Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю.М. Потебні
(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної магістерської роботи

рівень вищої освіти *другий (магістерський) рівень*
(другий (магістерський) рівень)

на тему *«Дослідження та розробка шляхів підвищення ефективності очистки поверхневого стоку промислових підприємств»*

Виконав: студент *2* курсу, групи *8.1332*

Звіздун Андрій Андрійович
(ПІБ) (підпис)

спеціальності
183 Технології захисту навколишнього середовища
(шифр і назва)

спеціалізація
_____
(шифр і назва)

освітньо-професійна програма
183 Технології захисту навколишнього середовища
(шифр і назва)

Керівник *к.т.н. Кожемякін Г.Б.*
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент *к.т.н. Бєлоконь К.В..*
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2024 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра *металургійних технологій, екології та техногенної безпеки*

Рівень вищої освіти *другий магістерський рівень*
(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність *183 Технології захисту навколишнього середовища*
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма *Технології захисту навколишнього середовища*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ***МТЕТБ***
Ю.О. Бєлоконь
"01" 03 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТУ

Звіздуну Андрію Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) *«Дослідження та розробка шляхів підвищення ефективності очистки поверхневого стоку промислових підприємств»*

керівник роботи (проєкту) *Кожемякін Геннадій Борисович к.т.н, доцнт*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від *"28" 02* 2024 року № *359-с*

2. Строк подання студентом роботи (проєкта) *01.12.2024*

3. Вихідні дані до роботи (проєкта) *Провести дослідження процесу очистки поверхневого стоку з території промислових підприємств*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *Реферат. Вступ. Закономірності формування та якісні характеристики поверхневого стоку. Результати експериментальних досліджень процесу очистки поверхневого стоку. Результати експериментальних досліджень процесу доочистки поверхневого стоку. Висновки. Перелік джерел посилань*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Визначення оптимальних доз реагентів, Залежності процес відстоювання поверхневого стоку. Залежності процесу фільтрування поверхневого стоку.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
Розділ 1	*Кожемякін Г.Б., доцент*	
Розділ 2	*Кожемякін Г.Б., доцент*	
Розділ 3	*Кожемякін Г.Б., доцент*	
Нормоконтроль	*Вагін А.В., ст. викладач*	

7. Дата видачі завдання *01.03.2024*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	*Розділ 1*	*09 -16.10.2024*	
2	*Розділ 2*	*29-30.11.2024*	
3	*Розділ 3*	*17-27.10.2024*	
4	*Презентація*	*17-26.11.2024*	
5	*Висновки*	*28.11.2024*	

Студент _____ *Андрій ЗВІЗДУН*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ *Геннадій КОЖЕМЯКІН*

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: 70 с., 22 рис., 23 табл., 11 джерел.

ПОВЕРХНЕВИЙ СТОК, ЗВАЖЕНІ РЕЧОВИНИ, КІНЕТИКА ОСАДЖЕННЯ, ФІЛЬТРУВАННЯ.

Об’єкт дослідженнь – поверхневий сток з території промислового підприємства.

Предмет досліджень – вдосконалення процесів очищення поверхневого стоку промислових підприємств.

Мета досліджень – підвищення ефективності очищення поверхневих стічних вод з метою зменшення антропогенного навантаження на водні об’єкти.

У роботі проаналізовано склад поверхневого стоку і роботу очисних споруд зливової каналізації промислового підприємства. Досліджена кінетика осадження зважених речовин і вплив на неї різних реагентів. Побудовані залежності ефекту освітлення від тривалості відстоювання для різних умов.

Вивчені фільтраційні характеристики різних типів загрузок для фільтрування стічних вод, визначені їх брудоємність по зважених речовинах і нафтопродуктах.

ЗМІСТ

ВСТУП …… 6
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА ЯКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ …… 8
1.1 Особливості формування дощового стоку на промислових майданчиках..8
1.2 Якісні характеристики поверхневого стоку з території промислових підприємств …… 15
1.3 Постановка задачі досліджень ……. 21
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИСТКИ ДОЩОВОГО СТОКУ З ТЕРИТОРІЇ ПІДПРИЄМСТВА З ВИРОБНИЦТВА ФЕРОСПЛАВІВ ….. 23
2.1 Визначення оптимальних доз реагентів …… 23
2.2 Дослідження кінетики відстоювання суспензії …… 26
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДООЧИСТКИ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ ФІЛЬТРУВАННЯМ …… 47
3.1 Фільтрування крізь зернисті загрузки …….. 47
3.2 Вибір матеріалу фільтруючого завантаження ……. 51
3.3 Методики проведення експериментів та аналізів …… 53
3.3.1 Методика проведення досліджень процесу очищення поверхневих стічних вод фільтруванням …… 53
3.3.2 Методика визначення вмісту зважених речовин …… 55
3.3.3 Визначення вмісту нафтопродуктів …… 55
3.4 Визначення фільтраційних характеристик завантаження ……. 58
3.5 Аналіз результатів дослідження брудоємність матеріалів, що фільтрують …….. 60
ВИСНОВКИ ……..……. 69
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ …… 70

ВСТУП

Одним з основних джерел забруднення водоймищ є поверхневий стік з територій промислових підприємств. Нині питання каналізування майданчиків промислових підприємств не можуть вирішуватися без розгляду питання про охорону водоймищ від забруднення поверхневим стоком.

Поверхневий стік з майданчиків промислових підприємств має різноманітний склад. Окрім чинників характерних для селищних площ на якість стоку істотно впливають такі умови, як культура виробництва на підприємстві, характер технологічних процесів, організація складського господарства. Характерною особливістю стоку з переважної більшості промислових майданчиків є підвищений вміст нафтопродуктів.

Спостереження за зміною якості води водоймищ виявили істотний негативний вплив поверхневого стоку на водні об'єкти. Найбільш помітне погіршення якості води в річках зафіксоване під час випадання інтенсивних дощів. При цьому відбувається засмічення річок плаваючими предметами, на поверхні води утворюється плівка нафто продуктів, різко зростає концентрація зважених речовин. Проте вже через декілька годин після припинення вступу в річку дощового стоку вміст домішок у воді істотно знижується і поступово відновлюється фонова якість води за усіма показниками за винятком концентрації розчиненого кисню. Причиною погіршення кисневого режиму води річки є значне збільшення після дощу споживання кисню органічною частиною донних відкладень, сформованих за рахунок зважених речовин, внесених поверхневим стоком.

Той факт, що основний вплив на водоймище чинять зважені речовини поверхневого стоку, підтверджують і токсикологічні дослідження дощового стоку. Для забезпечення безпечних умов існування дафній магна дощовий стік вимагається розбавляти в 6...8 разів. При цьому найбільш несприятливу дію чинять перші, найбільш забруднені, порції дощового стоку. У 4…16-кратних розбавленнях рачки дафнії гинуть за 1...2 діб, 100%-ва загибель в

нерозбавленому стоці спостерігається через 1...24 год.

Розроблені пропозиції по регламентації умов випуску поверхневого стоку у водні об'єкти [1]. Ці пропозиції передбачають виключення засмічення водоймища плаваючими домішками, утворення на поверхні плівки нафтопродуктів, замулювання і обмеження накопичення донних відкладень, здатних привести до порушення передбаченого нормативами вмісту кисню у воді водного об'єкту за рахунок окислення що містяться в донних відкладеннях органічних речовин.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА ЯКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ

1.1 Особливості формування дощового стоку на промислових майданчиках

До поверхневого стоку відносять дощові, талі і поливально-мийні води. Атмосферні опади, випадні над містами, є природним засобом оздоровлення міського повітряного басейну і санітарного прибирання території. Частки пилу, аерозолі, що не осіли, вихлопні гази і інші забруднення, що містяться в атмосферному повітрі, захоплюються дощовими краплями або снігами, а потім змиваються в каналізаційну мережу разом із забрудненнями, що накопичуються на поверхні дахів, тротуарів, міських проїздів. Природно, метеорологічні води значно забруднюються при проходженні приземних шарів атмосфери і особливо в процесі стоку по поверхні міських водозборів. Ступінь забруднення стоку різна.

Поверхневий стік з промислових майданчиків, вносячи значну кількість забруднюючих речовин у водні об'єкти, викликає їх забруднення і замулювання. Донні відкладення, що формуються у водоймищах і потоках в дощову погоду, порушують життєдіяльність мікроорганізмів, що негативно позначається на біоценозі і процесах самоочищення. Окислення органічних домішок цих донних відкладень призводить до погіршення кисневого режиму водойми протягом тривалого часу після випадання дощу. Оскільки поверхневий стік є одним з джерел забруднення довкілля, організоване його відведення і знешкодження є найважливішою вимогою охорони природних вод.

Концентрація домішок в дощовому стоці багато в чому залежить від інтенсивності випадання опадів, тривалості періоду сухої погоди і попереднього дощу. Це пояснюється тим, що забруднення дощового стоку відбувається в результаті сорбції речовин, що знаходяться в атмосферному

повітрі, розчинення і змиву забруднень з водозбірного басейну і мережі дощової каналізації. Із збільшенням інтенсивності опадів збільшується витрата дощового стоку і, отже, збільшується його здатність виносити завись. Тривалість бездощового періоду обумовлює накопичення домішок на території водозбірного басейну. Деякі приклади зміни витрати дощового стоку в замикаючому створі і концентрації забруднень наведені на рис. 1.1 і 1.2 [2].

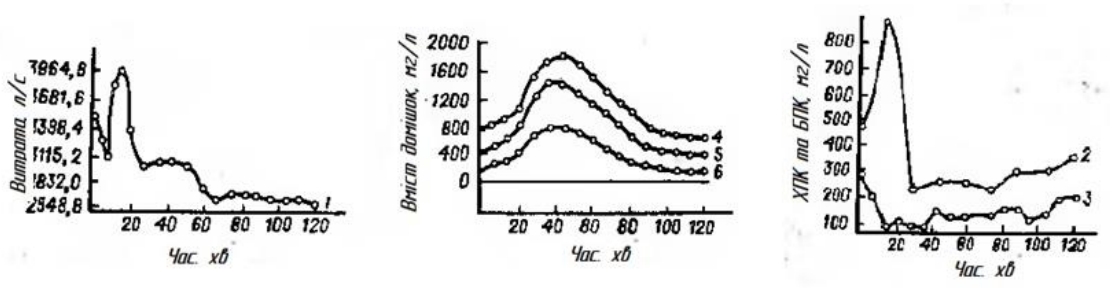


Рисунок 1.1 - Зміна витрати і вмісту домішок в дощовому стоці

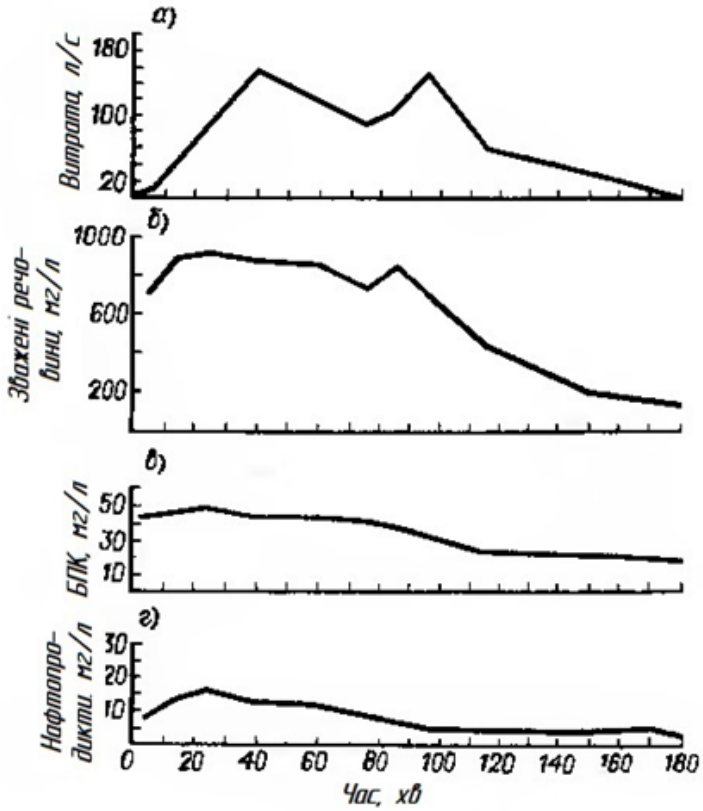


Рисунок 1.2 - Зміна витрати і вмісту домішок в дощовому стоці

З приведених на малюнку даних видно, що концентрація домішок в дощовому стоці істотно міняється; як правило, вона швидко зростає до максимуму і далі зменшується до кінця дощу. В процесі припливу дощового стоку до замикаючого створу найсуттєвіше змінюється вміст зважених речовин, нафтопродуктів і органічних речовин, виражених ХСК. Значення цих показників можуть знижуватися в процесі припливу стоку у декілька разів.

Концентрація забруднення дощового стоку, як вже відмічалось, залежить від багатьох чинників, більшість з яких є випадковими, тому правомірно концентрацію забруднень зв'язувати з вірогідністю їх появи. При цьому для визначення розрахункових концентрацій необхідно встановити необхідну їх забезпеченість. Запропоновано з урахуванням усереднювання потоку в колекторах значної протяжності за розрахункову концентрацію приймати величину 70% -вої забезпеченості.

Важливе значення при проектуванні очисних споруд дощової каналізації має залежність річного об'єму дощового стоку і кількості забруднень, що виносяться їм з водозбірного басейну, від інтенсивності випадання опадів, вираженої періодом одноразового перевищення розрахункової інтенсивності дощу - *p*. В результаті обробки натурних даних за багаторічний період спостережень встановлено, що основну масу забруднень виносять дощі відносно малої інтенсивності, що часто повторюються. Дощі ж великої інтенсивності - зливи, хоча і утворюють потік з великою витратою води, повторюються дуже рідко і не завдають великого збитку водоймищам зважаючи на відносно малої забрудненості. Залежності розрахункового періоду одноразового перевищення граничного дощу *p* (рік) з розподілом річного об'єму стоку і домішок, що містяться в нім, отримані в результаті досліджень складу стоку і обробки гістограм дощів в Харкові за 15-річний період, представлені на рис. 1.3 [2]. Враховуючи це, в розрахунках відведення поверхневого стоку слід виходити з умови подачі на очищення найбільш концентрованої частини стоку, утвореного часто дощами, що часто повторюються.

Надзвичайна нестаціонарність поверхневого стоку і специфічність утворення обумовлюють складність вивчення його складу. Проведені до теперішнього часу експериментальні дослідження не дозволяють з достатньою повнотою характеризувати якісний склад поверхневого стоку, особливо що утворюється но територіях промислових підприємств. Незважаючи на це, наявні дані дозволяють оцінити його склад і обґрунтувати схеми очищення.

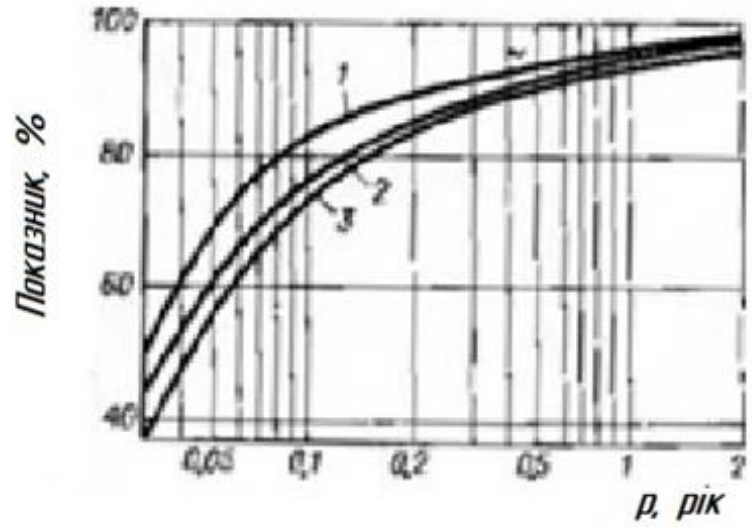


Рисунок 1.3 - Залежність об'єму стоку - 1, кількості зважених речовин - 2 і органічних сполук, виражених в БСК - 3 від періоду одноразового перевищення граничного дощу *р*

Залежно від фізико-хімічного складу поверхневого стоку промислові підприємства і окремі його ділянки рекомендовано розділяти на дві групи. До першої групи відносяться підприємства, для яких основними домішками поверхневого стоку є грубодиспергировані домішки, нафтопродукти і органічні сполуки, сорбовані головним чином на зважених речовинах. Нині до цієї групи відносяться підприємства чорної металургії (за виключенням коксохімічних виробництв), машинобудівної, електротехнічної, вугільної,

нафтової, легкої, хлібопродуктової, молочної, харчової промисловості, енергетики, автотранспортні підприємства, річкові порти, ремонтні заводи, а також окремі виробництва нафтопереробної, нафтохімічної і хімічній промисловості, на територію яких не потрапляють специфічні забруднення.

До другої групи відносяться підприємства, для яких в на-стоящее час характерний вступ в поверхневий стік специфічних речовин, - підприємства кольорової металургії, коксохімічної, хімічної, лісохімічної, целюлозно-паперової і мікробіологічній промисловості, м'ясокомбінати, шпалопросочувальні заводи і т. д.

Забрудненість поверхневого стоку, як вже відзначалося раніше, залежить від багатьох чинників (забрудненості території і повітряного басейну, характеру випадання дощів, тривалості періоду сухої погоди та ін.). Вона змінюється протягом одного дощу і різна в один і той же час у дощоприймачів і в різних точках дощової мережі. Аналіз результатів досліджень по забрудненості поверхневого стоку дозволив виявити деякі закономірності накопичення і змиву забруднень і отримати наближені математичні залежності, що дозволяють прогнозувати концентрацію забруднень дощових вод в системах водовідведення [5]. Ці залежності по мірі накопичення даних по фактичній забрудненості уточняються, а також розширюється сфера їх застосування.

Забрудненість дощових вод складається з двох складових: основній забрудненості, визначуваною змивом накопичених на поверхні забруднень, і фоновою, яка виникає із-за ерозії (розмиву) самих поверхонь [3].

Протягом періоду *T*, передуючого випаданню осаду, відбувається накопичення забруднень на поверхні водозбору. Кількість цих забруднень визначається рівнем благоустрою території, її санітарним станом, інтенсивністю транспортного навантаження, мірою забрудненості атмосфери осідаючими частками та ін.

Кількість забруднень, кг, накопичених за час T на одиниці площі, га, можна визначати по формулі:

$$M = M_{\max}(1 - e^{k_з r}) \quad (1.1)$$

де M_{max} - максимально можлива кількість накопичуваних забруднень,

$k_з$ - коефіцієнт динаміки накопичення забруднень, 1діб;

T - тривалість періоду без стоку, діб;

е - основа натурального логарифма

Значення параметра M_{max} і коефіцієнта $k_з$ для визначення забрудненості дощового стоку по зважених речовинах можна приймати для промислових районів і зон, прилеглих до великих магістралей, M_{max} = 200...250 кг на 1 га, $k_з$ =0,2../0,3.

Кількість забруднень M_{max}, що змиваються, залежить від тривалості випадіння t і середньої інтенсивності q дощу і може визначатися по формулі:

$$M = M_{\max}(1 - e^{k_c q t}) \quad (1.2)$$

k_c - константа змиву забруднень, залежна від характеристики басейну збору.

