

**Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Національний університет цивільного захисту України
Кафедра прикладної механіки та технологій захисту
навколишнього середовища**

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
другого (магістерського) рівня вищої освіти
за освітньою програмою «Техногенно-екологічна безпека»
спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
галузь знань 18 «Виробництво та технології»

за темою: Вдосконалення системи екологічної безпеки
КП «Харківводоканал»
(назва теми за наказом)

РОЗРАХУНКОВО–ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

НУЦЗУ.з17.5.113.ПМтаТЗНС.РПЗ-01
(шифр)

Керівник
Доцент кафедри ПМ та ТЗНС
(посада, вчений ступінь, звання, спеціальне звання)
канд. техн. наук

Станіслав ДУШКІН
(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)
« _____ » _____ 20__ р.

Випускник
Слухач групи ЗМТЗ-18
курсант (студент, слухач)

(звання)

Юлія МАЛОЖОН
(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)
« _____ » _____ 20__ р.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 96 стор., 16 рис., 7 табл., 22 джерел.

Об'єкт дослідження – негативний вплив діяльності КП «Харківводоканал» на навколишнє природне середовище.

Предмет дослідження – система забезпечення екологічної безпеки діяльності КП «Харківводоканал».

Мета дипломної роботи – підвищення рівня екологічної безпеки діяльності КП «Харківводоканал» шляхом створення технології утилізації осадів стічних вод.

Практична цінність та результати роботи – оцінено вплив КП «Харківводоканал» на навколишнє природне середовище м. Харкова. Розроблено технологію утилізації осадів стічних вод на КБО «Безлюдівський». Запропоновано технологічну схему з підготовки ОСВ до утилізації в товарний продукт – наповнювач асфальтобетону. Спроектовано технологічну схему процесу виготовлення асфальтобетонної суміші з із введенням наповнювача з ОСВ на КБО «Безлюдівський». Здійснено розрахунок двох варіантів знезараження стічних вод: хлорування рідким хлором та бактерицидне опромінення. Надано техніко-економічну оцінку застосування аераторів трубчастих з пористого поліетилену. Розрахунково досліджено залежність значення відносної вологості дослідженого матеріалу, отримана розрахункова формула для визначення вологості висушеного ОСВ у функції часу. А також виявлено залежності фізико-механічних параметрів асфальтобетону від кількості бітуму та співвідношення піску/ОСВ. Впровадження розробленої у роботі технології захисту навколишнього середовища дозволить привести показники негативного впливу осадів КБО «Безлюдівський» на санітарний стан гідросфери міста Харкова до нормативно встановлених значень і тим самим забезпечити необхідний рівень екологічної безпеки діяльності вказаного підприємства.

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ, НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ, КП «ХАРКІВВОДОКАНАЛ», СТІЧНІ ВОДИ, ГДС, ХЛОР, ОПРОМІНЕННЯ, ОСАДИ, АСФАЛЬТОБЕТОН.

ABSTRACT

The manuscript of the thesis: 96 pages, 16 figures, 7 tables, 22 sources.

The object of research is the negative impact of the activities of KP "Kharkivvodokanal" on the environment.

The subject of research is a system for ensuring environmental safety of the activity of KP "Kharkivvodokanal".

The purpose of the thesis is to increase the level of environmental safety of the activity of KP "Kharkivvodokanal" by creating the disposal of sewage sludge.

Practical value and results of work - impact assessed KP "Kharkivvodokanal" on the environment city Kharkov. A technology for the utilization of sewage sludge at the Bezlyudovsky KBO has been developed. A technological scheme for the preparation of ERUs before disposal into a marketable product - asphalt concrete filler is proposed. A technological process has been designed for the production of asphalt concrete mix with the introduction of a filler with ERU at Bezlyudovsky KBO. Two variants of wastewater disinfection were calculated: chlorination with liquid chlorine and bactericidal irradiation. A technical and economic assessment of the use of tubular aerators made of porous polyethylene is provided. The dependence of the relative humidity of the material studied is calculated, the calculated formula for determining the humidity of the dried OSVs as a function of time is obtained. It also revealed the dependence of the physico-mechanical parameters of asphalt concrete on the amount of bitumen and the sand/OSV ratio. The introduction of environmental protection technology in the work will allow to add the indicators of the negative impact of precipitation at Bezlyudovsky KBO on the sanitary state of the hydrosphere of the city of Kharkov of the normatively established values and thereby ensure the necessary level of environmental safety of the specified enterprise .

PROTECTION TECHNOLOGIES, ENVIRONMENT, KP
"KHARKIVVODOKANAL", SEWAGE, MPC, CHLORINE, IRRADIATION,
PRECIPITATION, ASPHALT CONCRETE.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1. ОЦІНКА ВПЛИВУ КП «ХАРКІВВОДОКАНАЛ» НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ.....	12
1.1 Загальна характеристика району розміщення об'єкта.....	12
1.2 Характеристика діяльності підприємства.....	16
1.3 Джерела формування екологічної небезпеки на підприємстві.....	23
1.3.1 Джерела впливу на атмосферне повітря.....	23
1.3.2 Джерела впливу на поверхневі та підземні води.....	26
1.3.3 Джерела впливу на ґрунти.....	28
1.4 Оцінка впливу основних джерел забруднення на навколишнє природне середовище.....	30
2 РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ КП «ХАРКІВВОДОКАНАЛ».....	41
2.1 Оцінка якості поверхневих вод.....	41
2.2 Сутність процесу біологічного очищення стічних вод.....	42
2.3 Характеристика біоценозу активного мулу.....	45
2.4 Стадії взаємодії забруднюючих речовин із флокулами активного мулу.....	47
2.5 Споруди для біологічної очистки.....	48
2.6 Інтенсифікація процесів біологічного очищення.....	52
2.7 Інтенсифікація роботи аеротенка.....	55
2.8 Розробка рекомендацій щодо вдосконалення системи поводження з відходами підприємства.....	57
3. РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	60
3.1 Обґрунтування методу очищення стічних вод і обробки осаду..	60
3.2 Знезараження стічних вод.....	63
3.3 Обробка і утилізація осадів.....	64

3.4 Утилізація осадів стічних вод у будівництві.....	67
3.4.1 Склад обсягів ОСВ у відвалах на КБО «Б».....	67
3.4.2 Розробка технології утилізації ОСВ шляхом застосування при виробництві асфальту.....	75
3.4.3 Практичне впровадження отриманих результатів дослідження.....	78
3.5 Характеристика ємнісних споруд та мулових майданчиків як джерела забруднення атмосфери.....	81
4. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ.....	84
4.1 Техніко-економічна оцінка знезараження стічних вод.....	84
4.2 Техніко-економічна оцінка застосування аераторів трубчастих з пористого поліетилену	87
4.3 Техніко-економічна оцінка застосування рекомендованих рішень.....	88
4.4 Техніко-економічна оцінка застосування ОСВ при виготовленні асфальту.....	90
ВИСНОВКИ.....	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	94

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

КП «Харківводоканал» – Комунальне підприємство «Харківводоканал».
КБО «Д» та КБО «Б» – Комплекси біологічної очистки «Диканівський» та «Безлюдівський».

НПС – навколишнє природне середовище.

ГДС – гранично допустимий скид.

ГДК – гранично допустима концентрація.

БПК – біохімічне споживання кисню.

ХПК – хімічна потреба в кисні.

ОСВ – осади стічних вод.

ВСТУП

Вода є одним з найважливіших елементів зовнішнього середовища, необхідним для життя людини, тварин і рослин. Вона бере участь в утворенні структурних елементів тіла людини, необхідна для нормального перебігу фізіологічних процесів. Загальний вміст води в людському організмі становить близько 65% його маси тіла. Якщо втрата води не заповнюється, то погіршується самопочуття, знижується працездатність, порушується терморегуляція і настає перегрів організму.

Однак вода може нести і негативний вплив на організм людини. Вона може служити одним із шляхів передачі збудників інфекційних хвороб. Сольовий склад води може бути причиною виникнення ряду захворювань неінфекційного походження (гіпертонічна хвороба, сечокам'яна хвороба).

До хвороб, пов'язаних з водою, ВООЗ відносить:

- хвороби, викликані мікроорганізмами і хімічними сполуками, що містяться в воді, яку вживають для пиття;
- малярію, чий переносник пов'язаний з водою;
- легіонельоз, що передається через аерозолі, які містять певні мікроорганізми.

Міжнародне співтовариство, розуміючи небезпеку і реальність ураження систем водопостачання, приділяє серйозну увагу створенню системи надійного опору терористичним загрозам [1].

Дослідники водного тероризму, систематизуючи наявну інформацію, виділяють два основних напрямки деструктивного використання води (рисунок 1.1): «Вода як зброя» і «Вода як мета».

У першому випадку мова йде, перш за все, про використання нищівної руйнівної сили великих мас води. Зокрема, цього можна досягти, наприклад, при руйнуванні греблі, що призводить до непоправних втрат національного масштабу.



Рисунок 1.1 – Основні напрямки деструктивного використання води [1].

Озброєний «водний» аспект – високотоксичні реагенти, що застосовуються для очищення води, наприклад, рідкий хлор, запаси якого в ряді випадків досягають декількох десятків тонн, а також виведення з ладу споруд очистки стічних вод населених пунктів, особливо великих міст.

Так як система централізованого водопостачання та водовідведення являє собою сукупність габаритних віддалених один від одного об'єктів їх фізичне знищення під час теракту малоімовірно і мова йде про тимчасове виведення з ладу того чи іншого об'єкта, час відновлення якого за наявності належної матеріально-технічної підтримки не є критичним для життєдіяльності населеного пункту. Тому план безпечного водопостачання повинен базуватися на результатах об'єктивної та актуальної оцінці об'єктом забезпечення системи водопостачання та водовідведення.

Основне правило безпеки: будь-яке несанкціоноване проникнення на об'єкт водопостачання необхідно оцінювати з позиції можливого внесення в питну воду ОБ, БПА або РАМ. Перелік небезпечних для людини ОБ настільки великий, що неможливо організувати більш-менш адекватний лабораторний моніторинг, єдине що можливо зробити це вести постійний контроль електропровідності, рН і редокс-потенціалу води на основних об'єктах

водопостачання. Ці узагальнені показники досить інформативні і їх раптова зміна може відображати внесення в воду тієї чи іншої речовини.

До БПА відносять патогенні мікроорганізми, генно-інженерномодифіковані мікроорганізми, отрути біологічного походження. Аналіз вимог до лабораторій аналізують БПА показує, що лабораторії водоканалів не можуть повністю виконувати правила безпеки при роботі з БПА, тому лабораторії водоканалів працюють з мікроорганізмами 3 і 4 груп небезпеки, т. Е. Не можуть визначити БПА 1 і 2 груп, які є складовими зброї масового знищення, тому необхідно говорити про створення і надійне функціонування загальнодержавної системи моніторингу та оперативного контролю забруднення води ОБ, БПА і РАМ, в якій лабораторіям водоканалу відводиться роль радіаційно-хімічної і біологічної розвідки з належним відбором проб води для подальшого їх направлення до спеціалізовані (токсикологічні, біологічні та радіологічні) державні лабораторії [1].

Наведене вище зумовлює **актуальність** теми дипломної роботи.

Об'єктом дослідження є негативний вплив діяльності КП «Харківводоканал» на навколишнє природне середовище.

Предметом дослідження є система забезпечення екологічної безпеки діяльності КП «Харківводоканал».

Метою дослідження є підвищення рівня екологічної безпеки діяльності КП «Харківводоканал» шляхом впровадження технології утилізації осадів стічних вод.

Для досягнення мети у роботі було поставлено та вирішено наступні **задачі**:

1. Оцінювання негативного впливу діяльності КП «Харківводоканал» на навколишнє середовище;
2. Розробка технології утилізації осадів стічних вод на КБО «Безлюдівський»;
3. Розробка технологічної схеми процесу виготовлення асфальтобетонної суміші з із введенням наповнювача з ОСВ на КБО «Безлюдівський»;

4. Обґрунтування можливості впровадження розроблених природоохоронних заходів КП «Харківводоканал».

Під час виконання досліджень, представлених у цій дипломній роботі, застосовано наступні **методи**: аналіз науково-технічної та нормативної літератури при наданні загальної характеристики підприємства та району його розміщення, основні положення дисциплін «Технології захисту навколишнього середовища» при оцінюванні впливу підприємства на навколишнє природне середовище, «Технічна механіка рідини та газу» при проектуванні технологічної схеми для очищення стічних вод та розробці способу управління її параметрами, «Системи управління екологічною безпекою» при оцінюванні можливості практичної реалізації запропонованих природоохоронних заходів.

Наукова новизна результатів, отриманих у дипломній роботі полягає у наступному.

В результаті обробки даних значення відносної вологості дослідженого матеріалу, отримана розрахункова формула для визначення вологості висушеного ОСВ у функції часу. А також виявлені залежності фізико-механічних параметрів асфальтобетону від кількості бітуму та співвідношення піску/ОСВ.

Практичне значення результатів, отриманих у дипломній роботі, полягає у наступному.

Запропоновано технологію утилізації осадів стічних вод на КБО «Безлюдівський», на основі аналізу структури, технологічних процесів та негативного впливу діяльності підприємства на стан водоймищ міста Харкова, яка може бути рекомендована до впровадження на підприємстві КП «Харківводоканал» з урахуванням відповідного економічного ефекту.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційною роботою є рукопис, викладений на 96 стор., з яких 91 стор. основного тексту, та містить реферат, перелік скорочень, вступ, 4 розділи, висновки, список з 22 використаних джерел на 3 стор., 16 рисунків та 7 таблиць.

1 ОЦІНКА ВПЛИВУ КП «ХАРКІВОДОКАНАЛ» НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Об'єктом дослідження є КП «Харківводоканал», який являє собою єдиний технологічний виробничо-господарський комплекс водопровідних споруд із виробництва, транспортування, розподілу та реалізації води споживачам системи групового водопостачання м. Харкова та Харківської області. Цей комплекс складається з технологічних об'єктів, споруд і розподільних водопровідних мереж, пов'язаних єдиним технологічним процесом забору, водопідготовки, контролем якості, транспортування і подачі питної води. При цьому якість води забезпечується системою регулювання технологічних режимів від водозабірних споруд першого підйому до споживачів.

Процесами очистки, знезараження та транспортування води: від видобутку і її подачі споживачам (як у нормальних умовах водопостачання, так і на випадок надзвичайних ситуацій, включаючи мобілізаційні об'єкти цивільної оборони) керує єдиний диспетчерсько-технологічний центр [2].

1.1 Загальна характеристика району розміщення об'єкта

До водогосподарської системи належить низка водосховищ, які розташовані у північній частині Харківської області: Трав'янське, Муромське, В'ялівське і Рогозянське. У межах м. Харків розташовані Новобаварське, Журавлівське та Лозовеньківське водосховища. Призначення цих водосховищ – рекреація, сільгоспводопостачання та поповнення малих річок м. Харкова.

Харківська область має надзвичайно низьку забезпеченість водними ресурсами та посідає 24 місце серед областей України за цим показником (1,8% від загальних водних ресурсів України з урахуванням припливу від суміжних територій).

Водозабезпеченість населення області місцевим стоком характеризується як надзвичайно низька (<1 тис. м³ на 1 людину), сумарним стоком – як дуже низька (1,1 – 2 тис. м³ на 1 людину).

У той же час фактична забезпеченість водою населення, промисловості, сільського господарства Харківщини досить задовільна завдяки використанню існуючої водогосподарської системи, яка потребує постійної підтримки для оптимального її функціонування та подальшого розвитку.

Підземні води – важлива складова частина водних ресурсів Харківської області, територія якої розташована на межах Дніпровсько – Донецької западини, що входить складовою частиною у Дніпровсько – Донецький артезіанський басейн. Глибина залягання водоносних горизонтів обчислюється від декількох метрів до сотень метрів.

Харківська область посідає п'яте місце в Україні по загальних запасах підземних вод. Забір прісних підземних вод здійснюється в основному з крейдяних відкладень і дорівнює 0,168 км³/рік. За прогнозними даними, експлуатаційні запаси підземних вод області складають у сумарному обчисленні 1411,28 млн м³/рік, або 3867,8 тис. м³/добу, та сумарно дорівнюють 22% від прогнозних (0,384 км³/рік).

Для видобутку підземних вод використовуються такі водоносні горизонти: Новопетрівський і Межигірський, Бучацько-Канівський, крейдяно-мергельний та сеноман-нижньокрейдяний.

За даними державної статистичної звітності, станом на 1 січня 2019 року територія Харківської області складає 3141,8 тисяч гектарів, загальна площа сільськогосподарських земель становить 2481,2 тис. га, в тому числі сільськогосподарських угідь 2420,9 тис. га, ріллі – 1932,2 тис. га, багаторічних насаджень – 49,7 тис. га, сіножатей – 118,7 тис. га, пасовищ – 309,6 тис. га, перелогів – 6,0 тис. га. На душу населення області припадає 0,6 га орних земель.

Аналіз структури земельного фонду показує, що 79% території області зайнято сільськогосподарськими землями, 77,1% – сільськогосподарськими

угіддями, у тому числі ріллі – 61,8%, перелогів – 0,2%, багаторічних насаджень – 1,6%, сіножатей і пасовищ – 13,5%. Лісами та іншими лісовкритими площами зайнято 13,2% території, забудовані землі займають 3,8%, болота 1,0%, інші землі (піски, яри, зсуви і т. д.) 1,1%, під водою знаходиться 1,9% земель.

У розподілі земель у розрізі землекористувачів і власників землі найбільша питома вага (50,8%) земель недержавних сільськогосподарських підприємств: сільськогосподарських товариств різного типу – 30,6% (960,5 тис. га), сільськогосподарських кооперативів – 4,7% (146,6 тис. га), інших недержавних сільськогосподарських підприємств – 16,5% (518,6 тис. га), підсобних сільських господарств недержавних підприємств, установ і організацій – 0,2% (7,8 тис. га). За державними сільськогосподарськими підприємствами закріплено 151,8 тис. га земель (4,8%).

Безпосередньо у власності та користуванні громадян знаходиться 636,0 тис. га (20,2% від загальної площі земель області).

Фахівці стверджують, що сучасний стан використання земельних ресурсів не відповідає вимогам раціонального природокористування. Порушено екологічно допустиме співвідношення площ ріллі, природних кормових угідь, що негативно впливає на стійкість агроландшафту. Сільськогосподарська розораність земель перевищує екологічно допустиму і складає по Харківській області 63,5% загальної.

Відповідно до даних ґрунтової зйомки в межах Харківської області нараховується понад 150 різновидів ґрунтів. Причиною такої розмаїтості є насамперед приуроченість території області до двох зон – лісостепової та степової

Найбільша розмаїтість і строкатість характерні для лісостепової частини області, хоча за площею вона менша від степової частини. Для неї є характерними опідзолені лісостепові ґрунти: сірі, світло-сірі, темно-сірі й опідзолені і реградовані чорноземи. Опідзолені світло-сірі та сірі ґрунти в межах Харківської області розповсюджені на порівняно невеликих площах, в основному під лісами. Значні масиви таких ґрунтів є на правих берегах річок: р.

Сіверський Донець – від Чугуєва до Вовчанська; р. Харків – до Липців; від м. Харкова між річками Уди і Мож. Темно-сірі опідзолені ґрунти й опідзолені чорноземи притягаються до площ поширення сірих опідзолених ґрунтів. Найбільші ділянки цих ґрунтів розташовані у верхів'ях р. Мож і тягнуться уздовж її обох берегів. Значні площі темно-сірих опідзолених ґрунтів розташовані на південь від м. Зміїв, а також у басейнах річок Уди, Мерла і Коломак.

У структурі ґрунтового покриву області домінують чорноземи, які займають площу 1775,2 тис. га. Майже половину території області займають чорноземи звичайні. Вони охоплюють величезні масиви на схід від м. Харкова, займаючи північно-східну частину території області. Дещо менша площа цих ґрунтів розташована в північно-західній чверті території області з центром на схід від м. Богодухів.

Друга, південна половина території області зайнята чорноземами звичайними і чорноземами слабо- і середньогумусними. Межа між цими ґрунтами проходить приблизно лінією Ізюм – Лозова. За площею поширення чорноземи звичайні займають дещо більшу територію півдня області, ніж чорноземи потужні.

У результаті процесів опідзолення під сосновими лісами борової тераси утворилися дерново-підзолисті ґрунти. Вони часто перемежаються з дерновими пісчаними ґрунтами і тягнуться смугами уздовж річок, які мають бічні тераси. Найбільший масив їх розміщений у басейні р. Сіверський Донець в районі с. Співаки – м. Ізюм. Всього опідзолені ґрунти займають площу 253,7 тис. га.

Характерними для території області є реградовані ґрунти. До них відносяться переважно темно-сірі опідзолені ґрунти та опідзолені чорноземи, що пройшли складний шлях розвитку. Значні площі реградованих ґрунтів розташовані в межиріччях річок Уди, Лопань та Харків, а також у басейні верхньої течії річки Мерла.

В окремих місцях області зустрічаються малогумусні чорноземи із слабкою структурою. Поряд з типовими чорноземами, але на значно меншій площі під впливом гідроморфних умов сформувались солонцюваті та лучні чорноземи. Вони розташовані біля річкових терас. У місцях поширення солонцюватих чорноземів зустрічаються і плями солонців – найменш родючих ґрунтів.

Особливо цінні землі, за даними земельного кадастру, становлять 495,2 тис. га, або 15,8% від загальної площі земель, з яких 461,6 тис. га (93,2%) – чорноземи нееродовані несолонцюваті суглинкові на лесових породах, 21,6 тис. га (4,4%) – лучно-чорноземні та чорноземно-лучні незасолені несолонцюваті суглинкові ґрунти, 5,8 тис. га (1,2%) – темно-сірі та чорноземи опідзолені на лесах, 6,2 тис. га (1,2%) – підзолисто-дернові суглинкові ґрунти.

За 2003 р. порушено 0,126 тис. га ґрунтів, відпрацьовано порушених земель – 0,052 тис. га, рекультивовано земель – 0,127 тис. га.

Станом на 01.01.18 р. в області всього налічується 2373,92 га порушених земель. Відпрацьовано порушених земель 1074,5 га, земель у стадії рекультивації – 27,9 га. Загальний обсяг заскладованого родючого шару ґрунту – 4718,61 тис. м³, у тому числі на цукрових заводах – 2309,18 тис. м³.

В області налічується деяка кількість земель з великою крутизною схилів, які не виведені з ріллі [3].

1.2 Характеристика діяльності підприємства

Комплекс біологічної очистки «Безлюдівський» розташований в південній частині м. Харкова на двох пром. майданчиках. Майданчик №1 – очисні споруди. Майданчик №2 – мулові поля (126 га). Мулові поля розташовані на південь від Безлюдівських очисних споруд на відстані 800 метрів. Відстань до найближчої житлової забудови складає 500м.

Від межі майданчика № 1 житлова забудова розташована в 1750 м на південь. Майданчик №1 «БОС» оточують орні землі, з північного сходу до неї

примикає овочева фабрика. Від майданчик № 2 житлова забудова знаходиться на відстані 350 м на півдні від пром. майданчика. З заходу та сходу площадку оточують піхотні землі.

Ділянка 3 відноситься до Диканівських очисних споруд и розташована в 12 км от «КБОБ». Вона оточена зі всіх сторін пустуючими землями. Жилий масив знаходиться на відстані 300м на захід від півночі та 350 м – на схід.

Безлюдівські очисні споруди є комплексом штучного біологічного очищення, та відносяться до підприємств, зайнятих механічним і біологічним очищенням стічних вод промислового і побутового призначення.

Опис технологічного процесу очистки стічних вод на КБО «Безлюдівський»

Основною задачею комплексу біологічного очищення "Безлюдівський" є забезпечення повного біологічного очищення суміші побутових і виробничих стічних вод.

На КБО «Безлюдівський» поступають стоки по наступних колекторах: пр. Гагаріна-1200; пр. Гагаріна-1500; Ордженикідзе-1; Ордженикідзе-2. Стічні води є сумішшю господарсько-побутових і промислових стічних вод з кількістю забруднень по зважених речовинах – 210 мг/дм³, по БПК_{полн} – 250 мг/дм³, прозорістю – 1,9 см. В експлуатації знаходяться споруди потужністю 300000 м³/доб.

По каналах, що підводять, стічні води потрапляють на споруди механічного очищення, до складу яких входять механізовані решітки типу СУ, де відбувається затримання із стічної води крупних покидьків. Ширина прозорів 5,5 мм. Швидкість протікання стічних вод через решітки 0,6-1 м/с. Кількість працюючих решіток залежить від кількості поступивши стоків.

Далі стічні води прямують на пісколовки, де затримуються різні важкі мінеральні частки, в основному, пісок.

На КБО «Б» експлуатуються горизонтальні пісколовки, всього 6 штук, пропускна спроможність пісколовок при максимальній швидкості протоки 0,3 м/с складає 104976 м /добу кожна.

Кожна пісколовка оснащена гідроелеватором, призначеним для видалення осаду на піскові майданчики. Час роботи гідроелеватора кожної працюючої пісколовки – 40-60 хвилин.

Навантаження на піскові майданчики 3 м³/м² в рік. Дренажні води з піскових майданчиків перекачуються насосами в голову очисних споруд.

Після пісколовок стічна вода по відповідному каналу потрапляє в центральну розподільну чашу, звідки розподіляється по групах первинних відстійників. Призначення первинних відстійників полягає у видаленні із стічних вод зважених і плаваючих речовин, які осідають під дією сили тяжіння або спливають на поверхню. Всього знаходяться в експлуатації 3 первинні радіальні відстійники Ø 40 м, глибина – 5 м, пропускна спроможність кожного 65 тис. м³/доб, і 4 радіальні відстійники Ø 28 м, пропускна спроможність кожного відстійника 25 тис. м³ /доб. Тривалість відстоювання в первинному відстійнику – 1,5 год. Швидкість руху води – 1-10 мм/сек. Кожний відстійник оснащений мулоскребом. Осад, випавший за допомогою скребка, збирається в приямок. Всі відстійники радіальні безперервної дії з центральною подачею води.

Осад що утворюється у відстійниках Ø 28 м під гідравлічним натиском (самоплив), а з відстійників Ø 40 м - центробіжними насосами видаляться в мулову мережу і далі в резервуар сирого осаду об'ємом 600 м³.

На цьому механічна очистка закінчується і стічні води поступають в аеротенки, де здійснюється біологічне очищення. В аеротанках освітлені стічні води перемішуються з активним мулом і аеруються. Очищення проводиться за рахунок життєдіяльності мікроорганізмів активного мула, при цьому відбувається сорбція і окислення забруднюючих речовин.

Всього на новому блоці 4 секції аеротенків із загальною пропускною спроможністю – більш 200 тис. м³/доб, кожна секція складається з 4-х-

коридорів. На старому блоці розташовано 3 секції 4-х коридорних аеротенків, загальною пропускною здатністю 100 тис. м³/доб.

Це аеротенки – витиснювачі з регенерацією активного мула, розосередженою подачею води і зосередженою подачею активного мула. Тривалість аерації 6-12 годин, частіше коливається в межах 8 годин. Витрата повітря складає 4 м³ на 1 м³ стічних вод. Система подачі повітря і аерація води – пневматична. Аерація проводиться за допомогою фільтронасосних труб. Повітря в аеротенках подається повітродувками, встановленими в компресорній.

Далі суміш очищеної стічної води і мула по трубопроводах подається на вторинні відстійники, де відбувається відділення води від активного мула.

Час відстоювання у вторинному, відстійнику - 2 години. Швидкість руху води у вторинній відстійнику – до 5 мм/с. На КБО в експлуатації знаходиться – чотири вторинних радіальних відстійника $D = 40$ м, глибина – 4,5 м, пропускна спроможність одного відстійника – 50 тис. м³/сут, і 4-и вторинних радіальних відстійника $D = 28$ м, гідравлічна глибина 3,9 м, продуктивність одного відстійника 25 тис. м³/доб.

Кожний вторинний відстійник оснащений мулонасосом, призначеним для видалення мула, що осів. Мулонасоси працюють безперервно. Мул, потрапляє в муловий колодязь, а звідти в резервуар активного мула об'ємом 600 м³.

Очищена стічна вода по скидному трубопроводу відводиться в річку Уди. На виході в річку в очищеній стічній воді повинно бути залишкового хлору 1,5 мг/л.

Рідкий хлор доставляється на склад хлораторної в контейнерах. Рідкий хлор з контейнерів(ємністю 900 кг), подається в колектор рідкого хлору. Потім по трубопроводах транспортується в дозаторну до випарників, де перетворюється на газоподібний хлор. Після випарників газоподібний хлор потрапляє через грязьовик, фільтр і ресивер в колектор газоподібного хлору, а потім до хлораторів. Через вентиль, редукційний клапан, ротаметр газоподібний хлор потрапляє в ежектор, де змішується з технічною водою,

утворюючи хлорну воду. Хлорна вода подається безпосередньо в скидний колектор, де і відбувається знезараження очищених стічних вод [4].

Опис технологічного процесу очищення стічних вод на Комплексі біологічної очистки «Диканівський»

Проектна потужність очисних споруд (ОС) КБО «Д» - 750 тис. м³/доб, фактична \approx 450 (максимальна – 550) тис. м³/доб. Фактичне навантаження ОС і мережі каналізації КБО «Д» складає 60-70% від проектної.

Стічні води, що потупають на КБО «Д» від м. Харкова являють собою суміш господарсько-побутових і промислових стоків.

Міські стічні води по підземному колектору самопливом поступають на ГКНС яка складається з так званих «трьох стаканів»:

1 стакан – прийомна камера, $d = 47$ м, $h = 39$ м.

2 стакан – насоси, всмоктуючі трубопроводи, $d = 26$ м.

3 стакан – напірні трубопроводи (9 шт.), $d = 8,4$ м.

Між першим і другим стаканами розташоване грабельне відділення, між другим і третім – машинне відділення, всередині третього розташовані напірні водоводи.

Стоки насосами перекачуються на комплекс споруд механічної і біологічної очистки. Кількість насосів на ГКНС – 9: №1, 2, 3, 4, 6, 9 типу СДВ-9000/45, потужністю 9000 м³/год і 3 насоси типу 30НФ-17 (№ 5, 7, 8), потужністю 8300 м³/год.

Число одночасно працюючих агрегатів, залежить безпосередньо від кількості стічної води, яка поступає на очисні споруди.

Насоси, продуктивність яких 9 тис. м³/год, по напірних трубопроводах перекачують стічну воду на споруди механічної очистки.

До складу споруд механічної очистки входять: грати, пісколовки, первинні відстійники.

На механізованих ґратах, встановлених в приміщенні ґрабельної, затримуються крупні фракції побутових відходів. Всього на КБО «Д» 15 ґрат. З них: 9 ґрат СУ з прозорами 5,2 мм, 3 ґрати СУ з прозорами 10 мм, 3 ґрати МГ-8Т з прозорами 16 мм. Пропускна спроможність одних ґрат МГ-8Т – 87 тис. м³/доб, СУ – близько 70 тис. м³/доб. Швидкість протікання стічної рідини через ґрати – 0,8 – 1 м/с. Число працюючих ґрат залежить від кількості стоків і регулюється протягом доби у зв'язку з нерівномірністю притоків стічних вод.

Потім по відповідному каналу стічна вода поступає в пісколовки, де під дією сили тяжіння осідають мінеральні домішки, питома вага яких більше питомої ваги води. На КБО «Д» застосовуються горизонтальні пісколовки. Їх кількість – 12 штук, пропускнуою спроможністю – 129,6 тис. м³/доб. Швидкість руху води в пісколовках повинна бути не менше 0,15 м/с (інакше частинки не осідатимуть, а захоплюватимуться перебігом води і виноситимуться з пісколовок).

Осад, у вигляді піскової пульпи затримується в пісколовках, перекачується насосами на піскові майданчики – 14 карт. Площа однієї карти – 450 м².

Після пісколовок вода потрапляє в первинні радіальні відстійники, де протягом 1,5 години затримуються нерозчинені органічні домішки: осідають на дно або спливають на поверхню води. Разом з суспензіями у відстійники потрапляють винесений з пісколовок пісок, роздроблені відходи і крупні домішки, що не затрималися в ґратах. Призначення відстійників – виділити з води забруднення, що знаходяться в зваженому стані, які тонуть та плаваючі. У відстійниках виділяються з води найбільш важкі та великі суспензії. Кількість первинних відстійників – 12 штук $d_{omcm} = 40$ м, $h = 5$ м, пропускна спроможність – 55,4 тис. м³/доб кожного. Ефект освітлення води в первинних відстійниках – 50%.

Для видалення плаваючих забруднюючих речовин з поверхні відстійника існують бункери для затримки і збору спливаючих речовин, які відкачуються в приймальний резервуар насосно станції перекачування осаду на КБО «Б».

Відстійники оснащені ілоскребами. Осад, який випадає у відстійниках, ілоскребами збирається в приямок, після чого насосами направляється до приймальної камери насосної станції перекачування осаду на майданчики мулу КБО «Б». Відстійники розділені на 4 групи. При кожній групі існує насосна станція перекачування мулу.

На цьому механічне очищення стічних вод закінчується. Далі – процес біологічної очистки. До споруд біологічної очистки відносяться: аеротенки і вторинні відстійники.

Вода поступає в аеротенки-витіснювачі з регенерацією активного мулу, розосередженою подачею води і зосередженою подачею активного мулу. Сутність очистки в аеротенках полягає в окисленні розчинених речовин киснем у присутності біокатализаторів, якими є ферменти мікроорганізмів біомаси активного мулу. Мул густо населений мікроорганізмами, разом з повітрям подається безперервно. Аерація пневматична, дрібнопузирчаста. Аерація відбувається за допомогою фільтросних полімерних труб і фільтросних пластин. Тривалість аерації в середньому складає 5-7 м³/м³ стічних вод. Повітря безперервно подається нагнітачами, встановленими в компресорній. Всього 10 нагнітачів: 8 штук – Н-750-23-6, продуктивністю 750 м³/хв кожен, потужністю повітродувки 360 м³/год; 2 штуки Н-1200-25-3, продуктивністю 780 м³/хв кожен. Кількість секцій в аеротенках на КБО «Д» - 10 штук. Аеротенки 3 і 4 коридорного типу із загальною пропускною спроможністю 1030 тис м³/доб.

З аеротенків суміш очищеної стічної води і активного мулу надходить у вторинні радіальні відстійники, з централізованою подачею стічних вод та розподілом периферії. Вторинні відстійники служать для видалення активного мула від води, що пройшла біологічну очистку. Час відстоювання – 2 години. Кількість вторинних відстійників 16 штук $d_{омст} = 40$ м, $h = 5$ м, пропускна спроможність – 50 тис. м³/доб кожного. Кожен відстійник оснащений ілососами, які призначені для видалення мулу, що осів. Мул, через систему сосунів, що рухаються потрапляє в колодязь, а звідти – в приймальний резервуар насосної станції циркуляційного мулу, а далі насосами безперервно

подається на регенерацію в аеротенки. Надлишковий активний мул в міру необхідності відкачується в розподільні чаші первинними відстійниками, а далі, після ущільнення в первинних відстійниках – на майданчики мулу КБО «Б».

Очищена стічна вода знезаражується хлоруванням газоподібним хлором. В скидний колектор з хлораторної хлорна вода подається в контактний колодязь, розташований в трубопроводі, після чого до водовипуску $d = 2$ м очищені стічні води скидаються у водойму культурно-побутового значення – р. Лопань.

Якість очищення стічних вод контролюється відомчою хімічною лабораторією. Очищені стічні води, що скидаються в р. Лопань мають категорію «нормативно очищені».

1.3 Джерела формування екологічної небезпеки на підприємстві

1.3.1 Джерела впливу на атмосферне повітря

В склад «КБОБ» (майд. №1) входять наступні ділянки, що дають викиди забруднюючих речовин в атмосферу: ремонтна ділянка, гараж, склад ГЗМ, будівельна ділянка, їдальня, хім. лабораторія, котельня, пральня, компресорна, цехи механічного і біологічного очищення стічних вод і обробки відходів, цех механічного обезводнення опадів.

Від майданчика №2, викиди забруднюючих речовин в атмосферу потрапляють від ділянок: мулові поля 1, 2, 3; 2 насосні станції [5].

Цех механічного і біологічного очищення стічних вод.

Міські стічні води по мережі колектора подаються до головної насосної станції в кількості 750 тис. м³/сутки, могутньою системою витяжної вентиляції, що забезпечує 6-ти кратний обмін повітря. З приміщення головної насосної станції в атмосферу поступають пари аміаку і сірководень.

Грати служать для затримки і видалення відходів, які поступають із стічними водами. Затримані на ґратах відходи знешкоджуються і вивозяться на

спеціальний полігон. Продукти розкладання вуглеводнів віддаляються з приміщення вентиляційними системами.

Для складування відходів є прибудова, оснащена витяжкою з приміщення.

Для видалення із стічних вод піску і різних важких мінеральних частинок розміром більше 0,2-0,25 мм, стічні води поступають в 6-ти секційні пісколовки горизонтального типу з конусними приямками. Майданчик розташування пісколовок (2100 м²) є площадковим неорганізованим джерелом викидів.

Відстійники в кількості 7 шт. призначено для відстоювання в протягом 1.5 годин і освітлюванні стічної води. З поверхні первинних відстійників (вони являють собою площадкові неорганізовані джерела) випаровуються в атмосферу пари аміаку і сірководню, парникові гази (метан, CO₂, N₂O). Первинні відстійники оснащені насосними станціями перекачування сирого мула і насосною станцією циркуляційного мула. Стічна вода з первинних відстійників поступає в аеротенки. В аеротенках відбувається окислення органічних сполук і активний мул випадає в осад у вигляді пластівців. В атмосферу від аеротенків виділяються такі пари: аміак, сірководень, парникові гази (метан, CO₂, N₂O).

Стисле повітря на аеротенки для підтримки життєдіяльності мікроорганізмів подається з компресорної. При роботі компресора в атмосферу викидаються пари мінерального масла.

На вторинних відстійниках відбувається відстоювання пластівців активного мулу. З поверхні вторинних відстійників (площадкові неорганізовані джерела) в атмосферу випаровуються пари аміаку.

Вода з мулоущільнювачів, що відстоялася, поступає в аеротенки старій лінії. Мулоущільнювачів є площадковим неорганізованим джерелом скиду продуктів розкладання.

На комплексі ведеться обробка осадів двома методами – підсушуванням на нових майданчиках і механічним обезводненням на центрифугах.

Майданчик № 2.

Входять наступні ділянки: мулові ставки ділянки 1 і 2, насосна станція, спецтехніка.

Суміш сирого осаду і ущільненого активного мула з комплексу біологічного очищення насосними станціями перекачується по мулопроводам на 1-й і 2-й ділянки мулових ставків, де заповнює карти мулових ставків. По заповненню до відповідного рівня тієї або іншої карти затоку осаду проводять на іншу карту, а 1-а карта перемикається і ставиться на сушку. Через певний час осад розшаровується, на поверхні збираються плаваючі речовини (кора), на дно осідає мул, посередині скуплюється мулова вода, яка у міру накопичення через колодязі мулової води (КМВ) поступає в приймальні резервуари насосних станцій № 1, 2 мулових ставків, звідки насосами перекачується в голову споруд (підходящий лоток перед грабельною) і поступає на повне біологічне очищення в суміші з міськими стоками. Підсушений осад підгортається бульдозерами, екскаваторами, навантажниками, вантажиться на самоскиди і вивозиться на звалище. З поверхні мулових ставків в атмосферу випаровується аміак, сірководень, метан та етилмеркаптан. Останні є парниковими газами які викликають «парниковий ефект» [5].

Основні забруднюючі речовини, що викидаються до атмосфери з відкритих майданчиків КБО «Б» наведені у таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1. Перелік основних забруднюючих речовин які викидаються в атмосферне повітря від КБО «Б» майданчик №1 [5]

Найменування речовин	ГДК _{м.р.} мг/м ³	ОБУВ мг/м ³	Кл.небезпеки	Потужність викиду т/рік
1	2	3	4	5
Заліза оксид	0,04		3	0,110870
Свинець	0,001		1	0,000012
Азоту діоксид	0,085		2	0,015270
Кислота азотна	0,4		2	0,002400
Аміак	0,2		4	1,209440
Азоту оксид	0,4		3	0,001610
Водень хлористий	0,2		2	0,000470
Кислота сірчана	0,3		2	0,000800
Сажа	0,15		3	0,006525
Сіри діоксид	0,5		3	0,008280

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5
Сірководень	0,008		2	0,010307
Вуглецю оксид	5,0		4	0,068060
Гексан	60,0		4	0,017010
Зварювальний аерозоль	0,04		3	0,015200
Метан		50,0		0,006300
Фенол	0,01		2	0,000091
Акролеїн	0,03		2	0,000300
Пил абразивний		0,04		0,002190
Пил деревини		0,1		0,046700
Всього				1,525738

Таблиця 1.2. Перелік забруднюючих речовин які викидаються в атмосферне повітря від КБО «Б» майданчик №2 [5]

Найменування речовин	ГДК м.р. мг/м ³	ОБУВ мг/м ³	Клас небезпеки	Потужність викиду т/рік
Азоту діоксид	0,085		2	0,769000
Аміак	0,2		4	0,138300
Сажа	0,15		3	0,249600
Сіри діоксид	0,5		3	0,312000
Сірководень	0,008		2	0,000980
Вуглецю оксид	5,0		4	1,560000
Всього				3,02988

1.3.2 Джерела впливу на поверхневі та підземні води

Водопостачання КБО «Б» здійснюється з міського водопроводу, який має 2 вводу. Вода з міського водопроводу використовується для виробничих та господарсько-питних потреб підприємства. Окрім міського водопроводу водопостачання здійснюється з 3-х свердловин підземного водоносного горизонту. Свердловини розташовані на території підприємства. Вода з свердловин використовується для виробничих цілей, а також як резерв, у разі перебою подачі міської води. Загальний обсяг всіх видів використаної води на КБО «Безлюдівський» складає 280187,22 м³/рік.

Вода з міського водопроводу використовується на:

- технологічні процеси (промивка решіток, миття полов у виробничих приміщеннях);

- підживлення оборотної системи водопостачання градирні;
- промивку трубопроводів, мулососов, вторинних відстійників;
- в хлораторній;
- в хіміко-бактеріологічній лабораторії.

Також використовується на допоміжних об'єктах:

- на потреби котельної, гаража, їдальні, пральної;
- на протипожежні потреби;
- для ділянки автотранспортних засобів і механізмів;
 - для ділянки по ремонту будівель і споруд

Витрата води також здійснюється на зміст СЗЗ і споруд в належному стані.

Вода з свердловин використовується : для технічного водопостачання основного і допоміжного виробництва в об'ємі 16465 м³/рік (ліміт складає 24060 м³/рік).[8]

Оборотне водопостачання.

На підприємстві КБОБ оборотне водопостачання використовується:

1. На охолодження масла електродвигунів насосів.
2. На воздуходувній станції вода використовується на охолодження електродвигунів нагнітачів, а також на маслоохолоджувачі.
3. Насосна станція циркуляційного мула.
4. На поповнення бризкального басейну.

Для охолодження води що знаходиться в обороті існує градирня, підживлення оборотного водопостачання здійснюється з гор.водопроводу.

Більш детальна інформація про існуючу систему водопостачання та водовідведення на КБО «Б» можна отримати з принципової схеми водоспоживання і водовідведення. [8]

Стічна вода, що поступає на БОС після проходження всього технологічного процесу очищення, скидається в річку Уди з дотриманням всіх нормативних вимог (див. таблицю 1.3).

Очищена стічна вода по скидному трубопроводу відводиться в річку Уди. На виході в річку в очищеній стічній воді повинно бути залишкового хлору 1,5 мг/л. Така концентрація є задовільною та відповідає Правилам скидання очищених стічних вод у водойми, тому не несе негативного впливу на поверхневі та підземні води.

Таблиця 1.3. Характеристика забруднюючих речовин що скидаються в річку Уди

№ п/п	Показники	Ліміт гранично допустимого скиду, т/рік	Фактичний об'єм річного скиду, т/рік
1	2	3	4
1	Амоній сольовий	284,7	167,5
2	БСК ₅	2190,0	888,4
3	Завислі речовини	1642,5	716,3
4	Нітрати	3285,0	1292,2
5	Нітрити	273,75	131,6
6	Сульфати	32850,0	10768,6
7	Залізо	54,75	17,7
8	Мідь	109,5	0,55
9	Нафтопродукти	164,25	27,4
10	ХСК	8760,0	3190,8
Усього		49614,45	14013,45

1.3.3 Джерела впливу на ґрунти

Очисні споруди КП «Харківводоканал», другі в Україні за потужністю, складаються з 2-х комплексів сумарною проектною продуктивністю 1,1 млн м³/доб.

Щорічно на очисних спорудах міста утворюється 1,1 млн м³ осадів, зневоднення яких, за існуючою технологією, негативно впливає на поверхневі та підземні води, ґрунт.

З метою скорочення потреб у майданчиках під мулові поля, а також зниження негативного впливу на навколишнє середовище, на КБО «Безлюдівський» у грудні 2004 р введено в експлуатацію цех механічного зневоднення осаду потужністю по зневодненню 3,0 тис м³ осаду на добу.

Площа мулових майданчиків становить 126 га, при потребі 260 га. Недостатність площ приводить до того, що в період паводків та злив виникає ймовірність надходження осадів стічних вод в поверхневі води, які забруднюють р. Сіверський Донець – джерело водопостачання трьох областей: Харківської, Донецької, Луганської. Передбачена проектом 60-70 років ХХ століття технологія зневоднення осаду стічних вод у природних умовах викликає явище «парникового ефекту», сприяє забрудненню атмосферного повітря метаном і речовинами, які виділяються при перегниванні осаду стічних вод.

Обробка осаду є одним зі складних трудо- і енергоємних процесів при біологічному очищенні стоків. Вартість обробки становить у середньому 30-40% загальних витрат на очищення стічних вод.

Ділянка 3 представляє собою одне джерело – Близаровські мулові пруди площею 3 га. Санітарно захисна зона для майданчика №1 складає 500 м (кл. н – 2), а для майданчика № 2 100 м (кл. н. – 4) [6].

В процесі біологічного очищення вод в аеротенку, з резервуару активного мула зворотній мул насосами перекачується в аеротенки. Надмірний активний мул, що утворився, подається на мулоущільнювач, де відбувається ущільнення мула до вогкості 97 %. Потім ущільнений мул по самотічній муловій мережі подається в резервуар сирого осаду. З резервуару сирого осаду об'ємом 600 м³ змішаний осад перекачується в цех механічного обезводнення осадів. Осад подається в резервуар – усереднювач осідання об'ємом 600 м³, туди ж подається і осад стічних вод від комплексу біологічного очищення «Диканевський».

Подача осаду здійснюється по графіку. Механічне обезводнення осаду здійснюється на декантерах фірми «Вестфалія Сепаратор-3000» та центрифуги НВП «Екомаш» та Сумського заводу ім. Фрунзе. Продуктивність даної лінії обезводнення осаду 3000 м³/добу. Ущільнена суміш осадів піддається центрифугуванню з попереднім введенням в неї розчину флокулянта, для приготування якого використовується з'якшена вода з температурою не нижче 18-20 °С. Технічна вода для приготування флокулянта подається з 4-х артезіанських свердловин при ЦМОО. Вогкість осаду, що подається, складає 97-98 %. Осад перед подачею на декантори проходить очищення з механічних забруднень в камнепастках і дробарках «Мацератор» встановлених на всмоктуючих трубопроводах шнекових насосів. Для усереднювання осаду і запобігання залягання на дні резервуару передбачена система перемішування, що складається із трубопроводу з насадками, розташованими по периметру на дні резервуару, і насоса.

Кек із декантора поступає в шнековий транспортер, потім вивантажується в кузов автомобіля для подальшого вивозу на місце складування.

Так само можливо здійснювати обезводнення осаду стічних вод на мулових майданчиках шляхом природного підсушування, однак значна їх частина підтоплена ґрунтовими водами, що перешкоджає зневодненню.

Зневоднений осад механічним шляхом видаляється на спеціальні місця складування. Навантаження на мулові майданчики з урахуванням кліматичного коефіцієнта складає 1,32 м³/м² в рік.

1.4 Оцінка впливу основних джерел забруднення на навколишнє природне середовище

Харківська область розташована в маловодному регіоні України та займає 24-е місце по запасах водних ресурсів.

Водопостачання м. Харкова здійснюється з трьох незалежних джерел водопостачання, розташованих на значній відстані, як між собою, так і від м. Харкова:

- р. Сіверський Донець із Печенізьким водосховищем (40 км від м. Харкова);
- Краснопавлівське водосховище каналу «Дніпро-Донбас» (140 км від м. Харкова);
- артезіанські свердловини глибиною від 80 до 800 м.

За рахунок цих трьох джерел водопостачання вирішується завдання цілодобового і безперебійного водопостачання м Харкова та інших споживачів області. У 2013 р. середньодобова подача (з питної води по КП «Харківводоканал» склала 612, 63 тис м³ [7].

Перше джерело водопостачання – Печенізьке водосховище ємністю 383 млн м³, вода якого насосними станціями I підйому подається на очищення на Кочетоцьку водопровідну станцію. Далі питна вода подається в м. Харків по п'яти магістральним водоводам діаметром 900-1600 мм. Загальна протяжність водоводів, які побудовані у період з 1936 по 1982 рр., складає 161,157 км. Головні споруди Кочетоцької водопровідної станції включають три автономно працюючі блоки:

- I блок, введений в експлуатацію в 1936 р.;
- II блок, введений в експлуатацію в 1964 р.;
- III блок, введений в експлуатацію в 1977 р.

Загальна проектна потужність цих блоків 750 тис. м³/добу.

Спроектвані і побудовані багато років тому, очисні споруди даної водопровідної станції в подальшому будуть неспроможні забезпечити якість питної води згідно з ДержСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», як з причин своєї моральної та фізичної застарілості, так і змін у гідрохімічному складі природного джерела. Ці споруди потребують принципової реконструкції і модернізації.

Експлуатацію споруд і водоводів Кочетоцької водопровідної станції здійснює Комплекс водопідготовки «Донець» відокремлений підрозділ КП «Харківводоканал» (КВ «Донець»). У 2013 р. в систему водопостачання КВ «Донець» було подано 168 452.0 тис м³ питної води, що становить 75,33% від всієї поданої питної води. На цей час Кочетоцька водопровідна станція має зношеність у середньому 78%.

Друге незалежне джерело водопостачання м. Харкова – Краснопавлівське водосховище ємністю 410 млн м³, у яке по каналу «Дніпро-Донбас» надходить вода з Дніпродзержинського водосховища. Якість води Краснопавлівського водосховища визначається якістю води, яка поступає до нього в період так званих «закачок», і технологічними режимами їх проведення. Режим експлуатації Краснопавлівського водосховища передбачає дворазовий водообмін протягом року.

Проектна потужність I-ї черги будівництва – 550 тис. м³/доб.

Перший пусковий комплекс магістрального водоводу з каналу «Дніпро-Донбас» до м. Харкова потужністю 375 тис м³/доб введений у дію в 1984 р.

Слід зазначити, що протягом часу експлуатації водоводів значною мірою змінилася їх пропускна здатність за рахунок інкрустації внутрішньої поверхні трубопроводів і значного росту їх гідравлічного опору.

На цей час діючий комплекс споруд і водоводів середньому 75%. Діючі споруди потребують модернізації.

Експлуатація споруджень магістрального водоводу з каналу «Дніпро-Донбас» до м. Харкова здійснюється Комплексом водопідготовки «Дніпро» відокремленим підрозділом КП «Харківводоканал» (КВ «Дніпро»).

У 2013 р. до системи водопостачання КВ «Дніпро» подано 52477,5 тис м³ питної води, або 23,47% від всієї поданої питної води, в тому числі по магістральному водоводу з каналу «Дніпро-Донбас» на м. Харків 48338,5 тис м³ на рік (21,62%).

Третім незалежним джерелом водопостачання м. Харкова є артезіанські свердловини, що піднімають воду з глибини до 800 м. У 2013 р. в систему подачі і розподілу води м. Харкова подано 2669,6 тис м³ питної води (1,19% від загальної подачі питної води). Артезіанський водопровід є складовою частиною системи подачі і розподілу води м. Харкова, який включає в себе 7 водозаборів артезіанської води з насосними станціями II підйому та 36 водозабірними свердловинами, з яких 11 – знаходяться в робочому стані.

До артезіанського водопроводу відносяться водозабірні споруди площадок насосних станцій №№ 4, 8, 9, 10, 11, 14 та водозабірні споруди в сел. П'ятихатки і Кулиничі. З цих площадок, на цей час, в експлуатації знаходяться тільки площадка №10 (3 робочі свердловини), комплекси споруд в сел. П'ятихатки (5 робочих свердловин) та сел. Кулиничі (3 робочі свердловини). Система артезіанського водопроводу потребує відновлення та розвитку.

У 2013 р в систему подачі і розподілу води м. Харкова було подано 10,8 тис м³ покупної води з артезіанських свердловин Південної залізниці (0,01%).

Система подачі і розподілу води. КП «Харківводоканал» має одну з найбільш розвинених систем подачі і розподілу води (ПРВ) в Україні.

Загальна протяжність водоводів і водопровідних мереж системи ПРВ КП «Харківводоканал» на 01.01.2014 р становить 2657,9 км, в т.ч. магістральні водоводи – 802,7 км (30,2%), водопровідні мережі – 1855,2 км (69,8%).

Безпосередньо по м. Харкову експлуатується 2169,7 км водоводів і водопровідних мереж, в т.ч. водоводи – 314,5 км, водопровідні мережі – 1855,2 км.

Протяжність технічно зношених водоводів і водопровідних мереж системи КП «Харківводоканал» становить 1401,3 км (52,72% від загальної протяжності), в т.ч. магістральні водоводи – 391,6 км (14,73%), водопровідні мережі – 1009,7 км (37,99%).

Протяжність трубопроводів системи КІ «Харківводоканал» за строком експлуатації становить:

- до 10 років – 49,54 км (1,89 %);

- до 20 років – 136,73 км (5,20 %);
- до 30 років – 594,99 км (22,65 %);
- до 40 років – 452,0 км (17,20 %);
- до 50 років – 533,98 км (20,33 %);
- до 60 років – 414,17 км (15,77 %);
- до 70 років – 111,86 км (4,26 %);
- більш 70 років – 333,90 км (12,70 %).

Кількість пошкоджень на водоводах і водопровідних мережах міста має стійку тенденцію до збільшення.

Загальна кількість пошкоджень по системі ПРВ м. Харкова у 2013 р. склала 8008 од., в т.ч. 4219 од., що потребували розриття.

За останні 20 років кількість пошкоджень зросла більш ніж в 2 рази. Так, на водопровідних мережах міста в 1990 р. кількість пошкоджень, що потребували розриття, складала 2035 од., а в 2010 р. – досягла максимального значення 5104 од., що в середньому 2,4 од. на 1 км водоводів і водопровідних мереж м. Харкова. На окремих ділянках кількість пошкоджень на 1 км перевищувала 10. У міжнародній практиці цей показник становить 0,18-0,2 пошкодження на 1 км системи.

Також в м. Харкові спостерігається чітка тенденція до збільшення протяжності технічно зношених мереж, протяжність яких за останні 20 років зросла майже на 40%.

Із загальної кількості пошкоджень на водоводах і водопровідних мережах міста, загальна кількість пошкоджень на сталевих трубопроводах у 2013 р. склала 5375 од. або 67,12%. При цьому, із загальної протяжності трубопроводів по системі ПРВ м. Харкова, сталеві труби становлять лише 558,94 км або 26,22%.

Тенденція збереження росту пошкоджень на трубопроводах може призвести до некерованого процесу водопостачання або його повного припинення внаслідок вимушеного відключення ділянок трубопроводів, що не

підлягають ремонту, У зв'язку з цим виникає потреба забезпечення необхідного мінімуму перекладки технічно зношених трубопроводів, яка, за рекомендаціями міжнародної організації водопостачання ВФА ООН, повинна становити не менше 2% від загальної протяжності водоводів та водопровідних мереж, що для системи КП «Харківводоканал» складе не менше 42 км на рік.

Система ПРВ в м. Харкові крім водоводів і розподільних водопровідних мереж містить у собі площадки резервуарів чистої води; площадки районних насосних станцій з резервуарами чистої води; підкачуючі насосні станції.

Система ПРВ в м. Харкові організована таким чином, що всі насосні станції перекачування мають взаємне резервування по водопостачанню суміжних зон. Це дозволяє забезпечити водопостачання всіх районів міста в надзвичайних ситуаціях.

Для забезпечення водопостачання у районах багатоповерхової житлової забудови передбачена система підкачуючих насосних станцій V підйому.

В системі подачі і розподілу води питної якості в межах м. Харкова і прилеглого передмістя (площадка насосної станції №10 сел. Пісочин та площадка II підйому сел. П'ятихатки) розташовано 19 діючих площадок насосних станцій. На 11-и площадках насосних станцій розташовано 17 резервуарів ємністю 102,725 тис м³, а також на двох площадках «Лосєво» та «Лідне» розташовані 10 резервуарів (19 секцій) з загальним обсягом води 237 тис м³, що приймають воду від КВ «Донець» та КВ «Дніпро». Загальний обсяг діючих резервуарів по системі ПРВ м. Харкова 339,725 тис м³.

Насосні станції перебувають в робочому стані, однак насосне обладнання відпрацювало свій нормативний строк експлуатації. У цей час в м. Харкові експлуатується більше 150 підкачуючих насосних станцій.

Схема централізованого водопостачання м. Харкова та групового водопостачання населених пунктів Харківської області наведена на рис. 1.2.

Зона надання послуг водопостачання та розташування площадок насосних станцій в м. Харкові наведені на рис. 1.3 та 1.4 [7].

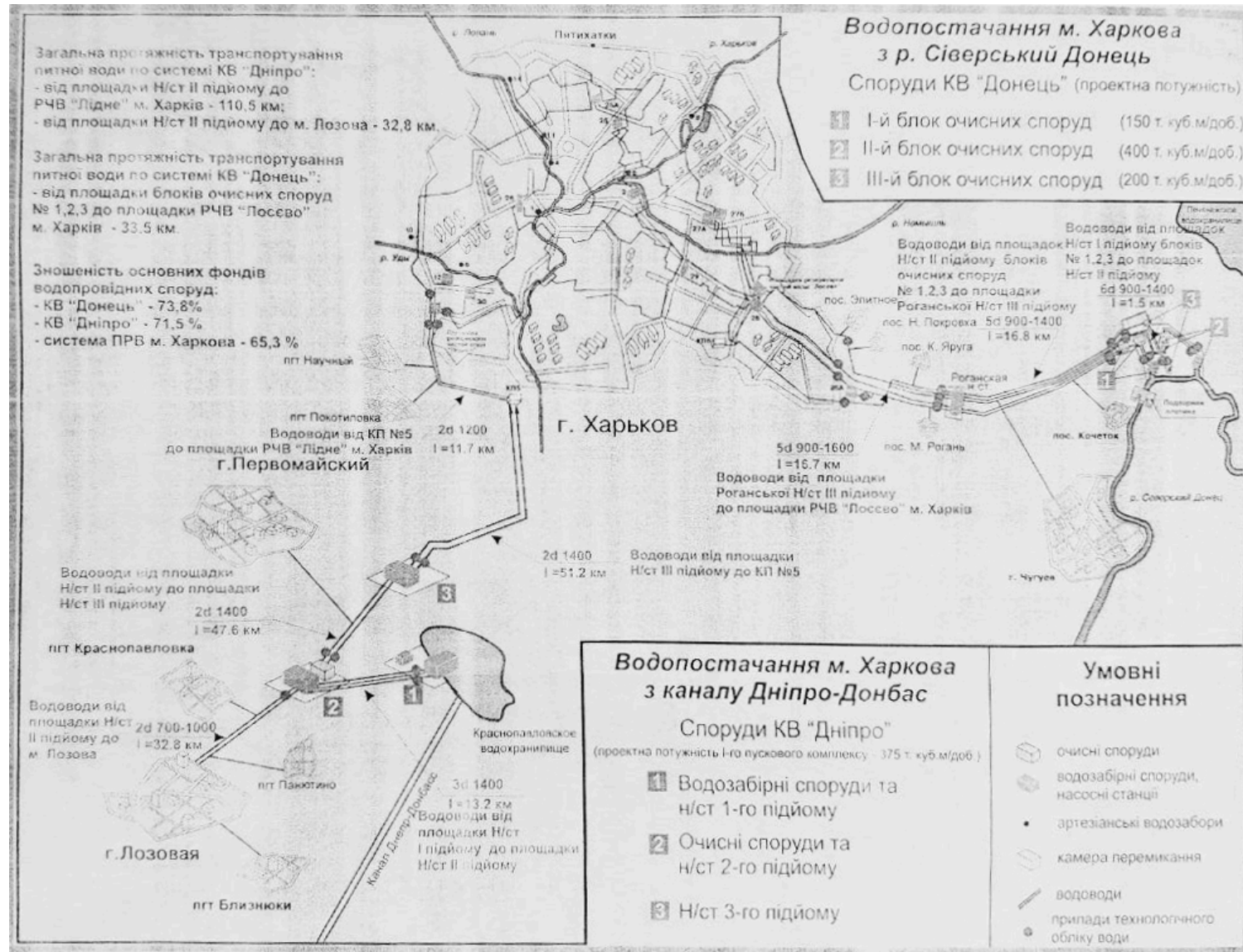


Рисунок 1.2 – Схема централізованого водопостачання м. Харкова та групового водопостачання населених пунктів Харківської області

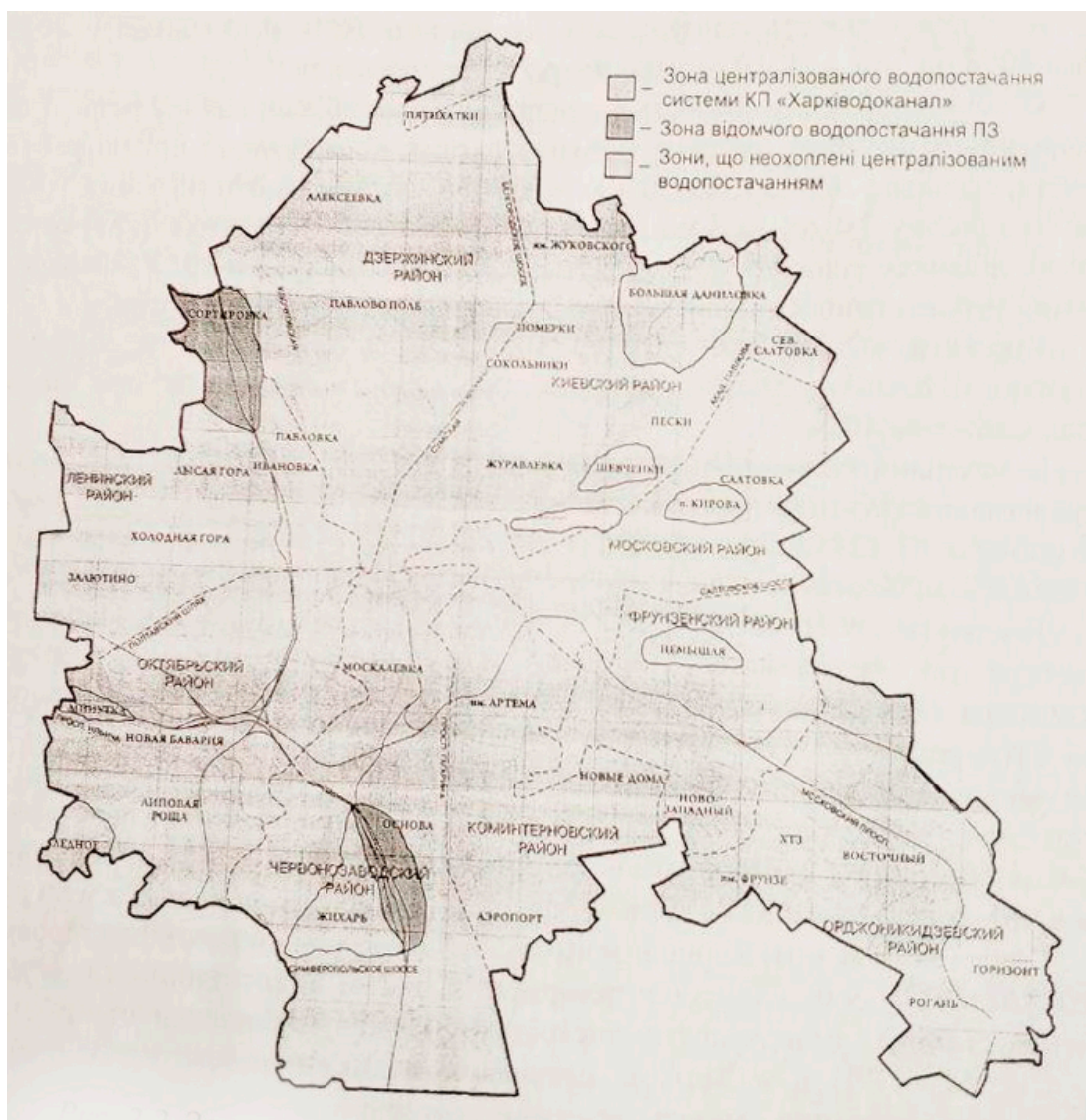


Рисунок 1.3 – Зона надання послуг водопостачання м. Харкова

Головні проблеми

До головних проблем, вирішення яких дозволить забезпечити надійність функціонування систем централізованого водовідведення м. Харкова і групового водопостачання населених пунктів Харківської області відносяться:

1) Невідповідність діючих тарифів на послуги з централізованого питного водопостачання та водовідведення собівартості В умовах постійної цін на енергоносії, необхідність встановлення тарифів, які відповідають фактичному рівню витрат та передбачають інвестиційну складову.

2) Незадовільний екологічний стан поверхневих джерел питного водопостачання р. Сіверський Донець і Краснопавлівського водосховища, особливо необхідність дотримання режиму експлуатації Краснопавлівського водосховища, який передбачає дворазовий водообмін протягом року.

3) Необхідність забезпечення стійкої екологічної рівноваги в басейні р. Сіверський Донець – основного джерела водопостачання м. Харкова і всієї Східної України за рахунок удосконалення технології біологічного очищення стоків та будівництва очисних споруд промивних вод.

4) Незадовільний технічний стан і зношеність основних фондів систем централізованого питного водопостачання та водовідведення, що потребують технічного переоснащення.

5) невідкладних заходів щодо їх реконструкції

6) Застосування передбачених проектом 60-70 років ХХ століття технологій на об'єктах водопостачання та водовідведення, які не відповідають вимогам сучасних нормативів якості питної води та стоків, що скидаються.

7) Висока енергоємність діючих технологічних процесів і використання застарілого обладнання.

8) Занепад артезіанського водопроводу як джерела якісної питної води у м. Харкові

9) Необхідність перегляду і удосконалення нормативно-правових актів у сфері питного водопостачання та водовідведення як на державному, так і на місцевому рівні, в тому числі тих, які забезпечують фінансово-кредитну рівновагу у співпраці з підприємствами, що працюють у ринкових умовах

10) Невиконання рішення Урядової комісії з ліквідації наслідків техногенної аварії на Головній каналізаційній насосній станції Диканівських очисних споруд щодо завершення будівництва дублюючого колектору та кільцювання системи тунельних колекторів у зв'язку з відсутністю фінансування з державного та місцевого бюджетів.

11) Обмеженість джерел надійного фінансування заходів в повному обсязі, які потрібні для реконструкції і технічного переоснащення об'єктів водопостачання та водовідведення, виходячи з їх фактичного стану.

12) Необхідність фінансування інвестиційних проектів з водовідведення, які в основі мають екологічний напрямок, за рахунок бюджетних коштів (у зв'язку з недостатньою їх привабливістю для потенційних інвесторів).

13) Невиконання Постанови Кабінету Міністрів України від 26.09.2007 р. №1168 «Про забезпечення функціонування систем водопостачання м. Харкова та Харківської області» в частині реалізації плану заходів, спрямованих на підвищення надійності та ефективності функціонування систем водопостачання м. Харкова та інших населених пунктів Харківської області на 2007-2020 рр. з обсягом фінансування 2 млрд. грн., в т.ч. з державного бюджету 501,8 млн. грн.

2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Оцінка якості поверхневих вод

Оцінка показників якості води дає змогу встановити відповідність чи невідповідність води певного водного об'єкта вимогам, які висуваються тими чи іншими водокористувачами. Критерієм оцінки допустимості вмісту речовин у воді є гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин у них, а також їх загальносанітарна характеристика. Вимоги до якості вод у водних об'єктах, які використовуються для господарсько-питних, культурно-побутових і рибогосподарських потреб, викладено у «Правилах охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами» (1990).

Окремі вимоги до якості вод, які використовуються для господарсько-питних і культурно-побутових потреб: мінералізація води — не більше 1000 мг/дм³; рН — 6,5-8,5; у воді не повинно бути збудників кишкових захворювань тощо.

ГДК шкідливих речовин у воді водних об'єктів, які використовуються для господарсько-питних і культурно-побутових потреб, визначено більше ніж для 1000 інгредієнтів; для рибогосподарських — більше ніж для 200. Але ця кількість інгредієнтів не охоплює всі забруднювальні речовини антропогенного походження, яких за орієнтовними даними не менше 5-6 тис.

Для інтегральної оцінки якості води водних об'єктів з екологічних позицій розроблено низку методик, які враховують взаємний вплив всіх визначених у воді компонентів через розрахунки індексів забруднення води. В Україні діє «Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» (1998), в якій виділяється 5 класів і 7 категорій якості води за ступенем чистоти (забруднення): дуже чисті; чисті; помірно забруднені; забруднені; брудні; дуже брудні; надзвичайно брудні. В цілому,

якість річкових вод на території України погіршується з північного заходу на південний схід.

Якість питної води, яка після забору з поверхневих джерел водопостачання є по суті виготовленим продуктом на водопровідній станції, регламентується державним стандартом «Вода питна. Гігієнічні вимоги та контроль якості» (1983) та державними санітарними правилами і нормами «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання» (МОЗ України, 1996) [8].

2.2 Сутність процесу біологічного очищення стічних вод

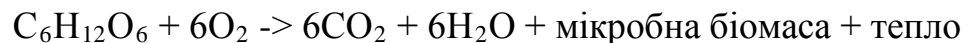
Біологічне очищення — один із методів очищення стічних вод від багатьох органічних і деяких неорганічних домішок на підприємствах целюлозно-паперової, деревообробної, харчової та інших галузей промисловості. За характером цей метод аналогічний природним процесам, наприклад, біологічному очищенню організмів (біоценозу), до складу яких входить багато різних бактерій (простих і високоорганізованих), пов'язаних між собою в єдиний комплекс складними взаємовідносинами (метабіозу, симбіозу та антагонізму). Основну роль у цьому комплексі відіграють бактерії, число родів яких може досягати 5—10, а число видів — кілька десятків і навіть сотень.

Така різноманітність видів бактерій зумовлена наявністю в стічній воді органічних речовин різних класів. Якщо у складі стічних вод є лише одна або декілька близьких за складом органічних сполук, то можливий розвиток монокультури бактерій. Скорочення видів бактерій можливе, якщо очищення проводять при відсутності розчиненого у воді кисню (в анаеробних умовах) або при надто великому співвідношенні кількості поданих на очищення забруднень і біомас мікроорганізмів.

Біологічне очищення стічних вод передбачає практично повне розкладання органічних сполук у воді. За існуючими нормами, вміст органічних речовин в очищеній воді не повинен перевищувати 10 мг/л.

Деградація органічних речовин мікроорганізмами в аеробних і в анаеробних умовах здійснюється за різними енергетичними балансами сумарних реакцій. При аеробному біоокисненні глюкози 59% енергії, що міститься в ній, витрачається на приріст біомаси і 41% становлять теплові втрати. Цим обумовлюється активний ріст аеробних мікроорганізмів. Чим вища концентрація органічних речовин в оброблюваних стоках, тим сильніший розігрів, вища швидкість росту мікробної біомаси і накопичення надлишкового активного мулу. При анаеробній деградації глюкози з утворенням метану лише 8% енергії витрачається на приріст біомаси, 3% становлять теплові втрати і 89% переходить в метан. Анаеробні мікроорганізми ростуть повільно і потребують високої концентрації субстрату.

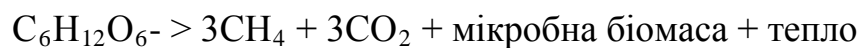
Біологічне очищення стічних вод: аеробний процес



Аеробна мікрофауна представлена різноманітними мікроорганізмами, в основному бактеріями, які окислюють різні органічні речовини в більшості випадків незалежно один від одного, хоча окислювання деяких речовин здійснюється шляхом співокислення (кометаболізм). Аеробна мікробна фауна активного мулу систем аеробного очищення води представлена винятковим біорізноманіттям. В останні роки за допомогою нових молекулярно-біологічних методів, зокрема специфічних рРНК проб, в активному мулі показана присутність бактерій родів *Paracoccus*, *Caulobacter*, *Hyphomicrobium*, *Nitrobacter*, *Acinetobacter*, *Sphaerotilus*, *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Cytophaga*, *Flavobacterium*, *Flexibacter*, *Halisomenobacter*, *Artrobacter*, *Corynebacterium*, *Microtrix*, *Nocardia*, *Rhodococcus*, *Bacillus*,

Clostridium, *Lactobacillus*, *Staphylococcus*. Однак, вважається, що до теперішнього часу ідентифіковано не більше 5% видів мікроорганізмів, що беруть участь в аеробному біологічному очищенню стічних вод. Слід зазначити, що багато аеробних бактерій є факультативними анаеробами. Вони можуть рости при відсутності кисню за рахунок інших акцепторів електрона (анаеробне дихання) або бродіння (субстратне фосфорилування). Продуктами їхньої життєдіяльності є вуглекислота, водень, органічні кислоти і спирти.

Біологічне очищення стічних вод: анаеробний процес



Анаеробна деградація органічних речовин, при метаногенезі здійснюється як багатоступінчастий процес, в якому необхідна участь щонайменше чотирьох груп мікроорганізмів: гідролітиків, бродильників, ацетогенів і метаногенів. У анаеробній фауні між мікроорганізмами існують тісні і складні взаємозв'язки, що мають аналогії в багатоклітинних організмах, оскільки зважаючи на субстратну специфічність метаногенів, їх розвиток неможливий без трофічного зв'язку з бактеріями попередніх стадій. У свою чергу метанові археї, використовуючи речовини, які продукуються первинними анаеробами, визначають швидкість реакцій, здійснюваних цими бактеріями. Ключову роль в анаеробній деградації органічних речовин до метану грають метанові археї родів *Methanosarcina*, *Methanosaeta* (*Methanothrix*), *Methanomicrobium* та інші. При їх відсутності або недостатці анаеробне розкладання закінчується на стадії кислотогенного і ацетогенного бродіння, що призводить до накопичення летких жирних кислот, в основному масляної, пропіонової і оцтової, зниження рН і зупинки процесу.

Перевагою аеробного біологічного очищення стічних вод є висока швидкість і використання речовин в низьких концентраціях. Суттєвими недоліками, особливо при обробці концентрованих стічних вод, є високі

енерговитрати на аерацію і проблеми, пов'язані з обробкою та утилізацією великих кількостей надлишкового мулу. Аеробний процес використовується при очищенні побутових, деяких промислових і свинарських стічних вод з хімічним споживанням кисню не вище 2000. Виключити вказані недоліки аеробних технологій може попередня анаеробна обробка концентрованих стічних вод методом метанового зброджування, яка не вимагає витрат енергії на аерацію і більше того пов'язана з утворенням цінного енергоносія – метану. Перевагою анаеробного процесу біологічного очищення стічних вод є також відносно незначне утворення мікробної біомаси. До недоліків слід віднести неможливість видалення органічних забруднень у низьких концентраціях. Для глибокого очищення концентрованих стічних вод анаеробну обробку слід використовувати в комбінації з подальшою аеробною стадією. Вибір технології та особливості обробки стічних вод визначаються вмістом органічних забруднень в них.

2.3 Характеристика біоценозу активного мулу

У біоценозах активного мулу присутні представники шести відділів мікрофлори: бактерії, гриби, діатомові, зелені, синьозелені, евгленові мікроводорості і дев'яти таксономічних груп мікрофауни: джгутиконосці, саркодові, інфузорії, первиннопорожнинні і вториннопорожнинні черви, черевовійчасті черви, коловертки, тихоходки, павукоподібні.

Активний мул являє собою складну екологічну систему, організми якої перебувають на різних трофічних рівнях. Гетеротрофні бактерії, водорості, сапрофітні гриби й сапрофітні найпростіші – первинні – становлять I трофічний рівень. Голозойні найпростіші – II, а окремі види нематод, хижі коловертки, ссисні інфузорії, тихоходки, хижі гриби – III трофічний рівень. Він формується з найбільш стійких до даних стічних вод бактеріальних штамів з відповідними харчовими потребами, видова розмаїтість

найпростіших визначається ступенем розкладання органічних забруднюючих речовин.

Багата видова розмаїтість організмів активного мулу свідчить про благополуччя біологічної системи аеротенка, високої ефективності очищення і стійкості біоценозу до впливу токсичних стічних вод.

Характер реакції біоценозу активного мулу на несприятливий вплив проявляється в зниженні видової розмаїтості. Чутливі до несприятливого впливу види можуть зникнути зовсім або різко знизити чисельність, у той час як стійкі стають ще сильніше. Якщо дія несприятливого фактору наростає або довго зберігається, зачіпаються всі нові види біоценозу і, в результаті, при мінімальній видовій розмаїтості спостерігається максимальна чисельність найбільш стійких видів.

Характеристика мулу

Задовільно працюючий мул. У ньому велика розмаїтість найпростіших по видовому складу при невеликій кількісній перевазі якого-небудь із видів. Всі організми досить рухливі у жвавому стані.

Голодуючий мул. Дрібні розміри найпростіших, організми стають прозорими, травні вакуолі їх зникають, частково інфузорії перетворюються в цисти.

Нітрифікуючий мул. Постійна присутність у помітних кількостях коловерток. Кількісна перевага прикріплених інфузорій, великих амеб.

Перевантажений мул. Мала якісна розмаїтість при кількісній перевазі двох-трьох. Велика кількість безбарвних джгутикових, дрібних амеб і інших дрібних інфузорій.

Мул при скиді промислових стоків. Зменшення переваги видів. Здрібнювання організмів при збільшенні їхньої загальної кількості або при різкому зменшенні загальної кількості залежно від ступеня токсичності стоку.

Мул при недостатній кількості кисню. Велика розмаїтість джгутикових. Коловертки нерухливі, застигли у витягнутому стані, та відмирають.

2.4 Стадії взаємодії забруднюючих речовин із флокулами активного мула

Процес біологічного очищення стічних вод в аеротенках поділяється на три стадії.

На першій відбувається змішування стічної води з активним мулом, адсорбція забруднень та окиснення легкоокиснювальних речовин. Це супроводжується зниженням забруднень за БСК на 40 – 80 % із повним споживанням розчиненого кисню. Тривалість стадії зазвичай 0,5 – 2 години.

Друга стадія включає окиснення повільноокиснювальних речовин, регенерацію активного мулу шляхом переробки сорбованих на ньому органічних забруднюючих речовин. Швидкість споживання кисню на цій стадії значно нижча, ніж на першій.

Третя стадія передбачає здійснення процесу нітрифікації амонійних солей. Швидкість споживання кисню знову зростає.

Термін “активний” означає, що біомаса активного мулу:

1 Представляє собою мікрофлору, що містить усі ферментні системи, необхідні для деградації забруднень.

2 Має поверхню із високою адсорбційною здатністю.

3 Здатна утворювати стабільні флокули, які легко осаджуються при відстоюванні.

Робота аеротенка оцінюється за глибиною очищення від забруднень, виходом надлишкового активного мулу, витратами повітря чи енерговитратами на аерування, часом аерування, концентрацією мулу тощо.

2.5 Споруди для біологічної очистки

Залежно від умов в яких відбуваються очищення стічних вод споруди для біологічного очищення ділять на дві групи:

- споруди, в яких біологічне очищення відбувається в природних умовах (у верхніх шарах ґрунту, або у водоймах):

- поля зрошення;
- поля фільтрування;
- біологічні водойми;

- споруди в яких біологічне очищення здійснюють при штучно створених умовах:

- біологічні фільтри;
- аеротенки.

Поля зрошення – спеціально підготовлені земельні ділянки для біологічного очищення стічної рідини в природних умовах з одночасним використанням вологи та поживних речовин для вирощування сільськогосподарських рослин. Поля зрошення ділять на:

- комунальні;
- землеробні.

Поля фільтрації – призначені виключно тільки для біологічного очищення стічної рідини без вирощування сільськогосподарських рослин.

Суть процесу біологічного очищення полягає в тому, що під час фільтрування через ґрунт у верхньому шарі на поверхні її частин адсорбуються завислі і колоїдні речовини, які з часом утворюють в порах ґрунту мікробну плівку. Мікроби цієї плівки в присутності кисню повітря, який проникає через пори, окислюють органічні речовини, які є в стічній воді.

Для того щоб покращити процес очищення стічну воду попередньо освітлюють у відстійниках, при цьому з рідини виділяється до 80 % яєць гельмінтів.

Для полів зрошення слід вибирати відкриті ділянки землі зі спокійним рельєфом місцевості з водопроникними ґрунтами (піщані, супіщані, легкі суглинисті тощо).

Стічну воду, яку направляють на поля фільтрації також відстоюють у відстійниках, для того щоб попередити замулювання ґрунту.

Поля фільтрації не менше ніж два рази на рік переорюють, щоб зберігати ґрунт у розрихленому стані.

Біологічні водойми – штучно створені неглибокі водойми для біологічного очищення стічної рідини. Під час очищення у водоймах відбувається процес, який аналогічний до процесу самоочищення природних водойм.

Водойми роблять глибиною не більше 1 м і не менше 0,5 м – залежно від кліматичних умов. При незначній глибині забезпечується гарне прогрівання води і проникнення світла на дно водойми.

В зимовий період очисний ефект біологічних водойм падає, оскільки після утворення льоду процес окислення органічних речовин сповільнюється, а потім повністю припиняється. Тому використання біологічних водойм в районах з холодним кліматом обмежене.

Біологічні фільтри – це штучні окислювачі органічних речовин, які завантажені грубозернистим матеріалом (щєбінь з твердих гірських порід та керамзит). Окислювальні процеси залежать від умов обміну повітря.

За продуктивністю біологічні фільтри непереривної дії ділять на:

- крапельні;
- високонавантажені.

За способом подавання повітря їх поділяють на біофільтри з вентиляцією:

- природною;
- штучною (аерофільтри).

Аеротенки – споруди для біологічного очищення попередньо освітленої стічної води (рис. 2.1).

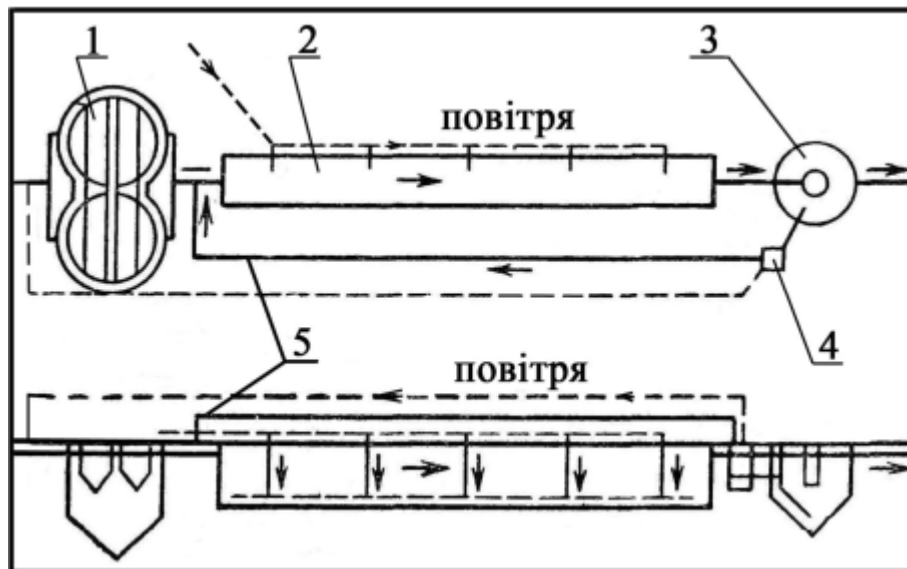


Рисунок 2.1 – Схема аеротенка розрахованого на повне очищення:

- 1 – двоюрисний басейн; 2 – аеротенк; 3 – вторинний відстійник;
4 – насосна станція; 5 – активний мул, який циркулює

Процес очищення відбувається в рухомому потоці при штучному введенні в нього активного мулу, а також кисню повітря як джерела життєдіяльності бактерій.

Аеротенки – це довгі залізобетонні резервуари прямокутного перерізу.

Активний мул – це скупчення аеробних мікроорганізмів у вигляді пластівців – мінералізаторів, які мають адсорбуючі властивості і здатність мінералізувати органічні речовини, які знаходяться в стічній воді.

Суміш стічної води з активним мулом із аеротенка направляється на вторинний відстійник, де активний мул відділяється від очищеної стічної води. Звідти одна частина мулу перекачується в канал перед аеротенком для повторного використання (цей мул називають циркуляційним), а інша частина мулу (його приріст) в метантенки.

Повітря, яке необхідне для окислення подають в аеротенки повітродувками. Стиснене повітря забезпечує інтенсивне перемішування стічної рідини з активним мулом (рис. 2.2).

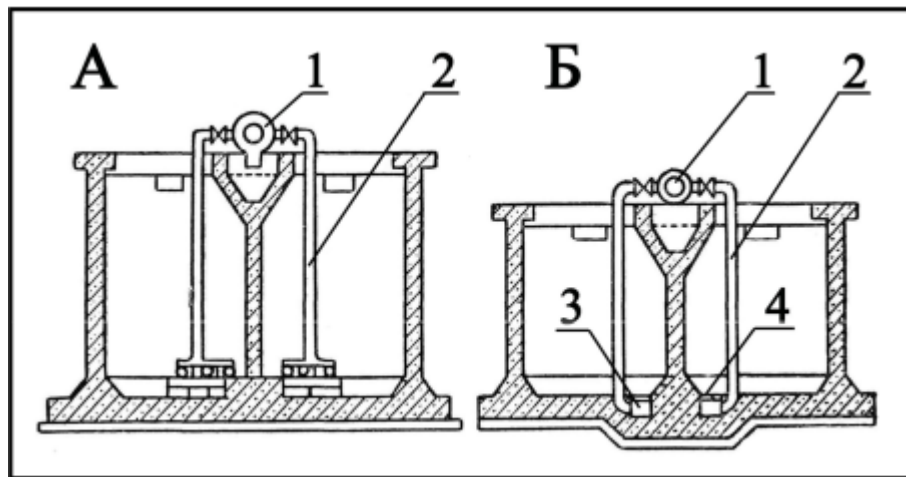


Рисунок 2.2 – Схеми подавання повітря в аеротенк:

А – через труби з отворами; Б – через фільтроносні пластини;

1 – повітропровід; 2 – повітряні труби; 3 – канал для підводу повітря;

4 – фільтроносні пластини

Залежно від кількості повітря та тривалості перебування стічної рідини в аеротенку можна отримати різну ступінь її очищення. Аеротенки проектують:

- на повне біологічне очищення;
- на часткове біологічне очищення.

Крім одноступеневих аеротенків з регенерацією або без неї, застосовують також:

- аеротенки-змішувачі;
- двохступеневі аеротенки;
- аеротенки із ступінчатою аерацією;
- аеротенки відстійники тощо.

Вторинні відстійники – для освітлення стічної води, що витікає з аеротенків і містить велику кількість мулу, або з біофільтрів і містить біоплівку. У вторинних відстійниках активний мул і частинки бактеріальної плівки осаджують.

Конструкція вторинних відстійників практично не відрізняється від конструкції первинних. