

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

ЕПОЯН СТЕПАН МИХАЙЛОВИЧ

УДК 628.33,34

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ
МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД І ОБРОБЛЕННЯ ОСАДІВ**

05.23.04 — Водопостачання, каналізація

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук**

Харків 1997

AB 39.087

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Харківському державному технічному університеті будівництва і архітектури

Науковий консультант :

доктор технічних наук, професор **Пантелят Гаррі Семенович**

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри водопостачання та каналізації Донбаської державної академії будівництва і архітектури **Куліков Микола Іванович;**

доктор технічних наук, професор кафедри водопостачання Київського державного технічного університету будівництва і архітектури **Терновцев Віталій Омелянович;**

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри охорони праці і екології в будівництві Української державної академії водного господарства **Гіроль Микола Миколайович.**

Провідна установа:

Український науково-дослідний інститут екологічних проблем (УкрНДІЕП) (м.Харків).

Захист відбудеться «25» грудня 1997 року о 12 годині на засіданні спеціалізованої вченої Ради Д 02.07. 01 при Харківському державному технічному університеті будівництва і архітектури.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці університету.

Автореферат розісланий «24» листопада 1997 року.

Вчений секретар спеціалізованої вченої Ради

Колотило М.І.

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00739277 (Z)

Загальна характеристика роботи

Актуальність роботи. Прогресуюче забруднення водою України стічними водами міст, промислових підприємств і сільськогосподарських підприємств є наслідком недостатньо ефективної роботи апаратів і споруд для очищення стічних вод. У ряді випадків стічні води скидають у водойми без очищення або після недостатнього очищення. Це спричиняє різке погіршення гідрохімічного режиму водою, порушення процесу самоочищення і дестабілізацію санітарно-епідеміологічного стану в районах розташування великих об'єктів, веде до утворення сприятливих умов для виникнення епідемій інфекційних хвороб.

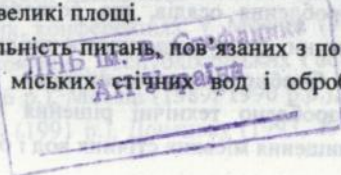
Осади, що утворюються при очищенні міських стічних вод, утримують значні кількості органічних речовин, які легко загнивають, патогенних бактерій, яєць гельмінтів, насіння бур'янів, іони важких металів (хрому, міді, нікеля, цинку, ртуті та ін.), що утрудняє їх зневоднення, складування і утилізацію. Об'єм осадів, що утворюються на міських очисних спорудах, складає 0,5- 1,0 % від кількості стічних вод, які обробляються.

Відомі методи зневоднення осадів міських стічних вод: механічні - на вакуум-фільтрах, центрифугах і фільтр-пресах; природні - на мулових майданчиках - мають суттєві недоліки, пов'язані зі складністю експлуатації механічного обладнання або необхідністю відведення великих площ земельних ділянок.

При очищенні стічних вод і обробленні осадів виділяються газоподібні сполуки: аміак, метан. Джерелами забруднення атмосферного повітря на міських очисних спорудах є: відстійники, аеротенки, мулові майданчики та ін. Ці споруди при розширенні міст часто опиняються в межах житлової забудови, і шкідливі газоподібні речовини, які виділяються в процесі очищення, можуть негативно впливати на здоров'я робітників і людей, які живуть у безпосередній близькості від споруд очищення стічних вод.

На багатьох очисних спорудах з метою підвищення продуктивності й ефективності роботи будують додаткові споруди, які забезпечують поліпшення роботи всього комплексу. При цьому основними спорудами для зневоднення осадів є мулові майданчики, які займають великі площі.

Викладене вище свідчить про актуальність питань, пов'язаних з пошуком нових методів інтенсифікації очищення міських стічних вод і оброблення осадів.



Роботу виконано в межах державної програми «Розробка теорії екологічної безпеки та надійності життєдіяльності для об'єктів будівництва, промисловості та впровадження екологічних систем водопостачання» і міжрегіональної програми «Екологічне оздоровлення басейну ріки Сіверський Дінець» і щільно пов'язано з планами госпдоговірної тематики Харківського державного технічного університету будівництва і архітектури (ХДТУБА) (госпдоговори №№ держ.реєстрації 01880078095, 01890085882, 0194U038217, 0195U010138, 0196U001560).

Метою дисертаційної роботи є розроблення і впровадження методів інтенсифікації процесів очищення міських стічних вод і оброблення осадів на основі нових і вдосконалених технологій, які забезпечують високу ефективність процесів і зменшують шкідливий вплив на навколишнє середовище.

В дисертаційній роботі розглянуті питання інтенсифікації первинного відстоювання міських стічних вод, ущільнення і зневоднення осадів.

Наукова новизна роботи:

1. Розроблено технічні рішення екологічної концепції розвитку технології очищення міських стічних вод і оброблення осадів.
2. Встановлено можливість інтенсифікації очищення міських стічних вод за допомогою флокуляційного (направленого) перемішування як з використанням реагентів, так і без нього.
3. Досліджено методи інтенсифікації процесів ущільнення і зневоднення осадів міських стічних вод за допомогою різних електролітів і поліелектролітів.
4. Вперше виконано всебічні дослідження структури, властивостей і основних параметрів дисперсної фази осадів міських стічних вод на сучасному науковому рівні.
5. Визначено нові теоретичні аспекти процесу укрупнення завислих речовин, які містяться у міських стічних водах.

Практичне значення роботи:

1. Визначено параметри інтенсифікації процесів очищення міських стічних вод за допомогою флокуляційного перемішування і оброблення осадів різними реагентами.
2. Розроблено нові технологічні схеми очищення міських стічних вод і оброблення осадів, що дозволяє значно підвищити ефективність роботи очисних споруд і зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище.

Особистий внесок автора:

1. Розроблено технічні рішення екологічної концепції розвитку технології очищення міських стічних вод і оброблення осадів.

2. Визначено нові теоретичні аспекти процесу укрупнення завислих речовин, які містяться у міських стічних водах, за допомогою флокуляційного (направленого) перемішування.
3. Розроблено нові технологічні схеми очищення міських стічних вод і оброблення осадів.
4. Виконано всебічні дослідження структури, властивостей і основних параметрів дисперсної фази осадів міських стічних вод на сучасному рівні.

На захист виносяться:

1. Технічні рішення екологічної концепції розвитку технології очищення міських стічних вод і оброблення осадів.
2. Теоретичні аспекти процесу укрупнення завислих речовин, які містяться у міських стічних водах, за допомогою флокуляційного (направленого) перемішування.
3. Технологія підготовки осадів міських стічних вод до механічного зневоднення або сушіння на мулових майданчиках з використанням коагулянтів і флокулянтів.
4. Нові технологічні схеми очищення міських стічних вод і оброблення осадів.
5. Результати дослідження структури, властивостей і основних параметрів дисперсної фази осадів міських стічних вод.

Методологія досліджень. Використано сучасне обладнання країн СНД та інших країн (Німеччини, Угорщини та ін.) для дослідження мікроструктури, фізико-хімічних властивостей і хімічного складу осадів і визначення розміру часток дисперсної фази. Визначення фізичних розмірів флокул, що утворювались, дисперсного складу, макро- і мікроструктури осадів здійснювали методом оптичної мікроскопії з використанням автоматичного аналізатора «Епіквант» фірми «Карл Цейс» (ФРН), стереоскопічного мікроскопа МПСУ-1 і оптичного мікроскопа типу «Ергаваль». Рентгеноструктурний аналіз осадів проводили за методом Брегга-Брентано на установці «ДРОН-3М». Термогравіметричні дослідження осадів виконували методом диференційного термічного аналізу на дериватографі фірми «МОМ» (Угорщина). Швидкість осідання завислих речовин і флокул здійснювали методом рідинної седиментації на седиментаційних вагах моделі 4600 фірми «Сарторіус» (ФРН).

Апробація роботи. Основні результати досліджень і головні положення дисертації доповідались на міжнародних конференціях у Москві (1992 р.), Харкові (1995 р.), Ялті (1997 р.); на всесоюзних, республіканських і зональних конференціях і семінарах у Харкові (1986 р.), Москві (1989, 1990 р.р.), Челябінську (1989 р.), Володді (1990 р.), Пензі (1991 р.), Донецьку (1993, 1994 р.р.);

вузівських конференціях у Донбаській державній академії будівництва і архітектури (Макіївка, 1992 р.), Харківській державній академії міського господарства (Харків, 1996 р.); на щорічних науково-технічних конференціях ХДТУБА в 1985-1997 р.р.

Публікації. Основний зміст дисертаційної роботи викладено в 46 друкованих роботах, з яких 15 - у центральних журналах і збірниках наукових праць, 2 авторських свідоцтва СРСР на винахід, 2 патента України, 1 патент Росії, 5 статей опубліковано без співавторів.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, восьми розділів, загальних висновків, списку літератури з 264 найменувань, додатків і вміщує 282 сторінки основного тексту, в тому числі 52 таблицю, 61 малюнок, усього - 319 сторінок.

Зміст роботи

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету й задачі досліджень, наукову новизну, практичне значення, положення, які виносяться на захист.