Кількісного значення константи змиву набуває в інтервалі 0,003...0,008, менші значення k_c відповідатимуть менш забрудненим територіям і рівнинному рельєфу.

Концентрація зважених речовин в дощовому стоці у дощоприймальників, г/м^3, складе:

$$K_{зр} = 1000 M_{зм} F / W_д \quad (1.3)$$

де $Wд$ - об'єм дощового стоку з площі F за час випадання опадів t,

$Wд$ визначається за величиною шару опадів або інтеграцією гідрографа стоку.

Додаткова фонова забрудненість стоку, викликана розмиванням

ґрунтових поверхонь, багато в чому визначається станом дорожніх покриттів і бордюрів, що відділяють проїзджу частину від газонів і ґрунтових поверхонь, їх висотним розташуванням, ухилом поверхні, а також залежить від інтенсивності дощів.

Концентрація забруднень в талому стоці менше змінюється в часі, чим в дощових водах, і її можна з деяким наближенням приймати постійною протягом періоду сніготанення.

При русі по каналізаційних мережах забрудненість дощового стоку зазнає значні зміни, викликані характером руху, що невстановився, в трубах дощових вод, великими коливаннями витрат і швидкостей течії рідини.

У початковий період дощу, коли малим витратам відповідають малі наповнення і швидкості течії, частина забруднень, що поступили в каналізаційну мережу через дощоприймальники, випадає в осад і зменшує забрудненість дощових вод.

При збільшенні витрат і швидкостей течії дощових вод можливе розмивання і транспортування по трубах забруднень, що раніше випали в осад, часток, що у тому числі осіли, від попереднього дощу.

Розмір або залежна від їх гідравлічна крупність часток, здатних до осадження або вимивання, можуть бути визначені по формулах [4]:

$$u_0 = v/(13R^{0.2}) \quad (1.4)$$

$$u_0 = v \cdot \lambda^{-2/3} \quad (1.5)$$

де λ - коефіцієнт гідравлічного тертя; R і υ - відповідно гідравлічний радіус, м, і швидкість течії м/с.

Значення гідравлічної крупності для різних діаметрів часток приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Залежність між діаметром і гідравлічною крупністю часток

***d*, мм**	***u_0*, мм/с**	***d*, мм**	***u_0*, мм/с**	***d*, мм**	***u_0*, мм/с**
0,01	0,07	0,50	54,0	2,00	152,9
0.03	0,62	0,60	64,8	2,50	176,5
0.05	1,73	0,70	73,2	3,00	192,5
0.10	6.92	0,80	80,7	3,50	208.5
0.15	15 6	0,90	87,5	4,00	222,5
0,20	21,6	1,00	94,4	4.50	236,5
0.30	32,4	1.50	125,6	5,00	249,0
0,40	43.2				

1.2 Якісні характеристики поверхневого стоку з території промислових підприємств

Фізико-хімічний склад поверхневого стоку з територій промислових підприємств визначається характером основних технологічних процесів, а їх концентрація і питоме винесення від санітарного і технічного стану водозбірного басейну, режиму прибирання території ефективності роботи систем газо- і пиловловлювання, організації складування і транспортування сировини, проміжних продуктів і відходів виробництва. Відмінною рисою поверхневого стоку, що формується на території промислових підприємств, є наявність в них специфічних забруднень [6].

Вміст в ньому забруднюючих речовин залежить від їх концентрації в атмосферному повітрі і на відкритих міських поверхнях до моменту випадання опадів. Основні забруднення поверхневого стоку коротко охарактеризовані нижче.

Зважені речовини. Основними джерелами забруднення поверхневого стоку зваженими речовинами є пил і аерозолі, промислові викиди і частки незгорілого палива, продукти руйнування дорожніх покриттів.

Зважені речовини, що містяться в поверхневому стоці, мають переважно мінеральне походження. Леткі домішки дощового, талого і мийного стоку складають близько 30% загальної маси зважених речовин [1].

БПК і окислюваність. Вміст в поверхневому стоці органічних біохімічно окислюваних речовин в середньому порівняно невисоке і складає від 40 до 120 мг/л по $БПК_5$. Органічні речовини представлені в твердому і розчиненому виді, причому велика їх частина поступає в стік з твердими частками. Зазвичай після 2-годинного відстоювання або фільтрування БПК води знижується в 2-3 рази. Основними джерелами забруднення поверхневого стоку органічними речовинами є аерозолі, що осідають, продукти неповного згорання палива, нафтопродукти і речовини, що вимиваються з ґрунту. Аналіз проб стоку, узятих з дахів будівель, показує, що переважають є два перших з перерахованих джерел. На їх частку доводиться близько 60% усій БПК. Також високе значення БПК властиво талому стоку, тобто в той період, коли вступ органічних речовин з ґрунту і від рослинності маловірогідний [1].

Розчинні домішки. Вміст розчинених речовин в поверхневих стічних водах вищий, ніж в побутових. Середня величина сухого залишку в дощовому стоці коливається в межах 300-500 міліграма/л, а в талому може досягати 8 г/л і більше при середньому значенні близько 1 г/л. Близько 50% солей, що містяться в соку, - органічного походження [1].

Нафтопродукти. Джерела забруднення поверхневого стоку нафтопродуктами можна вважати випадковими. Нафта, бензин і масла потрапляють на поверхню міських водозборів з непередбачених причин, в основному внаслідок незадовільного стану транспортних засобів. Проте, практично усі проби стоку у великих або менших кількостях містять нафтопродукти. Середні концентрації эфирорастворимых речовин коливаються від 7 до 100 міліграма/л. Такі значні межі коливань пояснюються випадковістю виникнення самого джерела забруднення [1].

Особливості забруднення на промислових майданчиках. Поверхневий стік з майданчиків промислових підприємств має, як правило, складніший характер. Окрім усіх перерахованих раніше джерел забруднення і чинників, діючих на селищних площах, на якість стоку істотно впливають такі умови, як культура виробництва на підприємстві, характер технологічних процесів, організація складського господарства. У багатьох випадках саме ці чинники визначають склад і концентрації домішок в стоці. Можна встановити деяку спільність у складі поверхневого стоку з територій підприємств якої-небудь галузі, але на кожному з них стік матиме свої характерні особливості [10].

Характерною особливістю стоку з переважної більшості промислових майданчиків є підвищений вміст в нім нафтопродуктів. Концентрація ефіророзчинних домішок досягає 100-150 мг/л [5].

Істотною особливістю дощового стоку є різка нерівномірність розподілу концентрацій забруднень в стоці по ходу дощу [3].

При оцінці якості атмосферних вод необхідно мати відомості про вміст в них домішок протягом усієї тривалості вступу стоку. Якісний аналіз дощових вод на основі одиничних проб може дати помилкове уявлення про інтенсивність їх забруднення на тому або іншому водозборі.

При значному діапазоні коливань концентрацій забруднень є певна закономірність в зміні якості стоку в часі залежно від інтенсивності опадів. У перші 10-15 хвилин стоку вміст домішок значно вище в дощі, що характеризується більшою інтенсивністю, але надалі проби, узяті під час випадання малої інтенсивності, більше концентровані по забрудненнях. Це характерно для переважної більшості дощів, причому вплив інтенсивності зазвичай спостерігається до якоїсь межі. При значенні інтенсивності нижче за цю межу її вплив на абсолютні значення концентрацій і динаміку їх зміни не спостерігається (переважають інші чинники). При великих значеннях інтенсивності чітко простежується описана вище картина зміни концентрацій від максимуму на початку стоку до мінімальних значень до кінця [11]. При цьому із збільшенням інтенсивності дощів зростає темп зниження

забрудненості стоку в перші хвилини його виникнення. Нерідко в пробах, відповідних закінченню стоку, вміст забруднень дещо зростає [5].

Оскільки основний об'єм опадів випадає з дощами малої або середньої інтенсивності, можна зробити висновок, що велика частина забруднень поступає в дощову мережу з малими витратами води. Цей вивід має велике значення при вирішенні питання очищення дощового стоку.

Забруднення поверхневого стоку залежить від багатьох чинників, які можна об'єднати в наступні групи, : кліматичні умови, санітарний стан басейну водозбору і приземної атмосфери і закономірності руху поверхневого стоку в мережі дощової каналізації.

До кліматичної характеристики місцевості, що обумовлює склад атмосферних вод, можна віднести: інтенсивність і тривалість дощу, частоту його випадання і кількість опадів, тривалість танення снігу та ін.

Стан басейну водозбору можна характеризувати рівнем благоустрою і родом поверхневого покриву, мірою забруднення території і атмосфери, інтенсивністю руху автотранспорту і так далі. Для скорочення забрудненості поверхневого стоку рекомендується проведення цілої низки заходів, основними з яких є : організація регулярного механізованого прибирання території, проведення своєчасного ремонту дорожніх покриттів, обгороджування зон озеленення бордюрами, локалізація будівельних майданчиків, впорядкування складування і транспортування сипких і рідких матеріалів, підвищення ефективності роботи пило- і газоочисних установок [6].

Поверхневий стік, що утворюється в результаті випадання атмосферних опадів, поливу і миття територій, змиває і виносить з потоком розчинні і нерозчинні домішки. Крім того, атмосферні води в результаті сорбування на поверхні гідроаерозолю часток пилу, газу і інших домішок, що знаходяться в повітрі, починають забруднюватися ще в приземних шарах.

Як показують численні дослідження основними джерелами забруднення поверхневого стоку, що формується на міській території і

промислових майданчиках, є продукти ерозії ґрунту, пил, будівельні матеріали, а також сировина, продукти і напівпродукти, що зберігаються на відкритих складських майданчиках, викиди в атмосферу, різні нафтопродукти, що потрапляють на територію в результаті їх протоки і несправність автотранспорту і іншої техніки, і так далі [6].

Характерними забрудниками для поверхневого стоку є зважені речовини. Їх концентрації значно коливаються від декількох міліграм до десятків грамів в літрі води. Великий діапазон коливань спостерігається і по дисперсному складу часток домішок. Основна кількість нерозчинених домішок представлена дрібнодисперсними частками, в основному частками пилу. Близько 80% по вазі зважених речовин мають розмір часток що не перевищує 0,05 мм, з них близько 15% - частки розміром до 0,005 мм [4].

У таблиці 1.2 приведені дані дослідників США по розподілу забруднень залежно від роміру часток, а в таблиці 1.3 приведений фракційний склад зважених речовин дощового стоку, що поступає в дощоприймач на початку і кінці дощу [7].

Таблиця 1.2 - Розподіл забруднень дощових вод

Показник забруднення	Доля забруднень від загальної кількості (по вазі), %		
	Розмір часток, мкм		
	менше 43	43. .246	Більше 246
Зважені речовини	6,0	37,5	56,5
БСК5	24,3	32 5	43,2
ХСК	22,7	57.4	19,9
Фосфати	56,2	36,0	7,8
З'єднання азоту	18,7	39,8	41,5
Нітрати	31.9	45.1	23.0
Важкі метали	-	-	48,7
Пестициди	-	-	27.0

Осад, що утворюється при відстоюванні дощового стоку, характеризується високою зольністю (70..80 %); вологість його після 2 годин ущільнення коливається в межах 90...95 %.

Таблиця 1.3 - Фракційний склад зважених речовин на початку і кінці стоку від двох дощів

Розмір фракції, мм	вміст зважених речовин, %			
	Стік			
	Почало	Кінець	Почало	Кінець
Більше 7	0.8	-	-	2,0
5...7	1,2	-	-	10.4
3...5	1.5	4,4	4,6	21.3
1.3	51,6	30,1	28,0	33,2
0,0,25.1	20,2	24,5	18,1	12.6
Менше 0,25	24.7	41.0	49.3	20.5

Органічні речовини в поверхневому стоці містяться в розчиненому і нерозчиненому стані. На долю суспендованих домішок доводиться близько 90% загальної кількості речовин, що окислюються, присутніх в поверхневому стоці. Хімічне споживання кисню суспензіями поверхневого стоку складає 0,3...0,5 міліграм/міліграма. Швидкість окислення органічних речовин в поверхневому стоці дещо нижча, ніж в господарсько-побутових стічних водах. Повне біохімічне окислення досягається через 25..30 діб. Співвідношення $БСК_{повн}/БСК_5$ в середньому складає 2,5...3 [9].

Вміст нафтопродуктів в поверхневому стоці визначається в основному інтенсивністю руху транспорту. Окрім перерахованих забруднень в поверхневому стоці можуть міститися біогенні елементи, з'єднання важких металів, специфічні домішки, що викидаються в атмосферу промисловими підприємствами, і бактерійні забруднення.

У зв'язку з антропогенним забрудненням атмосфери викидами двоокису сірки (сірчаного ангідриду) і оксидів сірки широке поширення отримало явище випадання кислих дощів, яке привело до закисленню природного середовища на багатьох територіях Європи і Північної Америки, а також у ряді

районів інших континентів. Тут показник кислотності опадів pH <4,5, тоді як його звичайне значення складає 5,6...5,7. Якщо в деяких районах земної кулі (у тропіках) випадання кислотних дощів може навіть заповнити недолік сірки, необхідної для рослин, то в помірних і високих широтах такі дощі заподіюють рослинності, як правило, істотний збиток [8].

1.3 Постановка задачі досліджень

Поверхневі стічні води з території заводу по колектору поступають в приймальну камеру з порогом переливання, проникним повний об'єм поливально-мийних стічних вод і розрахунковий 10-ти хвилинна витрата дощових стічних вод на очисні споруди, а надмірна кількість скидається у водоймище без очищення.

Очисні споруди є чотирьохсекційним горизонтальним відстійником з ухилом днища до центру для збору осаду і нафтозбірними трубами на початку і кінці кожної секції для збору і відведення спливаючих домішок і нафтопродуктів.

Якісні характеристики поверхневого стоку з території промислового підприємства представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Якісні характеристики дощового стоку і роботи очисних споруд

Номер проби	Місце відбору	Вміст, мг/л	
		Зважених речовин	Нафтопродуктів
1	Колодязь №0	15,8	2,8
2	Колодязь №0	28,2	0,76
3	Колодязь №0	7,8	0,2
4	Колодязь №0	51,0	4,4
5	Колодязь №0	104,0	2,9
6	Колодязь №0	100,2	4,2
7	Колодязь №1	7,4	0,7
8	Колодязь №2	13,8	0,13
9	Колодязь №3	14,0	0,22
10	Колодязь №4	6,4	0,18

Номер проби	Місце відбору	Вміст, мг/л	
		Зважених речовин	Нафтопродуктів
11	На виході	2,6	0,13
12	Колодязь №1	10,8	0,44
13	Колодязь №2	6,4	0,33
14	Колодязь №3	13,4	0,36
15	Колодязь №4	11,8	0,18
16	На виході	8,0	0,2
17	Колодязь №1	21,0	0,15
18	Колодязь №2	10,6	0,12
19	Колодязь №3	12,0	0,15
20	Колодязь №4	8,2	0,17
21	На виході	7,2	0,18
22	Колодязь №1	4,6	0,06
23	Колодязь №2	35,5	0,04
24	Колодязь №3	58,1	0,09
25	Колодязь №4	6,6	0,52
26	На виході	1,1	0,04

Аналіз роботи очисних споруд показав, що із-за нерівномірного режиму вступу стічних вод і, відповідно, змінного рівня води перед розподільною перегородкою нафтозбірна труба спочатку відстійника працює неефективно. Заміна і регенерація завантаження ведеться без урахування брудоємності і сорбційної місткості матеріалу, що фільтрує.

Вміст нафтопродуктів в очищеному стоці в межах 0,2 - 0,8 міліграма/л (при ГДК = 0,05 мг/л) може бути обумовлений емульгованим характером домішок, видалення яких простим відстоюванням і фільтруванням малоефективно.

У зв'язку з вищевикладеним, для підвищення ступеня очищення і надійності роботи очисних споруд, необхідно:

- обгрунтувати доцільність та оптимальну дозу реагентів для очищення дощового стоку;
- дослідити кінетику відстоювання дощового стоку, у тому числі з використанням реагентів;
- визначити брудоємність і сорбційну місткість матеріалів загрузки, для використання в якості завантаження фільтрів.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИСТКИ ДОЩОВОГО СТОКУ З ТЕРИТОРІЇ ПІДПРИЄМСТВА З ВИРОБНИЦТВА ФЕРОСПЛАВІВ

2.1 Визначення оптимальних доз реагентів

Основні прилади і реактиви

Розчин сульфату алюмінію; розчин оксіхлориду алюмінію; розчин флокулянта суперфлок.

Циліндри місткістю 1 л, піпетки лабораторні, скляні палички, фотоколориметр КФК- 3, мішалка магнітна.

Підготовка до визначення

Початкові сухі реагенти: сульфат алюмінію, суперфлок - зважують і розчиняють при перемішуванні з необхідною кількістю води для отримання робочих розчинів з концентрацією: сульфат алюмінію - 6%, суперфлок - 0,1%. Початковий 40% розчин гідроксихлориду алюмінію розбавляють водою в співвідношенні 1:10.

Хід визначення

Досліджувану воду наливають до мітки в циліндри місткістю 1,0 л, підливають різні кількості розчину коагулянту (що включає передбачувану оптимальну дозу), змішують швидким (15-20 с), а потім повільним (3-5 хв) обертанням скляної палички. Через кожні 30 хв з верхнього шару води піпеткою відбирають по 200 мл води. У кожній з відібраних проб визначають вміст зважених часток на фотоколориметрі.

Дослідження виконані на воді з початковим вмістом зважених речовин 50 мг/л. За результатами вимірів (таблиця 2.1) будують графіки залежності залишкового вмісту зважених речовин від тривалості відстоювання і по них визначають оптимальну дозу реагентів рис. 2.1-2.3.

