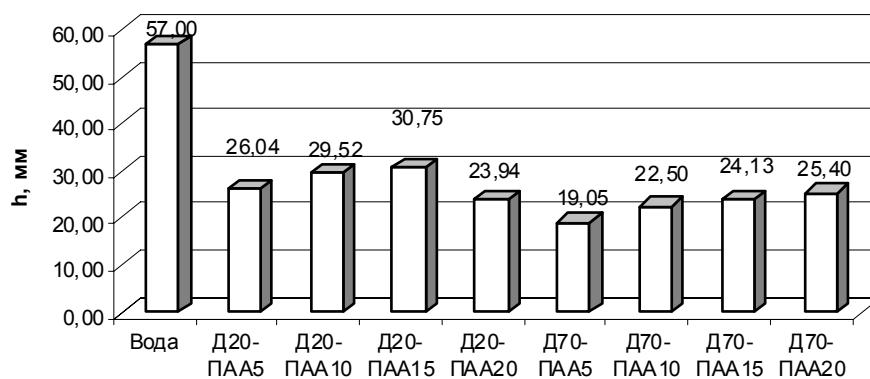


Рис.4. Щільність осаду в циліндрі через 1 хв. після початку флокуляції в присутності Д20-ПАА та Д70-ПАА ($C=1 \times 10^{-2}$ г/дм³)

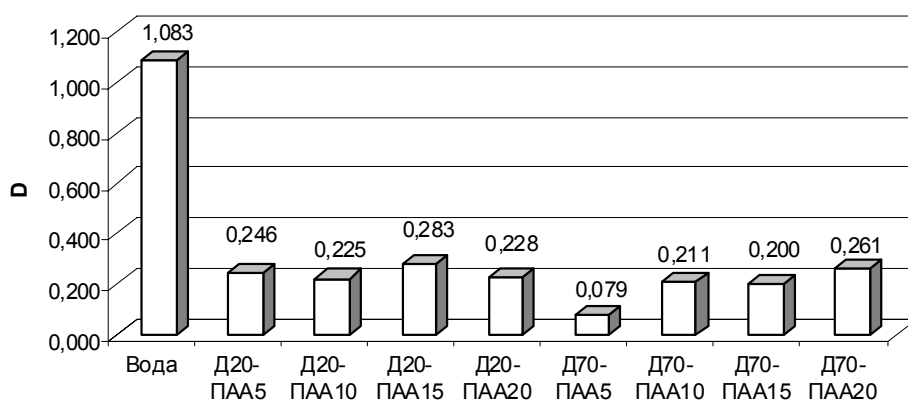


Рис.5. Оптична густина супернатанту через 20 хв після початку флокуляції в присутності Д20-ПАА та Д70-ПАА ($C=1 \times 10^{-2}$ г/дм³)

Для характеристики розгалужених полімерів використовують параметр R_g^2/M_w [13], який можна визначити з експериментальних даних по світлорозсіюванню (табл.1). Чим більше значення R_g^2/M_w , тим менша компактність макромолекулярного клубка.

Параметр компактності макромолекул (R_g^2/M_w) для кополімерів Д70-ПАА15 та Д70-ПАА20, а також для всіх зразків серії Д20-ПАА є практично однаковим за величиною, незважаючи на значну відмінність у молекулярній масі (табл.1). Для цих зразків швидкість осадження дисперсії є досить близькою за значенням (рис.3). В присутності кополімеру Д70-ПАА5 швидкість осадження суспензії зростає більше, ніж в 2,5 рази, причому розмір макромолекули збільшується в порівнянні з іншими зразками лише приблизно в 1,2 рази. Але саме для цього полімеру компактність макромолекули є найменшою.

Треба зазначити, що для зразків лінійних поліакриламідів з молекулярною масою $1,49 \times 10^6$ та $2,6 \times 10^6$ і, відповідно, гідродинамічним радіусом макромолекулярного клубка 63 нм та 134 нм, при концентрації флокулянту $C=1 \times 10^{-2}$ г/дм³ швидкість флокуляції складає 2,21 та 3,03 мм/с. За цими показниками лінійний ПАА поступається зразкам з розгалуженою будовою.

