

УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ

Березуцький Вячеслав Володимирович

УДК 577.4:658.382.3:628.31.

**ТЕХНОЛОГІЇ І ОБЛАДНАННЯ ОЧИСТКИ, ЗНЕШКОДЖУВАННЯ
І ВИКОРИСТАННЯ МАСЛОЕМУЛЬСІЙНИХ СТІЧНИХ ВОД**

2І.00.08 - Техногенна безпека

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Харків - 1997



504.064.4

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00751761 (R)

Дисертація є рукописом.

Роботу виконано на кафедрі "Охорона праці і навколишнього середовища" Харківського державного політехнічного університету

Офіційні опоненти :

1. Доктор технічних наук, професор,
Терновцев Віталій Ємельянович, Київський державний технічний університет будівництва та архітектури, завідувачий кафедрою "Водопостачання"

2. Доктор технічних наук, професор,
Душкін Станіслав Станіславович, Харківська державна академія міського господарства, завідувачий кафедрою "Водопостачання, водовідведення і очистка вод"

3. Доктор технічних наук, професор,
Пантелят Гаррі Семенович, Харківській технічний університет будівництва та архітектури, професор кафедри "Водопостачання, каналізації та гідравліки"

Провідна організація - Інститут колоїдної хімії та хімії води ім.А.В.Думанського АН України, м.Київ

Захист відбудеться "18" грудня 1997 р. о 14 годині на засіданні Спеціалізованої вченої ради Д.64.812.01 при Українському науково-дослідному інституті екологічних проблем за адресою:310166, м.Харків, вулиця Бакуліна 6.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Українського науково-дослідного інститута екологічних проблем.

Автореферат розісланий "14" листопада 1997 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради  Каплін Г.І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Маслоемулсійні (МЕВ) і масломісткі стічні води (ММВ), включаючи відпрацьовані мастильно-охолодні рідини (МОР), відносяться до найбільш розповсюдженої категорії стічних вод підприємств машинобудівного та металургійного комплексів. В ряді випадків ці стічні води після очистки на заводських очисних спорудах, а інколи і без очистки, скидають у міську каналізаційну мережу чи водоймища, що призводить до порушення біохімічних процесів на міських очисних спорудах чи у воді водоймищ. Це зумовлено тим, що зазначені стічні води містять у собі високі концентрації нафтопродуктів (до 30,0 г/л), що знаходяться, в основному, в емульгованому стані, та інші забруднення.

Відомо, що стічні води взагалі і, зокрема, МЕВ та ММВ становлять частину надто широкої і всеоб'ємлючої системи "поверхневі води" і відносяться до порівняно нового предмету екологічних та географічних досліджень. Значний внесок у теоретичне обґрунтування такої концепції внесли вчені А.В.Гриценко, Л.М.Герев, В.І.Пелешенко, В.В.Кирпичний та ін. До області екологічних досліджень слід віднести також розробку технологій та обладнань очистки стічних вод промислових підприємств, включаючи МЕВ і ММВ. Такий підхід дозволяє значно підвищити ефективність керування захистом та охороною поверхневих та підземних вод.

Існуючі технології, апарати і споруди для очистки зазначених стічних вод найчастіше спрямовані на деструкцію емульсій та емульгаторів за допомогою різноманітних хімічних речовин - деемульгаторів, для створення яких використовують електроліти (кислоти, солі, луги та ін.). Це призводить до додаткового забруднення стічних вод різними іонами.

Отже вирішення питань, пов'язаних з розробкою засобів очистки кондиціювання МЕВ, ММВ та МОР з метою їх використання у замкнених циркуляційних системах, що виключають скид стічних вод в міську каналізаційну мережу чи в водоймища, є надто актуальним, своєчасним.

Дисертаційна робота виконана в тісному зв'язку з державною програмою Держплану УРСР РН 85.01 від 28.01.81 N4, планом державного бюджетного фінансування N 5501 Харківського державного політехнічного університету та господарськими договорами з промисловими підприємствами і науково-дослідними інститутами України та Російської Федерації (55232, 55014, 55534, 55497, 55012) та договорами про творчу співдружність, а також договорами з недержавними

організаціями (фірми "Атлант", " Екологія-промисловість ", НТТМ "ПОШУК " та іншими) на виконання наукових розробок.

Мета роботи : розроблення технологій і обладнання очистки, знешкоджування і використання маслемульсійних вод промислових підприємств для мінімізації скидів забруднених вод в навколишнє природне середовище.

Основні задачі досліджень:

- виконати теоретичні узагальнення на основі експериментальних досліджень, визначити взаємозв'язок процесів укрупнення зважених речовин, коалісценції крапель нафтопродуктів і флотації забруднень, що містяться в МЕВ;
- розробити технічне наповнення концепції екологізації використання МЕВ і ММВ;
- встановити закономірності біохімічних процесів, що впливають на стійкість і деструкцію МЕВ;
- визначити фізико-хімічні і гідродинамічні параметри електрохімічної очистки МЕВ та інших масломістких стічних вод;
- розробити нові технології і конструкції апаратів для очистки і продовження терміну використання МОР;
- розробити нові засоби утилізації уловлених з МЕВ і МОР цінних речовин та ін..

Наукова новизна полягає у наступному:

- на основі теоретичних узагальнень і результатів експериментальних досліджень визначено взаємозв'язок процесів укрупнення зважених речовин, коалісценції крапель нафтопродуктів, флотації забруднень, що містяться в МЕВ;
- розроблено технічне наповнення концепції екологізації використання маслемульсійних і масломістких стічних вод;
- досліджена залежність агрегативної стійкості промислових МЕВ від кількості мікроорганізмів в них при різних температурах і визначені критеріальні показники, що характеризують стійкість МЕВ;
- визначено кінетичні моделі біологічної системи МЕВ;
- створено технології і обладнання, що дозволяють не руйнувати, а зберігати МЕВ і використовувати їх багаторазово в умовах виробництва з мінімальним обсягом скидів;
- створено новий типоряд електрокоагуляторів "ЕКОС" з одного та багатостадійними етапами електрохімічної очистки, що дозволять підвищити ефективність використання фізико-хімічних аспектів електрокоагуляції;
- запропоновано новий спосіб і обладнання для мікробіологічної

деструкції маслоемулсійних вод типу "мастильно-охолодні рідини";

- запропоновано нову технологію очистки та знезаражування маслоемулсійних вод з вжиттям мікробіологічних та електрокоагуляційних засобів обробки води;

- створено новий спосіб і обладнання для знезаражування вод, що містять мікроорганізми, на основі газового знезаражування, консервації МЕВ за допомогою вуглекислого газу;

- запропоновано новий метод кондиціонування МЕВ типу МОР.

Практична цінність роботи полягає в тому, що:

- розроблені технології та обладнання мікробіологічної деструкції, електрохімічної очистки МЕВ типу МОР, які впроваджені на підприємстві і забезпечують утилізацію маслоемулсійних відходів, повторне використання очищеної води;

- виконано дослідно-промислове впровадження у виробництво розроблених технологій і устаткування очистки і регенерації миючих розчинів після миття тари, автомобілів і двигунів;

- припинено скиди відпрацьованих розчинів і підвищена ефективність локалізації і виділення забруднень з технологічних рідин;

- розроблено устаткування для знезаражування МЕВ типу МОР з високою мірою знезаражування (до 99,9%) і зменшенням витрат, що досягається шляхом впливу вуглекислого газу під тиском на мікроорганізми;

- економічно обгрунтована доцільність природоохоронних витрат, спрямованих на зменшення кількості використовуваної підприємствами питної води;

- результати досліджень і технічні рішення включені до навчальних посібників і методичних матеріалів, що використовуються при навчанні студентів і аспірантів у курсах, що читаються на кафедрі "Охорона праці і навколишнього середовища" Харківського державного політехнічного університету.

На захист виносяться наступні положення:

- теоретичні узагальнення і результати досліджень, що дозволили встановити взаємозв'язок процесів укрупнення зважених речовин, коалісценції крапель нафтопродуктів і флоатції забруднень, що містяться в МЕВ;

- технічне наповнення концепції екологізації використання маслоемулсійних і масломістких стічних вод;

- розроблені нові (біохімічні, газові) та удосконалені існуючі електрокоагуляційні методи і обладнання (апарати типоряду "ЕКОС"), технологія кондиціонування і очисні системи, що дозволять

локалізувати промислові води всередині підприємств з мінімальною кількістю скидів у каналізацію;

— одержанні залежності ефективності процесів електрохімічної і біохімічної очистки від гідродинамічних параметрів, величини ζ -потенціалу колоїдних часток забруднень і гідроксидів металів, концентрації мікроорганізмів, величини тиску вуглекислого газу, комбінаторики іонів важких металів;

— методи розрахунку показників досліджуваних процесів і устаткування;

— методи утилізації відходів і результати їх впровадження на підприємствах.

Методологія досліджень. Дослідження виконували з метою експериментального підтвердження розробок, наукових гіпотез і пропозицій, що висуваються, визначення виду експериментальних залежностей, для чого використовували класичні і оригінальні методи, що виконуються на сучасному лабораторному устаткуванні. Визначення величини ζ -потенціалу часток проводили мікроскопічним методом; вимір пластичної в'язкості і граничної динамічної напруги зрушення виконували за допомогою реологічних замірів (ротаційна віскозіметрія); визначення вмісту мікроелементів у МЕВ проводили методом атомно-абсорбційної спектроскопії; мікробіологічні дослідження води виконували за методом Грама, сівби на поживне середовище МПА, застосування трифеніл-тетразолія хлоріда (ТТХ); ефективність процесів коагулювання визначали за допомогою методів фотокolorиметрії та іонометрії; кількість вуглекислого газу, що переходить у розчин, визначали методом осадження двоокису вуглецю у вигляді карбоната кальцію, з наступним зворотним титруванням; визначення розмірів часток міцел виконували методом мікроскопії; величини рН розчинів визначали методами рН-метрії. Застосовували електрохімічні, біохімічні, структурні, гравіметричні засоби досліджень. Для одержання математичних моделей досліджуваних процесів і обробки отриманих результатів використовували стандартні типові програми STATGRAF, APPROX та інші, що реалізуються за допомогою ПЕОМ типу IBM-AT. В зазначених вище програмах реалізовані стандартні процедури обробки результатів досліджень методом найменших квадратів.

