

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І.МЕЧНИКОВА

На правах рукопису

УДК: 628.16.004.8:66.093.6.001:336.34

ШЕВЧЕНКО Леонід Якович

ЗАПОБІГАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДНИХ
ДЖЕРЕЛ ВІДХОДАМИ СТАНЦІЙ ОЧИСТКИ ПРИРОДНИХ ВОД
/II.00.II - Охорона навколишнього середовища
та раціональне використання природних ресурсів/

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеня
доктора технічних наук

Одеса - 1994



00801549 (R)

AB 29.449

Інському державному проектному та науково-дослідному інституті омунальних споруд міст/УкркомунНДІ-проект/ Держжитлокомунгоспу України.

- Офіційні опоненти:
- заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор, академік АІН України Рогов Володимир Михайлович.
 - доктор технічних наук, професор Хоружий Петро Данилович.
 - доктор технічних наук, професор Ілюха Микола Григорович.

Провідна установа: - Державний науково-дослідний і конструкторсько-технологічний інститут водопостачання, каналізації, очистки природних та стічних вод, промислової гідротехніки, екології, захисту підземних вод від забруднення.

Захист дисертації відбудеться "27" квітня 1994р. о 12 годині на засіданні спеціалізованої ради Д.068.24.02 Одеського державного університету імені І.І.Мечникова за адресою: 270100, м.Одеса, Петра Великого, 2.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці університету.

Автореферат розісланий "26" березня 1994р.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

Вчений секретар спеціалізованої ради, кандидат хімічних наук Шихалієва Г.Н.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. Основними положеннями економічного та соціального розвитку України намічено впровадити прогресивні технології для досягнення ефективності очисних споруд водопровідних станцій.

Інтенсивний розвиток суспільного виробництва, зростання темпів житлового будівництва, підвищення рівня благоустрою населених пунктів обумовлює збільшення обсягів потреби в воді в процесі очистки якої утворюється значна кількість промивних вод та осадів. Існуючими технологічними схемами роботи очисних споруд водопровідних станцій промивні води фільтрів, контактних освітлювачів та осади горизонтальних відстійників скидаються в водоймища, що приводить до прогресивного забруднення поверхневих водних джерел. На цих станціях в залежності від продуктивності та якості вихідної води утворюється 2+15 тис.тон/рік сухої речовини осадів /по Україні до 200 тис.тон на рік, тобто 50 млн.м³ осадів/.

До наступного часу більшість водопровідних станцій промивні води фільтрів не повертають на повторне очищення, а разом з осадами, повертають в водні джерела.

Мулові майданчики на тих станціях де вони є перетворюються в покинуті, під які використовуються спочатку орні землі.

Існуючі способи очищення води та обробки осадів не дають можливості застосувати утворені на водопровідних станціях осади в народному господарстві. Тому важливим питанням є їх підготовка, збезводнювання та утилізація. Рішення цієї проблеми потребує комплексного підходу шляхом утворення безстічних схем роботи очисних споруд водопровідних станцій з послідовним використанням виключених з технічного процесу відходів виробництва. В свою

чергу такі промисловості, як будівельні матеріали, металургія мають гостру потребу в сировинних матеріалах та компонентах.

Цією роботою передбачається утворення безстічних схем очищення природних вод, включаючи розробку принципально нових методів підготовки, збезводнювання та утилізації в народному господарстві осадів водопровідних станцій, які скидають зараз в водоймища, забруднюючи поверхневі водні джерела.

Робота присвячена актуальній проблемі пов'язаної з утворенням екологічно чистої маловідходної технології очистки природних вод.

Метою проведених досліджень є розробка технології підготовки, збезводнювання та утилізації осадів водопровідних станцій запобігаючи скидання їх в поверхневі водні джерела, сприяючи охороні навколишнього середовища.

Для досягнення цієї мети були поставлені і розв'язані слідуючі основні задачі:

- досліджені властивості, хімічний, мінералогічний та гранулометричний склад осадів 22 водопровідних станцій регіонів річок: Дніпро, Дністер, Сів.Донець, південний Буг, Прут та гірських річок Криму;

- розроблені технологічні параметри обробки осадів в залежності від їх хімічного, мінерального складів та фізичних властивостей;

- розроблені методи утилізації осадів;

- розроблені безстічні схеми роботи водопровідних очисних споруд та рекомендації для проектування в залежності від якості поверхневих водних джерел.

Наукова новизна досліджень полягає:

- в розробці нових технологічних рішень та методів по підготовці, збезводнюванню та утилізації осадів водопровідних стан-

цій;

- обґрунтованні та класифікації утворених при очищенні води осадів;

- розкритті механізми дії відходів хімічних виробництв при збезводнюванні осадів;

- теоретичному обґрунтуванню побудови гідратованої частинки осаду;

- встановленню закономірності процесу збезводнюючого ефекту використання факторів введення присадки та нагріву осадів перед збезводненням;

- в розробці методики оптимізації технології підготовки та збезводнювання осадів в залежності від їх природи та фізичних властивостей;

- запропоновані способи утилізації осадів водопровідних станцій в різних галузях народного господарства.

Результатом виконання теоретичних, експериментальних та промислових досліджень є розробка технічних рішень на рівні восьми винаходів.

Практична цінність та упровадження.

Реалізація даної роботи дозволила:

- розробити для широкого практичного упровадження рекомендації для проектування безстічних схем водопровідних очисних споруд для характерних груп водних джерел України, сприяючи охороні навколишнього середовища;

- упровадити в народне господарство методи підготовки, збезводнювання та утилізації утворених на станціях очистки осадів водопровідних станцій.

Результати роботи отримали призначення:

- при проектуванні, будівництві та упровадженні дослідно-промислового цеху по збезводненню мулових осадів головних водо-

провідних споруд /АЕС/ продуктивністю 62 тис.м³ води/добу на річці Сіста селища Сосновий Бор з економічним ефектом 198,8 тис.крб. на рік /за цінами 1990 р./;

- при розробці робочої документації реконструкції та розширенню водопровідних станцій міст: Харкова, Києва, Білої Церкви, Запоріжжя, Феодосії та інш. загальною продуктивністю 2,5 млн.м³ води на добу, проектуванні та будівництві водопровідних станцій металургійного та цементного заводів республіки Молдови, водопровідної станції Таврицького Гзку Запорізької області.

Фактичний економічний ефект від упровадження розроблених рекомендацій в робочу документацію склав 1,5 млн.крб. на рік, що дозволить ще отримати більш як 201 тис.тон на рік сировини та добавок для народного господарства, зберегти 1,5 тис.га орних земель, які належали раніше використуванню під мулові майданчики для збезводнювання та зберігання осадів водопровідних станцій.

Апробація роботи.

Основні висновки дисертаційної роботи повідомлені на наступних семінарах та конференціях:

- Всесоюзній нараді "Шляхи досконалості, інтенсифікації та підвищення надійності апаратів основної хімії". Суми, 1982 р.
- XXXIII науково-технічній конференції Харківського інженерно-будівельного інституту, 1984 р.
- Обласному семінарі при Харківському будинку техніки "Актуальні питання охорони навколишнього середовища", 1984 р.
- Всесоюзному науково-технічному семінарі при БНПІ "Обробка осадів водопровідних станцій", Москва, 1985 р.
- Всесоюзній науково-технічній конференції "Основні напрями розвитку водозабезпечення, водовідведення, очистка природних та стічних вод та обробки осадів", Харків, 1986 р.

- Республіканському семінарі "Шляхи розширення та використання повторних сировинних ресурсів в будівництві". Харків, 1987 р.

Розроблена система повторного використання промивних вод фільтрів та механічне збезводнювання осадів Кочетокської водопровідної станції в м. Харкові експонувалась на ВДНГ та відзначена бронзовою медаллю.

Розроблені рекомендації для проектування безстічних схем водопровідних очисних споруд по характерним групам водних джерел України відзначені II премією Республіканського конкурсу "За краще технічне рішення по охороні навколишнього середовища", Київ.

Публікації. По матеріалах дисертації опубліковано 28 наукових праць загальним обсягом 13 п.а., отримано 8 авторських свідоцтв.

Обсяг роботи. Дисертація викладена на 344 сторінках машинописного тексту і складається з вступу, семи глав, висновків, списку використаної літератури та додатків. Робота вмістить 60 рисунків, 39 таблиць. Бібліографія включає 128 найменувань.

На захист виносяться:

- результати досліджень хімічних, мінеральних, гранулометричних складів та фізичних властивостей осадів водопровідних станцій семи регіонів річок України та Республіки Молдови;
- класифікація осадів водопровідних станцій в залежності від їх складів та властивостей;
- нові технічні рішення та методи підготовки, збезводнювання та утилізації осадів в залежності від груп утворених осадів;
- методика оптимізації технології підготовки та збезводнювання осадів перед їх утилізацією;
- рекомендації для проектування безстічних схем водопровідних очисних споруд по характерним групам водних джерел України;

- способи утилізації осадів водопровідних станцій в народному господарстві;

- результати промислових досліджень технології підготовки, збезводнювання та утилізації осадів водопровідних станцій;

- результати практичного впровадження розроблених технологій при проектуванні, реконструкції та будівництві народногосподарських об'єктів;

- техніко-економічна оцінка ефективності використання розроблених технологічних рішень та методів підготовки, збезводнювання та утилізації осадів в промисловості та комунальному водопостачанню.

В першому розділі проаналізовані особливості підготовки, збезводнення та утилізації осадів водопровідних станцій, приведені в вітчизнянних та закордонних літературних джерелах, авторських свідоцтв, патентах і досвід практичної роботи підприємств в цій галузі. Відзначається, що на очисних спорудах комунальних та промислових водопроводів утворюється значна кількість різноманітних осадів. Це зв'язано як з процесами очистки природних вод, такі з допоміжними процесами - очищення баків реагентного господарства, резервуарів чистої води, вхідних камер, приямків хлораторних, насосних станцій...