У першому розділі розглянуто стан питання щодо механічного очищення стічних вод і оброблення осадів. Охарактеризовано склад стічних вод ряду міст України з концентрації забруднюючих речовин (завислих речовин, БПК₅, біогенних компонентів та ін.) і вивчені фактори, що впливають на їх властивості. Розглянуто конструкції різних споруд механічного очищення стічних вод і ефективність їх роботи. Апарати й споруди, які використовуються для механічного очищення стічних вод, не забезпечують необхідного ступеня очищення. Ефективність очищення міських стічних вод від завислих речовин у відстійниках різних типів відносно невисока і не перевищує 60 %. Інтенсифікація роботи відстійників на діючих очисних спорудах практично не проводиться, що веде до необхідності виділення великих площ землі для їх розміщення, а також не дозволяє підвищити ефективність очищення стічних вод.

Основними причинами погіршення роботи діючих очисних споруд є: перевищення їх проектної потужності з кількості стічних вод; перевищення потужності споруд з кількості забруднюючих речовин, які підлягають вилученню; змінення складу і концентрацій забруднюючих речовин.

З метою вдосконалення існуючих методів механічного очищення стічних вод у деяких випадках йдуть на ускладнення конструкцій споруд та їх

експлуатації при створенні режиму відстоювання у тонкому шарі, збільшення витрат енергії в разі попередньої аерації в сполученні з біокоагуляцією або використання дефіцитних реагентів.

Здійснені дослідження складу осадів, які утворюються при очищенні міських стічних вод, показали, що вони мають великі об'єми, високу вологість і низьку здатність до водовіддачі, значний вміст органічних речовин і схильність до загнивання, заражені патогенними мікроорганізмами і яйцями гельмінтів, що обумовлює складність оброблення осадів.

Аналіз роботи існуючих споруд механічного зневоднення і мулових майданчиків при природньому сушінні осадів показав, що ефективність їх роботи забезпечується, головним чином, за рахунок відповідної попередньої обробки осадів.

У другому розділі запропоновано технічні рішення екологічної концепції технології очищення міських стічних вод і оброблення осадів на основі досліджень і аналізу досвіду експлуатації.

Багаторічні спостереження за роботою очисних споруд каналізації ряду міст України, враховуючи Комплекси біологічного очищення «Диканівський» (КБОД) і «Безлюдівський» (КБОБ) м.Харкова, показали, що ефективність очищення стічних вод протягом року змінюється в незначній мірі і залишається досить високою щодо основних показників: завислих речовин, БПК₅ та ін. Висока ефективність роботи очисних споруд, певно, пов'язана з усереднюванням за тривалий період часу (1-3 місяці). Але результати аналізу разових проб показують, що ефективність очищення стічних вод коливається в досить широких межах (концентрація завислих речовин в очищеній воді змінюється з 6,5 до 80,0 мг/л, БПК₅ - з 3,4 до 41,2 мгО₂/л), що свідчить про нестабільність роботи очисних споруд.

Основними спорудами із зневоднення осадів стічних вод більшості міст України є мулові майданчики на природній основі; аналіз роботи яких показує, що вони перевантажені і мають фактичне навантаження нижче, ніж це передбачено нормами.

Утилізація осадів міських стічних вод зараз є однією з невирішених проблем, незважаючи на те, що вони вміщують велику кількість біогенних елементів і можуть бути використані у сільському господарстві як добрива, які мають необхідні для розвитку рослин мікроелементи. Це обумовлено тим, що осадки містять шкідливі для рослин речовини: яйця гельмінтів, насіння бур'янів, велику кількість патогенних мікроорганізмів, іони важких металів.

При очищенні стічних вод і обробленні осадів у повітря над очисними спорудами виділяються газоподібні сполуки, такі як аміак, сірководень, метан, оксид і двооксид вуглецю, а також патогенні мікроорганізми. За даними НДІ КВОВ концентрації забруднюючих речовин у повітрі значно перевищують ГДК. Найбільші концентрації аміаку - над муловими ставками (в 7 разів вище за ГДК), відстійниками (в 3 рази) і аеротенками (в 4 рази). Найбільші концентрації сірководню виділяються на початкових етапах технологічного ланцюга: у вхідній камері і будинку ґрат (11 ГДК), а також у мулових ставках (10 ГДК).

На більшості станцій очищення стічних вод проводять екстенсивними методами, методи інсенсифікації очищення відсутні. Це приводить до того, що очисні споруди займають великі площі.

Викладене переконує у необхідності вироблення нових напрямків у комплексному вирішенні питань щодо очищення стічних вод, кондиціонування, зневоднення, сушіння й утилізації осадів. Технічні рішення цієї проблеми базуються на:

- інтенсифікації очищення міських стічних вод і оброблення осадів шляхом застосування коагуляції й флокуляції, механічного зневоднення;
- утворення компактних комплексів очищення стічних вод, оброблення й зневоднення осадів, які дозволяють зменшити площі, що ними займаються;
- пошук шляхів утилізації осадів як добрив, одним з перспективних напрямків якої є переробка осадів на гумус за допомогою вермікультури.

У третьому розділі наведено результати досліджень інтенсифікації процесу очищення міських стічних вод і оброблення осадів за допомогою реагентів і флокуляційного (направленого) руху води.

Поняття «флокуляційне перемішування» запроваджено для позначення такого перемішування, при якому утворюються сприятливі умови щодо зближення і зіткнення часток дисперсної фази за рахунок виникнення дрібномасштабних турбулентних пульсацій, які, в свою чергу, спричиняють відносно перемішування часток. При цьому припущено, що при флокуляційному перемішуванні досягається найбільш ефективно об'єднання дисперсної фази, яке превалює над руйнуванням флокул. Інакше кажучи, необхідно забезпечити проходження процесу при відповідних швидкостях руху води й тривалості перемішування.

Технологічне моделювання процесу очищення міських стічних вод методом відстоювання як без застосування реагентів, так і з використанням коагулянтів і флокулянтів, здійснювали не спеціальної установці, яка складалась з циліндрів, обладнаних пробовідбірниками води з різних рівней. Для

дослідження інтенсифікації процесу укрупнення завислих речовин за допомогою флокуляційного перемішування використовували механічну мішалку з числом обертів, що регулювалося: від 10-20 до 1000-2000 об/хв.

Як коагулянти були випробувані хлорне залізо, сірчаноокислий алюміній, сірчаноокисле залізо, вапно та ін., як флокулянти - головним чином, речовини катіонного типу - поліетиленімін (ПЕІ), ВПК-402, Ф-100 та ін., а також їх сполучення. Отримані за результатами досліджень криві кінетики осідання завислих речовин порівнювали з даними прояснення води без її реагентної обробки. Дози реагентів варіювали в таких межах: для електролітів - 30-100 мг/л, для поліелектролітів - 1,0-2,0 мг/л.

З метою всебічного вивчення седиментаційних характеристик механічних домішок, які містяться у стічних водах й осадах, процес осідання дисперсної фази вивчали також методом рідинної седиментації із застосуванням седиментаційних ваг моделі 4600 фірми «Сарторіус» (ФРН).

Весь обсяг досліджень виконано на реальних стічних водах і осадах очисних споруд каналізації КБОД і КБОБ м.Харкова.

Експерименти показали принципову можливість прискорення процесу укрупнення завислих речовин і збільшення швидкості осідання флокул, що утворилися при флокуляційному перемішуванні, у порівнянні з вихідною водою. При цьому встановлено, що об'єднання часток завислих речовин міських стічних вод відбувається під дією перемішування навіть без застосування реагентів. Це пояснюється тим, що такій категорії завислих речовин притаманні деякі флокуляційні властивості. На рис. 1, 2 наведено криві кінетики відстоювання стічних вод м.Харкова, які надходять на КБОД. Встановлено, що максимальна ефективність прояснення стічних вод може бути досягнута при тривалості флокуляційного перемішування 300-600 с при градієнті швидкості $G=60 \text{ c}^{-1}$. Це дозволяє досягти прискорення осідання завислих речовин приблизно на 20% навіть без застосування коагулянтів і флокулянтів. Ефективність відстоювання стічної води після перемішування зростає при збільшенні концентрації завислих речовин у воді, яка обробляється. Використання реагентів інтенсифікує процес очищення стічних вод за рахунок сорбції позитивно заряджених продуктів гідролізу хлорного заліза або сірчаноокислого алюмінія на поверхні негативно заряджених часток завислих речовин. Це зменшує величину дзета-потенціала цих часток, що сприяє дестабілізації колоїдної системи при наступному відстоюванні (див. рис. 1, 2).

Величина дзета-потенціалу часток завислих речовин, визначена за методом електрофореза, знаходиться на рівні 22-30 мВ до оброблення

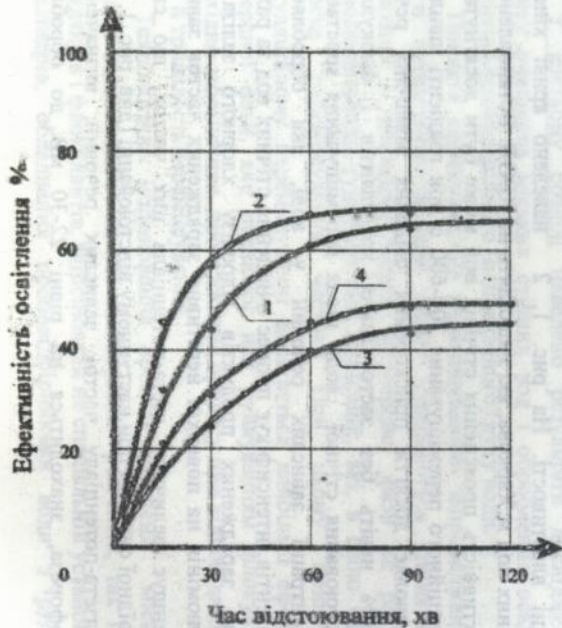


Рис. 1 Ефективність освітлення стічної води

1 - просте відстоювання, $C_0=180-250$ мг/л; 2 - відстоювання після флокуляційного перемішування, $C_0=180-250$ мг/л; 3 - просте відстоювання, $C_0=80-120$ мг/л; 4 - відстоювання після флокуляційного перемішування, $C_0=80-120$ мг/л.