Таблиця 2.1 - Визначення оптимальних доз реагентів

Найменування реагенту	Доза реагенту, г/л	Залишкова концентрація, мг/л
Сульфат алюмінію	0	50
	4	46,5
	8	37,7
	12	19,0
	16	9,8
	20	6,2
	24	5,0
Гідроксихлорид алюмінію	0	50
	2	47,5
	4	39,0
	6	17,0
	8	8,0
	10	5,5
	12	4,8
Суперфлок	0	50
	0,02	47,4
	0,04	40,0
	0,06	29,5
	0,08	11,8
	0,10	6,2
	0,12	4,6

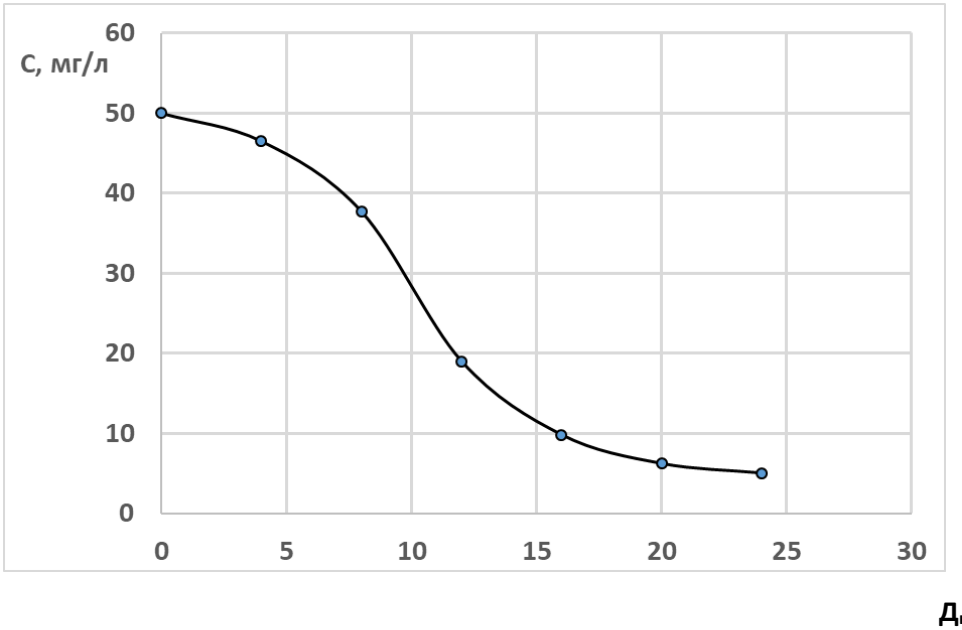


Рисунок 2.1 - Визначення оптимальної дози сульфату алюмінію

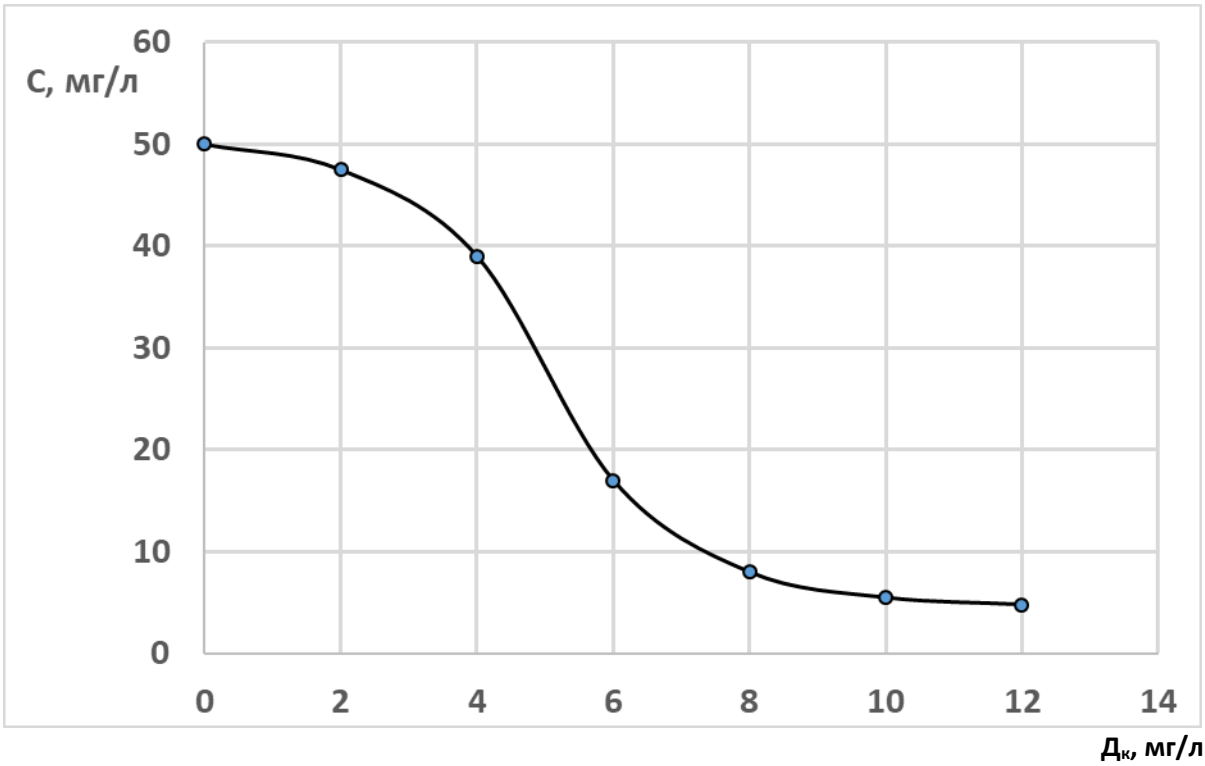


Рисунок 2.2 - Визначення оптимальної дози гідроксіхлориду алюмінію

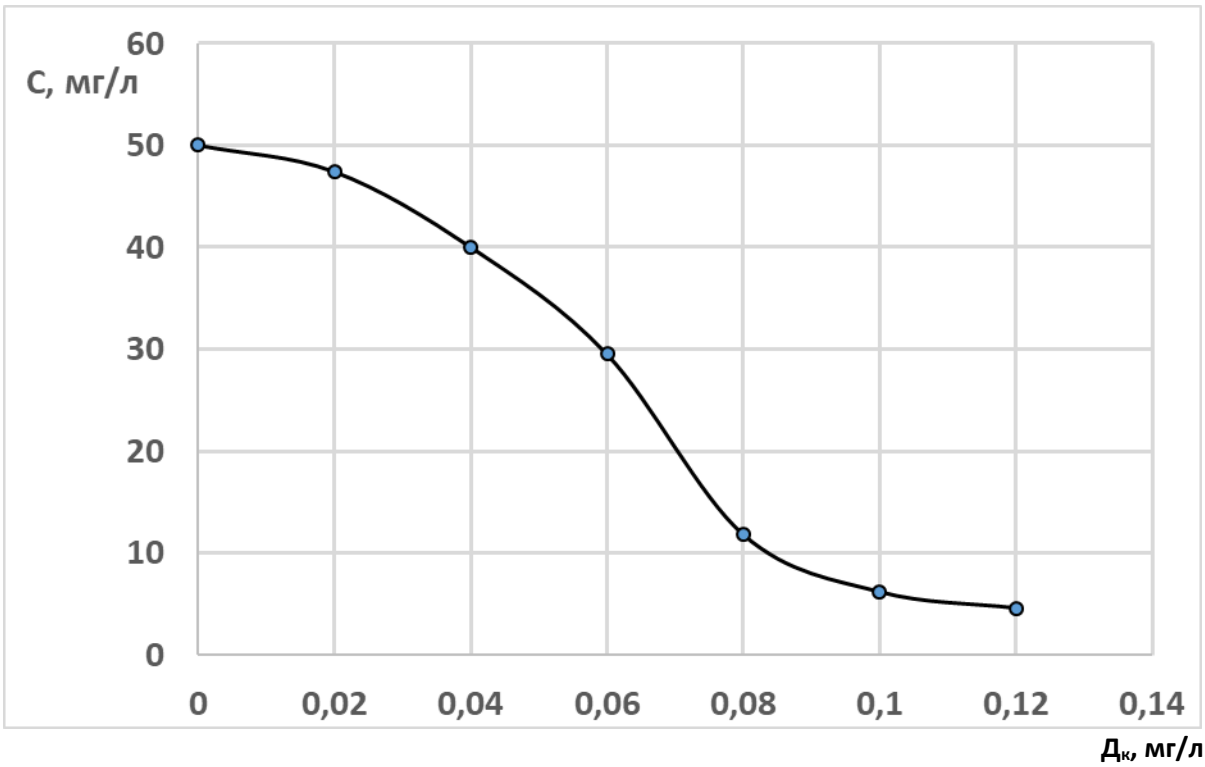


Рисунок 2.3 - Визначення оптимальної дози суперфлока

Як видно з графіків, оптимальні дози реагентів складають:

- для сульфату алюмінію Д=20 мг/л
- для гідроксихлориду алюмінію Д=10 мг/л
- для суперфлоку Д=0.1 мг/л.

Вартість реагентів складає:

- сульфат алюмінію 38 380 грн/т;
- гідроксихлорид алюмінію 17 100 грн/т;
- суперфлок 295 000 грн/т.

Відповідно, вартість реагентів для обробки 1 $м^3$ дощового стоку:

- сульфат алюмінію 0,77 грн;
- гідроксихлорид алюмінію 0,17 грн;
- суперфлок 0,03 грн.

2.2 Дослідження кінетики відстоювання суспензії

Устаткування і приладдя

Для виконання роботи потрібні: 5 літрових циліндрів, мішалка для перемішування води, піпетка для відбору проб, аналітичні ваги, фотоколориметр КФК- 3.

Порядок виконання експерименту

Готують робочий розчин із заданою концентрацією і за допомогою мішалок протягом 1 хвилини інтенсивно перемішують. П'ять циліндрів наповнюють досліджуваною водою. У першому циліндрі визначають початковий вміст зважених речовин без відстоювання. З інших циліндрів з інтервалом в 30 мін послідовно відбирають піпеткою проби для визначення вмісту зважених речовин на фотоколориметрі за нижчевикладеною методикою.

Результати експериментів представлені в таблицях 2.2-2.10

Таблиця 2.2 - Експериментальні дослідження ефективності освітлення води без додавання реагенту

Концентрація суспензії, мг/л	Час відстоювання, хв												
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
10	0,0	28,4	54,3	68,8	75,9	80,9	84,9	85,9	87,5	88,2	89,0	89,5	89,6
	0,0	28,5	54,8	68,5	76,1	81,1	84,4	86,1	87,7	88,3	88,9	89,3	89,5
	0,0	28,6	55,1	68,4	76,4	83,0	84,3	86,3	88,0	88,5	88,5	89,1	89,4
40	0,0	29,1	61,9	73,2	80,0	83,2	86,1	88,7	88,9	90,1	90,7	91,1	91,5
	0,0	29,4	61,5	73,1	79,9	83,5	86,3	88,1	89,2	89,9	90,6	91,0	91,3
	0,0	29,7	61,3	72,9	81,3	83,7	86,4	88,0	89,4	89,7	90,3	90,7	91,1
70	0,0	30,3	68,5	78,7	83,7	86,5	89,2	90,0	91,2	91,5	92,0	92,6	92,7
	0,0	30,0	68,4	78,9	83,9	86,6	88,9	90,1	90,9	91,6	92,1	92,6	92,9
	0,0	29,8	68,2	79,0	84,0	86,8	88,6	90,4	90,7	91,8	92,4	92,5	93,1
100	0,0	31,2	73,2	82,7	86,7	90,3	91,3	92,3	92,7	93,5	93,8	94,4	94,5
	0,0	31,0	73,3	82,9	86,9	89,7	91,3	92,2	92,9	93,2	93,6	94,2	94,3
	0,0	29,8	73,5	83,1	87,3	89,5	91,2	92,0	93,0	92,9	93,4	94,1	94,0
130	0,0	31,9	77,8	85,7	90,1	91,6	92,8	93,8	93,9	94,6	94,9	95,0	95,3
	0,0	32,0	77,6	85,9	89,7	91,7	93,0	93,6	94,1	94,5	94,7	94,9	95,4
	0,0	32,2	77,3	86,0	89,5	91,8	93,2	93,4	94,2	94,3	94,6	94,7	95,6

Таблиця 2.3 - Експериментальні дослідження ефективності освітлення води з обробкою флокулянтом "суперфлок" (доза реагенту 0,1 мг/л)

Концентрація суспензії, мг/л	Час відстоювання, хв												
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
10	0,0	30,1	59,6	80,5	87,0	89,0	90,2	91,6	91,6	92,7	92,9	93,0	92,8
	0,0	30,0	60,0	80,8	86,7	89,3	90,4	91,4	92,0	92,5	92,7	92,9	93,0
	0,0	29,8	60,2	81,0	86,5	89,5	90,5	91,1	92,3	92,4	92,5	92,7	93,3
40	0,0	30,7	62,4	83,2	88	91,2	92,3	92,8	93,1	93,6	94,0	93,8	94,5
	0,0	31,0	62,0	83,0	88,68	91,3	92,0	92,6	93,2	93,5	93,7	93,9	94,0
	0,0	31,4	61,9	82,9	89,0	91,5	91,8	92,5	93,5	93,2	93,5	94,1	93,6
70	0,0	32,2	63,6	85,4	91,0	92,8	93,4	93,9	94,0	93,9	94,4	94,5	94,2
	0,0	32,0	64,0	85,5	90,9	93,0	93,5	93,7	93,9	94,0	94,2	94,4	94,5
	0,0	31,9	64,5	85,7	90,5	93,2	93,7	93,4	93,7	94,3	94,0	94,3	94,9
100	0,0	32,8	65,2	87,6	92,5	94,0	93,9	94,5	94,5	95,2	95,6	95,9	96,3
	0,0	33,0	65,0	87,8	92,3	93,9	94,0	94,4	94,7	95,0	95,4	95,7	96,0
	0,0	33,4	64,9	88,0	92,1	93,7	94,2	94,2	94,9	94,8	95,2	95,4	95,8
130	0,0	34,5	65,7	89,5	94,3	95,0	95,8	96,0	96,0	96,2	96,7	96,6	96,8
	0,0	34,0	66,0	89,3	94,1	95,2	95,7	95,8	96,1	96,3	96,5	96,5	96,7
	0,0	33,7	66,2	89,0	94,0	95,3	95,5	95,5	96,3	96,5	96,4	96,2	96,5

Таблиця 2.4 - Експериментальні дослідження ефективності освітлення води з обробкою коагулянтом гідроксихлоридом алюмінію (з дозою 10 мг/л)

Концентрація суспензії, мг/л	Час відстоювання, хв												
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
10	0,0	30,8	61,8	82,5	90,0	92,2	93,5	94,0	94,6	95,2	95,4	96,0	96,4
	0,0	31,0	62,0	82,7	90,2	92,3	93,4	94,1	94,6	95,1	95,5	95,9	96,0
	0,0	31,3	62,3	82,8	90,6	92,5	93,3	94,4	94,8	954,9	95,7	95,8	95,9
40	0,0	32,4	63,5	86,0	92,4	94,0	95,0	95,8	95,4	96,4	96,3	96,8	96,6
	0,0	32,0	63,0	85,9	92,1	93,8	94,8	95,5	95,5	96,1	96,4	96,5	96,5
	0,0	31,8	62,6	85,5	91,9	93,6	94,5	95,1	95,8	95,8	96,6	96,2	96,2
70	0,0	33,5	65,1	87,7	93,5	95,8	96,2	96,8	96,8	96,9	96,8	97,4	96,8
	0,0	33,0	65,0	88,0	93,6	95,7	96,0	96,4	96,7	97,0	97,0	97,0	97,0
	0,0	32,6	64,8	88,2	93,8	95,4	95,9	96,1	96,5	97,3	97,1	96,8	97,3
100	0,0	34,3	66,8	89,6	94,8	95,9	96,4	97,0	97,1	97,1	97,3	97,5	97,0
	0,0	34,0	67,0	89,8	94,5	95,5	96,5	96,7	96,9	97,0	97,2	97,4	97,5
	0,0	33,8	67,3	90,0	94,1	95,5	96,7	96,2	96,6	97,0	97,0	97,2	97,9
130	0,0	35,2	70,1	92,3	95,5	96,8	97,3	97,5	97,2	97,3	97,5	98,0	98,3
	0,0	35,0	70,0	92,0	95,7	96,7	97,0	97,2	97,4	97,5	97,7	97,9	98,0
	0,0	34,7	69,8	92,1	95,9	96,6	96,8	97,0	97,5	97,7	97,8	97,8	97,9

Таблиця 2.5 - Експериментальні ці дослідження ефективності освітлення води з обробкою коагулянтом сульфатом алюмінію (з дозою 20 мг/л)

Концентрація суспензії, мг/л	Час відстоювання, хв												
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
10	0,0	26,8	54,3	76,5	82,4	83,5	85,2	87,4	87,9	89,5	90,0	90,8	92,3
	0,0	27,0	54,0	76,7	82,0	84,0	85,4	87,0	88,0	89,0	90,0	91,0	92,0
	0,0	27,3	53,7	76,8	81,7	84,4	85,5	86,8	88,3	88,7	89,9	91,3	91,9
40	0,0	28,4	55,5	79,3	83,1	85,5	86,8	88,1	89,4	90,1	91,3	92,5	92,7
	0,0	28,0	56,0	79,0	83,5	85,3	86,7	88,3	89,5	90,5	91,4	92,3	93,0
	0,0	27,7	56,4	78,8	83,7	85,0	86,5	88,5	89,5	90,6	91,6	92,0	93,5
70	0,0	29,1	57,8	80,5	85,6	87,4	88,5	89,9	91,3	92,2	93,0	93,4	94,0
	0,0	29,0	58,0	80,8	85,5	87,0	88,4	89,8	91,0	92,0	92,9	93,5	93,8
	0,0	28,7	58,2	81,0	85,5	86,8	88,2	89,6	89,9	91,7	92,7	93,7	93,5
100	0,0	30,4	60,4	83,0	87,1	88,1	90,0	91,0	92,0	93,5	94,1	95,4	95,4
	0,0	30,0	60,0	82,6	87,0	88,2	89,8	91,2	92,2	93,2	94,0	95,0	95,5
	0,0	29,5	59,6	82,4	86,7	88,4	89,7	91,4	92,5	93,0	93,7	94,7	95,7
130	0,0	31,2	62,3	84,5	88,3	89,5	90,8	92,4	93,6	94,1	95,4	96,0	96,5
	0,0	31,0	62,0	84,4	88,0	89,3	90,6	92,0	93,4	94,2	95,2	95,9	96,7
	0,0	30,7	61,9	84,2	87,6	89,0	90,3	91,7	93,1	94,4	95,1	95,7	97,0

Таблиця 2.6 - Експериментальні ці дослідження ефективності освітлення води з початковою концентрацією C_0=10 мг/л

Реагент	Час відстоювання, хв												
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Без реагентів	0,0	28,4	55,0	68,6	75,9	81,2	84,1	86,0	87,8	88,2	89,0	89,5	89,4
	0,0	28,5	54,8	68,5	76,1	81,1	84,4	86,1	87,7	88,3	88,9	89,3	89,5
	0,0	28,7	54,5	68,3	76,3	80,9	84,5	86,4	87,5	88,5	88,7	89,0	89,7
Суперфлок	0,0	30,3	60,2	81,0	86,8	89,5	90,5	91,5	92,1	92,4	92,5	92,6	93,3
	0,0	30,0	60,0	80,8	86,7	89,3	90,4	91,4	92,0	92,5	92,7	92,9	93,0
	0,0	29,8	59,8	80,5	86,5	89,0	90,2	91,0	91,8	92,8	93,0	93,0	92,8
Гідроксихлорид алюмінію	0,0	30,8	61,9	82,8	90,1	92,5	93,6	94,2	94,8	95,4	95,5	95,5	95,7
	0,0	31,0	62,0	82,7	90,2	92,3	93,4	94,1	94,6	95,1	95,5	95,9	96,0
	0,0	31,3	62,4	82,7	90,4	92,1	93,1	93,9	94,5	94,7	95,4	96,1	96,4
Сульфат алюмінію	0,0	26,9	53.7	76,8	81,7	84,2	85,5	87,2	88,1	88,9	89,9	91,3	92,4
	0,0	27,0	54,0	76,7	82,0	84,0	85,4	87,0	88,0	89,0	90,0	91,0	92,0
	0,0	27,4	54,2	76,5	82,4	83,7	85,4	86,8	87,7	89,3	90,2	90,6	91,5