Проблемам використання промивних вод фільтрів у процесі очистки природних вод присвячені дослідження /Любарський В.М., Яковлев С.В./, які в результаті привели до утворення технологічного процесу повернення їх на повторну очистку, схема якого впроваджена тільки на не значній кількості водопровідних станцій.

Найбільш поширеним способом вважається випуск осадів на мулові майданчики для природної сушки та послідовного виключення за межі станції. Ступінь зневоднення їх на мулових майданчиках вважається достатною при вологості не більше 80%, при котрій

їх можна зрушити бульдозерами. Досвід збезводнення осадів на мулових майданчиках водоочисних споруд Ленінградської АЕС показав значно низьку їх ефективність: неможливість отримання на них осадів вологістю нижче 85%, що привело до утворення мулових ставків.

В США в районах з жарким кліматом /штат Огайо/ до 1985 р. використовували мулові майданчики з отриманням на них осадів вологістю 60%, одночас підвищення продуктивності станції привело до збільшення їх площі. Відзначається збільшення коштовності обробки та вилучення осадів в США з мулових ставків з 2,3 долара в 1982 р. до 10 доларів в 1988 р. на кожні 300 тис.м³ очишаємої води. Не відкидаючи ефективності природного збезводнення осадів на мулових майданчиках при сприятливих кліматичних умовах відзначаються наступні недоліки їх використання:

1. Неможливість комплексного рішення проблеми підготовки, збезводнення, виключення та утилізації осадів.

2. Залежність режиму роботи мулових майданчиків від кліматичних факторів та зміни рівня ґрунтових вод на прилеглих територіях.

3. Потреба в відчуженні значних земельних площ.

4. Подорожчення обробки осадів зі зміною часу.

В останні роки все більше розповсюдження отримують методи механічного збезводнення осадів міських стічних вод /Туровський І.С./, та водопровідних очисних споруд /Любарський В.М./. Ці методи /центрифугування, вакуум-фільтрація, фільтрпресування/ дозволяють значно інтенсифікувати процеси збезводнення осадів, механізувати та автоматизувати найбільш трудоміські процеси очистки природних вод.

Використання центрифуг приводить до кінцевої вологості збезводнення - 80% та одноразовому виносі до 5000 мг/л завислих

речовин в фугат, що виключає вилучення його на повторну очистку. Вакуум-фільтри в свою чергу забезпечують високу продуктивність та неперервність процесу, характеризуються великою вологістю безводного осаду /75%/ та часткового виносу зависі в фільтрат.

Спосіб безводнювання осадів під надлишковим тиском використовується на початку ХХ століття. Досліди проведені в США, ФРГ, Японії виявили ряд переваг безводнення водопровідних осадів на фільтрпресах. Осади після них мають вологість 40-50%, малий об'єм при складуванні, фізико-хімічні властивості фільтрату дозволяють повертати його в голову споруд без попередньої очистки.

Для ефективного протікання процесів безводнення необхідна підготовка осадів: флокуляція, кислотна або реагентна обробка, замороження - відтавання та інші. Встановлено, що флокуляція дає задовільні результати тільки при обробці осадів природних вод середньої та збільшеної мутності. Але відсутність промислових вітчизняних флокулянтів не дає можливості здійснити цей метод на практиці..

Негашене вапно є одночасно реагентом та присадочним матеріалом при ушольненні та безводненні осадів, але її використання неефективно для осадів утворених при очистці маломутних високоцвітних вод навіть при введенні в кількості 100% від ваги сухої речовини осадів. Для такого типу осадів треба розробляти інші методи підготовки.

При кислотній обробці осадів /Лобарський В.М., Дмитрієв В.Д./ перед їх безводненням доза сірчаної кислоти дорівнює 0,7+1,0 кг/кг сухої речовини осадів, а хлористоводневої - 0,5+0,95 кг/кг с.р. осадів, при чому необхідно на очисних спорудах мати складне реагентне господарство з послідовною нейтралізацією фільтрату.

Одним із методів попередньої обробки осадів, утворених при

очистці маломутних високоцвітних вод є замороження – відтавання, дозволяючий змінити структуру осадів. В промислових умовах цей метод здійснюється в апаратах тонковерсткового замороження з використанням льдогенераторів. В практиці водоочистки його ще не впровадили.

Відомий спосіб теплової обробки осадів перед їх збезводненням. Дослідженнями даного процесу в широкому діапазоні температур та тиску займаються ряд ведучих закордонних фірм та вітчизняних інститутів. Є рекомендації по режимах теплової обробки різних видів осадів стічних вод. Але в технічній та патентній літературі немає відомості про застосування методу термічного кондиціювання осадів природних вод.

Розглянуті відомі методи обробки різних видів очисних споруд водопровідних станцій свідчать про можливість їх підготовки та збезводнювання. Але відомі технологічні схеми та методи обробки потребують використання додаткових реагентів та затрат електроенергії, використання складного технологічного устаткування, які не дають можливості утилізувати збезводненні осадки. Тому необхідне утворення методів та універсальних технологічних схем підготовки та збезводнювання для усіх типів утворених на водопровідних станціях осадів, з можливістю їх послідовної утилізації.

В вітчизняній та закордонній літературі є ряд повідомлень по питанням утилізації осадів водопровідних станцій, які свідчать про недостатню увагу дослідників до цієї важливої проблеми.

Відомі дослідження проведені /Корнілович Б.Ю., Гороновський І.Г., Кравченко В.А./ про використання осадів в суміші керамічної сировини, добавок при виробництві червоної цегли, стінових керамічних панелів.

Експериментальними дослідями проведеними в інституті колоїдної хімії та хімії води АН України встановлено, що введення осадів в сировинні суміші при виробництві сілікатних автоклавних виробів дають пластифікуючу дію та можливість значно знизити тиск пресування.

Дослідники /Яковлев С.В., Кравченко В.С./ запропонували використовувати осади водопровідних станцій для очистки стічних вод.

Особливий інтерес дослідників /Волков Л.С., Хадиров С.А./ викликає застосування в промисловості будівельних матеріалів осадів залізомістких вод підземних джерел при виготовленні бетонних виробів, що дають можливість отримати високоякісні бетони спеціальних марок. Залізомісткі осади на водопровідних станціях складають до 2 % від всієї кількості утворених на очисних спорудах України.

В умовах широкого будівництва очисних споруд, розширення та реконструкції водопровідних станцій особливу актуальність набувають питання утилізації осадів утворених при очистці природних вод, які скидають в поверхневі джерела.

Розробка та впровадження в виробництво сучасних технологій підготовки, збезводження та утилізації осадів, утворення безстічних схем роботи очисних споруд дозволяють вирішити питання запобігання забруднення поверхневих водних джерел водопровідними станціями.

В другому розділі викладені концептуальні теоретичні обґрунтування напряму дослідів та технологій обробки осадів, запобігачих скидання їх в поверхневі водні джерела.

Показано, що вагомий вклад в вивчення складу і властивостей окремих питань обробки осадів природних вод та фільтрування внесли: С.Ф. Курганов, Є.Н. Тетьоркін, І.С. Лебедева, З.Г. Круглова,

М.М. Любарський, І.С. Туровський, Є.І. Апельціна, В.А. Клячко, В.А. Жужиков, Т.А. Малиновська та інші. Але ці досліді присвячені вивченню властивостей та методів обробки для країн СНД, в тому числі конкретно для Росії.

На Україні проводились такі дослідження під керівництвом академіка АН України Л.А. Кульського, та к.т.н. Руденко, які вивчали осади конкретних водопровідних станцій.

Основними технологічними показниками осадів станцій на основі їх обробки є водовіддаюча властивість, яка характеризується питомим опором фільтрації, але вивчення залежності цього показника від властивостей осадів та умов їх утворення, на Україні не проводилось.

Вивчення впливу різних факторів на питомий опір фільтрації осадів дає знайти способи зменшення цього показника, бузумовно, збільшення швидкості фільтрації.

Ці залежності можна виразити порівнянням Козені-Кармана:

$$q = \left[\frac{\epsilon^3}{K_f \cdot S_{se}^2 (1-\epsilon)^2} \right] \cdot \frac{\Delta P}{\mu \cdot h_{ос}} \cdot z, \text{ де } 1/$$

q - питомий опір фільтрації осаду, $\text{м}^3/\text{кг}$;

ϵ - пористість осаду;

$h_{ос}$ - товщина осаду, м ;

ΔP - різниця тиску фільтрації, $\text{н} \cdot \text{м}^{-2}$;

μ - в'язкість суспензії осаду, $\text{н} \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-2}$;

K_f - коефіцієнт залежності довжини пір в осаді від товщі.

Але це порівняння не відображає вплив фізико-хімічних факторів, поверхневих явищ /утворення подвійного електричного шару та інш./

які особливо впливають на питомий опір фільтрації осадів при розмірі часток $\angle 20$ мкм та не може бути використовано для обробки результатів досліджень по розділу тонкодисперсних суспензій.

Фільтрування /збезводження/ високодисперсних суспензій, якими

е осади очисних споруд /утворених при очистці маломутних високо-
 цвітних вод/проходить дуже важко, тому що вони є гетерогенні сис-
 теми, на межі грубодисперсних і колоїдних систем.

Ступінь агрегації часток та бузумовно пористість таких оса-
 дів залежить від фізико-хімічних явищ на межі тверда фаза - рідина
 / ξ - потенціал, рН середовища та інш./ . Недостатня вивченність
 процесів переробки та збезводження осадів, відсутність розрахунко-
 вих зрівнянь не дає можливість рішення питань оптимізації процесів
 збезводження, зниження кількості скидання стічних вод, розробці
 способів інтенсифікації процесів та утворення безстічних схем
 очистки. Тому Т.А. Малиновська вивела зрівняння фільтрування з ви-
 користуванням отриманного показника ступеня "в":

$$V = \left(\frac{\Delta P^{1-m} \cdot F^2}{\delta \cdot \mu \cdot k \cdot C_v} \right) \cdot \tau^{\beta}, \text{ де } |2|$$

V - об'єм фільтрата, M^3 ;

m - коефіцієнт зтиснення осаду;

F - поверхня фільтру, M^2 ;

C_v - об'ємна для твердої фази в суспензії;

τ - час фільтрування, $сек$;

β - показник ступеня, який знаходиться по даним кінетики накопичен-
 ня рідини при збезводженні, яка в логарифмічних координатах відо-
 бражається прямою лінією з вугловим коефіцієнтос " β ", який не змі-
 нюється при зміні тиску та кількості твердої фази в суміші.