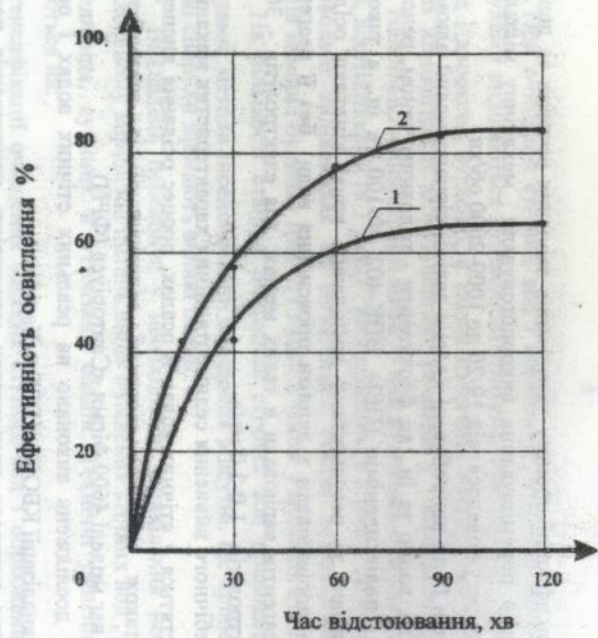


Рис. 2 Ефективність освітлення стічної води

1 - просте відстоювання (без коагуляції), $C_0=180-250$ мг/л; 2 - відстоювання після флокуляційного перемішування з коагуляцією $Al_2(SO_4)_3$ дозою 100 мг/л у комплексі з ПАА дозою 1,0 мг/л, $C_0=180-250$ мг/л.

реагентами. Після оброблення величина дзета-потенціалу суттєво зменшується, наближаючись до нуля, а іноді відбувається перезарядження з негативного електрокінетичного потенціалу на позитивний.

Ще більше процес укрупнення часток інтенсифікується при одночасній дії реагентів і флокуляційного перемішування, яке сприяє зближенню й зіткненню часток.

Гідромеханічні показники флокул, що утворюються (гідравлічна крупність, щільність, міцність та ін.), залежать від того, застосовується чи ні реагентна коагуляція і флокуляція, від того, який вид ортокінетичної флокуляції переважає, а також від параметрів флокуляційного перемішування (величина градієнту швидкості, тривалості перемішування).

З метою забезпечення порівняності отриманих даних визначення фізичних властивостей флокул, що утворюються, здійснювали при таких само концентраціях завислих речовин у вихідній воді - 0,1-0,2 г/л, сирому осаді - 40,0-50,0 г/л, активному мулі - 6,0-10,0 г/л. При цьому гідравлічну крупність флокул, що утворюються при очищенні стічних вод, визначали по відповідних кривих кінетики осідання завислих речовин (див. рис. 1, 2).

У четвертому розділі викладено теоретичні основи процесу укрупнення завислих речовин, які містяться у міських стічних водах.

У відповідності до теорії М.Л.Смолуховського, швидкість коагуляції завислих речовин залежить від початкової концентрації часток, інтенсивності броунівського руху і радіуса дії сил тяжіння:

$$\frac{dn_x}{dt} = k(n_0 - n_x)^2 \quad (1)$$

Позначимо $n_0 - n_x$ як n_t , тоді:

$$\frac{dn_x}{dt} = k \cdot n_t^2 \quad (2)$$

Враховуючи, що $n_t = n_0 - n_x$, отримуємо:

$$n_x = n_0 - n_t \quad (3)$$

$$\frac{d(n_0 - n_t)}{dt} = k \cdot n_t^2$$

$$\frac{dn_0}{dt} - \frac{dn_t}{dt} = k \cdot n_t^2$$

$$\frac{dn_t}{dt} = -k \cdot n_t^2 \quad (4)$$

де n_τ - кількість завислих часток в одиниці об'єму води через час τ , m^{-3} ;

k - константа швидкості коагуляції, m^3/c ;

n_0 - початкова кількість часток в одиниці об'єму, m^{-3}

Інтегрування рівняння (4) в межах від n_0 до n_τ і від 0 до τ дозволяє подати злічену концентрацію завислих речовин n у вигляді:

$$n_\tau = \frac{n_0}{1 + k \cdot n_0 \cdot \tau} \quad (5)$$

Константа швидкості коагуляції k при броуновському русі часток визначається виразом:

$$k = 4\pi DR = 8\pi Dr \quad (6)$$

де D - коефіцієнт дифузії поодиноких часток, m^2/c ;

r - радіус часток, m ;

R - відстань між частками, при якій відбувається їх об'єднання $R=2r$, m .

Наведені залежності характеризують молекулярно-кінетичну коагуляцію, яка має основне значення щодо дрібнодисперсних завислих речовин, розмір часток яких не перевищує 1 мкм. Практично майже відсутні стічні води, дисперсна фаза яких мала би таку характеристику. Більш того, як правило, у таких системах під дією броунівського руху відбувається об'єднання деякої частини завислих часток, при якому дисперсна фаза перетворюється з монодисперсної на полідисперсну.

Для більшості видів стічних вод характерним є наявність більш крупнодисперсних часток механічних домішок. Це відноситься й до стічних вод міст. У таких системах укрупнення часток завислих речовин відбувається за іншими законами, тому що великі частки об'єднуються з більш дрібними за рахунок ортокінетичної коагуляції.

Аналіз раніш розроблених теоретичних положень, а також даних, які отримані у цій роботі, показує, що укрупнення часток полідисперсної зависі відбувається за рахунок сумісної дії гравітаційної і градієнтної коагуляції, які є поодинокими випадками ортокінетичної коагуляції.

Більше значення щодо укрупнення часток зависі в умовах турбулентного перемішування має ступінь полідисперсності завислих речовин.

Т.Кемп і П.Штейн застосували рівняння М.Л.Смолуховського для аналізу процесу укрупнення часток завислих речовин у турбулентному потоці. Для визначення швидкості зменшення первинних часток цими авторами отримано співвідношення:

$$-\frac{dn_1}{d\tau} = \sum_{l=1}^{p-1} \frac{4}{3} \cdot n_l \cdot n_1 \cdot R_{ll}^3 \cdot G \quad (7)$$

де p - максимально можливе число первинних часток у кожному з пластівців;
 n_1 - число первинних часток, m^{-3} ;
 n_l - чисельна концентрація пластівців, m^{-3} ;
 R_{ll} - радіус зіткнення первинних часток з пластівцями, які вміщують l таких часток, m ;
 G - середньоквадратичний перепад швидкостей, який визначено з співвідношення, c^{-1} :

$$G = \sqrt{\frac{\epsilon}{\nu}} = \sqrt{\frac{w}{\mu}} \quad (8)$$

де ϵ - загальна кількість розсіяної енергії на одиницю маси рідини за одиницю часу, $Вт/кг$;
 ν - кінематичний коефіцієнт в'язкості, m^2/c ;
 w - питома витрата енергії на одиницю об'єму рідини, $Вт/m^3$;
 μ - динамічний коефіцієнт в'язкості, $Па \cdot c$.

При розгляді процесу флокуляції в умовах турбулентного перемішування першорядне значення в утворенні флокул надають дрібномасштабним пульсаціям, що виникають при русі рідини і сприяють зіткненню часток дисперсної фази. Число зіткнень визначають за рівнянням:

$$N^{турб} = 4 \cdot \pi \cdot k_r \cdot \bar{V}^2 \cdot n_1 \cdot n_r \cdot r_r^3 \quad (9)$$

де $N^{турб}$ - число зіткнень первинних часток із пластівцями, $m^{-3} \cdot c^{-1}$;
 k_r - коефіцієнт, який враховує вплив на швидкість дифузії масштабу турбулентних пульсацій, c/m^2 ;
 \bar{V} - середня швидкість руху води, m/c ;
 n_1 і n_r - концентрація в воді відповідно первинних часток і пластівців, m^{-3} ;
 r_r - розмір пластівців, m .

Рівняння (9) відповідає рівнянню М.Л.Смолуховського при заміні $k_r V^2$ на G

І.Аргаман і У.Кауфман запропонували співвідношення, яке враховує вплив гідродинамічних умов перемішування на процес руйнування флокул, що утворилися:

$$\frac{dn_1}{d\tau} = -k_u \cdot n_r \cdot \frac{r_r^2}{r_l^2} \cdot G \quad (10)$$

де n_1 і n_1' - концентрація у воді відповідно первинних часток і пластівців, m^{-3} ;
 r_1 і r_1' - розмір первинних часток і пластівців, m ;
 k_n - константа швидкості руйнування пластівців.