Таблиця 2.7 - Експериментальні ці дослідження ефективності освітлення води з початковою концентрацією C_0=40 мг/л

Реагент	Час відстоювання, хв												
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Без реагенту	0,0	29,5	61,4	73,3	80,0	83,7	86,5	87,9	88,9	90,1	90,8	90,7	91,6
	0,0	29,4	61,5	73,1	79,9	83,5	86,3	88,1	89,2	89,9	90,6	91,0	91,3
	0,0	29,1	61,8	73,0	79,7	83,1	85,9	88,3	89,5	89,5	90,5	91,4	91,0
Суперфлок	0,0	30,8	61,9	83,3	89,0	91,5	91,9	92,5	93,5	93,9	94,0	94,0	94,6
	0,0	31,0	62,0	83,0	88,8	91,3	92,0	92,6	93,2	93,5	93,7	93,9	94,0
	0,0	31,4	62,0	82,8	88,6	91,0	92,4	92,8	93,0	93,1	93,5	93,7	93,5
Гідроксихлорид алюмінію	0,0	31,8	62,7	86,0	92,3	94,0	95,0	95,4	95,6	95,8	96,1	96,4	96,6
	0,0	32,0	63,0	85,9	92,1	93,8	94,8	95,5	95,5	96,1	96,4	96,5	96,5
	0,0	32,3	63,5	85,7	91,9	93,6	94,5	95,7	95,5	96,4	96,5	96,8	96,3
Сульфат алюмінію	0,0	28,0	56,4	79,4	83,7	85,5	86,8	88,5	89,7	90,3	91,2	92,5	93,2
	0,0	28,0	56,0	79,0	83,5	85,3	86,7	88,3	89,5	90,5	91,4	92,3	93,0
	0,0	27,7	55,7	78,8	83,2	84,9	86,7	88,0	89,4	90,9	91,5	91,9	92,8

Таблиця 2.8 – Експериментальні дослідження ефективності освітлення води з початковою концентрацією C_0=70 мг/л

Реагент	Час відстоювання, хв												
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Без реагенту	0,0	30,1	68,2	79,0	83,6	86,8	89,0	90,2	91,0	91,5	92,0	92,1	93,0
	0,0	30,0	68,4	78,9	83,9	86,6	88,9	90,1	90,9	91,6	92,1	92,6	92,9
	0,0	30,0	68,5	78,6	84,1	86,5	88,6	90,0	90,8	91,8	92,4	92,8	92,8
Суперфлок	0,0	31,7	64,3	85,4	91,0	92,8	93,8	94,1	94,1	94,3	94,5	94,5	94,3
	0,0	32,0	64,0	85,5	90,9	93,0	93,5	93,7	93,9	94,0	94,2	94,4	94,5
	0,0	32,4	63,8	85,7	90,7	93,4	93,1	93,5	93,7	93,7	94,1	94,0	94,7
Гидроксохлорид алюмінію	0,0	33,3	65,2	88,2	93,5	96,0	96,3	96,5	96,5	97,2	97,2	97,3	97,1
	0,0	33,0	65,0	88,0	93,6	95,7	96,0	96,4	96,7	97,0	97,0	97,0	97,0
	0,0	32,6	64,8	87,7	93,8	95,4	95,8	96,2	97,0	96,6	96,9	96,8	96,8
Сульфат алюмінію	0,0	29,1	57,9	81,0	85,6	87,3	88,0	90,0	91,3	92,1	93,0	93,5	94,0
	0,0	29,0	58,0	80,8	85,5	87,0	88,4	89,8	91,0	92,0	92,9	93,5	93,8
	0,0	28,7	58,3	80,5	85,5	86,5	88,5	89,6	90,9	91,8	92,8	93,4	93,5

Таблиця 2.9 - Експериментальні ці дослідження ефективності освітлення води з початковою концентрацією C_0=100 мг/л

Реагент	Час відстоювання, хв												
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Без реагенту	0,0	31,1	73,1	83,0	86,7	90,0	91,5	92,0	92,7	93,5	93,9	94,0	94,2
	0,0	31,0	73,3	82,9	86,9	89,7	91,3	92,2	92,9	93,2	93,6	94,2	94,3
	0,0	30,9	73,5	82,8	87,0	89,6	91,1	92,5	93,0	93,1	93,5	94,3	94,5
Суперфлок	0,0	29,9	65,2	88,0	92,5	93,6	93,8	94,5	94,8	95,2	95,5	95,6	96,5
	0,0	33,0	65,0	87,8	92,3	93,9	94,0	94,4	94,7	95,0	95,4	95,7	96,0
	0,0	33,3	64,8	87,5	92,0	94,0	94,3	94,0	94,5	94,6	95,2	95,9	95,7
Гидроксохлорид алюмінію	0,0	34,1	67,1	90,0	94,9	95,7	96,6	97,0	97,0	97,4	97,3	97,5	97,6
	0,0	34,0	67,0	89,8	94,5	95,5	96,5	96,7	96,9	97,0	97,2	97,4	97,5
	0,0	39,8	66,8	89,6	94,2	95,4	96,3	96,5	96,5	96,8	97,0	97,2	97,3
Сульфат алюмінію	0,0	30,2	60,2	82,9	97,3	88,4	90,0	91,3	92,3	93,1	94,1	94,8	95,4
	0,0	30,0	60,0	82,6	87,0	88,2	89,8	91,2	92,2	93,2	94,0	95,0	95,5
	0,0	29,9	59,9	82,6	86,8	88,1	89,6	91,0	92,0	93,5	93,8	95,3	95,8

Таблиця 2.10 - Експериментальні ці дослідження ефективності освітлення води з початковою концентрацією C_0=130 мг/л

Реагент	Час відстоювання, хв												
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Без реагенту	0,0	32,3	77,4	86,0	89,8	92,0	92,8	93,7	93,8	94,1	95,0	94,7	95,5
	0,0	32,0	77,6	85,9	89,7	91,7	93,0	93,6	94,1	94,5	94,7	94,9	95,4
	0,0	31,8	77,7	85,4	89,5	91,6	93,1	93,4	94,5	94,8	94,2	95,1	95,2
Суперфлок	0,0	34,5	66,1	89,5	94,0	94,9	95,8	96,0	96,2	96,5	96,6	96,7	96,6
	0,0	34,0	66,0	89,3	94,1	95,2	95,7	95,8	96,1	96,3	96,5	96,5	96,7
	0,0	33,9	65,8	89,1	94,3	95,2	95,5	95,7	95,9	96,0	96,3	96,4	96,9
Гидроксохлорид алюмінію	0,0	35,1	70,2	92,3	95,8	96,8	97,2	97,1	97,5	97,7	98,0	97,8	98,2
	0,0	35,0	70,0	92,0	95,7	96,7	97,0	97,2	97,4	97,5	97,7	97,9	98,0
	0,0	34,8	69,7	91,7	95,4	96,5	96,7	97,4	97,2	97,3	97,4	98,1	97,7
Сульфат алюмінію	0,0	31,4	62,3	84,3	88,3	89,5	91,0	92,1	93,5	93,9	95,1	96,0	96,5
	0,0	31,0	62,0	84,4	88,0	89,3	90,6	92,0	93,4	94,2	95,2	95,9	96,7
	0,0	30,7	61,9	84,6	87,7	89,0	90,2	91,7	93,2	94,3	95,4	95,7	97,0

Результати дослідження кінетики безреагентного осадження зважених речовин (рис.2.4) показують, що

- максимальна швидкість випадання суспензії спостерігається в течії перших 20 хвилин і тим більше, чим вище початкова концентрація зважених речовин;
- у інтервалі 20-60 хвилин швидкість осадження плавно знижується;
- при тривалості відстоювання більше 60 хвилин ефект освітлення збільшується несуттєво.

Порівняльний аналіз залежності ефективності реагентної обробки стоку (рис.2.5-2.12) показує, що в часовому інтервалі 30-60 хвилин застосування реагентів значно підвищує ефект освітлення в ряду сульфат алюмінію - гидроксіхлорид алюмінію - суперфлок, особливо при низьких концентраціях забруднень. Із зростанням концентрації і збільшенням тривалості відстоювання до 90-120 хвилин ефект від застосування реагентів знижується аж до 3 % (рис.2.12).

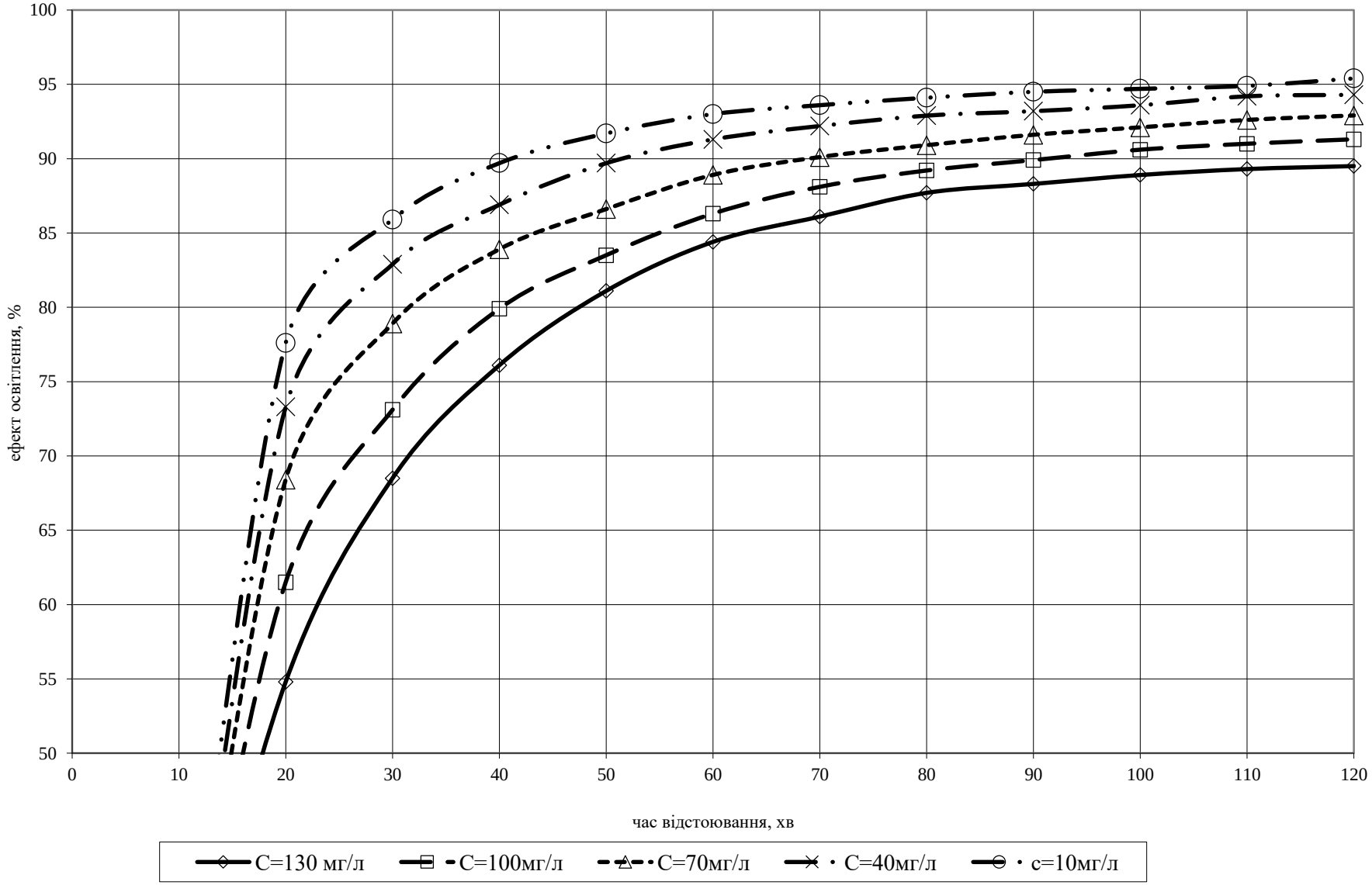


Рисунок 2.4 - Графік залежності ефекту освітлення від часу відстоювання без додавання реагентів

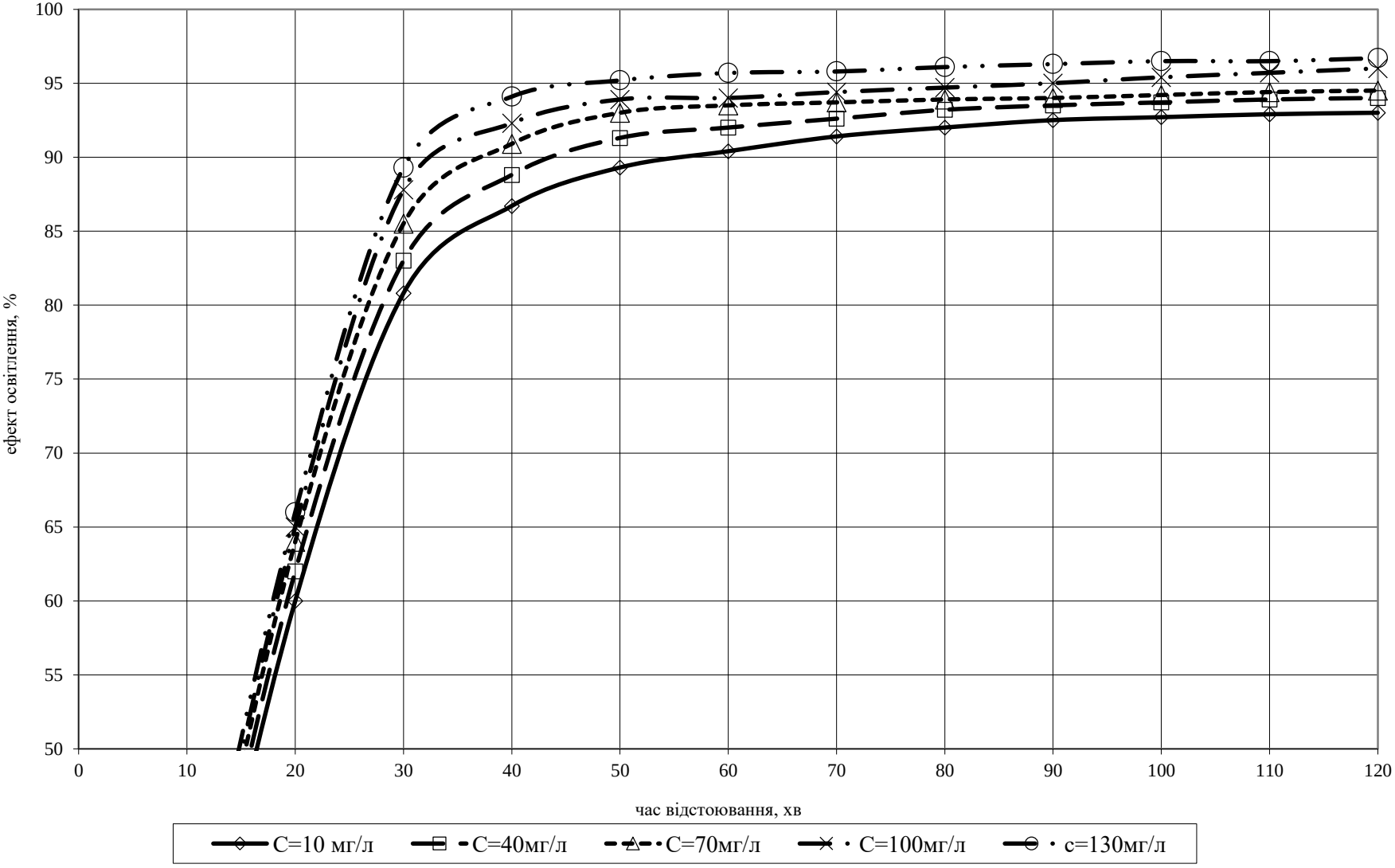


Рисунок 2.5 - Графік залежності ефекту освітлення від часу відстоювання з додаванням суперфлока

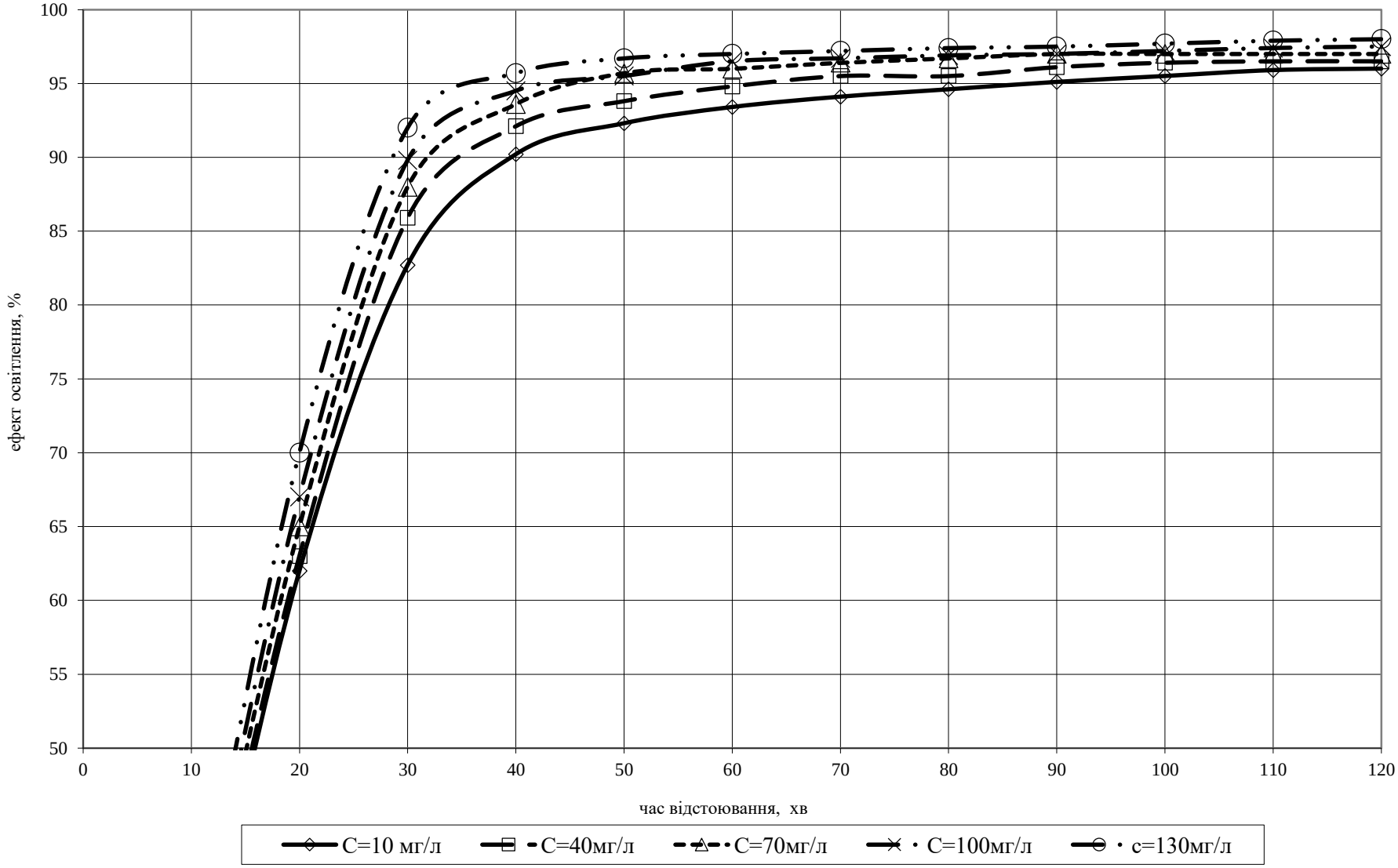


Рисунок 2.6 - Графік залежності ефекту освітлення від часу відстоювання з додаванням гідроксіхлориду алюмінію