З ціллю оптимізації процесів збезводнення багатодисперсних
 осадів можна винайти співвідношення для оптимізації часу фільтра-
 ції / τ_{opt} / завдяки якому отримується максимальна продуктивність
 фільтр-преса.

$$\tau_{opt} = \frac{\tau_{зф} \cdot \beta}{1-\beta} \cdot \psi, \text{ де } |3|$$

$$\tau_{зф} = \tau_{зф} + \tau_{зг} + \tau_{всп}$$

$\tau_{\text{фил}}$ - час на збезводнення, віджим та допоміжні операції;

β - показник ступеня фільтрації;

ψ - коефіцієнт, який враховує параметри, які залежать від вологості осадів та різних доз реагентів і знаходиться по формулам виведеним на основі експериментальних даних для кожного типу осадів.

Таким чином, відоме зрівняння /2/ та отримане /3/ дає можливість теоретично винайти основні параметри ведення процесу збезводнення та прогнозування продуктивності фільтр-преса в оптимальному режимі на основі мінімально проведеної експериментальної роботи.

Коефіцієнт стискості осаду в зрівнянні /3/ можна вирахувати через питому вагомість осаду з порами заповненими рідиною в момент закінчення фільтрування /без продувки осаду повітрям/:

$$W_{oc} = \frac{G_p}{G_{тв.}} = \frac{V_p \cdot \rho_p}{V_{тв.} \cdot \rho_{тв.}} = \frac{\epsilon}{1-\epsilon} \cdot K_1, \text{ де } /5/$$

G - вага; V - об'єм; ρ - щільність рідиної та твердої фаз.

Показник ступеня " β " дорівнює тангенсу кута нахилу прямих ліній в координатах $\lg \frac{1}{W_{oc}} - \lg \rho$, який винаходять на основі питомого водоспоживання осаду в 2-3^х дослідах по фільтруванню при різному тиску без збезводнення їх на фільтр-пресі. Вагомий опір фільтрації в залежності від вологості осаду, температури та типів реагентів знаходять по методу Туровського І.С. шляхом фіксації об'ємів фільтрату, який відокремлюється за відрізки часу в процесі фільтрування осадів на воронці Бюхнера при постійному вакуумі /0,04 МПа/.

В третьому розділі приведені описи існуючих методик та розроблених технологічних схем в процесі дослідів на лабораторних та напівпромислових установках по вивченню основних технологічних параметрів підготовки, збезводнення та утилізації осадів утворених на очисних спорудах при очистці природних вод.

Досліди проводились на лабораторних та експериментальних

утвореним поступаючим із ресівера повітрям, осад заповнював камери фільтпресу – початок фільтрації. Після закінчення процесу /момент прориву повітря через тканину та падіння тиску/ припиняли подачу осаду, а подачу повітря здійснювали під діафрагми фільтпреса для отжиму осада до припинення виходу фільтрата. Надмірний тиск на діафрагми знижувався, проводився розжим плит та вилучення збезводненого осаду з одночасною регенерацією тканини. Фільтрат в процесі збезводнення, та вода від промивки тканини збиралися в 2-х секційний резервуар із якого відбиралися проби для визначення фізичних та хімічних показників. Досліди по вибіру режимів нагріву осадів перед його збезводненням здійснювали в 20-літрових емкостях з підігрівом в них осадів при температурі 30-90°C.

При проведенні дослідів використовувались існуючі та частково перероблені, застосовано до осадів, методики. Визначення мінеральних та хімічних складів осадів, сирсвинних сумішей, клінкерів, міцностних показників цементів, та властивості отриманих на базі осадів покритть ізложниць, керамзиту, проводились в лабораторіях "Південдіпроцемент", "Укрдіпромет", "Укрдіпробудпроект" по загальноприйнятим методикам.

Четвертий розділ присвячений дослідам по вивченню составів, властивостей, класифікації осадів, утворених на водопровідних станціях міст України при очищенні природних вод, розробці технологій підготовки, збезводнення та методики оптимізації цих технологій.

Об'єктами досліджень вибрані осади утворені на водопровідних станціях міст України при очищенні води поверхніх водних джерел басейнів річок: Дніпро, Сіверський Донець, південний Буг, Дністер та гірських річок Криму. Всього вивченню осади 22 водопровідних станцій. В роботі докладно приведені результати досліджень осадів водопровідних станцій м.м. Харкова /Кочетокська/, Києва /Дніпровська/, та Севастополя. Результати досліджень осадів водопровідних станцій приведені в зведенній табл. 1.

Таблиця І.

Характеристика основних показників осаdів водопровiдних станцій
України та Молдови

Назва водопровiдної станції	Назва джерела	Хiмiчний склад, %							Мiнералогiчний склад, %							Гранулометричний склад, %				
		В.П.С	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	глино-глинистий компонент	кварц	карбонати	слiди та гiдрослiди	колоїдні гiдроксили	примiшні мiнерали	органiчні речовини	0,25 мм	0,25+0,1 мм	0,1+0,05 мм	0,05+0,01 мм	0,01 мм
Кочетокська /м. Харків/	р.Сiв. Донець	29,3-6,2	20,8-32,6	16,7-35,6	3,9-27,8	3,3-5,7	1,7-6,3	0,04-3,2	72-75	10-12	6-8	2-3	2-5	2-50	8-10	-	3-5	25-35	20-26	40-45
Днiпровська /м. Київ/	р.Днiпро	13,8-20,6	58,6-61,5	3,58-6,05	4,33-6,27	0,53-2,53	3,8-6,32	3,68-3,42	7-10 /8-10/	2-3	5-8	3-5	15-20	3-5	48-50	-	2-4	3-5	20-25	70-75
Деснянська /м. Київ/	р.Десна	4,15	19,42	55,9	14,39	6,71	3,46	1,51	60-65 /5-8/	10-12	3-5	слiди	слiди	2-3	15-18	0,5	3-4	18-20	35-40	38-40
Рибницьке /м. Рибниця/	р.Днiстер	16,85	55,0	16,30	2,39	2,90	3,22	0,14	7-80	7-10	3-4	2-3	слiди	2-4	5-6	5,4	36,3	33,8	25,5	
Днiстровська /м. Кишинiв/	р.Днiстер	17,33	49,2	15,08	1,32	10,27	6,6	1,02	80-82	2-3	4-6	1	слiди	2-3	7-8	-	26,8	31,2	42,0	
Ялтинська	щасливинське водоймище	19,25	37,2	17,5	1,32	16,84	4,68	3,38	30-35	10-12	40-45	1-2	-	1-2	10-12	6,8	11,3	25,1	35,8	21,0
Днiпровська /м. Черкаси/	р.Днiпро	38,4	47,0	6,2	1,2	6,3	-	0,7	8-10 /10-15/	3-5	3-6	слiди	22-26	2-3	40-45	-	2,3	2-3	25-40	58-60
Аульська /м. Днiпро-дзержинськ/	р.Днiпро	не визначались							30-35 /28-30/	8-10	слiди	слiди	5-7	2-3	20-25	-	3-5	15-20	35-40	40-45
Днiпровська-2 /м. Запорiжжя/	р.Днiпро	25,7-32,9	53,8-58,6	4,5-6,1	2,3-2,6	6,2-9,4	-	0,2-1,8	40-43	2-3	слiди	-	12-15	2-3	32-55	-	1	3-5	20-25	70-75
Вiнницька	р.Пiвденний Буг	40,4	25,4	16,2	8,6	6,8	-	0,4	40-43	2-5	3-6	слiди	10-12	2-4	35-40	-	3-5	10-15	35-40	48-50
Севастопiльська	р.Чорна	18,7-20,2	38,0-40,0	17,0-18,0	2,32-3,1	15,0-16,4	-	2,0-3,9	38-42	4-5	35-38	1-2	3-4	-	8-10	-	7,4	23,6	25,4	30,2

Переважно каолинiт, в дужках - монтмориллонiт.

Осад Кочетокської водопровідної станції /КВС/ утворений на спорудах при очищенні води із джерел середньої мутності річки Сіверський Д. нець удає собою тонкодисперсний сірий порошок. По хімічному складу являє собою складну багатокomпонентну систему, яка складається в основному із з'єднань кремнію, алюмінію, кальцію, заліза, магнію та органічних речовин.

Дослідженнями мінералогічного /рис. 2/ складу осадів встановлено, що основним мінеральним складом його є каолінит, обумовлений тонколускатими з'єднаннями. Серед каолініта знаходяться мілкі луски слюдистих та гідрослюдистих мінералів; зерна карбонату та гідрокарбонату кальція, а також кварцу є примішні мінерали - циркон, сфен, лейкоксен та інші.

Результати проведеного мінералогічного дослідження підтверджені даними рентгено-структурного та термогравіметричного аналізів. Гранулометричний склад характеризується високою дисперсністю - більш 95% часток мають розміри менш 100 мкм, в т.ч. 50% менш 10 мкм.

Слід відмітити, що осад паводкового періоду більш грубодисперсний, чим літні. Питома вага сухої речовини осаду складає від 2,3 до 2,42 т/м³ і зменшується по мірі збільшення складу в ньому органічної частки. В'язкість осадів 97-98% вологості приблизнюється до величини в'язкості води - 0,2 П.с. Питомий опір фільтрації осаду складає /1500+1800/ · 10⁻¹⁰ м/кг. Добавка 10%-ного розчину вапна в кількості 5+30% від ваги сухої речовини осаду знижує величину питомого опору фільтрації осадів до /60+120/ · 10⁻¹⁰ м/кг.