Ці ж автори запропонували залежність для оцінки загального зміння концентрації первинних часток з урахуванням руйнування пластівців:

$$\frac{n_1^0}{n_1^1} = \frac{1 + K_A \cdot G \cdot T}{1 + K_B \cdot G^2 \cdot T} \quad (11)$$

де n_1^0 і n_1^1 - концентрації первинних часток у воді на вході й виході з камери флокуляції, m^{-3} ;

T - тривалість перебування води у камері, s ;

K_A і K_B - константи швидкості утворення й руйнування пластівців.

Г.Кемп вперше запропонував використовувати безрозмірний добуток GT як критерій перемішування для оцінки гідродинамічних умов флокуляції. З наведених нижче експериментальних даних буде видно, що від величини цього критерію залежить швидкість формування флокул, їх розміри й щільність, отже, й швидкість їх осідання у рідині, яка перебуває у стані спокою. Але величини G і T , а також добуток GT не зберігаються при переході від одного виду стічних вод до другого. Це приводить до необхідності визначення критерію Кемпа для кожного виду стічних вод. Більш того, на величину GT суттєво впливає також зміння якості (наприклад, концентрації завислих речовин) одного й того ж виду стічних вод.

Наведені вище залежності (1-11) є основою для розуміння процесу укрупнення завислих речовин у потоці води, що рухається. Але слід відзначити, що вони недостатні для опису процесу відстоювання, який проходить одночасно з флокуляцією.

Автором дисертаційної роботи вдосконалена запропонована І.Аргаманом і У.Кауфманом залежність (11). Суть цих удосконалень базується на тому, що:

1) Співвідношення концентрацій завислих речовин у воді на вході й виході з камери флокуляції n_1^0/n_1^1 характеризує ефективність процесу флокуляції (утворення пластівців), тобто:

$$\frac{n_1^0}{n_1^1} \approx K_\phi$$

2) При ефективній флокуляції зависі величина $n_1^0/n_1^1 \gg 1$.

3) Співвідношення констант швидкостей утворення й руйнування пластівців K_A/K_B також характеризує ефективність процесу флокуляції:

$$K_A/K_B = \alpha K_\phi,$$

де α - коефіцієнт пропорційності.

Базуючись на цьому

$$K_\phi = \frac{n_1^0}{n_1^1} = \frac{1 + K_A \cdot GT}{1 + K_B \cdot G^2 T} \quad (12)$$

Враховуючи, що $K_A GT \gg 1$ і $K_B G^2 T \gg 1$ рівняння (12) можна спростити,

отримавши:

$$K_\phi = \frac{K_A \cdot G \cdot T}{K_B \cdot G^2 \cdot T}, \quad (13)$$

$$K_\phi = \frac{K_A}{K_B \cdot G}, \quad (14)$$

де $1/G$ - коефіцієнт пропорційності α .

Чим більше значення G , тим менше значення α .

Для міських стічних вод ефективна величина $G = 60 \text{ с}^{-1}$, а $\alpha = 1/60 = 0,017$.

На рис. 1 наведено криві кінетики процесу відстоювання стічних вод при флокуляційному перемішуванні (криві 2 і 4) і без нього (криві 1 і 3). Цікавим є визначення співвідношення ефективностей відстоювання (E_2/E_1 і E_4/E_3), яке характеризує кількісно процес флокуляції завислих речовин. Аналогічний аналіз виконано для кривих, які характеризують процес флокуляційного перемішування при реагентній коагуляції й без неї (рис. 2).

Результати наведеного аналізу даних, що відображено на рис. 1, 2, представлені в табл. 1, 2.

Співвідношення між ефективностями прояснення - це коефіцієнт коагуляції (флокуляції) (K_ϕ).

Таблиця 1 - Співвідношення ефективностей прояснення стічних вод при флокуляційному перемішуванні

Параметри седиментації	Чисельні значення параметрів				
Тривалість відстоювання, хв	15	30	60	90	120
E_2/E_1	1,26	1,18	1,09	1,05	1,04
E_4/E_3	1,24	1,20	1,14	1,10	1,08

Таблиця 2 - Співвідношення ефективностей провітлення стічних вод при коагуляції й флокуляційному перемішуванні

Параметри седиментації	Чисельні значення параметрів.				
Тривалість відстоювання, хв	15	30	60	90	120
E_2/E_1	1,33	1,31	1,29	1,28	1,27

Отримано математичні залежності щодо апроксимації експериментальних даних при $\tau > 0$:

Для рис. 1

Криві 1, 2

$$K_1 = \frac{E_2}{E_1} = 0,36e^{-0,03t} + 1,03 \quad (15)$$

Криві 3, 4

$$K_2 = \frac{E_4}{E_3} = 0,26e^{-0,016t} + 1,04 \quad (16)$$

Для рис. 2

Криві 1, 2

$$K = \frac{E_2}{E_1} = 0,09e^{-0,024t} + 1,27 \quad (17)$$

У п'ятому розділі наведено результати дослідження процесів ущільнення й зневоднення осадів у лабораторних умовах на реальних осадах КБОБ і КБОД.

Дослідження проводили з сирим осадом з первинних відстійників, сумішшю осаду первинних відстійників й активного мулу, сумішшю сирого осаду й надлишкового активного мулу, яку було зброджено, аеробно-стабілізованим мулом.

Відомо, що в процесі очищення стічних вод і оброблення осадів використовують різні електроліти і їх сполучення (вапно, хлорне залізо, сірчаноокислі алюміній та залізо тощо) як коагулянти. При цьому у всіх відомих технологіях вапно використовують як суспензію 10 % концентрації з СаО дозою 20 % від маси сухої речовини осаду. Це приводить до збільшення кількості осаду і створення громіздкого реагентного господарства. В наших дослідженнях використовували істинний розчин вапна, дія якого як коагулянта була не менш ефективною, ніж дія відомих розчинів, а витрата вапна як коагулянта значно зменшувалась. При цьому суттєво зменшувались об'єми

споруд для приготування й дозування коагулянту. Доза вапна у розчині складає 100-400 мг/л з CaO.

Проведені дослідження показали (табл. 3), що застосування розчину вапна приводить до інтенсифікації процесу ущільнення активного мулу. Найбільш ефективно використовувати розчин вапна з $pH > 11$. При цьому відбувається значне зниження вологості ущільненого активного мулу. Подальше збільшення величини pH розчину вапна не дає суттєвого поліпшення процесу ущільнення активного мулу.

Таблиця 3 - Вплив pH розчину й дози вапна на вологість ущільненого активного мулу

pH розчину вапна	9,5	10,5	11	12
Доза вапна, мг/л	75	150	250	400
Вологість ущільненого активного мулу при термені ущільнення 5 годин, %	98,2	97,6	95,6	95,2

Останнім часом з метою інтенсифікації процесів оброблення осадів застосовують поліелектроліти (флокулянти). Дослідження показали, що застосування флокулянтів для кондиціювання осадів інтенсифікує процес ущільнення активного мулу. Оброблення активного мулу флокулянтами в комплексі з суспензією або розчином вапна значно інтенсифікує процес ущільнення активного мулу. При цьому швидкість ущільнення зростає у 2-2,5 рази в порівнянні з безреагентним ущільненням (рис. 3).

При вивченні процесу зневоднення в лабораторних умовах проводили фільтрування всіх категорій осадів, що досліджувались, на воронці Бюхнера. Оброблення осадів флокулянтом в комплексі з розчином або суспензією вапна також інтенсифікує процес зневоднення. При цьому швидкість фільтрації зростає у 2-4 рази в порівнянні з безреагентним фільтруванням (рис. 4).

В залежності від дози флокулянтів і коагулянтів утворюються великі згустки або пластівці, чи то осад нагадує сирну масу. Оброблення осадів флокулянтами разом з коагулянтами приводить до нейтралізації заряду й укрупнення часток, різкого зниження їх питомого опору і інтенсифікації процесу фільтрації.

В шостому розділі наведено результати випробувань з ущільнення й зневоднення осадів міських стічних вод у виробничих умовах.

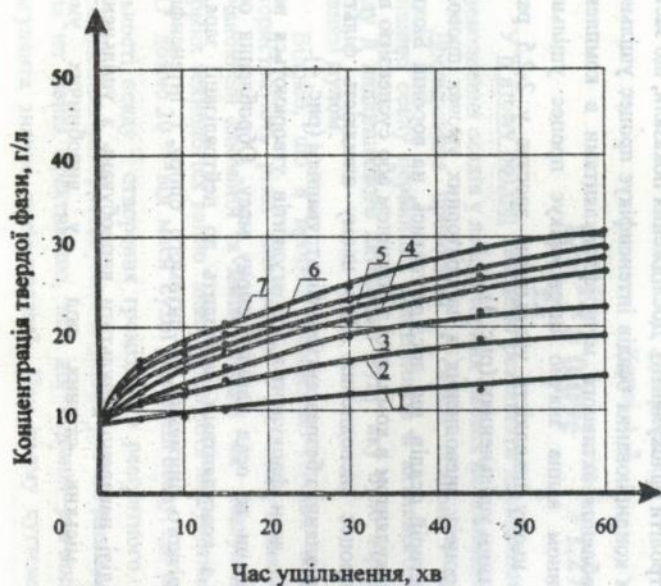


Рис.3 Кінетика ущільнення активного мулу при обробленні флокулянтom Ф-100-10, суспензією і розчином вапна
 1 - без реагентів; 2 - з доданням Ф-100-10 - 0,034%; 3 - з доданням Ф-100-10 - 0,069%; 4 - з доданням Ф-100-10 - 0,034% і розчину вапна; 5 - з доданням Ф-100-10-0,069% і розчину вапна; 6 - з доданням Ф-100-10 - 0,034% і суспензії вапна - 6,85%; 7 - з доданням Ф-100-10 - 0,069% і суспензії вапна - 6,85% $C_0 = 8,8$ г/л.