Обґрунтованість і вірогідність основних наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджені високим ступенем збігу результатів теоретичного аналізу та експериментальних досліджень, одержаних в лабораторних умовах, з результатами промислових випробу-

вань впроваджених технологій і обладнання, при вжитті сучасних методів і засобів вимірів. Отримані результати піддані статистичному, регресійному аналізу з використанням пакетів прикладних програм.

Результати дисертаційної роботи знайшли застосування:

- у цеху №8 автоматичних ліній Мелітопольського заводу тракторних гідроагрегатів (1985 р.) з економічним річним ефектом від впровадження з урахуванням запобігнутих збитків, що могли бути нанесенні народному господарству 471934,4 грн (251028, 96 ам.\$) (частка участі пошукувача 40%);

- на підприємстві А-1080 м.Севастополь (1987 р.), з економічним річним ефектом від впровадження 210191,45 грн (107016,73 ам.\$) (частка участі пошукувача 60%);

- у цеху РІЩ ГПЗ-8, м. Харків (1990 р.) з економічним ефектом на рік 2350 грн (1250 ам.\$), (частка участі пошукувача 80%);

- на підприємствах "Хартрон", "ФЕД" і "Сerp і молот", м.Харків (1990-1993 рр.), з загальним економічним ефектом на рік 90294,52 грн (48029 ам.\$), (частка участі пошукувача 70%);

- у цеху МСК-7 ПО "Сerp і молот", м. Харків (1991 р.), з економічним річним ефектом 189200 грн (90000 ам.\$), (частка участі пошукувача 60%);

- на компресійній дільниці ПО "ФЕД" м.Харків (1996-97 рр.), з річним економічним ефектом 10000грн (частка участі пошукувача 60%);

- на дільниці миття ЗАПІ-12328, м. Запоріжжя (1993-97 рр.).

Особистий внесок автора: Основні результати дисертаційного дослідження одержані особисто автором роботи. Головні з них наступні:

1. Встановлений взаємозв'язок фізичних, фізико-хімічних, хімічних і гідродинамічних аспектів, що забезпечують ефективне укрупнення (пластівцівутворення) зважених речовин, коалісценцію крапель масел і нафтопродуктів, а також флоціацію забруднень, що містяться в МEB;

2. Розроблено технічне наповнення концепції екологізації використання маслоемульсійних і масломістких стічних вод;

3. Створені нові технології, апарати і обладнання, що дозволять очистити, знешкодити і використати МEB в замкнених внутрішньо-цехових циркуляційних системах, що виключають чи знижують до мінімуму скиди стічних вод в міську каналізаційну мережу чи на заводські очистні споруди;

4. Розроблено нові методи обробки і утилізації відходів, що вилучаються з МEB в процесі тривалої експлуатації чи утворюються

під час очистки цієї категорії стічних вод.

Апробація роботи: Основні положення дисертації доповідалися на 25 науково-технічних і науково-методичних конференціях різного рівня, в тому числі на міжвузівському семінарі по водопостачанню каналізації м.Київ, у 1986 р.; на першому з'їзді фахівців щодо безпеки діяльності людини, м.Санкт-Петербург, травень 1992 р.; на міжнародному конгресі в Індії(VI International Congress), м.Делі, 20-21 листопада 1992 р.; на міжнародній науково-практичній конференції "Актуальні питання охорони навколишнього середовища від антропогенного впливу " м.Кремєнчуг, 18-20 травня 1994 р.; на III Міжнародній науково-технічній конференції "Інформаційні технології: Наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я" - м. Харків, 19-21 квітня 1995 р.; на засіданні спеціалізованої Ради Д.27.01.01 Донбаської державної академії будівництва і архітектури, 30 жовтня 1996 р.; на засіданні наукового семінару кафедри "Водопостачання, водовідведення та очистки вод " Харківської державної академії міського господарства, 20 березня 1997 р.

Результати наукових розробок доповідалися і демонструвалися в 1988 - 1989 рр.: на ВДНГ СРСР і УРСР. В 1990 р. спосіб і обладнання для електрохімічної очистки вод "ЕКОС" представлялися на Міжнародній виставці і на презентації Харківського політехнічного інституту в Міжнародному центрі торгівлі м. Москва.

Публікації: за темою дисертації опубліковано 56 робіт, в т.ч. статей в журналах - 9, статей в наукових збірках - 8, робіт в збірках матеріалів конференцій - 25, в тому числі одержано 7 авторських посвідчень, 4 патенти, опубліковано 2 навчальних посібники з грифом Міносвіти України і монографія (8 публікацій виконано самостійно, в тому числі - посібники та монографія).

Структура і обсяг дисертації: Дисертаційна робота викладена на 289 сторінках машинописного тексту і складається з вступу, 6 розділів, висновків і додатків. Робота містить 80 ілюстрацій, 45 таблиці, список використаних джерел включає 273 найменування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність роботи, спрямованої на очистку, знешкодження і використання висококонцентрованих промислових маслоемульсійних вод, сформульовані ціль і задачі досліджень, наукова новизна, практичне значення, положення, що захищаються автором.

В першому розділі розглянуто стан питання очистки і знезара-

ження маслоемульсійних стічних вод (МЄВ). Вказано, що МЄВ поділяються на дві групи, а саме: перша - приготовані за спеціальними рецептами, такі, як мастильно-охолодні рідини (МОР); друга - ті, що утворюються в процесі вживання води у технологічних операціях, при транспортуванні трубопроводами чи у технологічній оснасті в умовах, що допускають попадання в них нафтопродуктів (технічного масла і т.п.) з наступним їх диспергуванням і емульгуванням, такі як розчини, що застосовуються для миття виробів та промивні води.

МЄВ першої групи, при високому рівні стабільності системи "масло-вода", вражаються мікроорганізмами, які далі руйнують цю систему. Наявність мікроорганізмів у воді створе погрозу навколишньому середовищу. В МОР найбільш широко представлені речовини у вигляді індустріальних і мінеральних масел, поверхнево - активних речовин (ПАР) типу ОП-7 і триетаноламіну, гліколів, бактерицидних фунгіцидних додатків типу гексахлорофена і соди кальцинованої. Вхідна їх концентрація коливається у діапазоні від 1 до 20%. В процесі експлуатації внаслідок випарування води та попадання в МОР домішок концентрація фракцій в відпрацьованій водній емульсії збільшується до 8-9% від початкової концентрації, а соди кальцинованої і інших речовин, зменшується на 1-2% від початкової. Концентрація мікроорганізмів збільшується з $10^4 - 10^5$ до $10^8 - 10^9$ бактерій в одному мілілітрі. Величина рН розчинів дорівнює 9-10 рН. Проте в процесі зростання кількості мікроорганізмів знижується до 7-8,5 рН.

МЄВ другої групи, такі, як м'ячі розчини (МР), застосовуються на виробництві для промивки виробів перед ремонтом чи іншими технологічними операціями. До складу МР входять мила і різноманітні препарати, основним компонентом яких є синтетичні поверхнево-активні речовини (ПАР). Крім цього, на виробництві використовують кислоти, лугу - електроліти, також як засоби що м'яють, інколи доповнюючи чи замінюючи їх.

Встановлено, що в процесі експлуатації в МР влучають нафтопродукти і інші домішки, що утворюють стійкі емульсії типу "масло-вода". Концентрації домішок в МР коливаються в дуже широкому діапазоні і складають: ПАР від 3 до 15%, нафтопродуктів - від 3 до 5000 мг/л і понад, інших домішок - до 10-500 мг/л. Водневий показник рН м'яких розчинів залежить від виду МР, але практично завжди він чи понад 8,5, чи менший 5,5. В м'яких розчинах і промивних водах при рН < 9 починають розвиватися мікроорганізми, також як і в

МЄВ першої групи. В усіх інших видах МЄВ другої групи – при рН \approx 8

Виявлено, що частки твердих механічних домішок в МЄВ полідисперсні, мають неправильну форму, виняток складають масляні частки, що мають кулясту форму. Дрібні об'єкти (менш 0,1 мкм) знаходяться в МЄВ у стійкому агрегативному і кінетичному стані, не осаджуються і не коагулюють. Внаслідок спонтанної гетерокоагуляції утворюються більші за розміром агрегати з розмірами більше 1 мкм. Мікроорганізми формують особливу дисперсну фазу з розміром часток до 10^{-6} – 10^{-7} см і представлені, в основному, в формі паличок і коків.

Збільшення стійкості таких полідисперсних систем у багатьох випадках пов'язане з наявністю в них ПАР. З підвищенням вмісту ПАР їх стійкість зростає, вона залежить від молекулярної взаємодії часток та від властивостей адсорбційних шарів, що впливають на електростатистичне відштовхування часток.

З літературних джерел відомо, що зміна ζ -потенціалу часток рН розчинів значно впливає на стабільність систем "масло-вода", зростання кількості мікроорганізмів і ефективність процесів електрохімічної очистки.

Літературний огляд дозволив виділити наукові розробки, що виконуються в цьому напрямку такими науковими закладами як ВОДГЕО м. Москва, УкрВОДГЕО – м.Харків, Інститутом колоїдної хімії і хімії води – м.Київ, державними технічними університетами будівництва та архітектури міст Києва, Харкова і Донецька, Українського науково-дослідного інституту екологічних проблем (УкрНІЕП) – м.Харків, а також роботи провідних вчених, а саме Л.А. Кульського, А.В.Гриценко, Г.С.Пантелія, В.М.Рогова, В.Є.Терновцева, С.К.Мена, Є.Д.Бабенкова, В.О.Сліпченко, А.І.Мацнева, М.М.Назаряна, Г.В.Слепцова, П.П.Строкача, А.М.Когановського, Г.М.Панченкова, П.А.Рєбіндера, В.В.Пушкарьова, Н.А.Кліменко, Є.Г.Бердичевського.

Приводиться огляд способів і обладнання для вилучення дрібнодисперсних домішок, знезараження, електрохімічної і біохімічної очистки вод, аналогічних за своїми показниками МЄВ. Виконано критичний огляд технологічних схем очистки і регенерації промислових маслоемулсійних вод. Розглянуті способи утилізації і знешкодження відходів, що утворюються при очистці МЄВ. Вказано, що способи і обладнання для очистки та знезараження МЄВ відрізняються чималим розмаїттям, проте життя їх в умовах виробництва обмежено і вони не забезпечують замкненого водокористування на окремих ділянках. Використовані електрохімічні і біохімічні методи і устаткування

для очистки і знезараження МЕВ вимагають доробки і удосконалення.