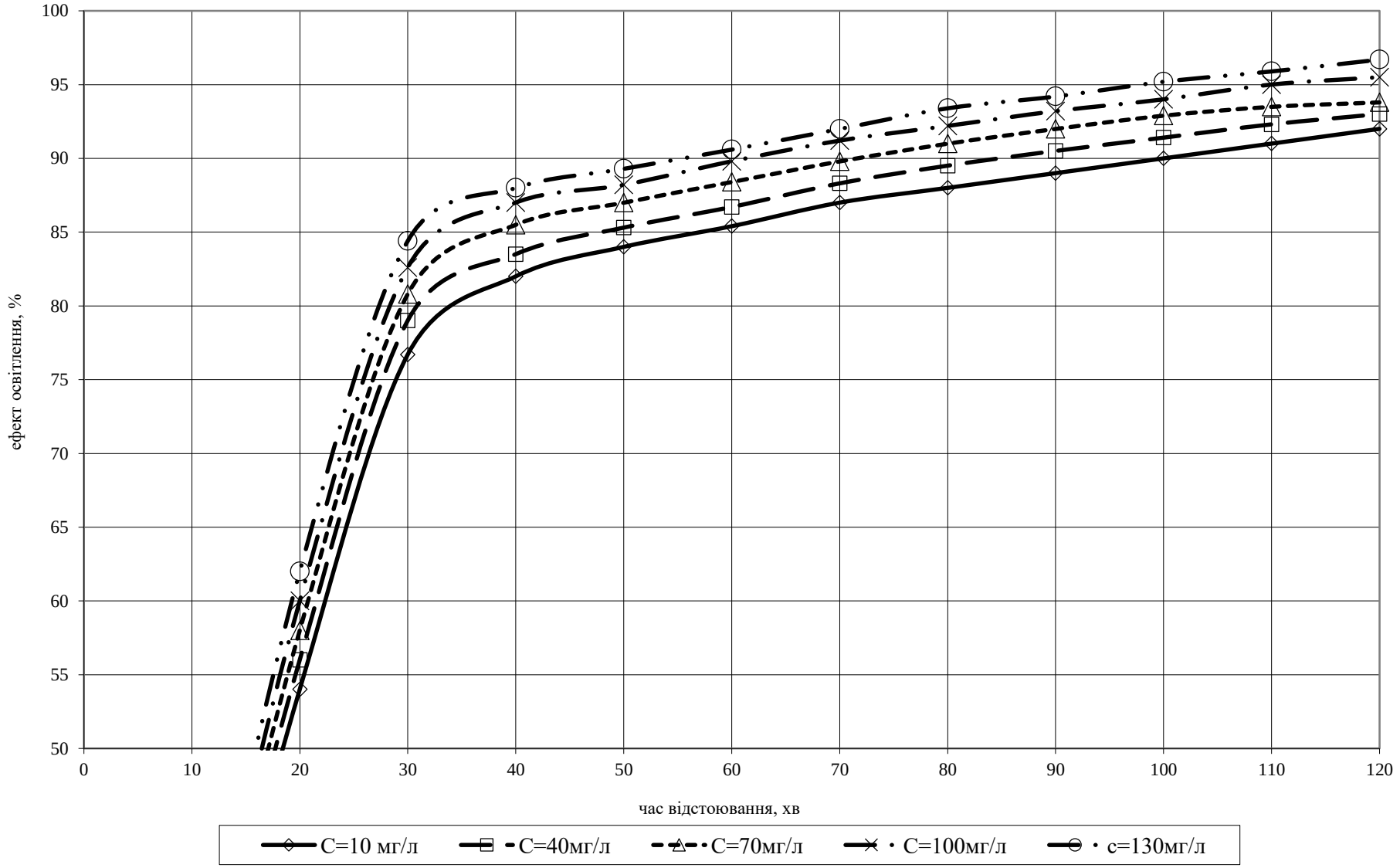


Рисунок 2.7 - Графік залежності ефекту освітлення від часу відстоювання з додаванням сульфату алюмінію

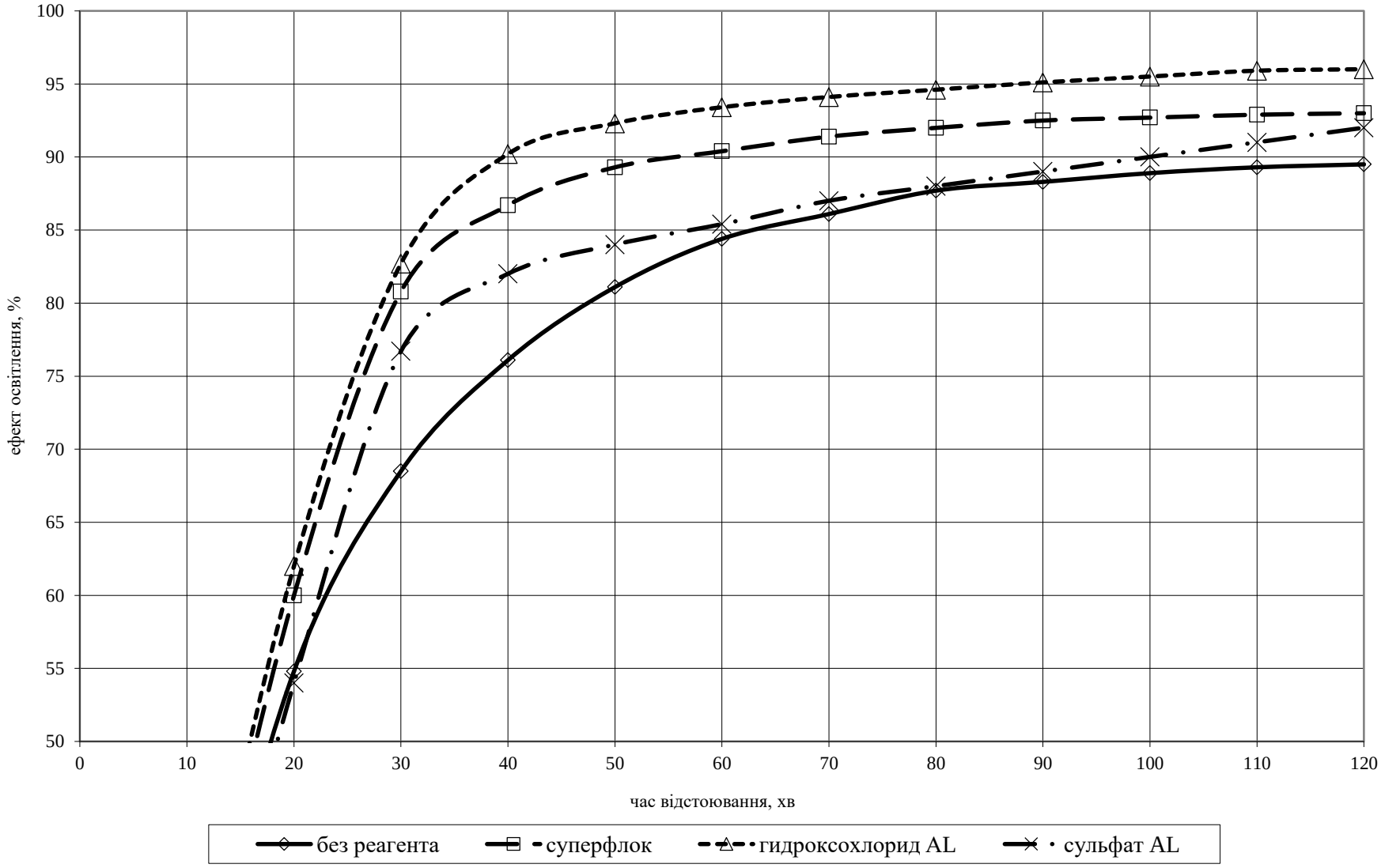


Рисунок 2.8 - Залежність ефекту освітлення від часу відстоювання при концентрації суспензії 10мг/л

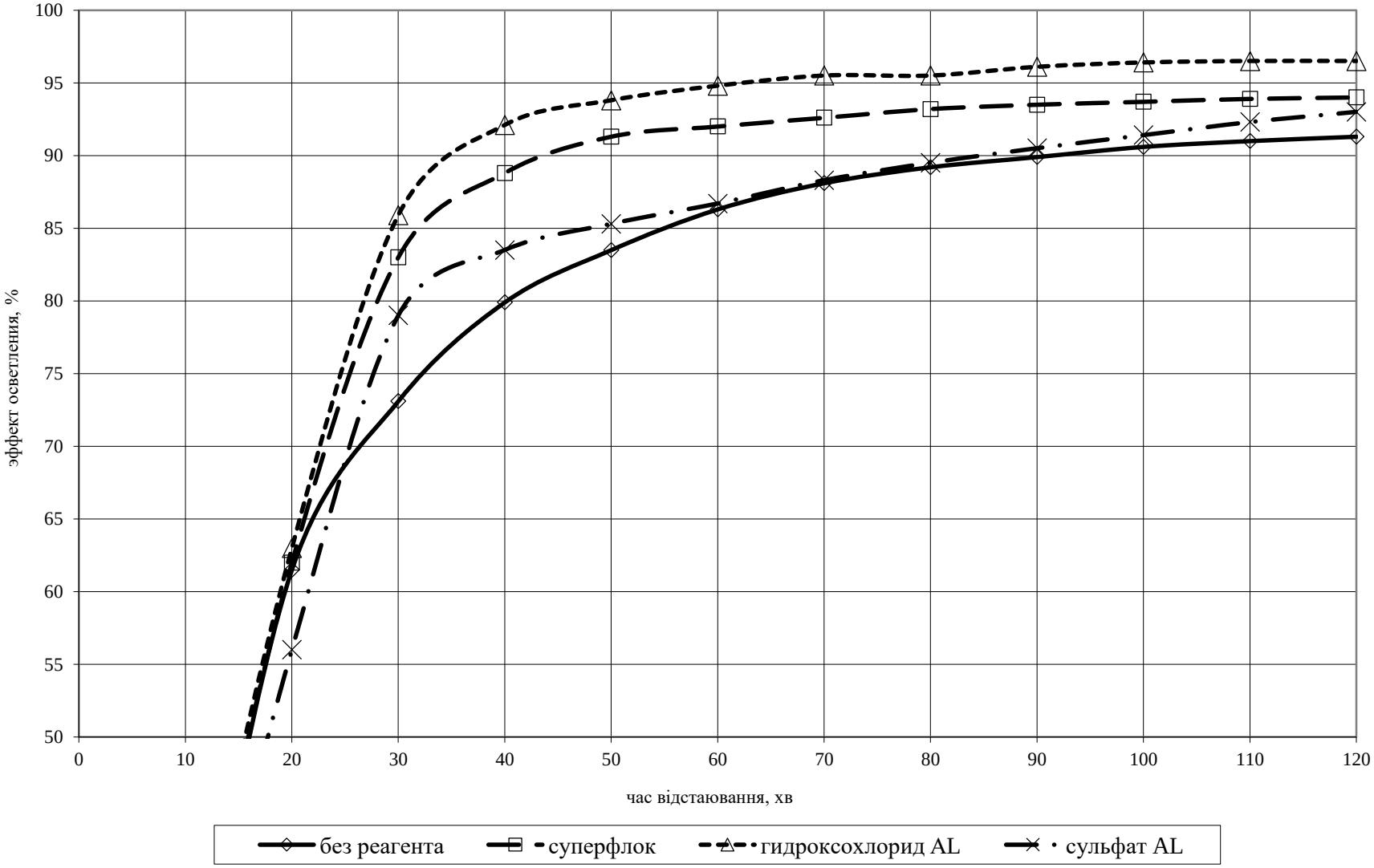


Рисунок 2.9 - Залежність ефекту освітлення від часу відстоювання при концентрації суспензії 40мг/л

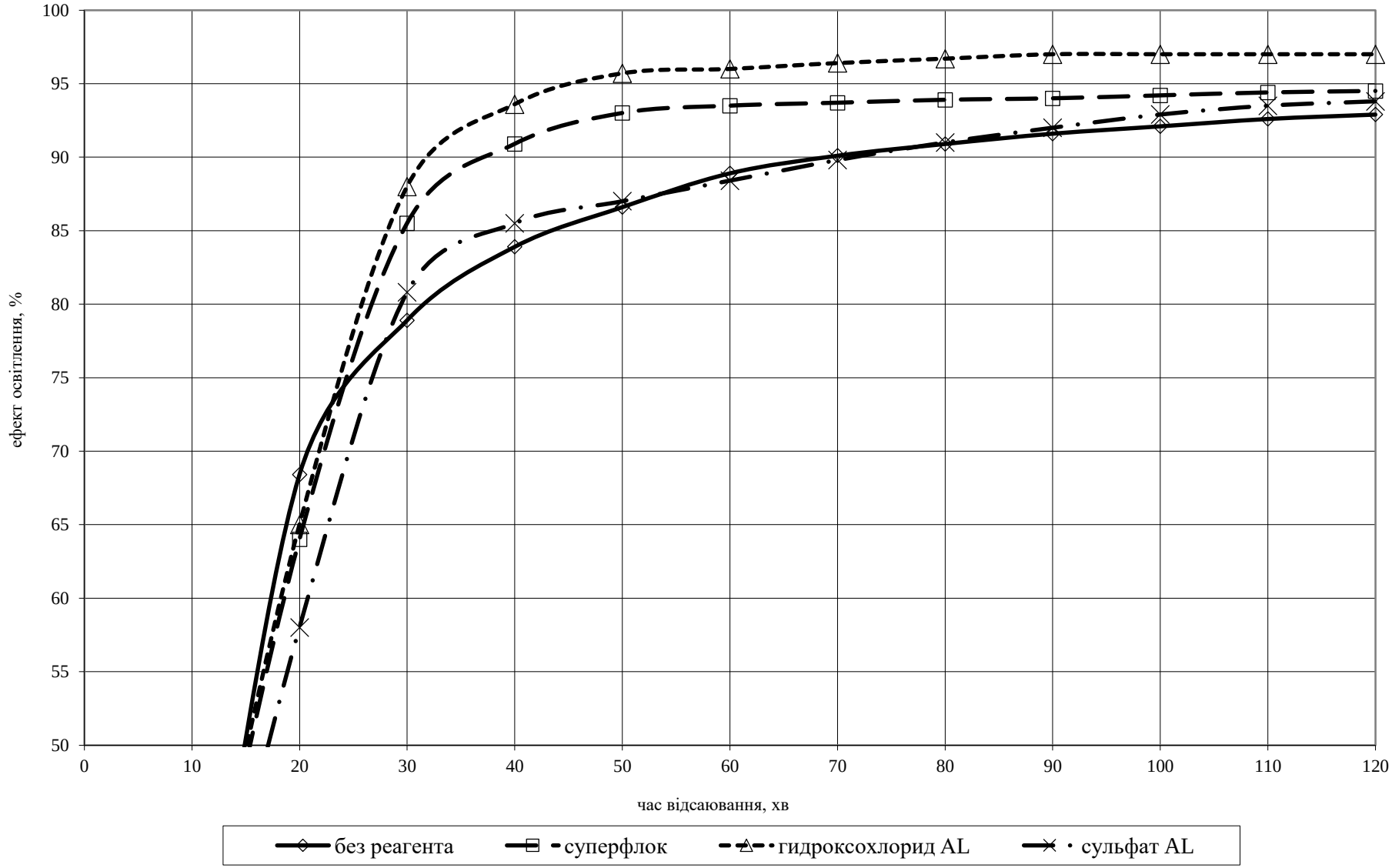


Рисунок 2.10 - Залежність ефекту освітлення від часу відстоювання при концентрації суспензії 70мг/л

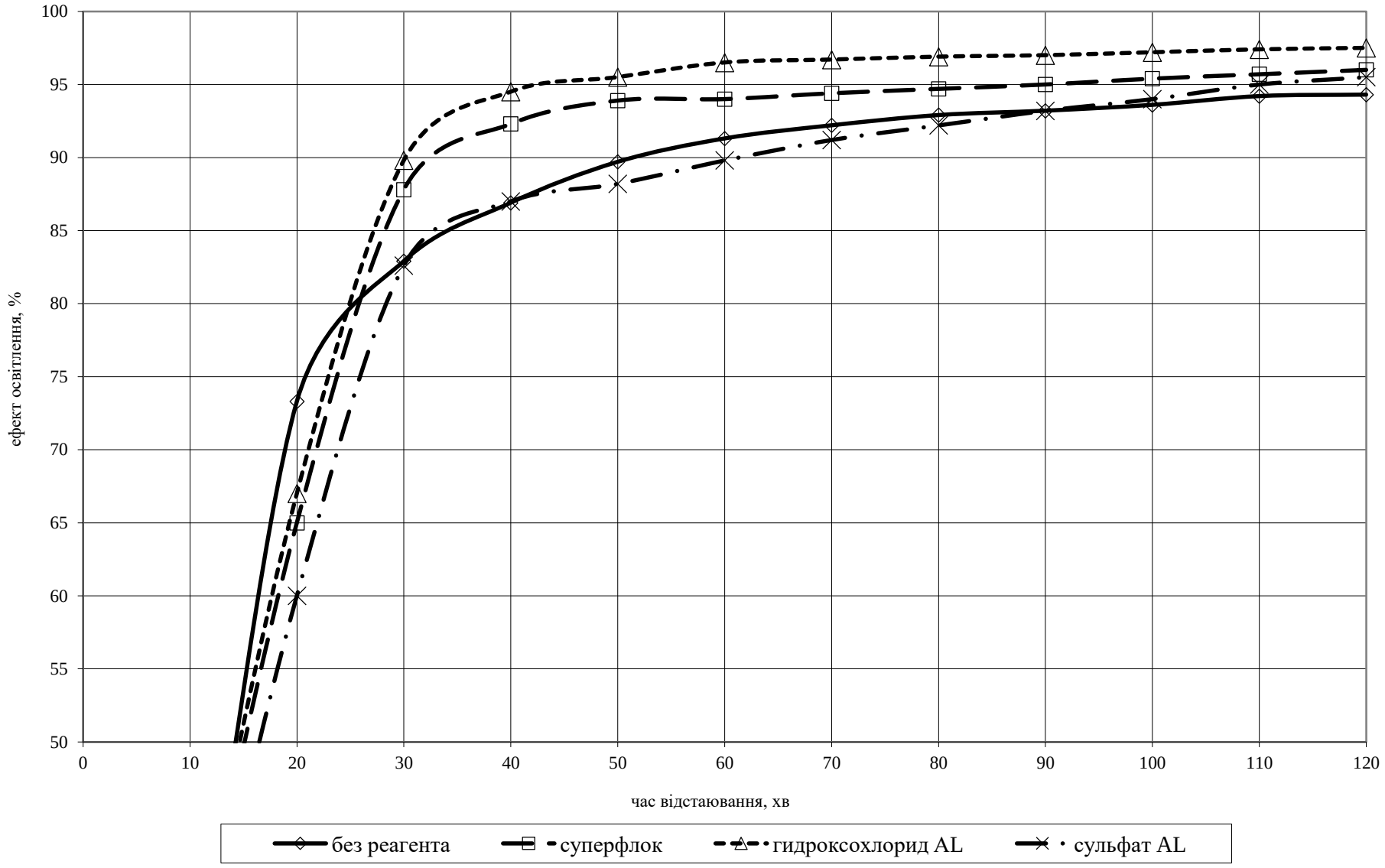


Рисунок 2.11 - Залежність ефекту освітлення від часу відстоювання при концентрації суспензії 100мг/л