Таким чином, порівняльний аналіз швидкості осадження каолінової дисперсії для зразків поліакриламідів різної архітектури дозволяє зробити висновок, що на кінетичні параметри впливає не лише розмір макромолекули, але і її внутрішньомолекулярна структура.

При порівнянні щільності осаду при флокуляції в присутності синтезованих полімерів (рис. 4) виявилось, що всередині серії (Д20-ПАА або Д70-ПАА) збільшення молекулярної маси (або розміру макромолекулярного клубка) практично завжди супроводжується збільшенням щільності осаду. Проте для зразка Д20-ПАА5 щільність осаду менша, ніж для Д70-ПАА15, хоча розмір макромолекули у них однаковий (табл.1). Це свідчить про те, що щільність осаду також залежить не лише від розміру макромолекули флокулянта, але і від її структури.

На рис. 5 наведені значення оптичної густини супернатанту для двох серій кополімерів. Аналіз даних показує, що найбільш ефективним щодо освітлення супернатанту є зразок Д70-ПАА5, у якого найбільший радіус і найменша компактність макромолекулярного клубка (табл.1). Для зразків Д70-ПАА15 та Д70-ПАА20, а також для серії Д20-ПАА, для яких значення параметр компактності є близьким (див. табл.1), оптична густина супернатанту є також близькою за величиною (рис.5). Тобто, при збільшенні компактності макромолекули нівелюється вплив розміру макромолекули на ступінь освітлення супернатанту.

Освітлення супернатанту при флокуляції каоліну в присутності лінійних зразків ПАА, співрозмірних за молекулярною масою з розгалуженими полімерами Д-ПАА, гірше. Наприклад, оптична густина супернатанту після флокуляції суспензії каоліну лінійним поліакриламідом з $M_w = 1,49 \times 10^6$ ($C=1 \times 10^{-2}$ г/дм³) дорівнює 0,34.

Оптична густина супернатанту визначається ступенем зв'язування найдрібніших часточок полідисперсної каолінової суспензії полімером-флокулянтом, тобто доступністю функціональних груп в макромолекулі для такого зв'язування. В розгалужених зразках серії Д70-ПАА при збільшенні

кількості прищеплених ланцюгів їх конформація змінюється від грибоподібної до чев'якоподібної, а в полімерах серії Д20-ПАА – конформація прищеплених ПАА-ланцюгів є чер'якоподібною для всієї серії полімерів [13]. Очевидно, що при максимально витягнутій конформації прищеплених ПАА-ланцюгів доступ найменших часточок каолінової дисперсії буде однаковим для зразків з однаковою компактністю макромолекулярного клубка і не буде залежати від розміру макромолекули.

Висновки. Аналіз параметрів процесу флокуляції полідисперсної суспензії каоліну розгалуженими поліакриламидами показав, що на кінетику процесу флокуляції (а саме на швидкість осадження дисперсії та на щільність осаду), а також на параметри освітлення супернатанту впливає не лише розмір макромолекули полімеру-флокулянту, але і його внутрішньомолекулярна структура. Найбільшою флокуляційною активністю за всіма параметрами характеризуються розгалужені полімери з найменш компактною структурою макромолекули.

Застосування таких речовин при очищенні різних вод (за типом і походженням) з підвищеним вмістом дрібнодисперсних зависей може значно підвищити ефективність цього процесу без суттєвого збільшення матеріальних та фінансових витрат на його реалізацію.