Виконаний аналіз існуючого становища дозволив визначити напрямок дисертаційного дослідження, сформулювати ціль і завдання роботи.

У другому розділі розглянуті теоретичні аспекти процесів електрохімічної і біохімічної очистки МЕВ.

При електрохімічній обробці МЕВ очистка досягається здебільшого за рахунок одночасної дії процесів коагуляції електрогенеруючими речовинами та флоатації дрібнодисперсними бульбашками газу (електрофлоатація). В зв'язку з цим значний інтерес становить розгляд елементарного акту мікрофлоатації. При цьому основну увагу приділено вивченню процесу зближення часток дисперсної фази з поверхнею бульбашки. При цьому розрізняють дальню гідродинамічну взаємодію (ДГВ) і ближню гідродинамічну взаємодію (БГВ). За Дєрягінім, ефективність зіткнення часток та бульбашок газу E кількісно можна обчислити по залежності (1):

$$E = b_c^2 / R^2, \quad (1)$$

де b_c - максимальний радіус трубки струму, набігаючого на бульбашку потіка рідини, всі частки якої осаджуються на поверхні бульбашки, m ; R - радіус бульбашки газу, m .

Течія рідини в межах спливаючої бульбашки носить потенційний характер, якщо рух її поверхні не загальмовано поверхнево-активними речовинами і критерій Рейнольдса

$$Re = (2RU/\nu) \gg 1, \quad (2)$$

де U - швидкість спливання бульбашки, m/s ; ν - кінематична в'язкість, $Pa \cdot s$.

У процесі виконання роботи доведено, що для успішного проходження процесу зближення і наступного прилипання твердої частки чи краплини нафтопродуктів до бульбашки головне значення має градієнтна коагуляція, що характеризує градієнт швидкості (G). При цьому

$$G \approx U_g / U, \quad (3)$$

де U_g - швидкість седиментації частки на поверхню бульбашки, mm/s ; U - швидкість спливання бульбашки, mm/s .

$$U_g = \frac{\Delta\rho g}{18\mu} a_g^2, \quad (4)$$

де $\Delta\rho$ - різниця густини часток (крапель) МЕВ і води, кг/м^3 ; g - прискорення вільного падіння, м/с^2 ; μ - динамічна в'язкість, Па с ; a_g - радіус частки (краплі), м .

Ефективність зіткнення при безінерційній флотатії (E_0) визначається наступним виразом :

$$E_0 = E_p + \frac{G}{1 + G}, \quad (5)$$

де E_p - ефективність сутички при потенційному режимі.

Треба відзначити, що процеси укрупнення зважених речовин (коагуляція і флокуляція), коалісценція краплин нафтопродуктів, мікрофлотатія твердих домішок, масел і нафтопродуктів протікають по аналогічним законам. При цьому доцільно використати безрозмірний добуток GT (критерій Кемпа) для оцінки гідродинамічних умов мікрофлотатії (де T - час перебування оброблюваної води в камері флотатії, с).

Автором дисертаційної роботи удосконалена запропонована І. Аргаманом та У. Кауфманом залежність стосовно до очистки МЕВ типу МОР:

$$\frac{n_I^0}{n_I^I} = \frac{1 + K_A G T}{1 + K_B G^2 T}, \quad (6)$$

де n_I^0 і n_I^I - концентрації первинних часток і пластівців, м^3 ; K_A і K_B - константи швидкості утворення та руйнування пластівців (краплин).

Суть цих удосконалень ґрунтується на наступному:

1. Співвідношення концентрацій зважених речовин у воді на вході і виході з камери флотатії $n_I^0/n_I^I \gg 1$ характеризує ефективність процесу флотатії, тобто $n_I^0/n_I^I \approx K_\Phi$;

2. При ефективній флотатії зависі величина $n_I^0/n_I^I \gg 1$;

3. Співвідношення констант швидкостей утворення і руйнування пластівців чи краплин K_A/K_B також характеризує ефективність процесу флотатії $K_A/K_B = \alpha K_\Phi$, де α - коефіцієнт пропорційності.

На підставі цього

$$K_\Phi = \frac{n_I^0}{n_I^I} = \frac{1 + K_A G T}{1 + K_B G^2 T} \quad (7)$$

Враховуючи, що $K_A G T \gg I$ і $K_B G^2 T \gg I$, рівняння (7) можна упростити, одержавши :

$$K_{\Phi} = K_A G T / K_B G^2 T, \quad (8)$$

$$K_{\Phi} = K_A / K_B G, \quad (9)$$

де $1/G$ - коефіцієнт пропорційності - α .

Чим більше значення G , тим менше значення α . Для МЕВ і масломістких вод ефективна величина $G = 60 \text{ с}^{-1}$, а $\alpha = 1/60 = 0,017$.

Таким чином, встановлено взаємозв'язок фізичних, фізико-хімічних, хімічних і гідродинамічних аспектів, що забезпечують ефективне укрупнення (пластівцівутворення) зважених речовин, коалісценцію краплин масло- і нафтопродуктів, а також флотацію забруднень, що містяться в МЕВ. Основним чинником, що забезпечує спільність процесів, що протікають, є градієнт швидкості руху рідини чи бульбашок повітря (газу).

Виконані дослідження стійкості промислових емульсій типу МЕВ і механізму її руйнування. Стійкість звичайних розчинів визначається в основному фазовим переходом, в той час як стійкість дисперсних систем МЕВ може порушуватися внаслідок розшаровування і виділення дисперсної системи з іншою концентрацією чи структурою; зміни дисперсного складу, а також коагуляції чи, в загальному випадку, внаслідок процесів агрегації і дезагрегації. Дослідженнями встановлено, що порушення стійкості внаслідок розшаровування і виділення дисперсної системи (для МЕВ це - масло) пов'язане також з діяльністю мікроорганізмів, що винищують органічні компоненти емульсола. На підставі результатів експериментів одержані кінетичні залежності виділення дисперсної фази при температурах 20, 30, 40, 50 °С внаслідок діяльності бактерій.

Показано, що величина критеріального коефіцієнту K_m , що характеризує швидкість виділення масла на поверхню рідини, з підвищенням температури понад 40-50 °С - зменшується. Найбільш високою і стабільною областю виділення дисперсної фази є область в інтервалі від 20 до 40 °С (рис. 1).

Встановлено, що порушення стійкості дисперсного складу визначається також потрапленням масел з гідросистем верстатів та іншого устаткування, що після цього емульгується при перекачуванні емульсій насосами. Потрапляючи в стаціонарні ванни зберігання чи канали, де незначні лінійні швидкості та ламінарний режим потоку, розчинені масла вивільнюються і спливають на поверхню МЕВ.

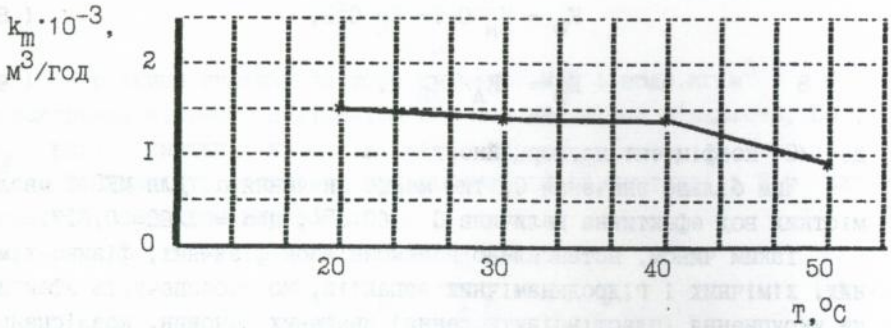


Рис. 1 Залежність коефіцієнту k_m від температури

В процесі використання емульсії до неї попадають різноманітні домішки (метали, масла, бактерії та ін.), котрі визначають полідисперсність системи. В процесі експлуатації рідини ці порушення початкової монодисперсності прогресують і стан термодинамічної рівноваги такої системи стає нестійким.

В роботі наводяться результати досліджень щодо повільної і швидкої коагуляції, гетерокоагуляції і флотажі, стійкості дисперсних систем під впливом електрогенерованого коагулянта (гидрата оксидів заліза і алюмінія). Експериментально встановлено, що ζ -потенціал поверхні часток емульсії типу МОР складає 30–80 мВ. При зниженні ζ -потенціалу до шару Штерна, під чинністю електролітів, швидкість коагуляції зростає і при певних значеннях ζ -потенціалу зникає енергетичний бар'єр відштовхування і настає швидка коагуляція емульсії. Зниження абсолютного значення ζ -потенціалу за допомогою коагулюючих іонів також сприяє коагуляції часток, що узгоджується з правилом Шульце-Гарді.

Дослідження електрохімічних особливостей процесів в електродному блоці електрокоагулятора дозволили визначити залежність утворення сорбційно активних часток гідроксидів металів від гідродинамічних особливостей потоку електроліта, що характеризуються величиною числа Re. Забезпечує ефективне вилучення з прианодної області продуктів електрохімічного розчинення $Re=800-1000$, а при щільності електричного струму нижче 100 А/м^2 число Re знаходиться в інтервалі 200–300. Експериментально встановлено, що швидка коагуляція часток гідроксидів металів проходить для часток $\text{Al}(\text{OH})_3$ протягом 20–30 с, для $\text{Fe}(\text{OH})_3$ – протягом 50–60 с, а

для їх комбінації при ваговому співвідношенні 1:1 ($\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{Fe}(\text{OH})_3$) - протягом 300 с.

Розглядаючи імовірність коагуляційного "захвату" часток забруднень коагулянтном в потоці як стохастичний процес, на прикладі дерева мети, одержали імовірність коагуляційного контакту, що дорівнює 0,5. Це дозволило визначити одне з завдань розробки конструкції електрокоагулятора - розміщення в реакторній камері перегородок з потোকспрямовувачими отворами і створення організованого введення електролізних газів і коагулянта для створення умов, коли коагулюючий контакт стає вірогідною подією.

Дослідження сорбційної активності гідроксидів металів по відношенню до бактерій було виконано з використанням ураженої бактеріями відпрацьованої емульсії типу ЕГТ. На підставі результатів досліджень встановили, що найбільший ефект знезараження досягають при вжитті електродів з графіту. Літературні дані свідчать про наявність ζ -потенціалу у бактерій при їх загальному негативному заряді. Електрокінетичні властивості бактерій визначають спроможність до сорбірування їх на поверхні гідроксидів металів в водних розчинах.