Таким чином, із висновків результатів досліджень визначені хімічні, мінеральні состави та дисперсність осадів водопровідних станцій при очищенні маломутних вод /5+50 мг/л/ виважених речовин та середньої мутності /50+300 мг/л/. Ці властивості визначають здібність осадів до коагуляції, ущільненню та збезводнюванню.

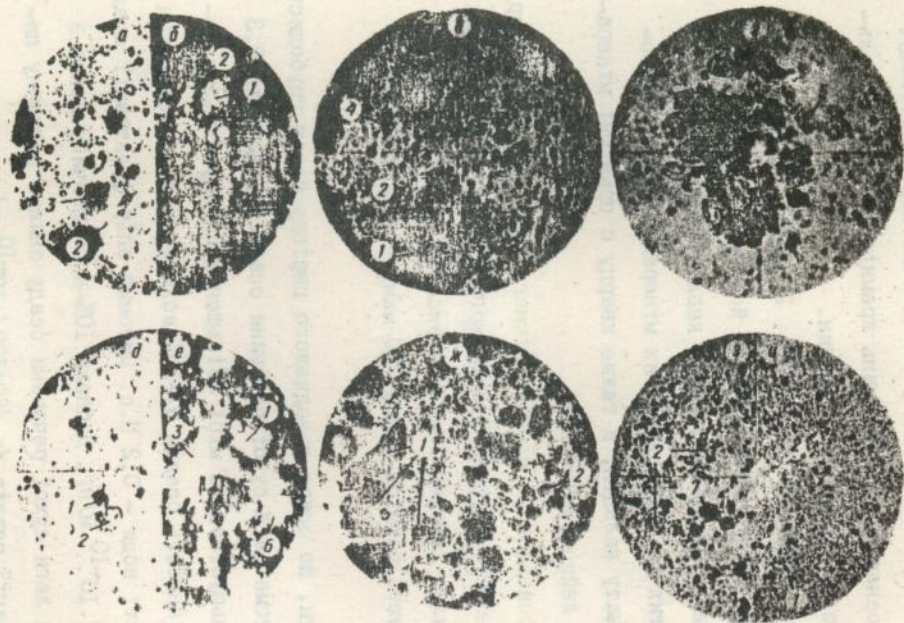


Рис. 2. Мікроструктура осадів Кочетокської /а,б/, Київської /в/, Запоріжської /г/
 Вінницької /д/, Рибницької /е/, Кішинівської /і/ водопровідних станцій:
 1-агрегати глинистої маси; 2-акцесорні мінерали; 3-гідрослюди заліза;
 4-кварц; 6-кальцит; рослинницькі аалишки. 36 x 200

Осад Дніпровської водопровідної станції /ДВС/ м. Києва, утворений на спорудах при очищенні води із р. Дніпро по своєму хімічному та мінеральному складам відрізняється від осадів КВС.

В зв'язку с тим, що він є продуктом очистки /коагуляції/ маломутних багатокольорових вод, основна частка його удає органо-мінеральним колоїдам, при цьому органічні речовини /залишки синезелених водорослів, гумусу/ складають 50+60%. В мінеральній частині перебільшують колоїдні гідроксиди алюмінія, кремнія, заліза, які складають 20% осаду, т.ч. 40% сухої прожарюваної речовини. Крім гелеобразних речовин присутні мінерали монтморілітової групи, карбонати /кальціт, доломіт/, слюди, гідрослюди, кварц, до 5% різних акцесорних мінералів /рутіл, циркон/.

Хімічний аналіз досліджених осадів характеризується присутністю до 2% лугів, підвищеним складом окислу заліза, кремнію, алюмінію, збільшеним складом органічних речовин - 60%. Рентгенограма осаду показує, що значний його склад є рентгеноаморфним /гелеобразна фаза, на фоні якої чітко розрізняються рефлекси α -кварца.

По гранулометрії осад ДВС характеризується високою дисперсністю: більш 90% часток проходить через сито з розміром вічок \angle 40мкм, вміст часток розміром \angle 10 мкм перевищує 70%, в тому числі в осаді більш 40% часток - розміром 2 мкм.

Питомий опір фільтрації осаду ДВС в три рази вище чим осаду КВС, він складає /5000+7000/. 10^{-10} м/кг. Це пояснюється наявністю в осаді великої кількості тонкодисперсних часток, які забивають фільтровальну перегородку, а також наявність зв'язаної води в вигляді геля з вичіленням із нього твердої фази з великим трудом. При нагріві осаду до 50-90°C, не вважаючи на зниження в'язкості рідкої фази не відмічається зниження питомого опору фільтрації осаду, що пояснюється переходом гелеобразних часток в колоїдний

розчин, який важко піддається розділу на звичайних фільтрах.

Таким чином, проведені досліді по вивченню властивостей осаду Дніпровської водопровідної станції /м. Київ/ утвореного на спорудах при очистці води маломутних висококольорових вод відрізняються від складу і властивостей осадів, утворених при очистці вод малої та середньої мутності. Це обумовлюється необхідністю розробки спеціальних методів підготовки та збезводнення таких типів осадів.

Осади Севастопольської водопровідної станції /СВС/ отримані на спорудах при очистці високомутних вод р. Чорної є типовими для осадів, утворених при очистці вод із річок Дністер, Прут та Криму.

Основними хімічними з'єднаннями, які входять в склад цих осадів є оксиди кремнія, алюмінія та лужноземельних металів. Осад має до 4% лугів, вміст оксидів заліза приближується до 3%. Мікροструктура осаду неоднорідна, в тонкодисперсній основній масі спостерігаються численні сгустки, які складаються з глинисто-карбонатної пеллітоморфної маси, деякі з них пофарбовані в темнобурий колір оксидами та гідрооксидами заліза та гумуса. Відмінною особливістю данного осаду є вміст великої кількості карбонатів як в шару глинисто-карбонатних сгустків, так і у виді багаточисленних кристалів чистого кальцію аутигенного походження /із агрегатів глинисто-карбонатного составу/; його терригенна частина представлена в основному зернами та уламками карбонатів /вапняка/, утворених за рахунок розмива річками карстових порід. Зустрічаються в пробах осадів уривки водорослів та уламки раковин. По гранулометричному складу осад СВС збігається з осадами рівнинної частини р. Дністер. Величина питомого опору фільтрації осада змінюється від $960 \cdot 10^{-10}$ м/кг до $3100 \cdot 10^{-10}$ м/кг з зменшенням по збільшенню во-

логості осаду з 89% до 99,5%. Добавка розчину із вапна в кількості 10% від ваги сухої речовини осаду знижує величину питомого опору фільтрації в 5-6 разів.

При дослідженні властивостей, хімічного, мінерального та гранулометричного складу осадів встановлено, що їх склад в першу чергу залежить від якості води поступаючої на очистку.

Встановлено, що основними показниками осадів, які характеризують вибір способів підготовки, збезводнення та утилізації, є водовіддаюча властивість /питомий опір фільтрації осаду/, хімічний, мінеральний та гранулометричний склад /таб. I/

Відомо декілька систем класифікації домішок води. Академік АН України Л.А. Кульський теоретично обґрунтував класифікацію домішок в поступаючій на очистку воді по їх фазоводісперсному стану, поділив їх на 4 групи. При виборі способів обробки осадів елементи цієї класифікації в даній роботі були захищені.

В.М. Любарський запропонував 5 різних принципів класифікації осадів в залежності від якості джерела, виду реагента, відношенню цвітності до мутності, по походженню і т.д.

В основу розробляємої класифікації осадів при виборі методів підготовки, збезводнення та утилізації має бути покладена водовіддаюча властивість їх при ущільненню та збезводненню, які залежать від фізичних властивостей, хімічного та мінерального складів цих осадів.

В даних дослідниками варіантах класифікації осадів не взяті на облік вищевказані показники. Тому запропонована в процесі дослідів класифікація осадів водопровідних станцій враховує хімічний, мінеральний та гранулометричний склад з метою обґрунтування вибору способів їх підготовки, збезводнення та утилізації.

В табл. 2 подані дані досліджень осадів водопровідних станцій України та Молдови по характерним групам водних джерел з показ-

Таблиця 2.

Класифікація утворених осадів на водопровідних станціях по групам водних джерел

Характеристика водних джерел		Характеристика осадів				
Класифікація водних джерел по групам	Назва водних джерел	Гранулометричний склад, %		Кількість органічних речовин, %	Кількість колоїдних гідроксидів	Питомий опір фільтрації осадів, м/кг. 10 ¹⁰
		більш 10 мкм, %	менш 10 мкм, %			
1	2	3	4	5	6	7
I група маломутні до 50 мг/л	р. Дніпро /Киевське водоймище/, м. Київ	25-30	70-75	53-60	40-45	8400-14100
середньо-цвітні 3-120 град.	р. Дніпро /Дніпродзержинське водоймище/, м. Дніпродзержинськ	40-45	55-60	60-63	20-25	12800-16200
	р. Дніпро оз. ім. Леніна, м. Запоріжжя	25-30	70-75	55-60	30-35	8000-16000
II група маломутні до 50 мг/л, малоцвітні до 35 град.	р. Південний Буг, м. Вінниця	45-50	50-55	35-40	10-12	8400-8900
	р. Тетерів, м. Литомир	50-52	45-55	35-41	11-14	4500-5800
	р. Дніпро /Кременчузьке водоймище/, м. Черкаси	50-55	40-55	40-55	22-26	4700-5500
	р. Дніпро /Кременчузьке водоймище/, м. Світловодськ	48-50	38-44	47-52	16-18	2300-3200

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
III група середньої мутності /50-250 мг/л/	р. Сіверський Донець, м. Ларнів	60-65	35-40	16-30	I-5	1000-1800
малоцвітні до 35 град.	р. Десна, м. Київ	57-65	38-40	13-20	3-6	1600-2700
	р. Рось, м. Біла Церква	55-60	40-45	15-22	2-5	1300-2300
IV група мутність більше 250 мг/л, малоцвітні до 35°C	р. Дністер	70-75	25-35	5-10	менше I	80-1000
	р. Дністер, м. Кишинів	60-70	30-35	4-7	сліди	30-1000
	р. Дністер, м. Чернівці	70-75	25-35	1-2	сліди	350-800
	р. Ірут, м. Унгени	70-75	25-30	6-11	I-3	700-600
	р. Альма, Салгір та ін. /щасливецьке водоймище/, м. Ялта, м. Феодосія	70-30	25-30	10-12	I-5	900-1500
	р. Чорна /гірські річки Криму/, м. Севастополь	60-65	30-35	5-9	I, 5-2	400-960

никами їх основних властивостей і складу. Як видно із таблиці, в першу групу виділені осади, які мають найбільший питомий опір фільтрації $/9000+16000/ \cdot 10^{-10}$ м/кг, вони погано віддають воду при ушіленні та збезводненні.