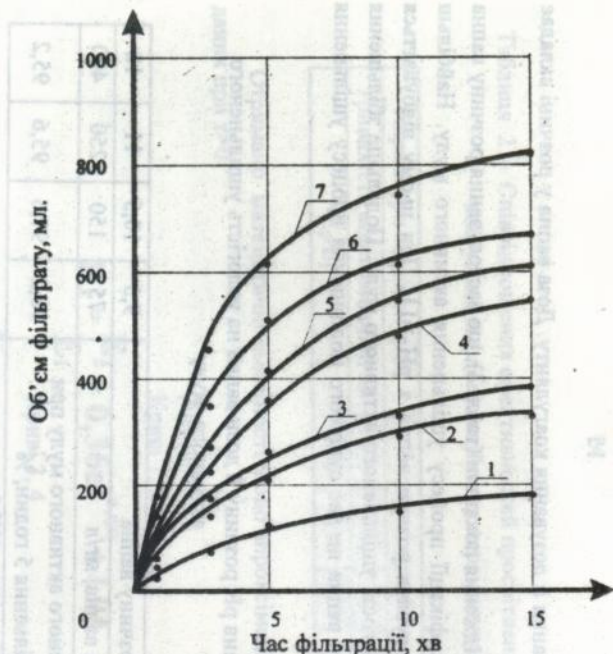


Рис. 4 Кінетика фільтрації суміші осадів КБОД при обробленні флокулянтom Ф 100-10, суспензією і розчином вапна
 1 - без реагентів; 2 - з доданням Ф 100-10 - 0,051%; 3 - з доданням Ф 100-10-0,1%; 4 - з доданням Ф 100-10-0,051% і розчину вапна; 5 - з доданням Ф 100-10 - 0,1% і розчину вапна; 6 - з доданням Ф 100-10 - 0,051% і суспензії вапна - 12,34%; 7 - з доданням Ф 100-10- 0,1% і суспензії вапна - 12,34%; $C_0 = 29,2$ г/л.

Дослідження з флотацийного ущільнення надлишкового активного мулу проводили на експериментальній установці, яка знаходилась на КБООБ. Установка складалась з колон для вивчення кінетики ущільнення флотуемого активного мулу й сатуратора, який був призначений для розчинення повітря, що вводили під надмірним тиском у осад.

Дослідження свідчать про ефективність використання флокулянта при флотацийному ущільненні (рис. 5). Використання розчину вапна як реагента й робочої рідини також значно інтенсифікує процес флотацийного ущільнення (табл. 4).

Таблиця 4 - Вплив рН розчину й дози вапна на властивості ущільненого флотоваого активного мулу

рН розчину вапна	10,5	11	11,5	12
Доза вапна, мг/л	150	250	300	400
Вологість, %	96,1	93,6	93,2	93,0
Питомий опір фільтрації, $\times 10^{10}$ см/г	173	66	57	54

З табл. 5 видно, що найбільш ефективним є використання розчину вапна з $\text{pH} > 11$. При цьому відбувається значне зниження вологості й питомого опору фільтрації ущільненого флотоваого активного мулу.

Дослідження з зневодження осадів були проведені на експериментальній установці, розташованій на КБООБ. Установка складалась з дренажних колон для зневоднення осадів і компресора, який був призначений для регенерації дренажного завантаження.

В результаті проведених досліджень встановлена ефективність використання флокулянта в комплексі з розчином вапна (рис. 6). При цьому фільтрат також, як і при проведенні лабораторних досліджень, був прозорий, вміст у ньому завислих речовин був меншим, ніж 50 мг/л.

Дослідження з механічного зневоднення осадів міських стічних вод здійснювали на дослідній базі інституту УкрНДХіммаш на лабораторній установці з горизонтальною поверхнею фільтрування $0,01 \text{ м}^2$, на стендовій установці з вертикальними плитами площею поверхні фільтрування $0,2 \text{ м}^2$ і на напівпромисловому зразку камерного фільтр-преса з вертикальними плитами площею поверхні фільтрування 10 м^2 .

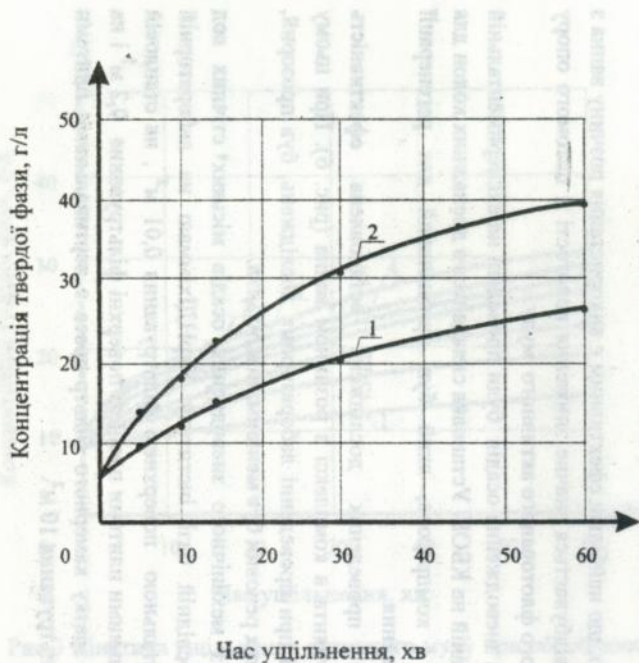


Рис. 5 Кінетика ущільнення флотованого активного мулу

1 - без флокулянта; 2 - з доданням Ф100-10 - 0,048%;
 $C_0 = 5,7\text{г/л}$.

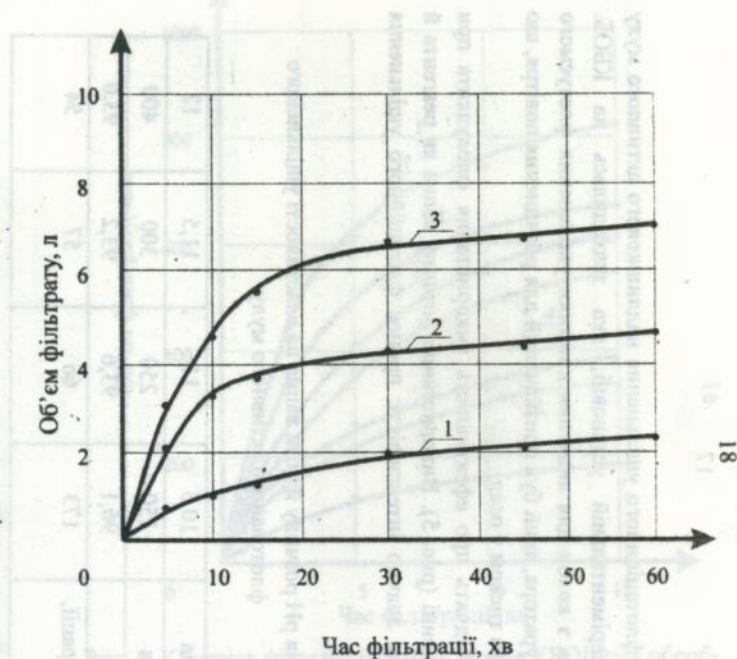


Рис. 6 Кінетика фільтрації суміші осадів КБOD при обробленні флокулянтном Ф200-20 і розчином вапна

1 - без реагентів; 2 - з доданням Ф200-20 - 0,085%;
 3 - з доданням Ф200-20 - 0,085% і розчину вапна;
 $C_0 = 32,5\text{г/л}$.

Дослідження показали ефективність розробленої технології підготовки осадів до зневоднення (табл. 5).

Таблиця 5 - Результати зневоднення осадів на фільтр-пресах

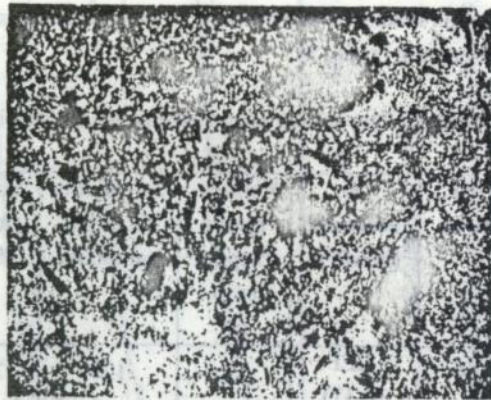
Площа поверхні фільтрування, м ²	Тиск, МПа	Тип реагента (доза) %	Концентрація твердої фази, г/л	Тривалість фільтрування, хв	Вологість, %	Питома продуктивність щодо суспензії, м ³ /м ² годину
0,2	0,9	ПЕІ (0,37)	27	120	76	0,076
0,2	0,9	ПЕІ (0,37) і розчин вапна	27	120	73	0,081
10	0,9	ПЕІ (0,28)	18	135	72	0,085
10	0,9	ПЕІ (0,26) і розчин вапна	21	135	71	0,087

При використанні реагентів залишкова вологість осаду складає 71-76% при високій якості фільтрату ($C_{зав} < 50$ мг/л). Питома продуктивність складає 0,085 м³/м² годину або 42,5 м³/м² годину з одного фільтр-преса з поверхнею фільтрування 500 м².