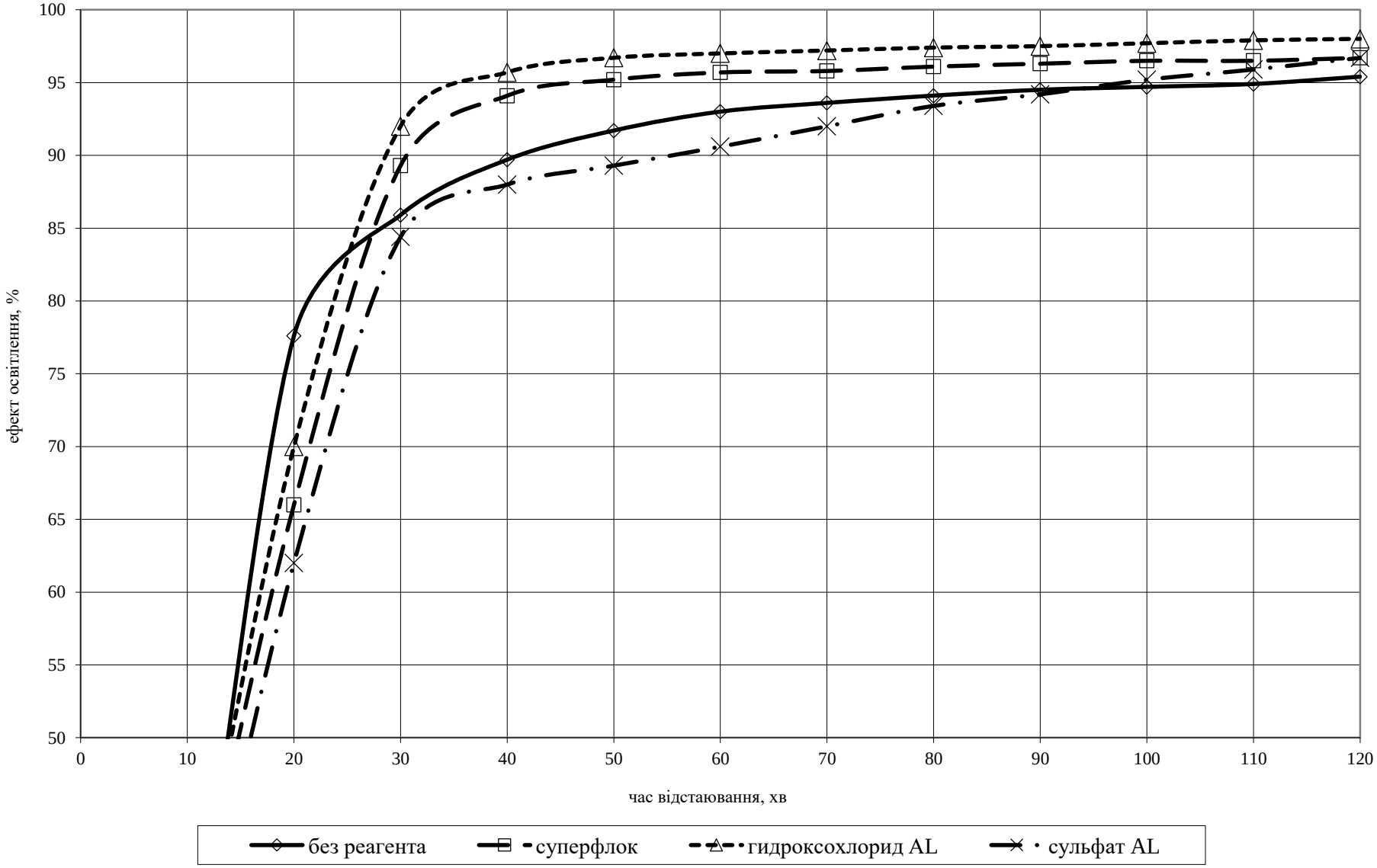


Рисунок 2.12 - Залежність ефекту освітлення від часу відстоювання при концентрації суспензії 130 мг/л

Аналіз кінетики осадження зважених речовин без застосування реагентів, а також з використанням сульфату алюмінію, гидроксіхлориду алюмінію і суперфлоку в оптимальних дозах показав:

- найбільш інтенсивне випадання суспензії проходить в перші 60 хвилин при безреагентному осадженні і в перші 40 хвилин - з використанням реагентів.

- із збільшенням тривалості відстоювання до 120 хвилин ефект освітлення збільшується трохи і різниця в ефектах для розглянутих випадків не перевищує 5-7 %.

Враховуючи, що застосування реагентів при дає змогу досягти необхідного ступеня очищення по зваженим речовинам в більш короткий термін доцільно:

- для стабільної роботи очисних споруд поєднати поверхневі та дренажні стічні води;

- розглянути можливість використання очищеного стоку в оборотному циклі газоочисток для поповнення втрат;

- передбачити доочищення змішаного стоку від залишків нафтопродуктів.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДООЧИСТКИ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ ФІЛЬТРУВАННЯМ

3.1 Фільтрування крізь зернисті загрузки

По характеру механізму затримання зважених часток відрізняють два основні види фільтрування :

1) через плівку, що утворюється на поверхні зернистого завантаження;

2) через товщу завантаження (без утворення плівки), в якій зважені частки витягаються з води і затримуються на зернах піску під дією сил прилипання.

Здатність прилипання властива тільки часткам, які не мають агресивної стійкості, оскільки остання запобігає як взаємному злипанню часток, так і їх прилипанню до зерен завантаження.

Агрегатована стійкість часток усувається лише потім хімічною обробкою води, т. е. коагуляцією. Тому на повільних фільтрах, куди вода поступає без попереднього коагулювання, процес фільтрування відбувається після утворення тонкопористої плівки на поверхні піщаного завантаження. На ско-ром фільтрі формування плівки не відбувається, вода освітлюється завдяки прилипанню зважених часток на поверхні зерен в товщі завантаження фільтру.

Теорія фільтрування води через шар зернистого матеріалу, розглядає два основних види процесу фільтрування суспензій :

1) з утворенням осаду;

2) без утворення осаду.

У першому випадку основна маса часток затримується на поверхні фільтру, утворюючи шар, що поступово ущільняється, в другому випадку - затримання часток утворюється в самій товщі фільтру. Перший випадок характерний для фільтрування концентрованих суспензій, а другий - для малоконцентрованих тонкодисперсних суспензій. Концентрація суспензій у

воді, що поступає на швидкі фільтри, зазвичай вимірюється десятими і сотими долями відсотка, а розмір часток дуже малий в порівнянні з розміром пір в зернистому шарі фільтру.

Отже, практично найчастіше має місце випадок фільтрування малоконцентрованої суспензії. При малій концентрації зважених речовин в рідині накопичення їх в пористому середовищі і зміна режиму руху в часі відбувається повільно. Це дозволяє розглядати рух малоконцентрованих суспензій протягом короткого відрізку часу як стаціонарний рух однорідної рідини. Проте при цьому слід враховувати зміну структури зернистого шару, внаслідок накопичення зважених речовин в товщі завантаження, що фільтрує.

Величини, що характеризують структуру шару, - гідравлічний радіус зернистого шару, пористість і сумарна поверхня зерен в одиниці об'єму.

Розглядаючи шар завантаження, що фільтрує; можна встановити, що відношення втрат натиску в шарі для моментів часу t і t_1 прямо пропорціонально квадрату відношення поверхонь зерен завантаження і обернено пропорційно до куба відношення їх порозності. У міру накопичення речовини в товщі фільтру пористість завантаження поступово зменшується. Поверхня зерен, омивана потоком, збільшується внаслідок налипання часток суспензії, але в той же час відкладення на кожному зерні, розростаючись, з’єднується між собою. Отже, в зміні поверхні зерен, омиваних рідиною, є дві протилежні тенденції, які діють одночасно. Зважаючи на це величина поверхні не може змінюватися значно. Прямим наслідком накопичення речовини в завантаженні є зміна її пористості при фільтруванні.

Оскільки розмір зважених часток, як правило, достатньо малий, а великість пір в товщі тесання досить велике, осад на поверхні швидкого фільтру взагалі не утворюється. Забруднення затримуються в усій товщі завантаження, розподіляючись в ній з визначеною вище закономірністю. Згідно цієї закономірності кількість затриманої речовини завжди швидко зменшується з глибиною у напрямі руху води при фільтруванні.

Процес освітлення води в товщі швидкого фільтру є спільною дією двох

явищ:

а) зменшення концентрації зважених часток ΔC_1 за рахунок їх прилипання до зерен загрузки;

б) збільшення (концентрації часток ΔC_2 внаслідок змивання прилиплої суспензії безперервним рухом води. Таким чином

$$\Delta C = \Delta C_1 - \Delta C_2, \tag{3.1}$$

де ΔC - кількість зважених часток, затриманих шаром загрузки висотою Δh за період часу Δt.

Величина ΔC_1 Пропорційна початковій концентрації завісі при вступі на фільтр:

$$\Delta C_1 = \beta Q C \Delta h \Delta t, \tag{3.2}$$

де β - параметр суспензії і завантаження, що фільтрує;

Q - витрата води;

$C=f(h, t)$ - початкова концентрація суспензії, що поступає в рассматриваемый шар завантаження фільтру. Кількість суспензії, яка виноситься з фільтру

$$\Delta C_2 = \alpha \rho \Delta h \Delta t, \tag{3.3}$$

де a - параметр, що характеризує міцність часток суспензії;

ρ - щільність насичення порового простору фильтрую-щего шару, віднесена до одиниці його товщини і рівна:

$$\rho = f(h, t) = \frac{\partial C}{\partial h}. \tag{3.4}$$

Функції $C=f(h,t)$ і $\rho=f(h,t)$ пов'язані рівнянням балансу зважених часток

$$Q\,\frac{\partial C}{\partial h} = -\,\frac{\partial \rho}{\partial t}. \tag{3.5}$$

З рівнянь для ΔC_1 і ΔC_2 знайдемо

$$-Q\,\frac{\partial C}{\partial h} = \beta Q C - \alpha \rho. \tag{3.6}$$

Це дозволяє отримати диференціальне рівняння

$$\frac{\partial^2 C}{\partial h\,\partial t} + \alpha\,\frac{\partial C}{\partial h} + \beta\,\frac{\partial C}{d t} = 0. \tag{3.7}$$

Хоча отримане рівняння в приватних похідних інтегрується, але рішення його представляє нескінченний ряд

$$C = C_0 \sum_{n=1}^{\infty} e^{-\beta h}\,\frac{(\beta h)^{n-1}}{(n-1)!}\,T_{\text{п}}\,e^{-\alpha t}. \tag{3.8}$$

Складне вираження залежності і необхідність визначення параметрів *а* і *β* експериментальним моделюванням робить практичні розрахунки дуже скрутними.

Тому доводиться користуватися критеріями подібності, отриманими з аналізу диференціального рівняння. Такий аналіз дозволяє виразити основні закономірності процесу фільтрування простішим рівнянням

$$T_{\text{п}} = \frac{1}{\gamma_i\,\varphi\,\sqrt{d_{\text{э}}}}\left(\frac{H\,d_{\text{э}}^2}{\psi v} - h\right), \tag{3.9}$$

де $T_{\text{п}}$ - тривалість роботи фільтру до моменту досягнення граничної втрати натиску (т. е. період між двома промиваннями);

γ_i - параметр для обліку властивостей суспензії, що міститься у воді;

φ - параметр для обліку міри неоднорідності завантаження;

υ- швидкість фільтрування в м/год;

H - гранична (кінцева) втрата натиску у фільтрі в м;

$d_э$ - еквівалентний діаметр зерен завантаження в мм;

$$\psi = \frac{a^2 \mu (1 - m)^2}{1,9 m^3}; \tag{3.10}$$

T - пористість зернистого шару;

a - коефіцієнт форми зерен;

μ - динамічний коефіцієнт в'язкості води.

Напівемпіричне рівняння для визначення Tn показує, що тривалість роботи швидкого фільтру між двома промиваннями збільшується пропорційно збільшенню:

- граничної втрати натиску Н,
- еквівалентного діаметру зерен піску $d_э$.
- коефіцієнта неоднорідності завантаження (т. е. зменшення параметра φ).

Період дії фільтру скорочується із збільшенням швидкості фільтрування υ і товщини шару h, що фільтрує.

3.2 Вибір матеріалу фільтруючого завантаження

Основним завданням при розробці фільтруючого пристрою є вибір фільтруючого матеріалу, що відповідає наступним вимогам:

1) дешевизна;

2) доступність;

3) простота регенерації чи можливість утилізації.

Технологічні властивості того чи іншого матеріалу повинні визначитися експериментально.

Вибір матеріалів для доочищення поверхневого стоку з території підприємства з виробництва феросплавів проводився з урахуванням їх технічних, економічних характеристик та можливості їх утилізації або регенерації. Аналіз їх переваг та недоліків коротко викладено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Порівняльна характеристика фільтруючих матеріалів

Матеріал	Достоїнства	Недоліки
Деревинна тирса	Дешевизна Утилізація (спалювання)	Часті заміни гниття
Керамзит	Відносна дешевизна Утилізація (будівництво)	Втрати при дробленні Мала міцність
Пісок	Відносна дешевизна Утилізація (будівництво)	Складності експлуатації
Активоване вугілля	Сорбційні властивості Можливість регенерації	Дорожнеча Складність регенерації
Коксик	Утилізація (технологія) Адгезійні властивості	Відносна дорожнеча
Антрацит	Міцність Утилізація (технологія)	Відносна дорожнеча

За технологічними параметрами найбільш ефективним матеріалом завантаження є активоване вугілля, застосування якого дозволяє наряду з доочищенням завислих речовин фільтруванням проводити і ефективну доочищення і від нафтопродуктів, що знаходяться як у нерозчинному так і емульгованому вигляді. Однак, враховуючи високу вартість активованого вугілля, складності регенерації та вимоги до очищеного стоку, їх застосування як фільтруючого завантаження економічно не доцільно.

3.3 Методики проведення експериментів та аналізів

3.3.1 Методика проведення досліджень процесу очищення поверхневих стічних вод фільтруванням

Апаратура, матеріали і реактиви.

Скляні фільтрувальні колонки діаметром 20мм з краном.

Зернисті матеріали, що фільтрують, : кварцовий пісок, антрацит, керамзит, деревна тирса, коксік.

Мірні склянки об'ємом 500мл.

Секундомір.

Фотоколориметр КФК- 2.

Підготовка до аналізу

1. Підготовка матеріалів, що фільтрують.

Зернисті матеріали, що фільтрують, просіюють через сита з розміром отворів 1,5 і 0,4 мм. Фракцію 0,4-1,5 мм промивають, кип'ятять в дистильованій воді протягом 0,5 години і повторно промивають.

2. Підготовка фільтрувальної колонки (рис.3.1).

У нижню частину колонки набивають склониттю для підтримки зернистого завантаження. Зернисте завантаження збовтують з водою і зливають у фільтрувальну колонку при відкритому крані. Після закінчення завантаження видаляють повітря пропусканням води від низу до верху. Промивають зернисте завантаження зворотним потоком води до відсутності зважених речовин по КФК- 2.

Хід визначення.

1. Встановлення необхідної швидкості фільтрування.

Швидкість фільтрування прийнята 7 м/год.

Встановлення швидкості проводилося об'ємним методом, виходячи з рівняння:

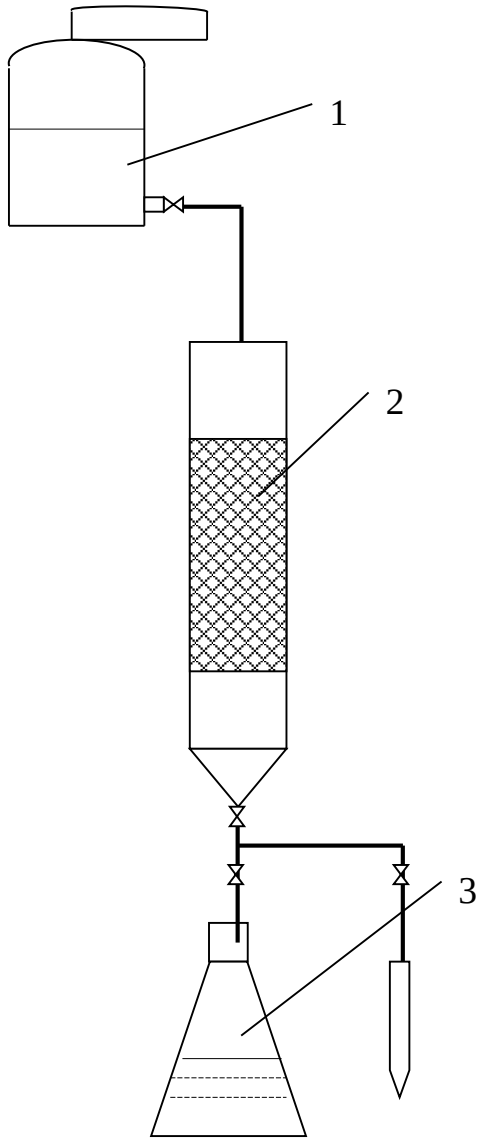
$$q = \frac{v \times \pi \times d^2 \times 10^6}{4 \times 60}$$

де q - витрата води, мл/хв;

d - діаметр колонки, мм;

v - швидкість фільтрації, м/год.

Відкриваючи кран на колонці і засікаючи час секундоміром, встановлюють необхідну витрату води.



1 - ємність з початковим розчином; 2 - фільтрувальна колонка; 3 - фільтрат.

Рис 3.1 - Лабораторна установка для дослідження процесу фільтрування

3.3.2 Методика визначення вмісту зважених речовин

Вміст зважених речовин вимірюють турбідиметричним методом, використовуючи фотометричний вимір ослаблення інтенсивності світла, що проходить. Величину каламутності знаходять, порівнюючи з каламутністю стандартних суспензій. Як стандарт вибрані суспензії аморфного діоксиду кремнію. Жовтий або інший колір проби води не впливає на визначення, оскільки фотометрування проводять при зеленому світлофільтрі та по відношенню до води, що має забарвлення.

Реактиви та обладнання: Фотоколориметр, стандартна суспензія осаду поверхневого стоку з вмістом зважених речовин 0,1 г/л, мірні колби, піпетки мірні на 5 $см^3$.