Дослідження щодо реабілітації бактеріями своєї активності після впливу на них електричним струмом і коагулянтном показали, що на процес відновлення росту числа бактерій впливає температура середовища і матеріал, із якого виготовлені електроди. Так, при низьких температурах $T=+2-10^\circ\text{C}$ рост бактерій дещо уповільнено. Обробка води у присутності графітових і комбінованих електродів, виконаних з алюмінію і заліза, показали високу ефективність інактивації бактерій. Після такої обробки бактерії практично не спроможні знов набути своєї початкової швидкості зростання, а стаціонарний їх розвиток спостерігається лише при загальній концентрації 10 бак/мл.

Експерименти показали, що чим кращі умови коагуляції, тим швидше відбувається осадження забруднень в апараті. Домінуючим показником процесів електрохімічної очистки є величина ζ -потенціалу реагуючих у воді часток. Досліджена динаміка зміни ζ -потенціалу анодорозчинних часток іонів металу. В результаті проведених досліджень було встановлено, що руйнування комплексів часток, утворених електрогенерованим коагулянтном зменшує значення ζ -потенціалу кожної частки, що можна пояснити затратами енергії на зцеплення і розрив молекулярних зв'язків утворених у комплексах. Рівномірне перемішування розчинених у воді часток

електрогенерованого коагулянта визначає практично прямолінійне падіння величини ζ -потенціалу. При цьому швидкість падіння величини ζ -потенціалу складає $3 \cdot 10^{-2}$ мВ/с (рис.2).

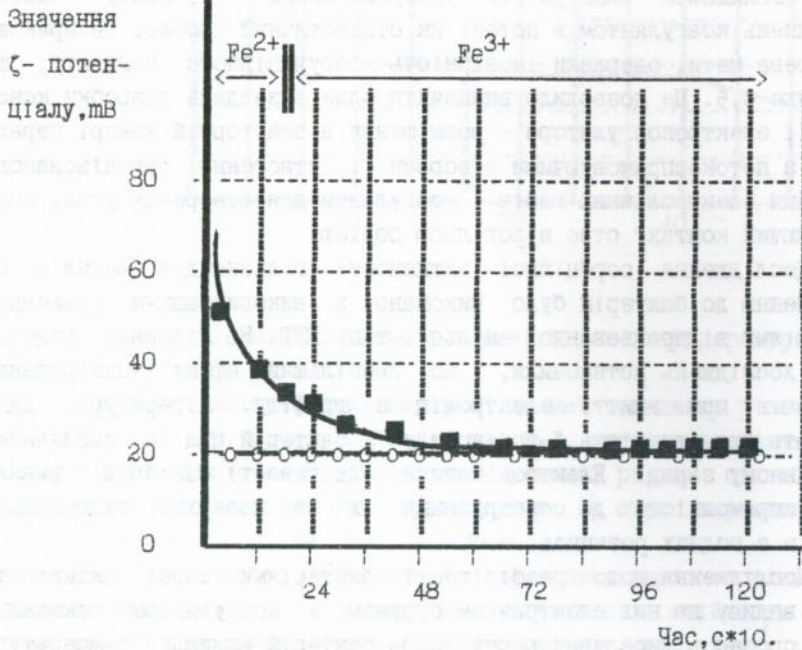


Рис.2. Зміна значення ζ - потенціалу гідроксидів заліза у часі за відсутності їх руйнування і після їх руйнувань.

- - зкоагульовані комплекси не перемішували (не руйнували);
 ■ - результати вимірів після руйнування.

Дослідженнями встановлено вплив багатокомпонентності забруднень, що знаходяться в розчиненому стані у воді, на ефективність електрохімічної очистки. За одержаними результатами досліджень очистки електрогенерованим коагулянтотом - гідроксидом заліза від комплексів забруднень, що вміщують Ni^{2+} , Al^{2+} , Fe^{3+} , Co^{2+} , Mo^{2+} , Cu^{2+} , можна зробити висновок, що процес коагуляції охоплює, в першу чергу, іони Cu^{2+} , Co^{2+} , Mo^{2+} і в меншій мірі беруть участь в цих процесах іони Ni^{2+} .

Дослідження процесу електрокоагуляційної очистки МЕВ першої групи в фізичній моделі електрокоагулятора дозволило одержати математичну залежність, що описує процеси, які відбуваються при коагу-

ляції часток забруднень в електролізері :

$$Y = 67,74 + 3,643X_1 - 28,36X_2 + 2,61X_3 + 4,65X_1X_2 - 2,35X_1X_2 + 3,07X_2X_3 \quad (9)$$

де Y - міра очистки, %; X_1, X_2, X_3 - кодовані значення чинників, відповідно при щільності потоку на електродах (A/m^2), витратах води і електроліта ($m^3/год$).

Математичний опис процесу одержано на підставі результатів повного факторного експерименту типу 2^3 . Адекватність математичного виразу оцінювали за допомогою критерія Фішера, що підтвердив адекватність експериментальних і розрахункових даних.

Експериментально встановлено, що перед електрохімічною очисткою від емульгованих забруднень необхідно провести деемульгування вод, а тільки вчиняти після цього очистку від домішок. Якщо цього не виконати, то очистка емульгованих домішок супроводжується чималими енергетичними витратами при недостатній ефективності процесу. Великий вплив на очистку виявляє концентрація ПАР у очисних водах, які є емульгаторами.

В процесі дослідження очистки МЕВ другої групи, що містять ПАР, був виконаний експеримент на основі ПФЕ типу 2^2 на моделі апарата електрохімічної очистки. В результаті проведених дослідів і статистичної обробки експериментальних даних одержана математична модель процесу, що описується наступним рівнянням :

$$Y = 92,375 - 1,125Z_1 + 4,125Z_2 + 1,125Z_1Z_2 \quad (10)$$

де Y - ефективність процесу очистки, %; Z_1, Z_2 - відповідно концентрація ПАР і витрати води в кодованих значеннях.

Дослідження очистки мийчих розчинів показали перспективність застосування електрохімічної очистки в апаратах зазначеної серії з електродами, виконаними з заліза.

Вивчено вплив бактерій на фізико-хімічні показники водних емульсій: в'язкість, електропровідність, активність середовища. Показано що збільшення кількості бактерій у воді істотно впливає на зазначені властивості МЕВ.

Встановлено, що бактерії в маслоемульсійних стічних водах руйнують структурні зв'язки колоїдних з'єднань внаслідок знищення емульгаторів. Це призводить до порушення енергетичної рівноваги,

що обумовлює зміну пластичної в'язкості і гранично - динамічного напруження зсуву.

Дослідження показали, що внаслідок розвитку бактерій в водних емульсіях істотно змінюється електропровідність, при цьому, чим вище концентрація бактерій, тем вище електропровідність.

Розвиток бактерій в МЕВ залежить від кислотно-лужних властивостей емульсії. При активному зростанні бактерій спостерігається зниження рН більше ніж на три одиниці, це в свою чергу обумовлює необхідні умови для подальшого їх розвитку.

Методом мікрофорезу встановлений вплив кількості бактерій на величину ζ -потенціалу емульгованих часток. В процесі свого розвитку бактерії знижують величину ζ -потенціалу до (10-12) мВ. Таке зниження ζ -потенціалу колоїдних часток має місце при концентрації бактерій в межах (1-3) 10^9 бак/мл. У відпрацьованій же емульсії концентрація бактерій складає (2-5) 10^8 бак/мл, що сприяє даному процесу. Проте, такої концентрації бактерій недостатньо для повного розкладання маслоемульсійних стічних вод.

Вживання бактерициду для знищення бактерій і збереження стійкості емульсії не ефективно в автоматичних лініях великої довжини, бо при додаванні їх у лінію дуже складно точно врахувати концентрацію бактерій. На підставі проведених досліджень треба очікувати, що в автоматичних лініях відповідність кількості бактерицида концентрації бактерій визначає величину лаг-періоду їх розвитку.

З співтовариства бактерій треба виділити сульфатвідновлюючі бактерії (*Desulfovibrio* і *Desulfotomaculum*), сіркобактерії (*Protetivulgaris* і *P.aeruginosa*), які внаслідок свого розвитку руйнують і винищують емульгатори. Основним видом бактерій, що розвиваються в водних емульсіях, є *Pseudomonas*. Популяції цих бактерій найбільш повно винищують органічні речовини.

Швидкість біохімічних процесів, що протікають у клітинах бактерій, визначається також наявністю хімічних елементів, в тому числі Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{3+} , які стимулюють їх зростання. Вивчення мікроелементів за допомогою атомноабсорбційного спектрофотометра "Сатурн" показало, що в середовищі їх живлення (відпрацьована МОР) є достатня кількість зазначених вище елементів.

Мікробіологічні аналізи за методом Грама показали, що в маслоемульсійних стічних водах розвиваються як аероби, так і анаероби. Одночасна їх присутність пояснюється в'язкістю середовища їх живлення і недостатністю кисню. Зниження вмісту кисня в

емульсії відбувається в процесі її експлуатації в автоматичній лінії, при цьому ХПК з $0,6 \cdot 10^3$ мг O_2 /л зростає до $35 \cdot 10^3$ мг O_2 /л протягом 60 діб. При дослідженнях по методом Грама встановлено, що аероби представлені в маслемульсійних водах одночасно грамнегативними і грампозитивними диплококами, одиничними грамнегативними спірилами і грампозитивними стрептококами. Анаероби в емульсії розвиваються здебільшого у вигляді грампозитивних великих паличок.

На швидкість зростання бактерій в чималій мірі впливають умови експлуатації водних емульсій, тому навіть на окремих ділянках автоматичної лінії питома швидкість зростання бактерій різна, що необхідно враховувати при розробленні засобів мікробіологічного розкладання емульсій.

Вивчена кінетика розвитку бактерій в водних емульсіях, що дозволило визначити оптимальну температуру ферментації. Кінетику розвитку бактерій дослідили на основі 5%-ної емульсії, приготованої на основі емульсола Укріол. Одночасно встановлено, що кількість біомаси обумовлює зниження концентрації емульсола.