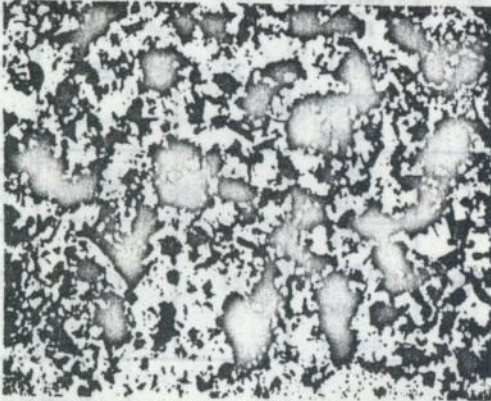
Сьомий розділ. Виконано комплексне дослідження фізичних і фізико-хімічних властивостей осадів міських стічних вод при обробленні їх різними коагулянтами й флокулянтами, а також без застосування реагентів, за допомогою сучасних методів й апаратури.

Макроструктура осадів, які були досліджені, наведена на рис. 7, 8, показує, що при обробленні осадів реагентами змінюється структура осадів, з'являються великі пластівці або згустки, отже відбувається процес укрупнення часток. Це сприяє інтенсифікації процесу зневоднення осадів.

Деріватограми свідчать, що в осадах, які були оброблені реагентами, більш низький вміст води. При однакових умовах підготовки проб



1



2



3

Рис. 7 Макроструктура сирого осадку

1 - сирій осад; 2 - сирій осад, оброблений флокулянт

3 - сирій осад, оброблений флокулянт і розчином вапна.



Рис. 8 Макроструктура активного мулу

- 1 - активний мул; 2 - активний мул, оброблений флокулянтom;
3 - активний мул, оброблений флокулянтom і розчином вапня.

зменшення маси під час нагрівання в межах температур 20-280 °С, яка обумовлена, головним чином, видаленням води, складає: у вихідному сирому осаді - 73,3% ; в осаді, який було оброблено флокулянтом -59,7%; в осаді, який було оброблено флокулянтом і розчином вапна, - 48,5%. Це свідчить про покращення водовіддачі осадів.

Виконані рентгеноструктурні й седиментаційні дослідження також показали, що застосування реагентів покращує водовіддачу й седиментаційні властивості осадів.

У восьмому розділі наведено технічні рішення щодо інтенсифікації очищення міських стічних вод й оброблення осадів. Встановлено, що при градієнті швидкості, який дорівнює 60 с^{-1} , і тривалості флокуляційного перемішування 300 с досягається максимальна ефективність первинного прояснення міських стічних вод. Розроблено технологічну схему й визначено основні технологічні параметри процесу оброблення осадів на спорудах механічного зневоднення або з сушінням їх на мулових майданчиках (рис. 9 і табл. 6).

Таблиця 6 - Технологічні параметри процесу оброблення осадів

Найменування показників	Одиниці виміру	Значення
Доза вапна від маси сухої речовини	%	1,0
Доза флокулянта від маси сухої речовини при: - сушіні на мулових майданчиках	%	0,1
- механічному зневодненні	%	0,2-0,4
Продуктивність : - мулових майданчиків	$\text{м}^3/\text{м}^2 \text{ рік}$	3,0
- камерних фільтр-пресів типу ФКМ	$\text{м}^3/\text{м}^2 \text{ годину}$	0,085

Використання цієї технології підготовки осадів при їх зневодненні на спорудах механічного зневоднення дозволяє зменшити дози флокулянтів на 30-50%.

Розроблена технологічна схема оброблення надлишкового активного мулу для тих випадків, коли можлива відокремлена технологія його оброблення (рис. 10, табл. 7).

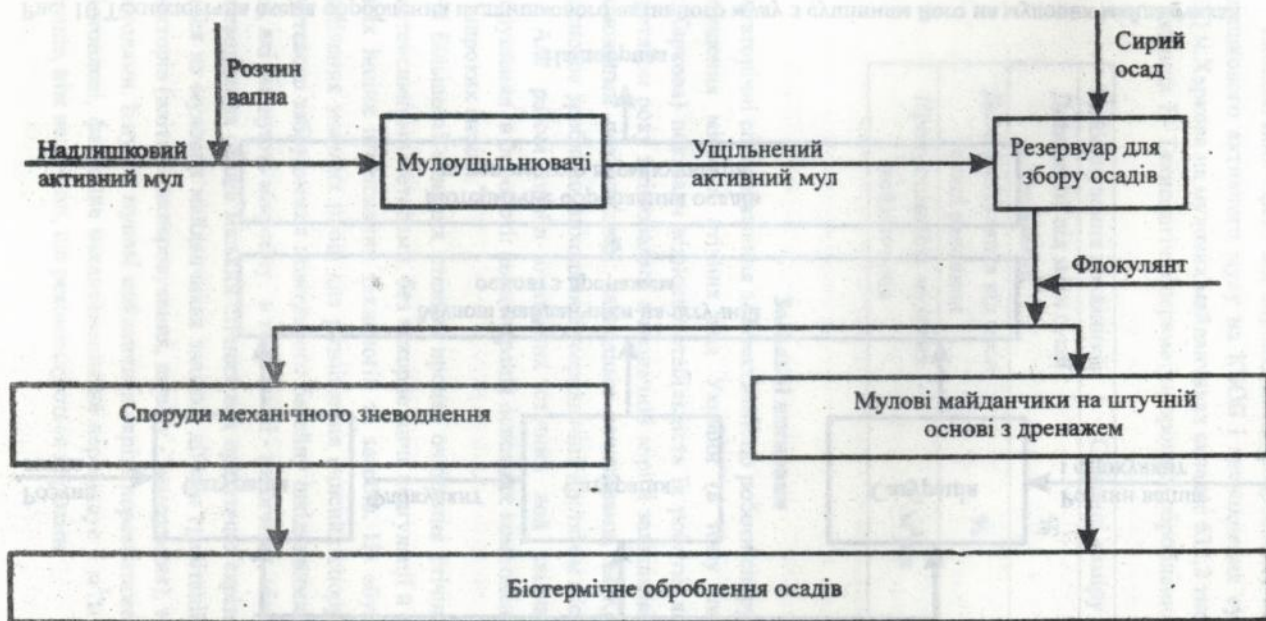


Рис. 9 Технологічна схема оброблення осадів на спорудах механічного зневоднення або з сушінням їх на мулових майданчиках

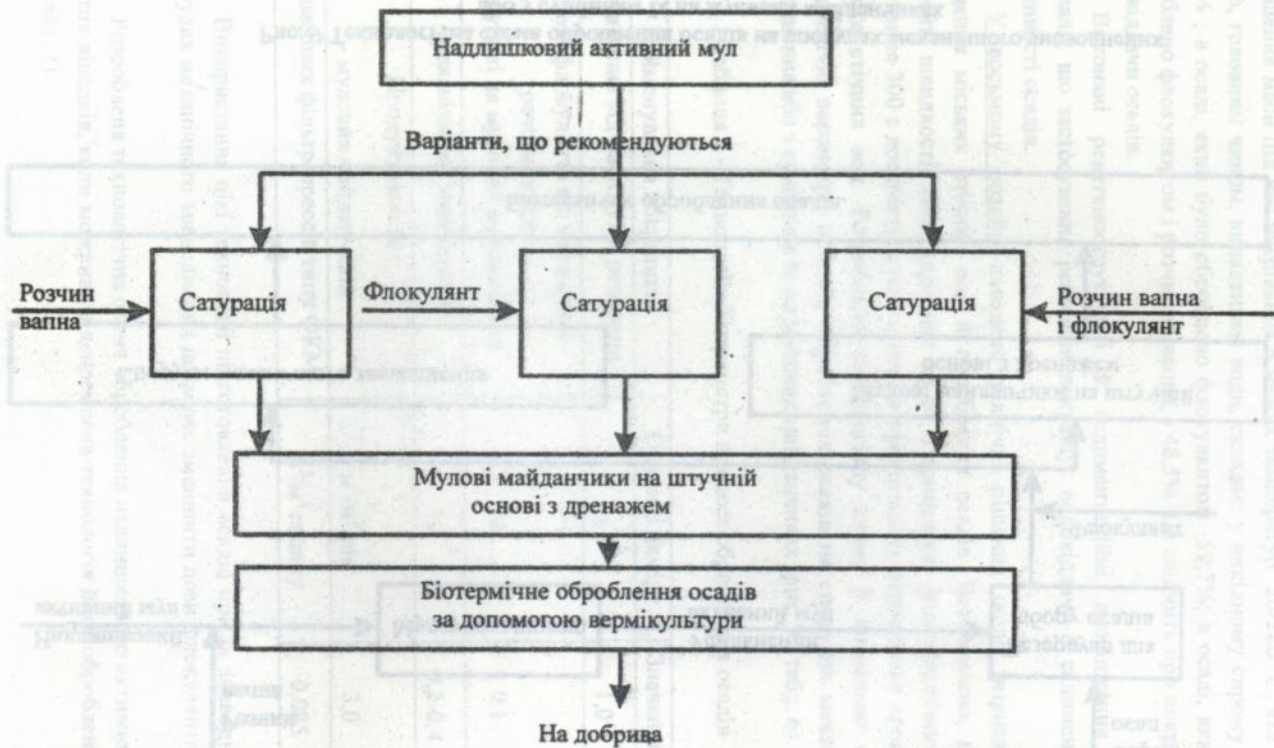


Рис. 10 Технологічна схема оброблення надлишкового активного мулу з сушінням його на мулових майданчиках

Економічний ефект від впровадження розробленої технології ущільнення надлишкового активного мулу на КБОБ і зневоднення суміші осадів КБОБ і КБОД м.Харкова на мулових майданчиках складає 632,2 тис.грн на рік.