Хід визначення

Побудова градуювального графіка. Для приготування еталонних суспензій беруть 5 мірних колб місткістю 50 $дм^3$ і вводять 1, 2, 3, 4, 5 $см^3$ добре перемішаної основної суспензії, що відповідає каламутності 2, 4, 6, 8, 10 мг/л. Доводять об'єм розчину дистильованою водою до мітки та закривають пробкою. Перед фотометруванням стандартні суспензії ще раз ретельно перемішують і проводять визначення оптичної густини (довжина кювети 5см, довжина хвилі – 530 нм, розчин-фон – вода. Будують градуювальний графік залежності оптичної густини розчину від каламутності; мг/л).

Аналіз проби. Визначають оптичну щільність досліджуваної проби води і за градуювальним графіком знаходять значення каламутності мг/л.

3.3.3 Визначення вмісту нафтопродуктів

Метод заснований на екстракції нафтопродуктів чотирихлористим вуглецем і наступному гравіметричному визначенні нафтопродуктів після відгону розчинника. Чутливість методу 0,3-3 мг/л.

Реактиви і матеріали: соляна кислота, хлороформ, гексан, оксид алюмінію марки "Al_2O_3 для хроматографії".

Посуд і прилади: ділильні воронки на 1-2 л і 500-700 мл; бюкси; перегінний апарат (плоскодонна колба, краплевловлювач, холодильник, приймач); колонка з оксидом алюмінію (скляна трубка завдовжки 10 см, діаметр 1 з відтягнутим нижнім кінцем діаметром 1 мм з поміщеними в неї між двома шарами скляної вати завтовшки 1 см кожен 6 г оксиду алюмінію). Водяна лазня або закрита електрична плитка; кімнатний вентилятор.

Методика

3-3,5 л проби підкисляють соляною кислотою до pH нижче 5, додають 150 мл хлороформу або чотирихлористого вуглецю і декілька хвилин перемішують. Велику частину водного шару переносять в іншу посудину, а частину, що залишилася, і шар хлороформу переливають в ділильну воронку (місткістю 500-700 мл) і залишають на 15 хв. Ретельно відділяють хлороформний шар. Відокремлений на початку досвіду водний шар переносять в початкову ємність, туди ж переносять шар, що залишився в ділильній воронці, додають 150 мл хлороформу і перемішують в течії декількох хвилин мішалкою. Велику частину водного шару зливають, залишок поміщають в ділильну воронку і залишають на 15 хв. Ретельно відокремлений другий екстракт сполучають з першим в колбі для відгону. У цю ж ділильну воронку вносять невеликий об'єм хлороформу, яким обмивали стінки посудини, де знаходилася проба до екстракції, збовтують і залишають на деякий час. Шар хлороформу зливають в колбу. З'єднавши колбу з холодильником, поміщають її в киплячу водяну лазню або на закриту електричну плитку. Нагрівання припиняють, коли об'єм хлороформного розчину в колбі зменшиться до 10-20 мл Після охолодження колби прилад розбирають, вміст колби переносять в бюкс і видаляють залишки хлороформу при кімнатній температурі у витяжній шафі. На відстані 25-35 см від бюкса

поміщають кімнатний вентилятор. Після випару залишку хлороформу в бюкс переносять хлороформ, яким обмивали колбу. Вентилятор вимикають і продовжують випарювання на повітрі до моменту, коли в бюксе залишиться менее0, 3 мл рідини. Бюкс, закритий кришкою, зважують через кожні 1-2 хв. Випар припиняють при різкій зміні швидкості випару. Залишок після відгону хлороформу обробляють 1-2 мл чистого сухого гексану, фільтрують через колонку з оксидом алюмінію і збирають в колбу. У колонку переносять і гексан, використаний для обмивання стінок бюкса. Колонку промивають декількома порціями гексану, який збирають в ті ж колбу. Із звільненого від домішки полярних з'єднань розчину видаляють гексан, випаровувавши його так само, як хлороформ.

Розрахунок

$$X = a_1 - a$$

де X - загальний зміст речовин, що екстрагуються, в пробі, мг;

a_1 - маса бюкса із залишком після видалення хлороформу, мг;

a - маса порожнього бюкса, мг.

$$Y = b_1 - b,$$

де Y - зміст нафтопродуктів в пробі, мг;

b_1 - маса бюкса із залишком після видалення гексану, мг;

b - маса порожнього бюкса, міліграм.

Примітка

Для визначення користуються залишком після відгону летких нафтопродуктів або початковою водою. Якщо проба не містить зважених речовин, асфальтенів, смол, нафтенових кислот, екстрагувати гексаном можна відразу аналогічно методиці визначення з хлороформом. Відігнавши велику частину гексану, пробу фільтрують через колонку з оксидом алюмінію. Для кожного аналізу користуються свіжою порцією оксиду алюмінію. Рівень гексану в колонці не має бути нижче за верхню межу шару оксиду алюмінію.

3.4 Визначення фільтраційних характеристик завантаження

Стічну воду з точно відомим змістом зважених речовин пропускають із заданою швидкістю. Періодично відбирають пробу і визначають зміст зважених речовин по світлопроникності на фотоколориметрі КФК-2. Брудоємність фільтру розраховують по формулі:

$$Г = \frac{(C_н - C_к) \times W}{V}, \text{ кг/м}^3 \qquad (3.11)$$

де $Г$ - брудоємність завантаження кг, що фільтрує, на 1 м3 завантаження;

$Сн, Ск$ - вміст зважених речовин відповідно до і після фільтрації, г/м3;

W - об'єм профільтрованої води, л;

V - об'єм зернистого завантаження, мл

Результати експерименту представлені в таблицях 3.2 - 3.5.

Таблиця 3.2 - Результати фільтрування на подрібненому антрациті $С_н$=50 мг/л

№ проби	Час	$С_к$, мг/л	Об'єм профільтрованої води, W, мл
0	11.15	0,0	0
1.	11.20	0,5	390
2.	11.30	1,0	840
3.	11.40	1,0	1350
4.	11.50	1,4	1765
5.	12.00	1,0	2266
6.	12.10	1,6	2815
7.	12.15	2,0	3165
8.	12.25	2,0	3715
9.	12.35	2,2	4190
10.	12.45	4,0	4715
11.	12.55	4,0	5225
12.	13.05	4,0	5775
13.	13.15	5,5	6325
14.	13.25	6,0	6825
15.	13.35	7,0	7325
16.	13.45	7,0	7875

Таблиця 3.3 - Результати фільтрування на тирсі $C_н$=50 мг/л

№ проби	Час	$C_к$, мг/л	W, мл
1	13.55	1,0	500
2	14.05	2,0	1030
3	14.15	2,0	1600
4	14.25	3,8	2140
5	14.35	4,4	2650
6	14.45	5,8	3200
7	14.55	7,0	3730
8	15.00	7,0	4000

Таблиця 3.4 - Результати фільтрування на піску $C_н$=50 мг/л

№ проби	Час	Ск, мг/л	W, мл
1	14.05	3,0	260
2	14.20	7,0	1020
3	14.30	7,0	1550
4	14.40	7,8	2070
5	14.50	10,0	2600
6	15.00	8,5	3110
7	15.10	10,5	3650

Таблиця 3.5 - Результати фільтрування на подрібненому керамзиті $C_н$=100 мг/л

№ проби	Час	Ск, мг/л	W, мл
1	13.00	2	450
2	13.20	5	1025
3	13.30	5	1500
4	13.40	7	2085
5	13.50	7	2605
6	14.00	9,2	3125
7	14.10	11	3635

Таблиця 3.6 - Результати фільтрування на подрібненому коксике

Початок процесу - 15.00 C_0=100 мг/л

№ проби	Час	Ск, мг/л	W, мл
1	15.00	2	520
2	15.20	2	1020
3	15.30	4	1540
4	15.40	7	2050
5	15.50	7	2600
6	16.00	12	3100

Таблиця 3.7 - Результати фільтрування на неподрібненому коксику $C_н$=50 мг/л

№ проби	Час	Ск, мг/л	W, мл
1	14.05	4	300
2	14.20	7	1030
3	14.30	8.5	1600
4	14.40	10	2100
5	14.50	11	2700
6	15.00	9.5	3200
7	15.10	13	3750

3.5 Аналіз результатів дослідження брудоємність матеріалів, що фільтрують

Як матеріали, що фільтрують, використовувалися кварцовий пісок, подрібнений антрацит, подрібнений керамзит, подрібнений коксик, а також деревна тирса переважно хвойних порід. Для отримання порівнянних результатів усі зернисті матеріали, окрім тирси, були однакового фракційного складу від 0,4 мм до 1,4 мм.

За результатами експериментів, що наведені в таблицях 3.2-3.7, побудовані залежності залишкової концентрації зважених речовин $C_к$ від об'єму пропущеної води W при початковій концентрації зважених речовин $C_н$ (рис.3.2-3.7). Плавні криві будувалися по методу середніх відрізків.

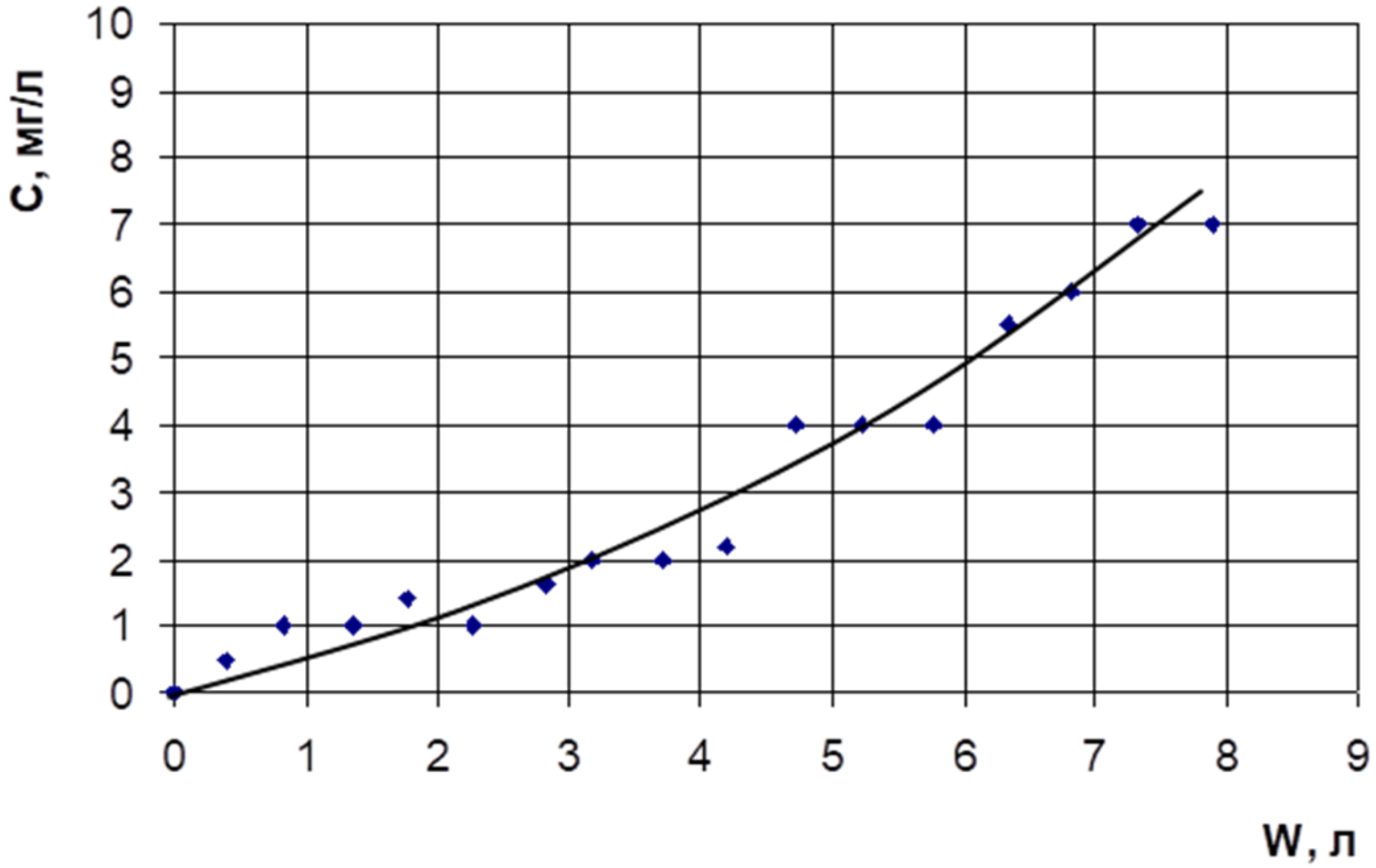


Рисунок 3.2 - Залежність залишкової концентрації від об'єму профільтрованої води.

Завантаження, що фільтрує, - антрацит

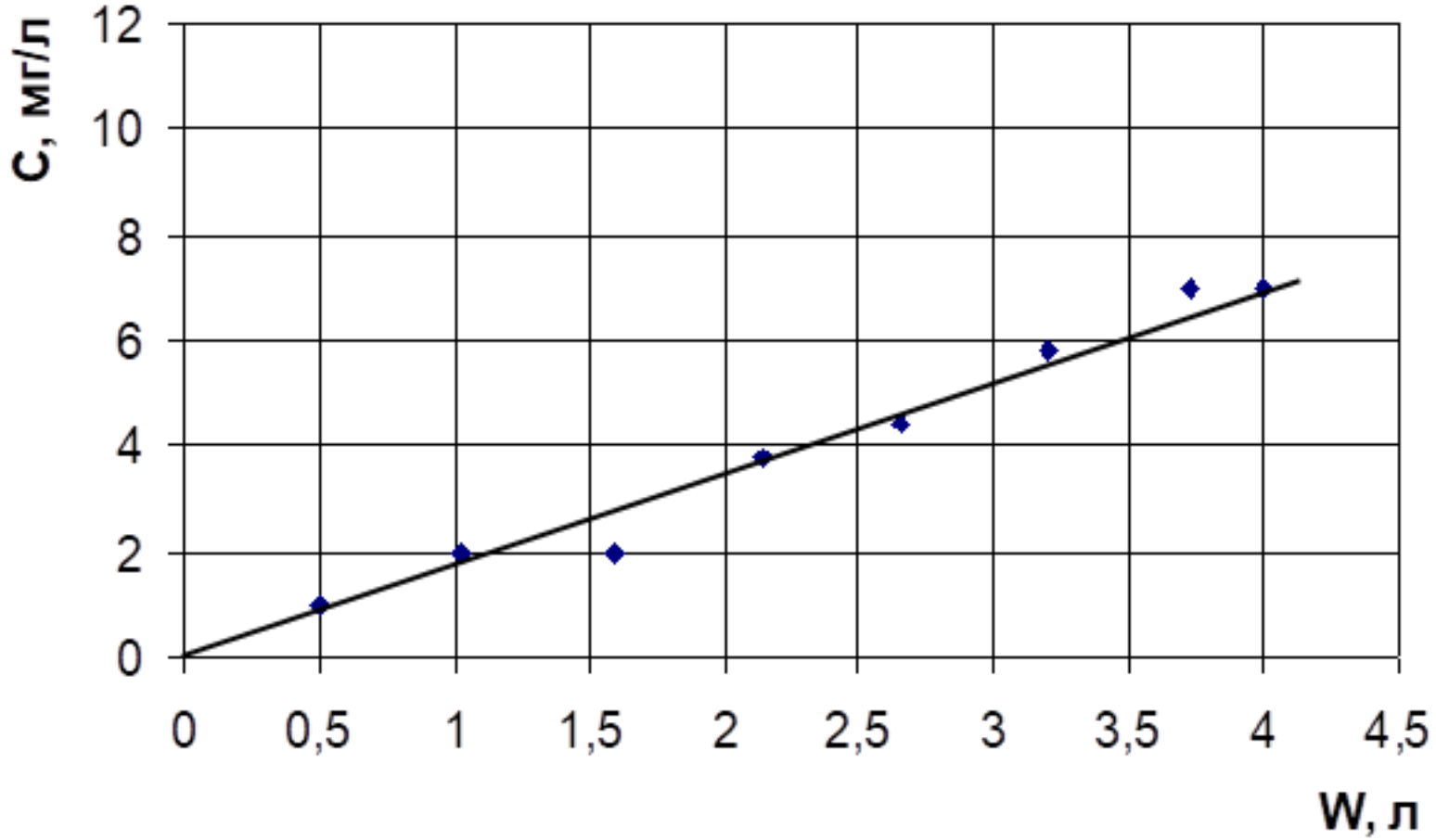


Рисунок 3.3 - Графік залежності залишкової концентрації від кількості профільтрованої води.