Список літератури

1. Національна доповідь України про гармонізацію життєдіяльності суспільства у навколишньому природному середовищі / Спеціальне видання до 5-ї Всеєвропейської конференції міністрів навколишнього середовища “Довкілля Європи”. - К. : Мінприроди України, 2003.
2. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні. - К.: Мінприроди України, 2007.
3. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М. [та ін.]. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
4. *Запольский А.К.* Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды / А.К. Запольский, А.А. Баран. – Л. : Химия, 1987. – 204 с.
5. Полиакриламидные флокулянты / Мягченков В.А., Барань Ш., Бектуров Е.А., Булидорова Г.В. - Казань, 1998. - 228 с.
6. Полиакриламид / Под ред В.Ф.Куренкова. - М.: Химия, 1992. - 192 с.
7. *Бирштейн Т.М.* Полимерные щетки / Т.М. Бирштейн, В.М. Амосков // Высокомолек. соед. -2000.- Т42, №12. - С. 2286-2327.
8. *Kutsevol N.* Solution properties of dextran-polyacrylamide graft copolymers / N. Kutsevol, J.-M. Guenet, N. Melnik [and others] // Polymer.-2006. - V.47. - P.2061-2068.
9. Пат.17242 Україна, Спосіб освітлення суспензії / Желтоножська Т.Б., Куцевол Н.В., Єременко Б.В., Сиромятніков В.Г.-1997.
10. *Баран А.А.* Полимерсодержащие дисперсные системы / А.А. Баран. – К. : Наук. думка, 1986. - 204 с.
11. *La Mer V.K.* Filtration of colloidal dispersions flocculated by anionic and cationic polyelectrolites / V.K. La Mer // Disc. Farad. Soc. -1966.-V.42.-P.248-254.
12. *Бирштейн Т.М.* Адсорбция полимерных цепей на малых частицах и комплексообразование / Т.М. Бирштейн, О.В. Борисов // Высокомолек. соед. – 1986. – А28, №11. – С.2265-2271.
13. Introduction to Physical Polymer Science / Fourth Editor L.H. Sperling.- Lehigh University Bethlehem, Pennsylvania: John Wiley & Sons, INC, 2006.-845p.

Флокуляційна активність розгалужених поліакриламідів

Куцевол Н.В., Безуглая Т.Н., Савицкий В.М.

Досліджено процес флокуляції полідисперсної суспензії каоліну в присутності розгалужених поліамідів. Встановлено, що на швидкість осаду дисперсії, щільності осаду, а також на освітлення супернатанта впливає не тільки розмір макромолекули полімера-флокулянта, але і його внутрішньомолекулярна структура.

Ключові слова: стічні води, очищення, флокуляція, полімерні флокулянти, розгалужені поліакриламід.

Флокуляционная активность разветвленных полиакриламидов

Куцевол Н.В., Безуглая Т.Н., Савицкий В.Н.

Исследован процесс флокуляции полидисперсной суспензии каолина в присутствии разветвленных полиамидов. Установлено, что на скорость осаждения дисперсии, плотность осадка, а также на осветление супернатанта влияет не только размер макромолекулы полимера-флокулянта, но и его внутримолекулярная структура.

Ключевые слова: сточные воды, очистка, флокуляция, полимерные флокулянты, разветвленные полиакриламиды.

Flocculation activity of branched polyacrylamides

Kutsevol N.V., Bezugla T.M., Savitsky V.M.

The flocculation process of polydisperse kaolin suspension in presence of branched polyacrylamides was studied. The rate of sedimentation, sediment density and supernatant clarification are depended upon both the macromolecule size of polymer flocculant and its intermolecular structure.

Keywords: wasted waters, purification, polymer flocculant, branched polyacrylamides.

Надійшла до редколегії 05.02.10

УДК 551.482.1

Притула Л.М.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ХАРАКТЕРИСТИКА СЕРЕДНЬОРІЧНОГО ІОННОГО СТОКУ РІЧКИ ДЕСНИ

Ключові слова: річковий стік, середньорічний іонний стік, головні іони, біогенні речовини

Актуальність проблеми. Кругообіг води в природі зумовлює рух не лише величезних об'ємів води, а й великої кількості твердої та розчиненої речовини. Головна роль при цьому належить річковому стоку – найбільш рухомій частині гідросфери. Маса річкової води в руслі поповнюється, за М. І. Львовичем, приблизно 30 разів протягом року.

За означенням О.О. Альокіна, іонний стік являє собою сумарний стік головних іонів хімічного складу води (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), які стікають з водним стоком з водозбору водотоку чи водойми за певний проміжок часу (рік, сезон, місяць тощо). За формою в розчині і за походженням можна виділити стік як колоїдних, так і розчинених речовин, а також органічних і неорганічних речовин. Останній включає стік головних іонів (чи іонний стік), біогенних речовин та мікроелементів.

Стік розчинених речовин є своєрідним інтегральним відображенням природних і антропогенних процесів, що відбуваються в межах того чи