Таблиця 7 - Технологічні параметри процесу оброблення активного мулу

Найменування показників	Одиниці виміру	Значення
Доза вапна від маси сухої речовини	%	1,0
Доза флокулянта від маси сухої речовини	%	0,1
Продуктивність мулових майданчиків	м ³ /м ² рік	20,0-30,0

Загальні висновки

1. Багаторічні спостереження за ефективністю роботи споруд на різних станціях очищення міських стічних вод України (в тому числі КБОБ і КБОД м.Харкова) показали відносну стабільність їх роботи: якість очищеної води протягом року змінювалась в незначній мірі й залишалась досить високою за основними показниками: завислими речовинами, БПК₅, БПК₂₀ та ін. Цей висновок зроблено, виходячи з усереднених протягом місяця проб.

Але разові проби очищених стічних вод свідчать про періодичне порушення в їх роботі: концентрація основних компонентів може коливатися в широких межах.

2. На більшості очисних станцій процес очищення стічних вод здійснюється екстенсивними методами, без використання коагуляції й флокуляції або будь-яких інших інтенсивних технологій та засобів. Це обумовило необхідність виділення значних площ для розміщення очисних споруд, що приводить до суттєвого забруднення повітряного басейну шкідливими газами й аерозолями, які вміщують мікробну, в тому числі - патогенну, мікрофлору.

3. Зневоднення осадів міських стічних вод практично скрізь в Україні здійснюється на мулових майданчиках завдяки дії сил гравітації, впливу природних факторів (влітку - випаровування, взимку - вимерзання), тобто екстенсивними методами. Існуючі мулові майданчики скрізь перевантажені, на ряді об'єктів - підтоплені, фактичне навантаження не перевищує 1 м³/м² на рік, що значно менше, ніж величини, що рекомендуються нормами.

Мулові майданчики займають великі площі - тільки у Харкові, на КБООБ - 120 га. Мулові майданчики - це джерело забруднення навколишнього середовища: ґрунтових вод, повітряного басейну.

Зневоднений на мулових майданчиках міст осад не утилізують, а накопичують в буртах й вивозять на поховання.

4. Джерелами забруднення атмосфери в системі міської каналізації є насосні станції перекачування стічних вод, а також міські очисні споруди. Найбільший внесок в забруднення повітря припадає на долю відкритих споруд очищення стічних вод (вхідна камера, первинні відстійники, аеротенки, споруди для оброблення осадів (мулові ставки або мулові майданчики).
5. Основними компонентами газо-повітряної суміші, що утворюється в процесі очищення стічних вод, є оксид і двооксид вуглецю, сірководень, аміак, метан, мікробні забруднення, в тому числі патогенна мікрофлора. До цих забруднень можуть додатися й інші специфічні сполуки, які обумовлені складом стічних вод: бензол, ксилол, етилацетат, ацетон, спирти, меркаптани, аміни та ін. Найбільш небезпечними з основних компонентів є аміак, сірководень й мікробне забруднення. Ці забруднення негативно впливають на здоров'я робітників і людей, які мешкають у безпосередній близькості від споруд очистки стічних вод.
6. Розроблено технічні рішення екологічної концепції розвитку технології очищення міських стічних вод, основні положення якої базуються на:
 - інтенсифікації очищення міських стічних вод і оброблення осадів шляхом застосування коагуляції й флокуляції, механічного зневоднення;
 - утворенні компактних комплексів очищення стічних вод, оброблення й зневоднення осадів, які дозволяють зменшити площі, що вони займають;
 - пошуку шляхів утилізації осадів як добрив, одним з перспективних напрямків якої є перероблення осадів на гумус за допомогою вермікультури.
7. Встановлено, що флокуляційне (направлене) перемішування інтенсифікує процес утворення пластівців завислих речовин й підвищує ефективність прояснення міських стічних вод. Визначені гідромеханічні характеристики флокул, які утворюються при очищенні стічних вод (гідралічна крупність, щільність, міцність та ін.). Вказано, що при будь-якій різноманітності ортокінетичної флокуляції застосування реагентної коагуляції суттєво інтенсифікує процес утворення пластівців. При цьому найбільші за розмірами флокули (300-1000 мкм) утворюються при сумісній дії градієнтної й гравітаційної коагуляції. При градієнті швидкості, який дорівнює 60 c^{-1} і

тривалості флокуляційного перемішування 300 с, досягається максимальна ефективність прояснення міських стічних вод.

8. Узагальнені теоретичні уявлення про вплив флокуляційного перемішування на процес укрупнення завислих речовин, які містяться у міських стічних водах. Виконано оцінку ролі різних видів ортокінетичної флокуляції на укрупнення завислих речовин. Встановлено, що максимальна ефективність процесу утворення пластівців досягається внаслідок сумісної дії гравітаційної й градієнтної флокуляції.

9. Визначено гідродинамічні аспекти процесу укрупнення завислих речовин. Виконано аналіз процесу відстоювання міських стічних вод при флокуляційному перемішуванні або без нього, а також з реагентною коагуляцією. Виходячи з аналізу кінетики процесу укрупнення завислих речовин, визначено коефіцієнт коагуляції та його залежність від тривалості коагуляції (флокуляції).

10. Обґрунтовано використання розчину вапна як коагулянта для кондиціонування осадів міських стічних вод. Визначено параметри його приготування й показана можливість його багаторазового використання. Використання розчину вапна дозволяє суттєво зменшити витрати вапна, зменшити об'єми споруд для приготування й складування коагулянту в порівнянні з використанням суспензії вапна, й при цьому отримати високі результати процесу ущільнення й зневоднення осадів міських стічних вод.

11. При обробленні активного мулу флокулянтами в комплексі з суспензією або розчином вапна значно підвищується швидкість ущільнення, суттєво змінюється структура осаду, відбувається відділення від нього зв'язаної води й поліпшуються його седиментаційні властивості. Доза флокулянтів при цьому зменшується й складає 0,03-0,05 % від маси сухої речовини в залежності від концентрації твердої фази осадів. Доза вапна складає: в розчині 1-2%, в суспензії - 10-20%. При обробленні всіх категорій осадів міських стічних вод флокулянтами в комплексі з суспензією або розчином вапна значно зростає швидкість фільтрації, суттєво змінюється їх здатність до водовіддачі. Доза флокулянтів при цьому зменшується і складає 0,1-0,2% від маси сухої речовини в залежності від концентрації твердої фази осадів. Доза вапна складає: в розчині - 0,75-1,0%, в суспензії - 10-20%.

12. Використання флокулянтів і розчину вапна як реагентів при флотатійному ущільненні надлишкового активного мулу дозволяє знизити вологість ущільненого активного мулу й поліпшити його здатність до водовіддачі, скоротити час ущільнення й об'єм споруд, підвищити питому продуктивність

споруд зневоднення осадів. Застосування реагентів для оброблення осадів стічних вод перед їх сушінням на мулових майданчиках дозволяє підвищити навантаження на мулові майданчики у 2-3 рази, забезпечивши при цьому надійну роботу дренажної системи майданчиків. Найбільш доцільно використання методу оброблення осадів флокулянтами в комплексі з розчином вапна з наступним сушінням осадів на мулових майданчиках для невеликих очисних споруд селищ, пансіонатів, підприємств сільськогосподарського виробництва.

13. Дослідно-промислова перевірка розробленого методу кондиціонування осадів міських стічних вод на спорудах механічного зневоднення (наприклад, на камерних фільтр-пресах) показала високу ефективність. При використанні реагентів залишкова вологість осаду складає 71-76% при високій якості фільтрату ($C_{\text{зав}} < 50$ мг/л). Питома продуктивність складає приблизно $0,085 \text{ м}^3/\text{м}^2$ на годину або $42,5 \text{ м}^3/\text{годину}$ з одного фільтр-пресу з поверхнею фільтрування 500 м^2 . Використання флокулянтів у комплексі з розчином вапна для кондиціонування осадів доцільно здійснювати на існуючих спорудах, де застосовують вапно як коагулянт.

14. Виконано всебічні дослідження структури, властивостей і основних параметрів дисперсної фази осадів міських стічних вод на сучасному науковому рівні. Проведені дослідження дозволили: вивчити дисперсний склад, макро- і мікроструктуру осадів; вивчити процеси дегідратації й термічного розкладу осадів, а також динаміку процесу седиментації їх твердої фази. Показано, що використання флокулянтів і розчину вапна суттєво поліпшує водовіддачу й седиментаційні властивості осадів (відбувається швидко, майже миттєво, утворення крупнодисперсних структур з низьким вмістом води) і сприяє інтенсифікації їх зневоднення. Проведені дослідження дозволили отримати нові дані про властивості й склад сирого осаду і активного мулу, які були оброблені флокулянтом і розчином вапна. На основі цих досліджень було вдосконалено методи оброблення осадів міських стічних вод.