До них належать осади станцій водозабори котрих розташовані на водосховищах Дніпра, які мають малу мутність води /до 3+5 мг/л/ та середню кольоровість $/35-120^0/$ в період цвітіння та масового розвитку сине-зелених водорослів.

Органічна частина таких осадів складає більше половини $/58+63%/$ від ваги їх сухої речовини та подана переважно залишками водорослів. Для них характерно також збільшений $/20+45%/$ вміст колоїдних гідроксидів. Незначна кількість мінеральних сумішей в воді та її висока кольоровість, присутність органіки та колоїдів приводять до утворення пухких з гелеобразною структурою осадів, маючих важко звільняему при звичайних традиційних методах діяння структурно-затиснату воду.

В другу групу з'єднані осади річок з малим $/1-50$ мг/л/ складом зависі, як правило, малою /до 35^0 / кольоровістю води: Південний Буг, Тетерев, Рось. До цієї групи також /по питомому опору фільтрації/ віднесені осади дніпровських станцій: Черкаської та Світловодської. Це пояснюється тим, що в районі водозаборів указаних станцій цвітність дніпровської води значно знижується при розбавленні її паводковими водами, так як Кременчугське водосховище є акумулятором повіневих вод цього району.

В осадах спостерігається рівне відношення великих та малих фракцій, кількість органічних речовин складає 30-45%. Склад колоїдних гідроксидів від 10 до 20%. Питомий опір фільтрації таких осадів складає $/2800+9000/ \cdot 10^{-10}$ м/кг.

Спостерігається чітка тенденція до росту цього показника в літньо-осінній період року, що пояснюється попаданням в джерела

недоочишених стоків овоче-консервних та цукрових заводів.

До третьої групи водяних джерел віднесені річки Сів. Дінець, Рось та Десна, які характеризуються середньою мутністю води /50-250 мг/л/ та цвітністю - не більше 35 град. Але хоч більшість з цих річок мають зарегульований стік, основна кількість осадів /до 60%/ утворюється при вказаних значеннях взвісі в воді по причині весіннього та літньо-осіннього повідів. Осади утворені при очистці цих вод мають значну кількість великих включень, вміст органічних речовин в них не перевищує 30%, а колоїдних гідроксидів - не більше 3-6%.

При ушіленню таких осадів спостерігається деформація їх структури, вони дуже легко віддають воду, маючи при цьому невеликий питомий опір фільтрації /1000-2000/ · 10⁻¹⁰ м/кг.

Четверта група водних джерел представлена: річками, які беруть свій початок в горах і несуть в собі значну, в середньому більш 250 мг/л кількість великодисперсної завісі, До них відносяться річки Крима, Дністер, Прут. Осади утворені в результаті очистки такої води, мають найбільш щільну структуру з малим складом органіки. Питомий опір фільтрації не перевищує /80-1600/ · 10⁻¹⁰ м/кг.

Таким чином, зкласифіцирував в 4 групи всі утворювані на водопровідних станціях при очистці води осади, дають можливість в процесі проведення подальших досліджень розробити універсальні методи підготовки та збезводнення осадів данної групи з послідовною їх утилізацією.

Результати досліджень при розробці технологій підготовки, збезводнення осадів по характерним групам водних джерел:

а/ процесів ушілення на прикладі осадів Кочетокської водопровідної станції /Ш група/.

Ушілення осадів перед механічним збезводненням проводили з

метою збільшення в осадах вмісту твердої фази та подальшого збільшення продуктивності збезводнюючого устаткування.

Ушіленню підлягали осади, утворені в горизонтальних відстійниках, промивні води фільтрів та їх суміші в різних співвідношеннях.

Для інтенсифікації процесів ушілення вводили 10% розчин вапна в кількості 5-30% від ваги сухої речовини осаду. З реагентів при дослідях застосовували сірчаноокислий алюміній, хлорне залізо, різні добавки /цемент, шлак, сода та інші/.

На основі зіставлених аналізів проведених результатів досліджень, математичної обробки на ЕОМ ЕС-1022 встановлений тип /вапно/ та оптимальна доза реагентів - 10% від ваги сухої речовини осаду при яких досягнуто ушілення осадів III групи водних джерел вологістю з 99,5% до 93% в обігу 8 годин. Введення в осади інших видів добавок та реагентів не дозволяють отримати такі параметри ушілення.

б/ Вибір параметрів збезводнювання осадів /КВС/.

Проведені досліди складали збезводнення осадів на фільтровальній воронці під тиском та вакуумом для вибору оптимальних режимів та обробці отриманих параметрів збезводнення на фільтрпресі ФПАКМ-0,5 та вакуум-фільтрі ВОВ-0,25.

Встановлено, що оптимальна продуктивність фільтрпресування досягається при вихідній вологості осадів 93+96% та дозі добавляемого 10% розчину вапна в кількості 20% сухої речовини осаду до кінцевої вологості 55-60%.

Процес збезводнення осадів під вакуумом характеризувався високою його кінцевою вологістю /75+85%/ при якій подальша його утилізація неможлива.

Встановлені основні параметри збезводнення осадів III групи водних джерел;

- доза вапна - 20% від кількості сухої речовини осаду;
- продуктивність фільтрпреса - $14+17 \text{ кг/м}^2 \text{ год}$ при вологості ушіленого осаду 93-96%;
- тиску фільтр-пресування - 0,4 МПа;
- тиск віджиму - 0,5 МПа;
- час фільтр-пресування - 8 хв.;
- вологість осадів після збезводнювання - 55+60%.

в/ Досліди процесів ушілення та збезводнювання на прикладі осадів Дніпровської водопровідної станції м. Києва /І група водних джерел/.

При дослідженні процесів ушілення осадів встановлено, що осаді І групи водних джерел неможливо ушілити до вологості 95% навіть з додаванням вапна в кількості 100% від сухої речовини осадів, тому виникла необхідність в розробці других напрямів інтенсифікації процесів ушілення.

Осади І групи водних джерел мають вищу кольоровість з об'ємною вагою $1,01+1,05 \text{ т/м}^3$, тому процес ушілення їх дуже важкий. В якості обважнювача при ушіленні таких видів осадів запропоновано застосувати каолинітову глину з сходним до них гранулометричним складом. Для цього була проведена серія дослідів з застосуванням різної кількості розчинів глини для інтенсифікації процесів ушілення.

Встановлено, що процес ушілення інтенсифікується пропорційно кількості застосованого 10% розчину глини. Для цих осадів з вихідної вологостю 98,5% добавка глини в кількості 30% від кількості сухої речовини осадів знижує його вологість до 94% після 24-годинного ушілення, який потім можливо збезводнювати.

Продуктивність фільтрпресу при збезводнюванні осадів І групи водних джерел дорівнює $5 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}$ при застосуванні 10% розчину вапна в кількості 130% від кількості сухої речовини у вихідному осаді.

заряжені частки гідроксидів заліза та інших речовин;

- навколо первинного адсорційного шару формується другорядний дифузійний шар, який підтримує загальну електронейтральність і не має належної орієнтовки. В склад дифузійного шару входять малі кристали глинистих компонентів /розміром менше 0,5 мкм/, які є складними утвореннями.

Таким чином коагуляційна структура осадів утворюється під дією міжмолекулярних сил зчиплення дифузійних структурних оболонок колоїдних часток глинистих компонентів, які вносяться реагентом при ушільненні та більше часток, які є в вихідному осаді. Тому вода може бути представлена як безладний просторний каркас, утворений в результаті молекулярного зчиплення колоїдних та дисперсних часток. В процесі нагріву суспензій в розробленому способі обробки гідроокисного осаду з метою збільшення водовіддачі при його збездодненні збільшується інтенсивність теплового руху малих часток, які складають дифузійну оболонку міцел, збільшується кількість ударів, які сприяють концентрації твердої фази, стисненню твердої фази дифузійної оболонки міцел та вивільненню із неї частки рихлозв'язаної води. Вилучення хімічно-зв'язаної води із часток глини в процесі нагріву приводить до втрати колоїдних властивостей та здібності до набухання.

Таким чином, ефект для осадів I групи водних джерел пояснюється слідувчою закономірністю дії факторів введення глини та нагріву:

- частки глини мають щільність $2,6+2,65 \text{ т/м}^3$, обважнюють легкі пластівці гідроксидів осадів /щільність $1,02-1,61 \text{ т/м}^3$ / сприяють їх агреганню, ускоряють осідання та, таким чином, забезпечують ушільнення гелеобразних осадів до вологості 94-96%;

- глинисті мінерали /каоолініт/ при підвищеній температурі в умовах взаємодії постійної навантаженості /збездоднення осаду/ проявляють стремління до орієнтовки базальних плоскостей час-

ток перпендикулярно прикладеної нагрузки, що приводить до зміни структури суспензії осаду, збільшеній укладці часток, інтенсивному ушіленню твердої фази та вилученні значних кількостей води, яка знаходилась раніш в сполучній формі.