Виконані дослідження кінетичної залежності кількості біомаси (кількість мікроорганізмів в мл розчину) M і поживного субстрата (емульсола) S при різних температурах процесу (30, 40, 50 °C). Визначені, на підставі моделей Моно, кінетичні моделі біологічної системи МЕВ. Погодженість одержаних виразів із експериментальними результатами визначалося за критерієм Фішера при рівні значення $\alpha = 0,05$ і підтвердила їх адекватність.

В результаті теоретичного узагальнення, а також виконаних досліджень розроблено технічне наповнення концепції екологізації використання маслемульсійних і масломістких стічних вод, яка спрямована на вилучення забруднень чи мінімізацію скидання таких вод у міську каналізаційну мережу і водосховища.

У третьому розділі основну увагу приділено дослідженню і розробленню способів і обладнань електрокоагуляційної очистки (ЕКО) і біохімічної очистки МЕВ.

Проведеними дослідженнями встановлено, що в одностадійному електрокоагуляторі (електродізері) стічна вода подається в міжелектродний простір (одна стадія ЕКО), а у двохстадійних - вводиться окремо стічна вода і електроліт (дві стадії ЕКО). Ефективність очистки вище у двохстадійних електродізерах. Пояснюється це тим, що у двохстадійних електродізерах більш повно використовуються, і навіть неодноразово, основні чинники процесу електролізу-електролізні гази (флотатор), електрогенерований коагулянт (сор-

бент), що утворює коагуляційне ядро, електричне поле (окисник).

Розглянута конструкція електрокоагулятора типу "РЕКА". Апарат відноситься до типу двохстадійних, тому що очищена вода спочатку надходить у реакторну камеру, де вилучаються домішки, а в блок, де розташовані електроди, подається очищена або чиста вода. Подаючи потік очищеної чи чистої води в електродну камеру, звідкіль він потім частково надходить в реакторну камеру з висхідним потоком з щілиновидної перегородки, одержано умови коли забруднення з води, що очищається, не можуть потрапити в реакторну камеру. Це дозволяє уберегти поверхню електродів від забруднення. Особливо це важливо при очистці жиромістких, масляних та інших видів речовин, що забрунжують воду. Проте конструкція мала і недоліки, що не дозволили широко його завпровадити на підприємствах, а саме: чималі габарити та металомісткість, що вимагає додаткової надбудови для його обслуговування; незначна продуктивність під час очистки (не більш 1-1,5 м³/год); необхідність підкислення води при подачі в апарат на очистку та ін..

Дослідження показали, що одним з напрямків підвищення ефективності очистки є поліпшення процесу введення очисного коагулянта, у воду. Це дозволяє зменшити енергозатрати і розміри реакційних частин апарату, а також розміри самого апарату. Виконання потоконаправляючих отвірив у перегородках, встановлених у горизонтально розташованій реакторній камері, дозволяє змінити напрямку струму рідини змушуючи його кілька разів пересікати газокоагулюючу "стінку", що виходить з електродної камери через щілинаподібний отвір. Ця "стінка" виконує роль фільтру, відсікаючи від води частки що забрунжують, одночасно насичуючи останню електрогенерованим коагулянтом.

Таким чином, розроблено принцип очистки за допомогою фракціонованого коагулювання в проточних електрокоагуляторах. Реалізувати цей принцип можливо поки що тільки в двохстадійних апаратах типу "ЕКОС" (рис.3). Основне технологічне призначення апарату - забезпечення найкращих умов для коагуляційного контакту часток забруднень і часток електрогенерованого коагулянта, газових бульбашок, а також забезпечення умов для швидкої коагуляції. Процес повільної коагуляції проходить в окремому полицному відстійнику у якого відстань між полицями відповідає часу повного осадження скоагульованих домішок.

У третьому розділі описані конструкції електрокоагуляторів "ЕКОС-М" і "ЕКОС-Ф", які розроблені на базі конструкції апарату

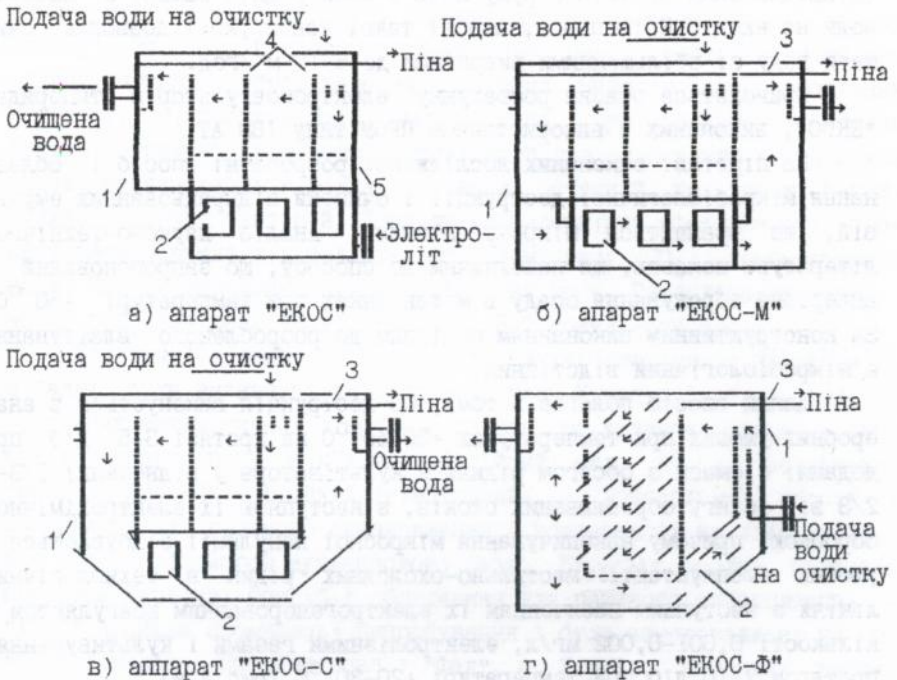


Рис.3 Схеми електрокоагуляторів типоряду "ЕКОС".

1 - реакторна камера; 2 - електродна камера;

3 - пеновідвідний канал; 4 - перегородки с потоконаправляючими отворами; 5 - щілиновидний канал.

"ЕКОС", що мають свої функціональні призначення і поширюють можливості застосування таких апаратів для очистки та знезараження промислових вод. В апаратах конструкції "ЕКОС-М", за допомогою додаткових вхідної і вихідної камер, виконаних з різними розмірами, що визначають гідродинамічні особливості струму води, що очищає, створюються умови повного двохстадійного режиму роботи без додаткових насосів чи інших приладів. Модифікацію апарату "ЕКОС-М" є конструкція "ЕКОС-С", у якій з'єднуючі вхідні і вихідні камери виконані з регулюючими заслонками, що дозволяє переходити від повного двохстадійного режиму роботи до неповного чи одностадійного, а також змінена конструкція електродної камери. Конструкція апарату "ЕКОС-Ф" дозволяє створювати рециркулюючий потік води, у середині апарата, за рахунок оригінального щілиноподібного вхідного, для очищуваної води, влаштування, що створє піднімальну силу, пропорційну напору води. Це дозволяє підтримувати постійним

співвідношення обсягів струму води в електродній камері з потоком води на вході. Крім цього, апарат такої конструкції дозволяє очищати воду зі збільшеними витратами до 5-10 м³/год.

Приводяться основи розрахунку електрокоагуляторів типоряду "ЕКОС", виконаних з використанням ПЕОМ типу IBM AT.

На підставі виконаних досліджень, розроблені спосіб і обладнання мікробіологічної деструкції і очистки відпрацьованих емульсій, що вражаються мікроорганізмами. Аналіз науково-технічної літератури показав, що найближчим до способу, що запропонований є анаеробне зброжування осаду в метантенках при температурі +50 °С. За конструктивним виконанням подібним до розробленого влаштування є мікробіологічний відстійник.

Даний спосіб полягає в тому, що деструкція виконується в анаеробних умовах при температурах +30-40 °С на протязі 3-5 діб при доданні біомаси з обсягом рідини з культиватора у відношенні 1/3-2/3 від обсягу оброблюваних стоків, з наступною їх електрохімічною обробкою, причому накопичування мікробної популяції відбувається в умовах експлуатації мастильно-охолодних рідин в технологічних лініях з наступним насиченням їх електрогенерованим коагулянтном у кількості 0,001-0,002 мг/л, електролізними газами і культивуванням протягом 7-10 діб при температурі +20-30 °С (рис.4,а).

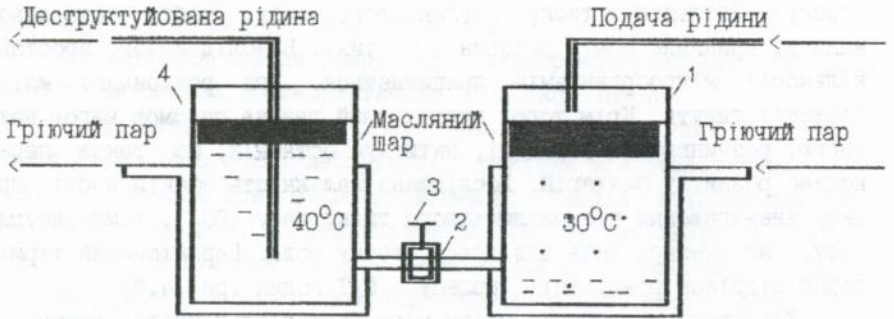
Результатом мікробіологічної деструкції є повне розкладення емульсії і знищення бактерій, при цьому кількість остачи бактерій не перевищує 10³ бак/мл, а концентрація емульсола менше 1%. Активне зростання бактерій знижує відновний потенціал окислення з 0,1х x10 mV до 0,06 10 mV і нижче.