15. Результати роботи впроваджені на Комплексах біологічного очищення “Безлюдівський” і “Диканівський” ДКП “Харківкомуночиствод” і в розробках інститутів “УкркомунНДПрогрес”, ДержНДІ“УкрВОДГЕО”, ІПЦ “Біотехнологія очистки води”, НДІ ВОДГЕО.

Економічний ефект від впровадження розробленої технології ущільнення надлишкового активного мулу на КБОБ і зневоднення суміші осадів КБОБ і КБОД м.Харкова на мулових майданчиках складає 632,2 тис. грн на рік.

Список опубликованных работ за темой диссертации

1. Иловые площадки / Е.В. Двинских, И.С.Туровский, А.М.Есин, С.М.Эпоян. - М.: ВНИПИЭИлеспром, 1991. - Вып. 16-17. - 67 с.
2. Эпоян С.М. Оценка прочности хлопьев, образующихся при флокуляционном перемешивании // Водоснабжение и санитарная техника. - 1997. - № 4. - С. 24.
3. Эпоян С.М. Исследование термического разложения осадков сточных вод // Коммунальное хозяйство городов. - 1997. - Вып. 9. - С.58-61.
4. Эпоян С.М. Исследование процесса уплотнения осадков сточных вод // Коммунальное хозяйство городов. - 1997. - Вып. 10а. - С.91-93.
5. Эпоян С.М. Исследование структуры осадков городских сточных вод при обработке их реагентами // Охрана окружающей среды и утилизация отходов. - Вестник ДГАСА. - 1996. - Вып. 96-3 (4). - С. 76-78.
6. Эпоян С.М. Исследование влияния флокуляционного перемешивания на эффективность очистки городских сточных вод // Охрана окружающей среды и утилизация отходов. - Вестник ДГАСА. - 1996. - Вып. 96-3 (4). С.78-79.
7. Двинских Е.В., Есин А.М., Эпоян С.М. Новое в технологии сушки осадка на иловых площадках // Водоснабжение и санитарная техника. - 1992.- № 7. - С.6.
8. Эпоян С.М., Клейн Е.Б., Двинских Е.В. Использование извести из осадков сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. - 1992. - № 8. - С.16-17.
9. Эпоян С.М., Пантелят Г.С. Методы интенсификации обезвоживания осадков городских сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. - 1996. - № 9. - С.22-23.
10. Пантелят Г.С., Эпоян С.М. Теоретические аспекты интенсификации очистки городских сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. - 1996. - № 10.- С.11-12.
11. Эпоян С.М., Пантелят Г.С. Исследование влияния гидромеханических характеристик флокул на процесс интенсификации очистки городских сточных вод // Коммунальное хозяйство городов. - 1997. - Вып. 8. - С.66-68.
12. Пантелят Г.С., Эпоян С.М., Титов О.О., Клейн Ю.Б. Очистка воды: потрийний ефект // Миське господарство України. - 1997. - № 2.-С. 41.
13. Эпоян С.М., Есин А.М., Двинских Е.В. Рациональные способы подготовки осадков к обезвоживанию на иловых площадках // Охрана и рациональное использование водных ресурсов. - К.: УМК ВО. - 1990. - С. 83-88.

14. Ёсин А.М., Двинских Е.В., Эпоян С.М. Технология сушки осадков сточных вод на иловых площадках // Матер.Всес.семина. "Технология обработки осадков природных и сточных вод". - М. - 1990. - С.31-34.
15. Пантелят Г.С., Титов А.А., Эпоян С.М. Интенсификация очистки городских сточных вод и обработки осадков // Сб.докл. Междунар.конгр. "Экология, технология, экономика водоснабжения и канализации". -Ялта. - 1997. - С.26-27.
16. А.с. 1745704 СССР, МКИ С 02 F 11/00. Способ уплотнения осадков сточных вод / С.М. Эпоян, А.М.Есин, Е.Б.Клейн, Е.В.Двинских (СССР), - №4669383/26; Заявлено 30.03.89; Опубл. 07.07.92, Бюл. № 25. - 3 с.
17. А.с. 1742229 СССР, МКИ С 02 F 11/12. Иловая площадка / Е.В.Двинских, Л.Р.Курдюкова, С.М.Эпоян, А.М.Есин. Е.Б.Клейн (СССР). - № 4756973/26; Заявлено 31.07.89; Опубл. 23.06.92, Бюл. № 23. - 5 с.
18. Пат. 17560 Україна, МПК С 02 F 11/00. Спосіб ущільнення осадів стічних вод / С.М. Епоян, А.М.Єсін, Ю.Б.Клейн, Є.В.Двінських (Україна). - № 96124877; Заявлено 26.12.96; Опубл. 06.05.97. - 1 с.
19. Ріш. про видачу пат. України на винахід 13.02.97. Спосіб очищення стічних вод / Г.С.Пантелят, С.М.Епоян, А.А.Тітов (Україна). - № 96030849; Заявлено 05.03.96. - 1 с.
20. Реш. о выдаче пат. России на изобретение 28.08.97. Способ очистки сточных вод / Г.С.Пантелят, С.М.Эпоян, А.А.Титов (Украина). - № 96105475125; Заявлено 11.03.96. - 1 с.

Епоян С.М. Інтенсифікація процесів очищення міських стічних вод і оброблення осадів. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.04 - водопостачання, каналізація. - Харківський державний технічний університет будівництва і архітектури, Харків, 1997.

Дисертацію присвячено розробці і впровадженню методів інтенсифікації процесів очищення міських стічних вод і оброблення осадів на основі нових і вдосконалених технологій, які забезпечують високу ефективність процесів і зменшують шкідливий вплив на навколишнє середовище. Встановлено й науково обгрунтовано можливість інтенсифікації очищення міських стічних вод за допомогою флокуляційного перемішування як з використанням реагентів, так і без їх застосування. Досліджено методи інтенсифікації процесів ущільнення й зневоднення осадів міських стічних вод за допомогою різних електролітів і поліелектролітів. Виконано всебічні дослідження структури, властивостей і

основних параметрів дисперсної фази осадів міських стічних вод на сучасному науковому рівні. Розроблено нові технологічні схеми очищення міських стічних вод і оброблення осадів. Основні результати роботи впроваджено при реконструкції й проектуванні нових каналізаційних очисних споруд.

Ключові слова: міські стічні води, осад, інтенсифікація, очищення, флокуляція, ущільнення, зневоднення, реагенти.

Эпоян С.М. Интенсификация процессов очистки городских сточных вод и обработки осадков. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доцтора технических наук по специальности: 05.23.04 - водоснабжение, канализация. - Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры, Харьков, 1997.

Диссертация посвящена разработке и внедрению методов интенсификации процессов очистки городских сточных вод и обработки осадков на основе новых и усовершенствованных технологий, обеспечивающих высокую эффективность процессов и уменьшающих вредное воздействие на окружающую среду. Установлена и научно обоснована возможность интенсификации очистки городских сточных вод с помощью флокуляционного перемешивания как с использованием реагентов, так и без их применения. Исследованы методы интенсификации процессов уплотнения и обезвоживания осадков городских сточных вод с помощью различных электролитов и полиэлектролитов. Выполнены всесторонние исследования структуры, свойств и основных параметров дисперсной фазы осадков городских сточных вод и обработки осадков. Основные результаты работы нашли применение при реконструкции и проектировании новых канализационных очистных сооружений.

Ключевые слова: городские сточные воды, осадок, интенсификация, очистка, флокуляция, уплотнение, обезвоживание, реагенты.

Эпоян S. M. Intensification of municipal sewage water treatment and sludge treatment processes.- Manuscript.

Thesis for a doctor's degree by speciality 05.23.04 - water supply, sewage.- Kharkov State Technical University of Construction and Architecture, Kharkov, 1997.

The dissertation deals with development and implementation of municipal sewage water and sludge treatment methods based on new and improved techniques which provide high efficiency of processes and reduce harmful damage to the

environment. The possibility of intensification of municipal sewage treatment by means of flocculation agitation with or without reagent application is ascertained and scientifically proved. The intensification methods of thickening and dewatering of municipal sewage sludge with the help of different electrolytes and polyelectrolytes are investigated. The comprehensive investigation of the structure properties and basic parameters of municipal sewage sludge dispersed phase is performed on up-to-date scientific level. The new technological schemes for municipal sewage water and sludge treatment are developed. The main results of the dissertation found their practical application in reconstruction and design of new sewer systems.

Key words: municipal sewage, sludge, intensification, treatment, flocculation, thickening, dewatering, reagents.

С. П. М.

Підписано до друку 19.11.97 р.
Папір друк. № 2. Друк офсетний
Об'єм 2 друк. арк.
Безкоштовно

Формат папіру 60x84 2/32
Обл.- друк. арк. - 1,9
Зам. 22/226
Тираж 100 прим.

Друкарня Харківського військового університету
м. Харків, площа Свободи, 6

113/150

AB 39.084