Завантаження, що фільтрує, - тирса

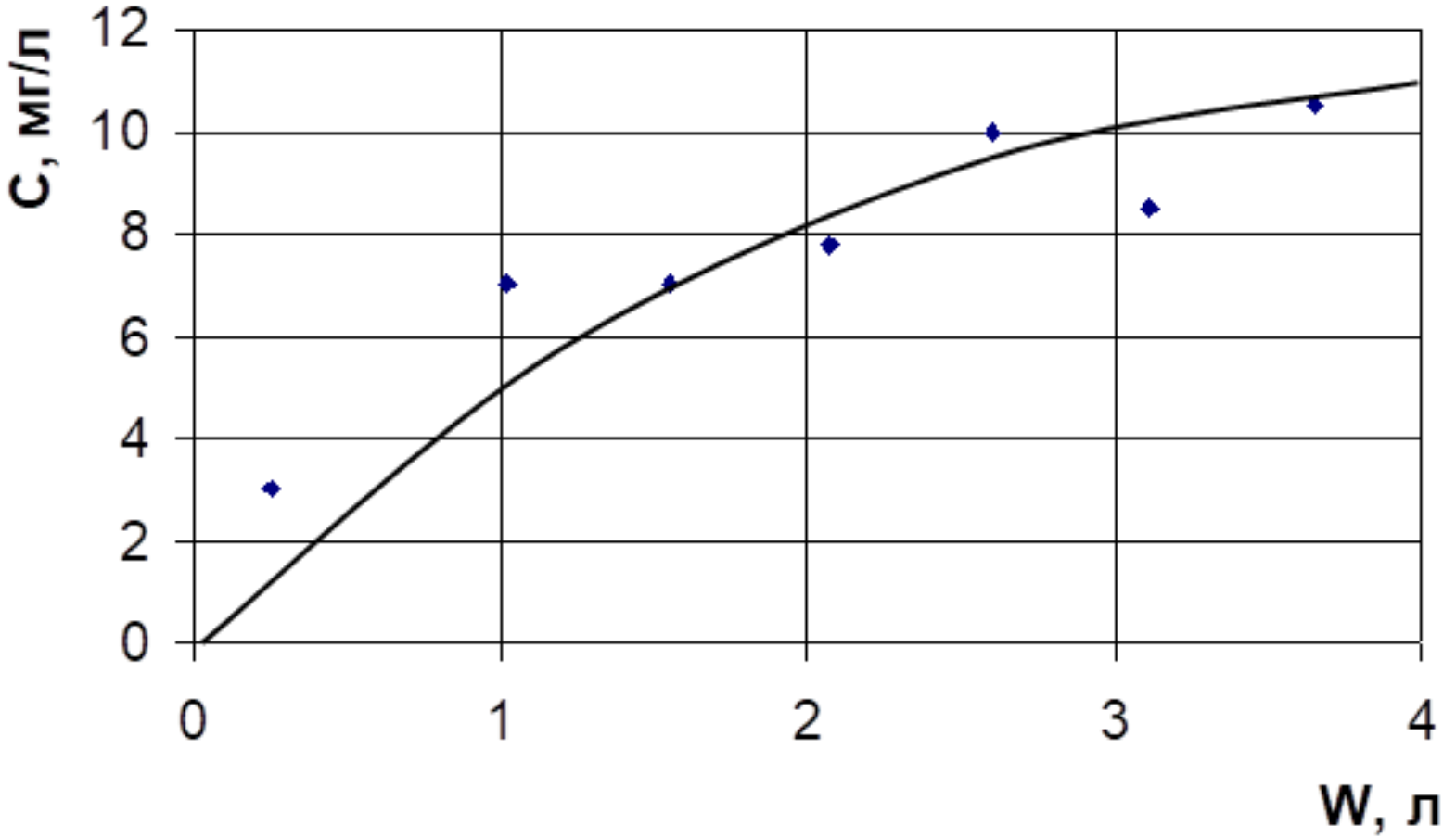


Рисунок 3.4 - Графік залежності залишкової концентрації від об'єму профільтрованої води. Завантаження, що фільтрує, - пісок

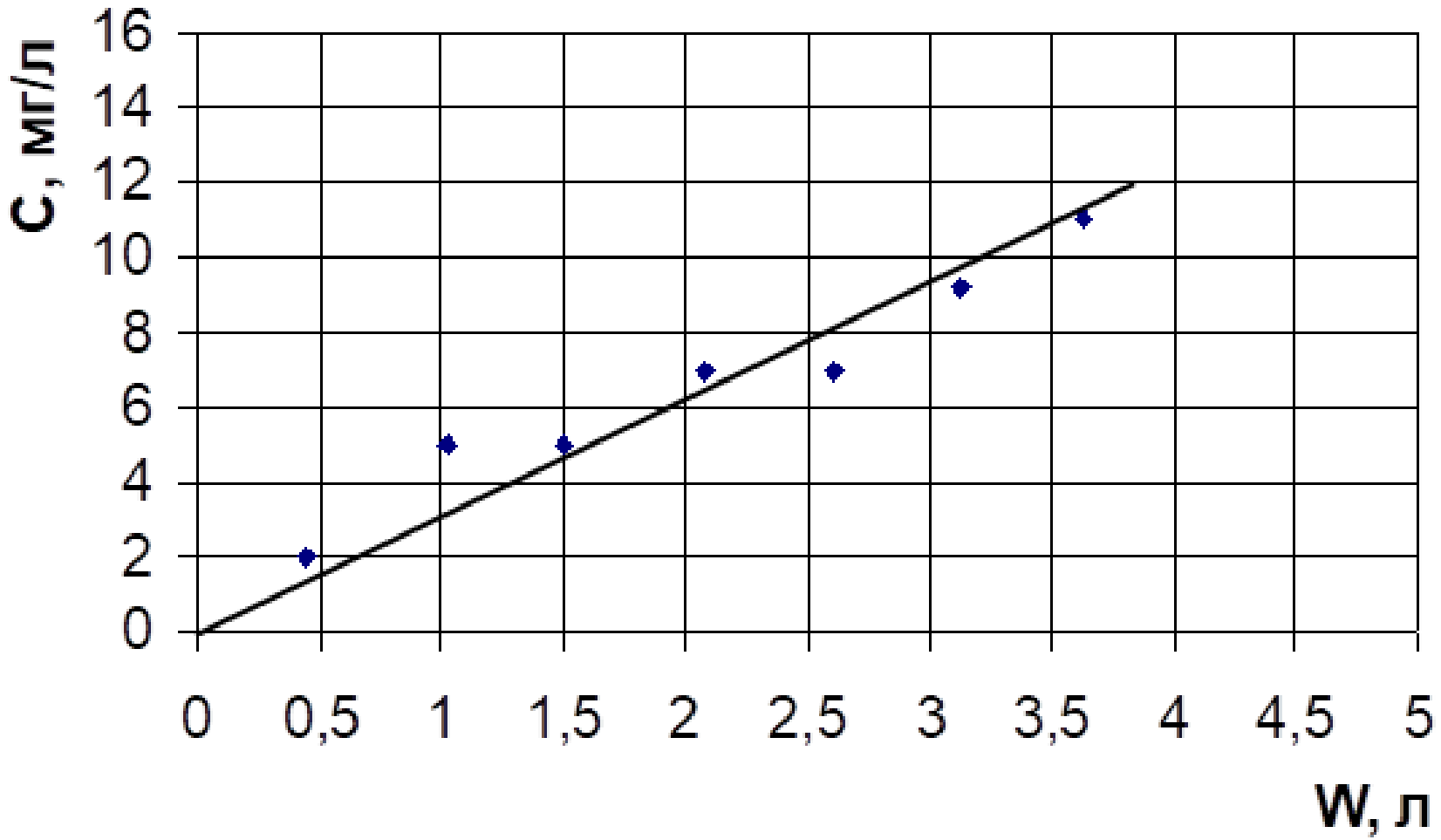


Рисунок 3.5 - Графік залежності залишкової концентрації від об'єму профільтрованої вод.

Завантаження, що фільтрує – керамзит

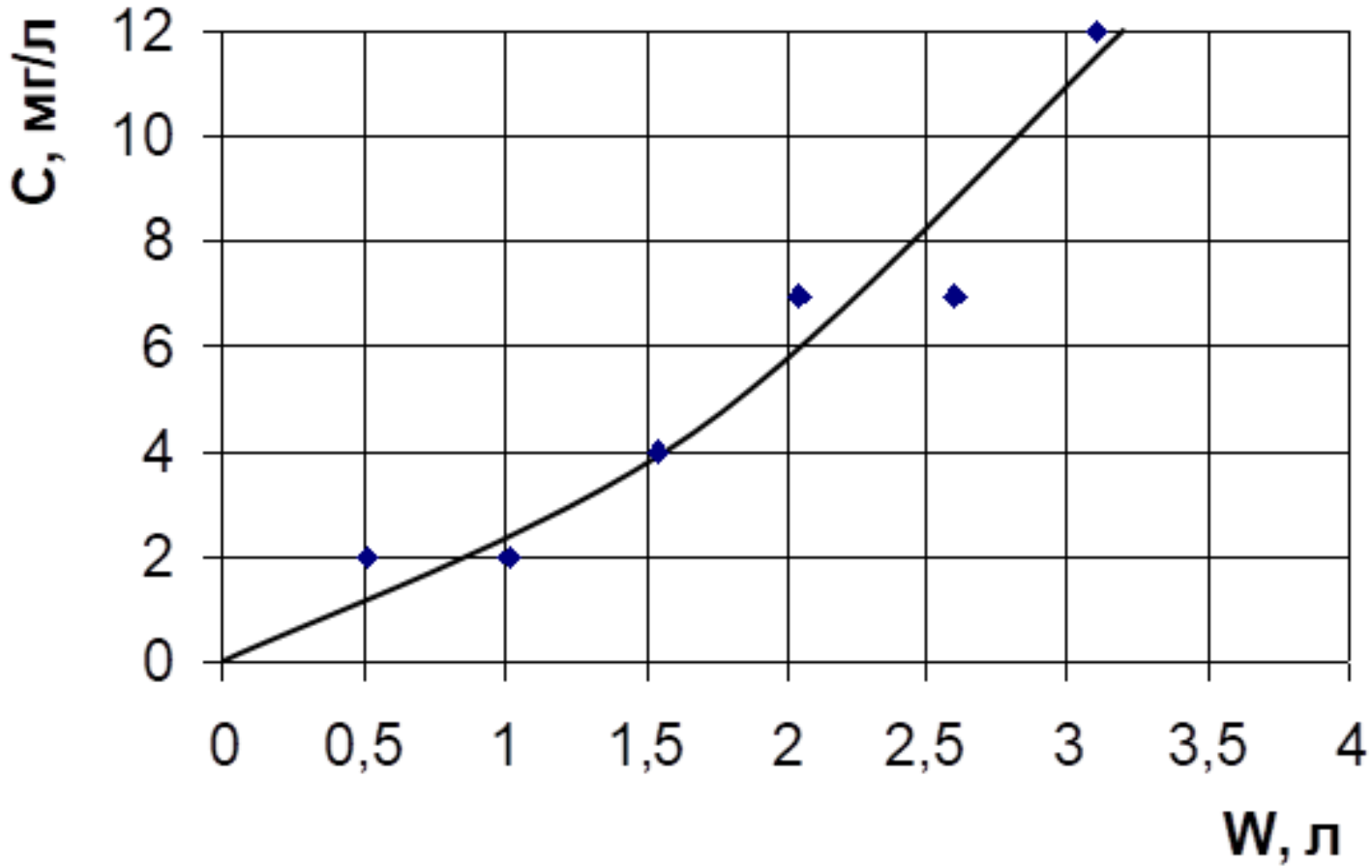


Рисунок 3.6 - Графік залежності залишкової концентрації від об'єму профільтрованої вод.

Завантаження, що фільтрує – коксик

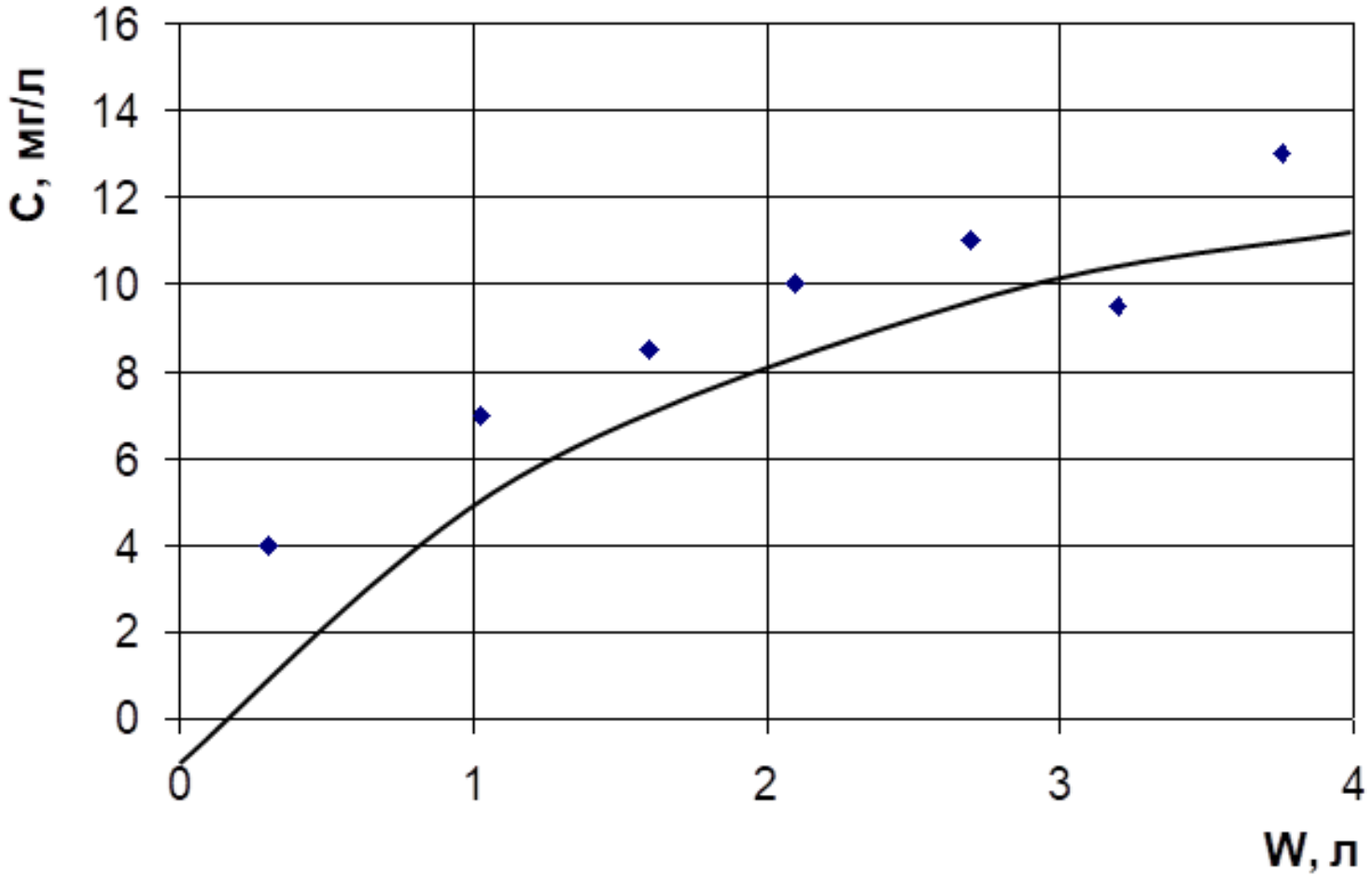


Рисунок 3.7 - Графік залежності залишкової концентрації від об'єму профільтрованої води. Завантаження, що фільтрує, - неподрібнений коксик

З приведених графіків видно, що найменший приріст вмісту суспензій в процесі фільтрації спостерігається для подрібненого антрациту.

Найгірші результати отримані на кварцовому піску, де спостерігається дуже раннє проскакування зважених речовин. Непогані результати отримані для тирси, керамзиту і подрібненого коксику.

Враховуючи, що при дробленні коксика до необхідних розмірів утворюється велика кількість дрібної пилуватої фракції, досліджувалася більша фракція 1,5…8мм. Ефективність затримання суспензій такої фракції невисока, приблизно як у кварцового піску.

Брудоємність завантаження, що фільтрує, розраховували по формулі:

$$Г = \frac{(C_н - C_к) \times W}{V} \qquad (3.12)$$

Враховуючи, що може виникнути необхідність адсорбційного очищення, прийнята кінцева концентрація суспензій після фільтрації $C_к$ =5мг/л. Результати розрахунків брудоємності приведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 - Брудоємність завантаження, що фільтрує, при $C_к$=5мг/л

Завантаження, що фільтрує	Брудоємність, кг/м3
Подрібнений антрацит (фракція 0,4-1,4 мм)	2,73
Деревна тирса (з бункера циклону)	1,67
Коксик (фракція 0,4-1,4 мм)	1,66
Керамзит (фракція 0,4-1,4 мм)	1,43
Пісок (фракція 0,4-1,4 мм)	0,27
Коксик (великі фракції більше 1,4 мм)	0,26

Як видно з приведених даних, найбільшою брудоємністю має подрібнений антрацит. Приблизно однакові і досить високі результати отримані на подрібнених керамзиті, коксике і деревній тирсі. Найменша брудоємність у кварцевого піску і коксика великих фракцій.

Враховуючи складність проведення аналізів на нафтопродукти, їх вміст визначався у кінці фільтрації. Результати досліджень приведені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 - Ефект очищення стічних вод від нафтопродуктів $С_н$=5,5мг/л

Завантаження, що фільтрує	Ск, мг/л	Э, %
Антрацит (фракція 0,4-1,4 мм)	2,2	60
Тирса (з бункера циклону)	1,65	70
Коксик (фракція 0,4-1,4 мм)	1,65	70
Керамзит (фракція 0,4-1,4 мм)	0,83	85
Пісок (фракція 0,4-1,4 мм)	2,75	50

Матеріалами загрузки, що найбільш підходять для доочистки поверхневого стоку є коксик та антрацит.

Обидва ці матеріали використовуються на підприємстві з технологічною метою, що дає хороші можливості для їх утилізації після використання в касетах доочищення. Однак якщо коксик перед використанням піддається мехобробці та розсіву в технологічних цілях, то для антрациту такі можливості відсутні.

Враховуючи вищевикладене, а також технічні можливості одержання на підприємстві матеріалів різного фракційного складу та умови зберігання, як фільтруюче завантаження рекомендовано коксик.

ВИСНОВКИ

1. Досліджена кінетика осадження зважених речовин без застосування реагентів, а також з використанням сульфату алюмінію, гидроксохлорида алюмінію і суперфлока в оптимальних дозах. Побудовані залежності ефекту освітлення від тривалості відстоювання для різних умов.

Показано:

- найбільш інтенсивне випадання суспензії проходить в перші 60 хвилин при безреагентному осадженні і в перші 40 хвилин - з використанням реагентів;
- із збільшенням тривалості відстоювання до 120 хвилин ефект освітлення збільшується несуттєво і різниця в ефектах для розглянутих випадків не перевищує 5-7 %;
- для підвищення ефекту освітлення доцільно використовувати в якості реагенту суперфлок чи гідроксихлорид алюмінію або збільшувати час відстоювання поверхневого стоку.

2. Вивчені фільтраційні характеристики антрациту, кварцевого піску, роздрібнюваного керамзиту, тирси, а також роздрібнюваного і нероздрібнюваного коксика, визначені їх брудоємність по зважених речовинах і нафтопродуктах.

Показано:

- всі вуглецьвмісні матеріали і керамзит мають хорошу брудоємність;
- найбільший ефект затримання нафтопродуктів дають керамзит, тирса та коксик.

Враховуючи результати досліджень, а також технічні можливості одержання на підприємстві матеріалів різного фракційного складу та умови зберігання, як фільтруюче завантаження рекомендовано коксик.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 2. Методи очищення стічних вод : підручник / Петрук В. Г., Васильківський І. В., Петрук Р. В., Сакалова Г. В. та ін. Херсон : Олді-плюс, 2019. 298 с.
2. Благодарна Г. І. Конспект лекцій з дисциплін «Водовідвідні мережі і споруди» та «Споруди і обладнання водовідведення» / Г. І. Благодарна. О. О. Ковальова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 145 с.
3. Василенко І.А., Скиба М.І., Півоваров О.А., Воробйова В.І. Теоретичні основи охорони навколишнього середовища / І.А. Василенко, М.І. Скиба, О.А. Півоваров, В.І. Воробйова. Дніпро: Акцент ПП, 2017. 204 с.
4. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища: навчальний посіб. / Одеськ. держ. екол. ун-т. Одеса: ТЕС, 2018. 228с.
5. Л.Ф. Долина, П.Б. Машихіна, В.А. Козачина. Реконструкція систем водопостачання та водовідведення: Монографія: Дніпро: Журфонд, 2021. 220 с.
6. Зацерклянний М. М., Зацерклянний О. М., Столевич Т. Б. Процеси захисту навколишнього середовища : підручник. Одеса : Фенікс, 2017. 454 с.
7. Гіроль М.М., Гіроль А.М., Гіроль А.М. Технології водовідведення промислових підприємств: навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2013. 625с.
8. Зубик С. В. Техноекологія. Джерела забруднення і захист навколишнього середовища : навч. посіб. Львів : Оріяна-Нова, 2007. 400 с.
9. Навчально-методичний посібник "Технології захисту водного середовища" / уклад.: О. В. Степова, Г. Г. Трохименко. Полтава, 2022. 306 с.
10. Водне господарство промислових підприємств: навч. посібник / Т. С. Айрапетян; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Х: ХНАМГ, 2010. 280 с.
11. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Київ: Мінрегіон України, 2013. 20 с.