На основі виконаних експериментів в лабораторних умовах було встановлено, що зміна умов розвитку мікроорганізмів в МОР негативно впливає на їх розмноження. За результатами досліджень був обраний спосіб газового знезараження, як один з найбільш доступних і економічних способів для реалізації в умовах підприємств. Після аналізу характеристик газів, а також беручи до уваги результати досліджень, виконаних з графітовими електродами, як знезаражуючий газ було обрано вуглекислий газ. Дослідження показали, що в середовищі вуглекислого газу відбувається уповільнення процесів зростання бактерій, причому зростання тим повільніше, чим більше газу розчинено в рідині. Збільшення кількості розчиненого вуглекислого газу можна досягти подвійно - збільшенням тиску чи зменшенням температури. Припускається, що збільшення тиску до 98-294 кПа приводить до пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів. При цьому

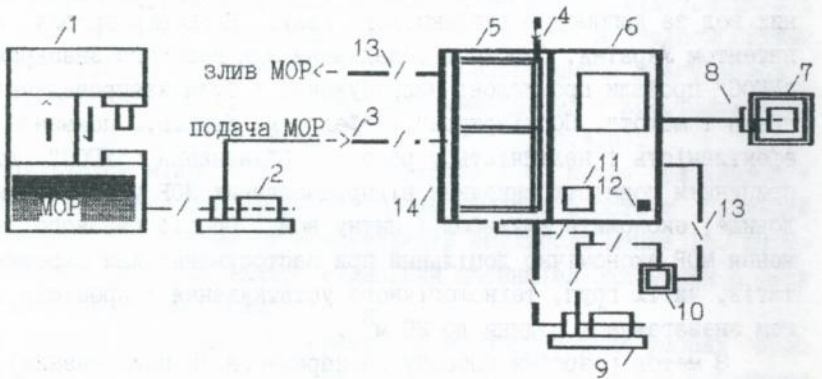
внутрішній осмотичний тиск у клітині протидіє зовнішньому впливу (тиску). Збільшення тиску вуглекислого газу, тобто зовнішнього впливу, припиняє обмін речовин в клітині. Внаслідок чого зростання кількості мікроорганізмів припиняється. При розірванні клітин бактерії гинуть. Крім того, вуглекислий газ за питомою вагою важче кисню, розчинючись у рідині, витискує останній, що також перешкоджає розвитку бактерій. Досліджена залежність ефективності процесу знезараження від надлишкового тиску газу (CO_2), температури і часу. Час знезараження відіграє істотну роль. Гарантований терміновий відрізок реалізації процесу - 5-7 годин (рис.4,б).

Кінетичні залежності зміни міри бактеріологічного враження Y , в балах, були визначені на відрізках часу X від 0,1 до 8 год. З одержаних математичних рівнянь виходить, що характер процесу знезараження при тиску 98 кПа має нестійкий вид, а при збільшенні тиску до 294 кПа - стійкий (стабільний). Розроблені спосіб і обладнання для газового знезараження і консервації маслоемульсійних вод за допомогою вуглекислого газу. Наукова розробка захищена патентом України. Спосіб і обладнання для газового знезараження - "УГОС" пройшли промислові випробування і були завпроваджені на ПО "Серп і молот", ПО "Хартрон" і "Фед", м. Харків, показали високу ефективність і надійність у роботі. Обладнання "УГОС" дозволило припинити повністю скидання відпрацьованих МОР у навколишнє середовище, економити емульсол і питну воду. Спосіб газового знезараження МОР економічно доцільний при застосуванні для окремих верстатів, чи їх груп, технологічного устаткування і процесів з обсягом знезараженої рідини до 20 м^3 .

З метою розробки способу знезараження (кондиціювання) маслоемульсійних вод з обсягами знезараженої рідини понад 20 м^3 , виконані дослідження по визначенню впливу продування киснем повітря МОР, вражених мікроорганізмами і визначення залежності швидкості зростання кількості бактерій від перемішування рідини. Дослідження показали, що продування киснем повітря не забезпечує необхідної величини знезараження. Також експериментально була показана залежність ефекту знезараження від швидкості переміщення розчину. Як критерій оцінки величини перемішування рідини, був обраний критерій подібія Re . Встановлено, що при збільшенні значення числа Re потоку рідини, швидкість зростання кількості мікроорганізмів, що розвиваються в МОР, прагне до нуля. Ефективність знезаражувального ефекту досягається зміною умов середовища розмноження бактерій, як правило, це стаціонарний (ламінальний) режим, що в умовах



а) Мікробіологічний відстійник знезараження та деструкції МОР
 I - культиватор мікроорганізмів; 2 - труба $D_y = 250$ мм; 3 - запорний пристрій; 4 - мікробіологічний деструктор.



б) Схема обладнання газового знезараження МЕВ ("УТОС").

I - обладнання з МОР; 2 - насос; 3 - трубопровід; 4 - підвод повітря; 5 - приймальна камера; 6 - камера знезаражування; 7 - балон з газом; 8 - контрольні пристрої; 9 - насос; 10 - фільтр; II - клапан-запобіжник; 12 - гідростатична трубка; 13 - вентилі; 14 - корпус апарата.

Рис.4 Схеми обладнання деструкції і знезараження МЕВ

виробництва визначається зберіганням МОР в ємкостях, де лінійна швидкість потонування незначна чи равна нулю в неробочий час. Швидкість зростання бактерій визначається зміною біомаси (dm/dt), значення якої прагне до свого мінімального значення при збільшенні швидкості струму і переходу до турбулентного режиму.

В результаті виконаних досліджень одержані функціональні залежності, що описують процес знезараження, розроблено спосіб і пристрій кондиціонування маслемульсійних вод за допомогою системи управління режимами функціонування потоків.

Впровадження способу в промислових умовах ПО "Серп і молот" дало позитивні результати (МОВ типу МОР працює в технологічній лінії з 1994 року без скидів стічних вод і додатків бактерицидів).

В четвертому розділі основну увагу приділено розробці промислових технологічних схем очистки МОВ.

На підставі розробленого методу мікробіологічної деструкції одержана технологія і прилади для очистки та регенерації МОВ типу МОР металообробного цеху. Технологічна лінія складається з дільниць відстоювання та фільтрації, мікробіологічної деструкції, електрокоагуляційної очистки і аерації. Технологія і прилади запроваджені в цеху №8 Мелітопольського заводу тракторних гідроагрегатів за схемою, описаною вище. Очищена і знешкоджена МОВ повертається на дільницю приготування емульсії, а масляні відходи збирають і здають на склад пально-мастильних матеріалів, при цьому якість масла, що збирається, достатньо висока (рис.5,а). Продуктивність технологічної схеми очистки - 12-15 м³/год. Займана робоча площа дорівнює 64 м². Споживаєма електрична потужність не більше 10 кВт/год. Установка обслуговується апаратчиком.

На першому етапі очистки виконують культивування мікроорганізмів до необхідної їх руйнівної для емульсії концентрації, після цього настає власне процес деструкції в мікробіологічному деструкторі. Наступною стадією обробки відпрацьованої емульсії є електрокоагуляційна обробка. На завершальному етапі обробки застосовується продування повітрям для освітлення, вилучення газів з води і насичення киснем. Бактеріологічне ураження зменшується з 4 до 0 балів, вміст хлоридів - з 600-700 до 200-260 мг/л, вода задовольняє вимогам стабільності і величина рН дорівнює 8,8.

Дослідження показали, що очистка МОВ другої групи повинна включати в себе наступні операції: механічне виділення грубодисперсних фракцій; деструкцію колоїдних систем; нейтралізацію і знезараження. В результаті виконаних досліджень розроблена технологія-

чна лінія очистки вод ремонтного цеху, що мають моно- і полівидовий склад забруднень. Лінія очистки включає ємкості збирання і нейтралізації очищуваної води, електрокоагулятор типу "ЕКОС" (один чи кілька, в залежності від продуктивності установки); полицного відстійника; ємкості для збирання і зберігання очищеної води; випрямлячів електричного струму і іншого допоміжного устаткування. Дана розробка пройшла дослідно-промислове випробування і запроваджена на п/я А-1080, м. Севастополь і ПО ГПЗ-8, м. Харків.

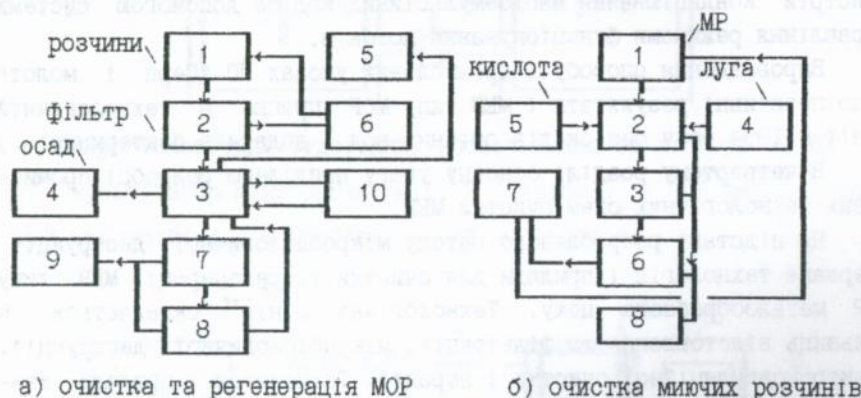


Рис.5 Структурні схеми технологічних ліній очистки МЭВ:

1 - ємкості; 2 - фільтр (а), змішувач (б); 3 - електрокоагулятор; 4 - осад (а), луга (б); 5 - бак приготування МОР (а), кислота (б); 6 - технологічна лінія (а), відстійник (б); 7 - культиватор бактерій (а), ємкість очищеної води (б); 8 - деструктор СОЖ (а), осад (б); 9 - маслосбірник; 10 - електроліт.

Ефективність очистки води дозволяє використовувати її повторно на дільниці чи скидати в каналізаційну мережу (рис.5,б).

Характеристика установки очистки МР: продуктивність установки - 2-5 м³/год; робоча площа, яка займається - 45-50 м², споживча електрична потужність не більш 5 кВт/год; маса електрокоагулятора дорівнює 800 кг при масі одного електродного блоку до 59 кг (кількість блоків - 3). Показники очистки: Fe³⁺, Ni²⁺, Zn²⁺, Cu²⁺, с 10 мг/л вхідної до гранично-допустимих концентрацій (ГДК); Cr⁶⁺, з вхідної концентрації 500 мг/л також до ГДК; нафтопродукти, з вхідної концентрації 100 мг/л до 0,05 мг/л.

Проведено дослідження на основі модельних розчинів по очистці складних транспортних вод, що утворюються після миття автотранспорту, за допомогою установки очистки, виконаної на базі елект-

рокоагулятора типу "ЕКОС". На підставі проведених досліджень були розроблені стаціонарна і мобільна мийка з регенерацією миючих розчинів. Технологічна схема очистки миючих розчинів автомобілів і двигунів запроваджена на ЗАПІ-12328, м. Запоріжжя на базі установ-ки, що включає до свого складу електрокоагулятор "ЕКОС-С".

Пересувна мийка з регенерацією миючого розчину виконана у вигляді автопоїзду, що складається з пересувної естакади-мийки авто-мобілів і причепа з установкою очистки і регенерації води. Розроб-ка мобільної мийки з регенерацією миючого розчину захищена патен-том.

З одержаних внаслідок експериментів даних з електроокислення бактерій випливає, що гідроксиди заліза чинять менший окислюваний вплив на бактерії, що розвиваються в МЕВ, ніж електролізні гази; ефективність процесу окислення на поверхні електродних пластин залежить від співвідношення обсягу окислюваної рідини і площі еле-ктрода-окислювача, а також визначається часом контакту поверхні пластины окислювача з бактеріальною клітиною. В процесі досліджень були виконані заміри ζ -потенціалу і електрофоретичної швидкості міцел маслоемулсійних вод, приготованих на основі триетаноламіна. Внаслідок виконаних експериментів було встановлено, що під впливом електричного поля в міжелектродному просторі утворюються вихорові потоки утворенню яких сприяють електролізні потоки і спливаючі газові бульбашки. Ці чинники зменшують опір струму рідини в 2-3 рази, що збільшує швидкість переміщення міцел в міжелектродному просторі, яка складає 0,1 - 0,5 м/с. Дослідження, проведені на модельній установці, дозволили встановити залежність ефекту знеза-раження від кількості циклів рідини в системі із електроокислен-ням, при об'ємній швидкості струму МОР, що дорівнює 2-3 м³/год.

Одержані при дослідженнях результати були використані в уста-новці для знезараження мікроорганізмів в технологічній системі, в якій застосовується мастильно-охолодна рідина на основі триетано-ламіна, з об'ємною швидкістю понад 30 м³/год.

В п'ятому розділі виконана розробка способів утилізації від-ходів, що утворюються при очистці забруднених промислових вод.

Проведеними дослідженнями визначено склад відходів, що утво-рюються при очистці маслоемулсійних вод. Виконані дослідження по утилізації металізованих відходів що вилучаються з МОР, на ПО ПІЗ-8, м. Харків.

Виконані дослідження дисперсної фази металізованого осаду, що утворюється після зняття осаду з магнітних сепараторів. Дифракто-

грами порошоків одержували на дифрактометрі Дрон-3М з $\text{Si}_{\text{K}\alpha}$ - випромінюванням. Як показав рентгено-фазний аналіз, металізований порошок представлений однією кристалевою фазою і містить незначну кількість рентгеноаморфної частини. При порівнянні дифрактограм необробленого і відмитого порошоків було встановлено, що одноразова на обробка порошка забезпечує чимале вилучення поверхнево-активних речовин з поверхні часток. Це супроводжувалося зниженням інтенсивності гало в області кутів 2θ 18-28⁰ зростанням інтенсивності основного піка $\alpha = \text{Fe}$.

Проведеними дослідженнями встановлено, що металізований порошок, який відмито, швидко окислюється на повітрі, що значно ускладнює його подальшу переробку. Процес швидкого окислення порошка підтверджується рентгено-фазовим аналізом.

Досліджені процеси обробки металізованого порошка брикетуванням і плавленням. Показана перспективність застосування способу плавлення для обробки металізованих відходів, що вилучаються з МОР В результаті виконаних досліджень, розроблена технологія переробки металізованого порошка в метал. Технологія включає в себе наступні операції: збирання металізованого порошка; брикетування чи виготовлення окатишів на основі органічних зв'язуючих, наприклад відходів виробництва парафіну; плавлення в електродуговій печі при температурі 1300-1400 °С і відливка в готові форми. Лабораторні випробування показали ефективність вжиття такого засобу утилізації і чималу економію, одержувану від раціонального використання природних ресурсів (вихід металу 39%).

В результаті аналізу визначено клас небезпеки відходів, що утворюються після електрохімічної очистки хромістких вод. Встановлено, що осад, який утворюється після очистки таких категорій вод, можна віднести до четвертого класу небезпеки - мало небезпечні.

Досліджено осад, що утворюється при очистці жиромістких вод в електрокоагуляторах типу "ЕКОС" з алюмінієвими електродами. Виконані дослідження по визначенню можливості використання такої категорії відходів в миловарінні. На базі кафедри жирів Харківського державного політехнічного університету, були проведені дослідження і одержані зразки мила на основі жирових відходів, де містяться домішки алюмінію, які за своїм показниками відповідають вимогам щодо миючих засобів та можуть бути рекомендовані для виготовлення миючих засобів для прання бавовняних тканин, зокрема, робочого одягу.

В шостому розділі розглянуті економічні аспекти виконаних розробок і впровадження їх на підприємствах. Економічні розрахунки, наведені в дисертації, показують, що вжиття розроблених технологій очистки і знешкодження маслемульсійних вод, а також утилізація речовин, що вилучаються при очистці з води, є ефективним техніко-економічним заходом, що дозволить виключити (мінімізувати) скид особливо забруднених стоків в каналізацію, знизити собівартість води, найбільш повно використати воду за рахунок її багатократної рециркуляції в технологічному устаткуванні, зменшити капітальні витрати на будівництво заводських очистних споруд, одержати практично готову для повторного використання сировину, а також економити емульсол.

Найбільш важливим ефектом від впровадження розробок треба вважати запобігання збитків, що завдаються навколишньому природному середовищу і здоров'ю людини від скидання і використання неочищених і вражених мікроорганізмами МЕВ. Виконано розрахунок збитків, що завдаються навколишньому середовищу від скидання різних обсягів забруднених МЕВ типу МОР, для Харківської, Київської і Московської областей. Показана висока міра небезпеки таких скидів для різноманітних домішок, що входять до складу МОР. Найбільші з них – це нафтопродукти (масла), поверхнево-активні речовини і мікроорганізми.

Сумарний річний економічний ефект від впровадження розробок на підприємствах склав понад 661456,45 грн, а з урахуванням запобігання збитків навколишньому природному середовищу 973969 грн при величинах коефіцієнтів рентабельності від 1,47 до 13,8.

В И С Н О В К И

1. Встановлено взаємозв'язок фізичних, фізико-хімічних, хімічних і гідродинамічних аспектів, що забезпечують ефективне укрупнення (пластівцівутворення) зважених речовин, коалісценцію краплин масло- і нафтопродуктів, а також флотацію забруднень, що містяться в МЕВ. Основним чинником, що забезпечує спільність протікаючих процесів, є градієнт швидкості руху рідини чи бульбашок повітря.

2. Розроблено технічне наповнення концепції екологізації використання маслемульсійних і масломістких стічних вод.

3. Досліджена залежність агрегативної стійкості промислових МЕВ від зростання кількості мікроорганізмів при різних температурах. Визначені критеріальні показники стійкості МЕВ.

4. Визначено зв'язок гідродинамічних параметрів (число Рейно-

льда) з електрохімічними процесами; величини залежності ζ -потенціалів колоїдних часток і електрогенерованого коагулянта, гідроксидів алюмінію, заліза та їх суміші, при проведенні процесів електрокоагуляції. Виконано дослідження динаміки зміни ζ -потенціалу анодорозчиненого заліза. Встановлено, що величини ζ -потенціалу гідроксидів заліза не змінюються у часі при відсутності руйнування зкоагульованих комплексів часток і дорівнюють своєму мінімальному значенню, але зменшуються з максимального значення до мінімального після їх руйнування.

5. Дослідження показали, що при очистці стічних вод, що містять кілька видів іонів важких металів, ефект їх очистки від комплексу компонентів, при однакових витратах анодорозчинного металу, виявляється більш високим, ніж при очистці стічних вод що містять тільки один компонент. Дослідженнями встановлено, що процес коагуляції в багатоконпонентних системах охоплює, в першу чергу, іони Cu^{2+} , Co^{2+} , Mo^{2+} і в меншій мірі беруть участь в цих процесах іони Ni^{2+} .

6. Розроблена нова конструкція електрокоагулятора, в якій досягається фракційне коагулювання забруднень електрогенерованим коагулянтом.

7. Розроблений типоряд універсальних електрокоагуляторів типу "ЕКОС", алгоритм (блок-схема) їх розрахунку на ЕОМ.

8. На підставі повних факторних експериментів типу 2^3 і 2^2 одержані математичні моделі процесів електрокоагуляційної очистки деструктурованої бактеріями МОР і м'яких розчинів.

9. Розроблена технологія і обладнання електрохімічної очистки м'яких розчинів від іонів важких металів і нафтопродуктів (ЦНДІВС, Морзавод, м.Севастополь). Визначена залежність ефекту коагуляції забруднень гідроксидами заліза при різних показниках рН стічної води. Виконані дослідження процесу очистки м'яких розчинів автотранспорту на прикладі модельних розчинів розроблені технологія і обладнання. Розроблена установка очистки м'яких розчинів в для стаціонарної ділянки мийки автотранспорту, що запроваджена на ЗАТП-12328, м. Запоріжжя. Розроблена мобільна установка мийки легкового автотранспорту з регенерацією води і автономним електропостачанням.

10. Визначено, що в водних емульсіях розвиваються як аероби, так і анаероби. Розвиток анаеробів пояснюється в'язкістю середовища мешкання і зменшенням кількості кисня в воді в процесі різання і шліфування металів.

11. Використання в анаеробних умовах бактерій, що підготовляються самими бактеріями, які адаптувалися до поживного середовища емульсій полівидового складу, дозволило культивувати мікробну популяцію до кількості, що забезпечує успішний поділ емульсії на дві фази – маслоемульсійний шар і очищену воду (деструктовану стічну воду). Визначено, що концентрація біомаси, що необхідна для руйнування емульсій, повинна дорівнювати $1 \cdot 10^9$ – $3 \cdot 10^9$ бактерій в мл.

12. Досліджена кинетика процесу мікробіологічного руйнування водних емульсій типу МОР. Визначені кинетичні моделі біологічної системи МЕВ і кинетичні константи, що характеризують швидкість зростання мікроорганізмів і зниження кількості поживного субстрата. Одержано математичний опис процесу мікробіологічного розкладу емульсій.

13. Проведено аналіз і зроблено вибір знезаражувачого газу для маслоемульсійних рідин типу МОР. Досліджено процес знезаражування (на прикладі МОР типу "Українол") вуглекислим газом. За допомогою виконаного регресійного аналізу визначені види функціональних залежностей і ступеня знезаражування у часі при різному збитковому тиску газу.

14. Розроблена установка газового знезаражування МОР ("УГОС"). Виконані промислові випробування та впровадження установки на промислових підприємствах "Хартрон", "Серп і молот", "ФЕД" міста Харкова. Установка забезпечує рециклізацію МОР на локальній виробничій ділянці на неозначено довгому відрізку часу без заміни на нову та без погіршення її технологічних показників.

15. Для виробничих ділянок з обсягами МОР понад 10 – 20 м³, розроблено спосіб кондиціювання МОР за допомогою системи управління процесом її функціонування МОР в технологічних лініях. Розроблена схема кондиціювання МОР для підприємств ГПЗ-8 і "Серп і молот" м.Харків. Спосіб пройшов апробування в промислових умовах на підприємстві "Серп і молот", де МОР працює в технологічній лінії з 1994 р. без заміни на нову і без додатків бактеріцидів і фунгіцидів

16. Розроблено спосіб і устаткування для електроокислення бактерій в маслоемульсійних водах, які містять незначну кількість розчинених масел (до 1%). Одержана математична залежність залишкового вмісту бактерій від величини електричного струму, а також ефективності процесу знезаражування від кількості циклів рідини яку знезаражують.

17. Розроблена технологія утилізації металомістких відходів, що утворюються при очистці МЕВ типу МОР шляхом брикетування і

подальшого одержання металу шляхом плавлення, при виході металу до 39% від ваги брикету.

18. Визначена загальна економічна і екологічна ефективність виконаних наукових розробок, що склала понад 973969 грн. Показана економічна доцільність впровадження локальних очисних приладів з рециклізацією виробничих вод всередині підприємств.

ОСНОВНІ МАТЕРІАЛИ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНІ В НАСТУПНИХ ДРУКОВАНИХ РОБОТАХ:

1. Березуцкий В.В. Выбор средств и методов предотвращения загрязнения биосферы промышленными сточными водами: Учеб. пособие. - К.: НМК ВО, 1992. - II 6 с.
2. Березуцкий В.В. Вибір засобів і методів запобігання забрудненню біосфери промисловими стічними водами: Навчальний посібник. - К.: ІСДО, 1993. - ІО8 с.
3. Березуцкий В.В. Екологічні аспекти застосування МОР: Навчальний посібник. - К.: ІЗМН, 1996. - І64 с.
4. Назарян М.М., Березуцкий В.В. Очистка жиросодержащих стоков// Масло-жировая промышленность. - 1984.- №8.- С.29-31.
5. Назарян М.М., Березуцкий В.В., Галян Л.Г. Замкнутая система регенерации СОЖ// Машиностроитель. - 1986.- №9.- С.18.
6. Березуцкий В.В., Галян Л.Г. Очистка ливневых вод метрополитена// Метрострой. - 1987.- №1.- С.15.
7. Назарян М.М., Березуцкий В.В., Шамша Л.Ф. Оптимизация анодного растворения алюминия в колонных электрокоагуляторах для очистки сточных вод, содержащих масла и ионы тяжелых металлов// Вестник ХПИ. - Харьков: Вища школа, ХДУ. - 1988. - С.38-40.
8. Березуцкий В.В. Локальные установки для очистки промышленных стоков// Машиностроитель. - 1989. - №1.- с.30-31.
9. Березуцкий В.В. Электрокоагуляционная очистка сточных вод предприятий// Машиностроитель. - 1989. - №3. - с.10-11.
10. Березуцкий В.В. Очистка и обеззараживание СОЖ// Машиностроитель. - 1991. - №7. - С.32-33.
11. Березуцкий В.В., Древаль А.Н., Павленко Т.С., Горбенко В.В., Донской Д.Л. Доочистка и обеззараживание маслоэмульсионных сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. - 1992. - С.29-31.
12. Березуцкий В.В., Березуцкая Н.Л., Тимченко А.Н. Технология кондиционирования маслоэмульсионных вод// Охрана окружающей среды. - Черкассы: НИИТЕХИМ. - 1995. - вып.1. - С.16-22.
13. Березуцкий В.В., Любченко И.Н. Очистка конденсатных вод от

масел // Охрана окружающей среды. - Черкасы: НИИТЕХИМ. - 1995. - вып.2. - С.5-7.

14. Березуцкий В.В., Донской Д.Л., Слепцов Г.В. Проблемы очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов // Машиностроитель. - 1996. - №6. - С.22-23.

15. Анализаторы маслосодержащих сточных вод / Березуцкий В.В., Есаулов С.М., Озерова Л.М.: УкрНИИТИ. - Харьков, 1989 - 10 с. - Рус. - Деп. в ГНТБ Украины №211172

16. А.с. N 1317840 СССР, МКИ С 02 F 9/00. Система регенерации и очистки смазочно-охлаждающих жидкостей / Березуцкий В.В., Назарян М.М., Штык В.И. (СССР). - N 3853729; Заявл. 11.02.85. - Т.- 4 с.

17. А.с. N1366481 А1 СССР, МКИ С 02 F 9/00. Способ очистки сточных вод, содержащих смазочно-охлаждающие жидкости / Березуцкий В.В., Назарян М.М., Шамша Л.Ф. (СССР). - N 3940826/31-26; Заявл. 08.08.85; Оpubл. 15.01.88, Бюл. N2. - 2 с.

18. А.с. N 1815937 А1 СССР, МКИ С 02 F 1/463 Устройство для электрохимической очистки сточных вод / Березуцкий В.В., Древал А.Н. (СССР). - 434407/31-26; Заявл. 27.12.89; Т.- 2 с.

19. А.с. N 17230449 А1 СССР, МКИ С 02 F 1/50. Способ обеззараживания коллоиднодисперсных систем / Березуцкий В.В., Вершинина Н.П., Озерова Л.М. (СССР). - N4793093/13; Заявл. 27.11.89; Оpubл. 30.03.92, Бюл. N12. - 2 с.

20. Патент N 1691319 Российской Федерации, МКИ С 02 F 1/463. Аппарат для электрохимической очистки сточных вод / Березуцкий В.В. (СССР). - N4452193/26; Заявл. 04.07.88; Оpubл. 15.11.91, Бюл. N42. - 2 с.

21. Патент N2017639 С1 Российской Федерации, МКИ В 60 S 3/00. Передвижная установка для мойки и сушки автомобилей / Березуцкий В.В., Древал А.Н., Есаулов С.М. (СССР). - N4938198/11; Заявл. 20.05.91; Оpubл. 15.08.94, Бюл. N15. - 2 с.

22. Berezucky V.V. Protection of nature is international problem // Proc. VI-International congress & Exhibition. - Delhi (India). - 1992. - P.41-42.

23. Березуцкий В.В., Любченко И.Н. Очистка конденсата от масел // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции "Актуальные вопросы охраны окружающей среды от антропогенного воздействия" . - Ч.2. - Кременчуг: МДТ. - 1994. - С.130.

A N N O T A T I O N

Berezuoky V.V. Technologies and devices of clearing, harmlessing and using of cutting oil sewage waters.- Manuscript.

Thesis for a doctor's degree by speciality 21.00.08 - safety teohogenetic . The Ukrain Research Institute of Ecological Problems , Kharkov, 1997.

The dependences of processes electrochemical and biochemical clearing of cutting oil waters from hidrodynamics parameters, size of ζ -potential colloid particles of pollution and hydroxide of metals, concentration microorganism, size of pressure of carbonic gas, combination of ions heavy metals are investigated. Are developed technique filling of conception ecologically using of cutting oil sewage waters, new (biochemical, gas) and improved existing electrocoagulations technologies and equipment (apparatuses "ECOS"), technology of conditioning and clearing systems developed on their bases, enabling to locate the industrial waters inside of enterprises with minimum quantity discharges in water drain .

Key word: localization, cutting oil of water, industrial sphere, electrocoagulation, disinfection, minimization of discharge, reclamation, development, ecological technologies and apparatuses.

A N N O T A Ц И Я

Березуцкий В.В. Технологии и устройства очистки, обезвреживания и использования маслоэмульсионных сточных вод.- Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 21.00.08 - техногенная безопасность. Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем, Харьков, 1997.

Изучены агрегативная устойчивость, зависимости процессов электрохимической и биохимической очистки маслоэмульсионных вод от гидродинамических параметров, величины ζ -потенциала коллоидных частиц загрязнений и гидроксидов металлов, концентрации микроорганизмов, величины давления углекислого газа, комбинаторики ионов тяжелых металлов. Разработано техническое наполнение концепции экологизации использования маслосмульсионных и маслосодержащих сточных вод, новые (биохимические, газовые) и усовершенствованы существующие электрокоагуляционные способы и оборудование (аппара-

ты "ЭКОС"), технология кондиционирования и очистные системы разрабатанные на их основе, позволяющие локализовать промышленные воды внутри предприятий с минимальным количеством сбросов в канализацию.

Ключевые слова: маслоэмульсионные воды, техносфера, локализация, электрокоагуляция, обеззараживание, минимизация сбросов, утилизация, разработка, экологические технологии и аппараты.

А Н О Т А Ц І Я

Березуцький В.В. Технології і обладнання очистки, знешкодження і використання маслоемулсійних стічних вод.- Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук по спеціальності 21.00.08 - техногенна безпека. Український науково - дослідний інститут екологічних проблем, Харків, 1997.

Вивчено агрегативну стійкість, залежність процесів електрохімічної і біохімічної очистки маслоемулсійних вод від гідродинамічних параметрів, величини ζ -потенціалу колоїдних часток забруднень і гідроксидів металів, концентрації мікроорганізмів, величини тиснення вуглекислого газу, комбінаторики іонів важких металів. Розроблено технічне наповнення концепції екологізації використання маслоемулсійних і маслянозмістових стічних вод, нові (біохімічні, газові) і удосконалені існуючі електрокоагуляційні засоби і устаткування (апарати "ЕКОС"), технологія кондиціювання і очистні системи розроблені на їх основі, що дозволять локалізувати промислові води всередині підприємств з мінімальною кількістю скидів в каналізацію.

Ключові слова: масляноемулсійні води, техносфера, локалізація, електрокоагуляція, знезаражування, мінімізація скидів, утилізація, розроблення, екологічні технології і апарати.

Підп. до друку 12.11.1997р. Формат 60x84/16. Папір друк.
Ум. друк. арк. 2.0. Тираж 120. Зам. 60-10.

Харківський державний політехнічний університет
Надруковано на ризографі ХДПУ.
310002, м.Харків, вул. Фрунзе, 21.

AB 38.816