В процесі збезводнення осадів I групи водних джерел на фільтрпресі до твердої речовини осадів з добавкою глини прикладається постійнодіюча нагрузка - тиск фільтрпресування, тому збезводнення такого осаду в нагрітому стані є другим фактором, який забезпечує збільшення фільтруємості осадів та підвищення продуктивності процесу. При цьому енергомістка операція - нагрів проводиться не з усім об'ємом, а тільки з ушіленою частиною, яка складає 10-40%, що значно скорочує витрати тепла. Нагрів осаду проводять при швидкості підвищення температури 3-8 град/хв. При ускоренні нагріву може виникнути кипіння органічної частки осаду.

Основні параметри обробки осадів I групи водних джерел такі:

- вологість вихідного осаду - 99,5-99,8%;
- доза глини при ушіленні - 20% від кількості сухої речовини осаду;
- час ушілення - 24 години;
- температура нагріву осаду - 50-80°C;
- продуктивність фільтрпреса - 8-10 кг/м² год;
- вологість збезводненого осаду - 60-65%.

Методика оптимізації технології підготовки та збезводнення осадів проводилась на основі математичного опису процесів з обробкою отриманих результатів на ЕОМ.

В зв'язку з тим, що спроможність вихідних осадів водопровідних станцій до ушілення та збезводнення змінюється в широких інтервалах в залежності від їх фізичних та хімічних властивостей та

складу при виборі технологій та параметрів обробки осадів необхідно проводити широкі експериментальні дослідження для кожної водопровідної станції. В умовах скорочення часу, зменшення витрат на дослідження та вибору мінімальних приведених витрат на технологію підготовки та збезводнення для осадів кожної групи водних джерел запропонована методика оптимізації при якій процес ушілення осадів /швидкість освітлення пропорційна вологості/ можна описати вираженням:

$$W = W_{\infty} + \frac{W_0 - W_{\infty}}{1 + (W_0 - W_{\infty}) \cdot K \cdot \tau}, \quad \text{де} \quad /I/$$

W - вологість осаду в частках одиниці в момент осаду осідання;

W_0 - вихідна вологість;

τ - продовженність ушілення, год;

K - константа швидкості процесу ушілення.

Для визначення технологічних параметрів ушілення, забезпечуючих мінімальні приведені витрати запропонована номограма /рис. 3/.

Правило користування номограмою

На вісі абсцис знаходять крапку, відповідну заданій кінцевій вологості, потім встановлюють перпендикуляр до перехрещення з графіком вихідної вологості осаду / W_0 /. Висота ординати, одержаної в нижньому квадраті - необхідна продовженність ушілення / τ /.

Приведені при цьому мінімальні витрати знаходять із таблиці.

При використанні реагента - глинистого розчину для підготовки осадів I та II групи водних джерел в залежності від кінцевої во-

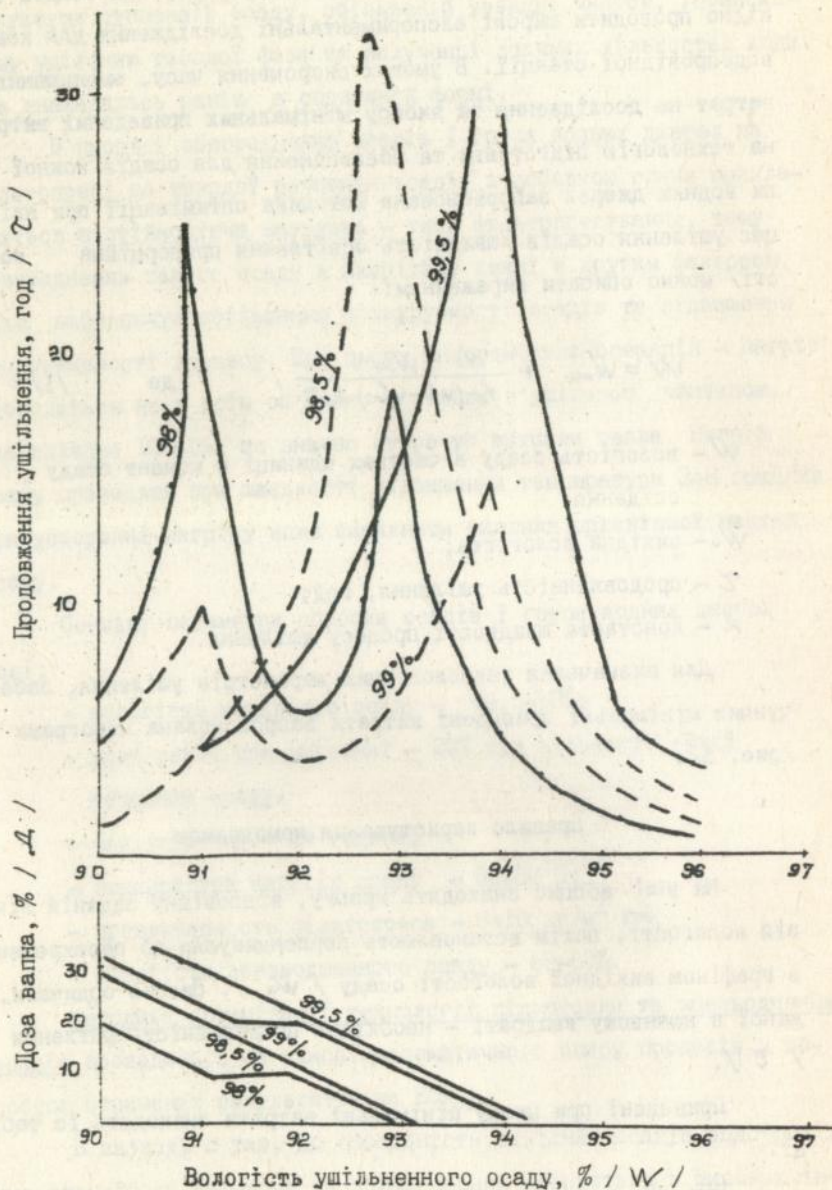


Рис. 3. Номограма визначення параметрів ушільнення осадів III та IV групи водних джерел.

логості ушіленного осаду від дози глини можливо вирахувати по формулі:

$$W_{\partial r} = W'_{\infty} + (W_0 - W'_{\infty}) \cdot e^{-k' \partial r}, \quad \text{де} \quad /2/$$

W'_{∞} - мінімальна вологість осаду після ушілення;

W_0 - вологість вихідного осаду;

k' - параметр дорівняння $k=0,07$ на основі практичних даних по ушіленню осадів/;

∂r - доза глинистого розчину, в % від кількості сухої речовини осаду.

Залежність продуктивності / G / фільтрпресу від вологості / W_r / осадів та дози вапна / ∂ / можливо описати формулою:

$$G = G_0 + \psi \left(1 - \frac{1}{(1 - \varphi \partial + \lambda \cdot \partial^2)} \right), \quad \text{де} \quad /3/$$

G_0 - продуктивність фільтрпресу без добавки вапна, кг/м².ч;

∂ - доза вапна, %;

ψ, φ, λ - параметри, які залежать від властивостей вихідного осаду.

Характер зміни цих величин в залежності від W_r осадів можна виразити зрівнянням:

$$\begin{aligned} \psi &= 20,8 - 2(W_r - 91) \\ \varphi &= 0,04 - 0,0031(W_r - 91) \\ \lambda &= 0,0097 - 0,005 \cdot e^{-(W_r - 91)} \end{aligned} \quad /4/$$

Порівняння /4/ разом з формулою /3/ є математична модель процесу збезводнення ушілених осадів III та IV груп водних джерел.

В разі використання теплової обробки осадів перед їх збезводненням та реагента - глини, продуктивність фільтрпреса мож-

ливо описати як:

$$G_1 = a + b \cdot D_r + c \cdot t + d \cdot t \cdot D_r, \quad \text{де} \quad /5/$$

D_r - доза глини, % від кількості сухої речовини осаду;

t - кінцева температура нагріву осадів, °C;

a, b, c - параметри зрівняння які знаходяться на основі результатів контрольних чотирьох досліджень по формулах.

Підставивши їх значення в зрівняння /5/ отримаємо слідуєче вираження:

$$G_1 = -7,52 + 0,77 \cdot D_r + 0,156 \cdot t + 10^{-4} \cdot t \cdot D_r \quad /6/$$

Користуючись зрівнянням /6/ можна вирахувати продуктивність фільтрпреса для осадів I та II груп водних джерел для різних значень параметрів D_r та t обробляемих осадів.

В п"ятому розділі приведені результати досліджень методів утилізації осадів водопровідних станцій.

Проблеми утилізації збезводнених осадів утворених на очисних спорудах водопровідних станцій при очищенні води виявляють значний інтерес, як з питань зменшення забруднення поверхніх водних джерел та прилежних навколо них земель, так і з метою збільшення екологічності роботи системи механічного збезводнення осадів.

Утилізовані осадки приймають товарну якість, що дозволяє, або повністю частково, або повністю компенсувати витрати на їх підготовку та збезводнення.

Отримані на водопровідних станціях при очистці природних вод осадки накопичуються в великій кількості.

Так, наприклад, на станції продуктивністю 800 тис.м³ води на добу утворюється в середньому 15 тис.т сухої речовини осаду. Зберігання такої кількості та їх складування, вивіз в відвали забруднюють навколишнє середовище та потребують відчуження ґрун

земель.

Разом з цим, накопичені на станціях осади являють собою складну органо-мінеральну суміш, складають ряд цінних елементів в яких терплять нужду різні галузі народного господарства.

На основі проведених дослідів разом з іншими інститутами та організаціями встановлена можливість утилізації осадів. При рішенні питань переробки та утилізації осадів для кожної водопровідної станції велике значення мають його хімічний, мінералогічний склад та фізико-хімічні властивості.

Переважає мінеральним складом більшості осадів середньої мутності є глиністі мінерали - каолінит, монтморілоніт та гелеобразні гідроксили алюмінія, кремнія, заліза, а також гідрослюди, кварцу та органічних домішок. Осади маломутних висококольорових вод складаються з органічних речовин.

В залежності від складу та властивостей осадів можуть бути вибрані різні шляхи їх утилізації.

Типічні осади, які походять по складу до природного глинистої та льосовидної сировини, переважно використовувати як керамічну сировину, компонентів при випуску різних будівельних матеріалів, цементів, бетонів, захисних покриттів та інш.

Осади з великим вмістом органічних речовин, які утворені при очистці багатокольорових маломутних вод можна використовувати в сільському господарстві, або отримання пористих заповнювачів та фільтруючих матеріалів.

В табл. 5 приведені основні методи утилізації осадів, які розроблені при дослідженнях.

В 6-7 розділах приведені безстічні схеми роботи очисних споруд водопровідних станцій, розроблені на їх основі рекомендації для проектування цих схем по характерним групам водних джерел України, а також результати впровадження розроблених технологій під-

готовки, збезводнення та утилізації осадів водопровідних станцій.

На рис. 4 наведена безстічна схема очисних споруд Кочетокської водопровідної станції /м. Харків/ при обробці осадів III групи водних джерел.

По технології очистки води в теперішній час на станції промивні води фільтрів та осад горизонтальних відстійників скидають через річку Тетлегу в Сіверський Донець, що привело до замулення цих річок.

По розробленій схемі—вода насосною станцією із водозабору р. Сів.Донець в кількості 750 тис.м³/добу через реакційні камери / 9 / подається на очистку в три блоки горизонтальних відстійників / 8 /, із яких поступає в швидкі фільтри / 7 /. Із фільтрів промивна вода по збросним колекторам від 3-х блоків самотічно поступає в два накопичувача / 3 / в якому є пісколовка з системою вилучення осадів. По мірі накопичування, з них вода перекачується в голову очисних споруд на повторну очистку. Ушільнений осад промивної води разом з піском насосом перекачується в вертикальні ушільнювачі / 4 /. Для інтенсифікації процесу зшлення осадів з вихідної вологості 99,8+98% до 93-94%. Із розчинного баку / 5 / насосом-дозатором в ушільнювачі подається 10% розчин вапна в кількості 10% від сухої речовини осадів. Час ушільнення дорівнює 8 годинам. Далі осад під дією гідростатичного тиску поступає в накопичувач / 2 /, устаткований мішалкою, потім осад перепускається в монжус / 6 /, в який також насосом-дозатором подається розчин вапна. Із монжуса осад стислим повітрям перепускається в фільтрпрес ФПАКМ-25 / I / на збезводнення.

Збезводнений до вологості 60-65% осад із вихідного лотка подається в бункер на складування та вивіз на утилізацію.

Таким чином розроблена безстічна схема роботи очисних спо-

руд водопровідних станцій включає в себе: промивна вода швидких фільтрів через накопичувачі повертається в голову очисних споруд на повторну очистку, осаді горизонтальних відстійників після ушілення подають на утилізацію. Впровадження такої схеми на очисних спорудах водопровідної станції запобігає скиданню промивних вод фільтрів та осадів в водоймища, осаді утилізуються в народному господарстві, досягається економія води. Розроблена схема впроваджена в роботу документацію "Повторне використання промивних вод фільтрів та механічне збезводнення осадів Кочетокської водопровідної станції м. Харкова".

Для водопровідних станцій I-II групи водних джерел безстічна схема відрізняється тим, що для інтенсифікації ушілення замість вапна використовують розчин глини. Перед збезводненням ці осаді нагрівають при температурі 50-80°C.

Для збезводнення осадів III-IV груп водних джерел також використовуються вакуум-фільтри з врахуванням продуктивності станцій.

Розроблені "Рекомендації для проектування безстічних схем водопровідних споруд по характерним групам водних джерел України" обґрунтовані по вибору технологій підготовки, збезводнення та утилізації осадів в залежності від груп осадів поверхневих водних джерел, є нормативним документом при розширенні, реконструкції, проектуванні та будівництву нових водопровідних станцій.

В табл. 3 дані параметри ушілення осадів, в табл. 4 параметри збезводнення осадів з характеристикою виробничого процесу.

Утилізація осадів водопровідних станцій доповнює безстічну схему роботи станцій очистки природних вод, що дає можливість запобігти забруднення поверхневих водних джерел, сприяє охороні навколишнього середовища, розширенню сировинної бази та отриманню народногосподарського економічного ефекту.

Таблиця 3.

Параметри ушілення осадів

Групи осадів водних джерел	Параметри ушілення				
	питома вологість, %	реагент	кількість реагенту, %	час ушілення, год.	вологість після ушілення, %
I	99,0-99,5	глина	10-20	24	96-98
II	99,5-98,0	известь	10-20	24	96-97
III	98,0-97,0	известь	не более 10	8-16	92-94
IV	97,5-96,0	-	-	8-12	85-92

Дані в табл. 4 параметри збезводнення осадів складають основні показники роботи устаткування та умови інтенсифікації процесу.

Таблиця 4.

Основні технологічні параметри збезводнення осадів

Групи осадів водних джерел	Параметри збезводнення				
	тип устаткування	тип реагенту	кількість реагенту, %	вологість збезводнення осадку, %	продуктивність, кг/м ² .год.
I	фільтпрес	глина	нагрів до 70-80°	65-70	6-7
II	фільтпрес	вапно	20-30	60-65	12-15
III	фільтпрес	вапно	10-20	58-60	18-23
	вакуум-фільтр	вапно	10-20	60-65	20-30
IV	фільтпрес	вапно	5-10	52-65	22-28
	вакуум-фільтр	вапно	5-10	55-60	35-45

Таблиця 5

Основні розроблені методи утилізації осадів
водопровідних станцій

Групи осадів водних джерел	Кількість осадів, утворених на станціях, т/добу		Методи утилізації	Стадія впровадження, № авторського свідоцтва
	по сухій речовині	при вологості 60% після збезводнення		
I	112,8	1340	Металургія /захисне покриття/	Будівництво, № 813338
II	47,5	550	Будівельні матеріали, виробництво керамзиту	Робоча документація, № 1041534
III-IV	286,0	2832	Будівельні матеріали, виробництво портландцементу, сілікатної цегли	Робоча документація, будівництво, № 897729, 886492

Матеріали, викладені в роботі отримали практичне застосування при проектуванні, будівництві та впровадженні дослідно-промислового цеху для збезводнення мулових осадів головних водопровідних споруд /АЕС/ на р. Сіста м. Сосновий Бор, Ленінградської області.

Завершується будівництво цехів механічного збезводнення осадів з подальшою його утилізацією як протипригарних покриттів ізложниць при розливі сталі на Молдавському металургійному заводі /м. Рибниця/, почато будівництво водопровідної станції м. Резина /Молдова/ та Таврічеському ГЗК, Запоріжської обл. Закінчується розробка робочої документації безстічних схем роботи очисних споруд Дніпровської та Деснянської водопровідних станцій /м. Київ/; розпочато будівництво споруд по переводу на безстічну схему Дніпровську водопровідну станцію.

Основні висновки

1. Встановлено, що запобігання забруднення поверхневих водних джерел промивними водами фільтрів та осадами горизонтальних відстійників станцій очистки природних вод є актуальним питанням та має важливе народногосподарське значення.

2. Вивчені фізико-хімічні властивості та походження осадів 22 водопровідних станцій України, Молдови та Росії, які утворені на спорудах при очистці води із поверхневих водних джерел.

3. Науково обґрунтована та розроблена класифікація осадів станцій очистки природних вод в залежності від типу поверхневих водних джерел та фізико-хімічної властивості осадів утворених при очистці води регіонів річок: Дніпра, Сів.Дінця, Південного Бугу, Прута, та гірських річок Криму.

4. Встановлені основні технологічні параметри підготовки та збезводнення осадів, які виключають їх викид в водні джерела.

5. Розроблена та впроваджена методика оптимізації технології підготовки до утилізації осадів, яка має можливість:

- скоротити число проведених дослідів;
- вибрати оптимальні параметри обробки осадів конкретних станцій очистки;
- пропонувати /вибирати/ при проектуванні оптимальні по критерію витрат технологічні схеми обробки осадів;
- з метою скорочення витрат праці та часу на досліди "Методика ..." має алгоритми та програми, які реалізовані на ЕОМ.

6. Розроблені нові технічні рішення /а.с. № 9052II/, які дають можливість утилізувати збезводненні осади. Встановлена закономірність процесу збезводнюючого ефекту з використанням факторів добавки присадки глини та нагріву при обробці осадів I групи

водних джерел.

7. Доведена можливість використання відходів хімічних виробництв при обробці осадів III та IV груп водних джерел, розкритий механізм процесу.

8. Розроблені способи утилізації осадів станцій очистки природних вод, які виключають їх скидання в поверхневі водні джерела./а.с. № 831338, 886492, I041534/.

9. Розроблені та впроваджені рекомендації для проектування безстічних схем очистки природних вод по характерним групам водних джерел:

- при проєктуванні, будівництві та впровадженні дослідно-промислового цеху збезводнення мулових осадів головних водопровідних споруд /АЕС/ продуктивність 62 тис.м³ води /добу, що дало можливість отримати економічний ефект 198,8 тис.крб. на рік /ціни 1990 р./ та запобігти подальшого збільшення кількості мулових ставків;

- в проєктній документації реконструкції та розширення водопровідних станцій м.м. Харкова, Києва, Запоріжжя, Білої Церкви, Феодосії, та інших, продуктивністю 2,5 млн.м³ води на добу;

- проєктуванні та будівництві водопровідних станцій Таричеського ГЗКа, Молдавського металургійного та Резінського цементного заводів; розпочато будівництво на Дніпровській станції м.Київ.

10. Дійсний економічний ефект від впровадження в робочу документацію результатів роботи склав 1,5 млн.крб./рік, що дало можливість запобігти скиданню промивних вод фільтрів та осадів горизонтальних відстійників в водоймища, зберегти передбачені раніш для використання під мулові майданчики значні території /до 1500 га/ орних земель; ефективність подана у цінах 1990р.

Широке впровадження роботи дасть можливість зекономити за

рахунок утилізації осадів більш як 201 тис.т природної сировини для промисловості будівельних матеріалів та чорної металургії.

Основні положення та результати дослідів, які викладені в дисертації, опубліковані в слідуючих наукових працях:

1. Тьурин Е.И., Шевченко Л.Я., Волик Ю.И., Беспалый В.С. Водопроводным станциям работать без стоков. - Ж. Городское хозяйство Украины, Киев, № 1, 1980, с.24.
2. Шевченко Л.Я., Ютина А.С., Колесник Н.И., Барабаш В.В. Влияние физико-химических свойств осадков водопроводных станций на процесс их обезвоживания. - Ж. Химия и технология воды АН УССР, Киев, т.2, № 3, 1981, с.144-148.
3. Шевченко Л.Я., Ютина А.С., Беспалый В.С. Сгущение и обезвоживание осадков отстойников водопроводных станций. - Инф. ГОСИНТИ серия "Охрана окружающей среды", М., вып. 10/4, 1980, с.1-4.
4. Шевченко Л.Я., Ютина А.С. Утилизация осадков водопроводных станций. - Инф. ГОСИНТИ, М., вып.1, 1981, с. 1-4.
5. Гавря Н.С., Новосельцева Л.В., Шевченко Л.Я., Ютина А.С., Компаниец В.И. Применение метода электрокоагуляции для интенсификации процессов сгущения и фильтрования водопроводных осадков. - Ж. Химия и технология воды АН УССР, Киев, т.3, № 6, 1982, с.57-58.
6. Шевченко Л.Я., Ютина А.С., Скрыга В.Г., Терновская О.И., Волик Ю.И. Исследования института "УкркоммунНИИпроект" по бесточным схемам работы очистных сооружений водопроводных станций и интенсификации процесса очистки природных вод. - Тезисы докл. всесоюзной научно-практической конф. "Повышение качества проекти-

рования и эффективности работы систем водоснабжения и водоотведения", Уфа, 1981, с.24-26.

7. Шевченко Л.Я., Ютина А.С., Волик Ю.И. Применение термобработки при обработке производственных сточных вод водопроводных станций. - Материалы всесоюзного научно-техн.семинара, М., МДНТП, 1982, с.26-31.

8. Ютина А.С., Новосельцева Л.В., Гавря Н.С., Шевченко Л.Я., Интенсификация процессов обезвоживания водопроводных осадков физико-химическими методами // Пути совершенствования интенсификации и повышения надежности аппаратов основной химии : Сб. тез. докл. всесоюз.семинар. г.Сумы, изд. ХПИ, 1982, т.4, с.57-62.

9. Гавря Н.С., Компаниец В.И., Новосельцева Л.В., Шевченко Л.Я., Ютина А.С. Барабанный вакуум-фильтр. - Ж. Городское хозяйство Украины, Киев, № 2 1982, с.17.

10. Шевченко Л.Я., Касьянов Г.В., Печеник Ф.А. Проект получил "Отлично". - Ж. Городское хозяйство Украины, Киев, № 3, 1983., с.15.

11. Шевченко Л.Я., Волик Ю.И., Ютина А.С., Скрыга В.Г. Новые технические решения в работе очистных сооружений водопроводных станций. - Сб. науч. тр. Харьковского инж.-строит.ин-та, 1984, Рукопись деп. во ВНИИИС, 1984., вып. I, № 4600. - с.9.

12. Шевченко Л.Я., Волик Ю.И., Пути увеличения водоотдающей способности осадков водопроводных станций при обезвоживании их под вакуумом. - Строит. и архит., М., ВНИИИС, библиографический указатель деп. рук., вып. 5., 1984, с.26-28.

13. Ютина А.С., Логвиненко А.И., Шевченко Л.Я. Исследование минералогического состава осадков водопроводных очистных сооружений. - Строит. и архит., М., рук. деп. во ВНИИИС, № 5054, вып. 5, 1984, с.4.

14. Новосельцева Л.В., Гавря Н.С., Ютина А.С., Шевченко Л.Я., Компаниец В.И. Магнитная обработка водопроводных осадков. - Ж., Химия и технология воды АН УССР, Киев, т.8., № I, 1986, с.78-79.

15. Логвиненко А.Н., Ютина А.С., Шевченко Л.Я., Дрижерук М.Е. Минералогический состав осадков некоторых водопроводных станций Европейской части СССР. - Ж. Химия и технология воды АН УССР., Киев, т.7., № 4, 1985, с.65-69.

16. Шевченко Л.Я., Терновская О.И., Колесник Н.И., Ютина А.С. Использование фильтрата после мехобезвоживания осадка водопроводных станций. - Строит. и архит., М., рук.деп. во ВНИИИС, № 5970, вып.6, 1985, 3 с.

17. Волик Ю.И., Шевченко Л.Я. Применение отходов химпроизводств при обезвоживании осадков водопроводных станций. - Строит. и архит., М., рук деп. во ВНИИИС, № 5970, вып.6., 1985, 3 с.

18. Шевченко Л.Я., Волик Ю.И., Терновская О.И., Колесник Н.И. Классификация осадков водопроводных станций УССР в зависимости от качества поверхностных водоисточников. - Строит. и архит., М., рук.деп. во ВНИИИС, № 5054, вып.5., 1984, 6с.

19. Волик Ю.И., Терновская О.И., Шевченко Л.Я. Классификация осадков водопроводных станций в зависимости от качества водоисточников. - Тезисы докладов Всесоюз.научно-техн.конф. "Основные направления развития водоснабжения, водоотведения, очистки природных и сточных вод и обработки осадков", Харьков, 1986, ч.П., с.136-140.

20. Шевченко Л.Я., Винарский М.С., Ютина А.С. Методика определения технологических параметров мехобезвоживания осадков водопроводных станций. Киев, Офсет заказ I6/ДСП, 1982, 40 с.

21. Шевченко Л.Я., Волик Ю.И. Рекомендации для проектирования

бессточных схем водопроводных очистных сооружений по характерным группам водоисточников УССР. - Харьков, Офсет УжНИПИ, заказ. 461/ДСП, 1985, 39с.

22. Шевченко Л.Я., Сафронов М.Ф., Колесник Н.И., Терновская О.И. Осадки водопроводных станций - как стимулятор роста лесных насаждений и биологическая защита семенной люцерны с целью повышения ее урожайности. - Строит. и архит., М., рук. деп. во ВНИИИС, Госстрой СССР № 5054, вып.5, 1984, 4с.

23. Шевченко Л.Я. Утилизация осадков водопроводных станций. - Ж. Водоснабжение и санитарная техника, М., № 4, 1985, с.21.

24. Шевченко Л.Я. Расчет параметров обезвоживания осадков при реагентной обработке воды Кочетокской водопроводной станции - Экспресс информация сер. ВИС № 48, вып.8, 1985.

25. Логвиненко А.И., Ютина А.С., Шевченко Л.Я. Сравнение минерального состава осадков водопроводных станций и естественных водоемов. - Ж. Минералогия и петрография № 2, 1988г.

26. Шевченко Л.Я., Волик Ю.И., Терновская О.И., Колесник Н.И. Влияние на физико-химические свойства осадков и их обработку. - Строит. и архит., М., рук. деп. во ВНИИИС, № 9554, вып.6, 1989 с.6.

27. Шевченко Л.Я., Волик Ю.И., Терновская О.И., Нестеров Ю.В. Интенсификация процессов очистки природных вод методом активации. - Строит. и архит., М., рук. деп. во ВНИИИС, № 9572, вып.6, 1989, 4с.

28. Шевченко Л.Я. Экономические аспекты бессточных схем очистки природных вод. - Препринт ин-та экон.пром. АН Украины, г.Донецк, 1992, с.8.

29. А.с. 831338 СССР, МКИ³ В22С 3/00. Защитное покрытие для поддонов и изложниц /А.С.Ютина, Е.И.Тырин, Л.Я.Шевченко /СССР/.

30. А.с. № 886492 СССР, МКИ³ С09Д 5/08. Композиция для антико-
эрозийных покрытий /Л.Я.Шевченко, Е.И.Тырин, Г.Н. Ломако
/СССР/. - не публ.

31. А.с. № 897729 СССР, МКИ³ С04В 7/02. Сырьевая смесь для
получения портландцементного клинкера / Л.Я.Шевченко, А.С.Ютина
Л.А.Бернштейн, Г.Н.Ломако /СССР/ - 6с.

32. А.с. № 905211 СССР, МКИ³ С02F 11/12. Способ обработки
гидроокисного осадка/ Л.Я.Шевченко, А.С.Ютина, М.С.Винарский,
Ю.И.Волик, В.Х. Сметана / СССР/ - 6с.

33. А.с. № 1041534 СССР, МКИ³ С04В 31/20. Способ получения
керамзитового гравия / Л.Я.Шевченко, А.С.Ютина и др. /СССР/. -
- 5с.

34. А.с. № 952270 СССР, МКИ³ С02F 9/00. Способ очистки воды
/О.И.Терновская, В.Г.Скряга, Л.Я.Шевченко /СССР/- 4с.: ил.

35. А.с. № 1142909 СССР, МКИ³ А01 61/00. Средство защиты
многолетних бобовых трав от клубеньковых долгоносиков.
/М.Ф.Сафронов, Л.Я.Шевченко, Н.И.Холесник, О.И.Терновская и др.
/СССР/. - не публ.

36. А.с. № 1209606 СССР, МКИ³ С02F 1/24. Способ очистки во-
ды от водорослей и взвешенных веществ /Л.Я.Шевченко, М.С.Винар-
ский, В.Х.Сметана /СССР/. - 3с.:ил.

Відповідальний за випуск к.т.н. Червона М.С.

Тідруковано до друку 2.02.94 Здано до набору 17.02.94.

Вид.арк...2,0. Тираж 100п. Безкоштовно. Замовлення №:27

Видавнича фірма "АЛТА" м.Харків, Плеханівська,4-а

461050

AB 29.449

AB 29.449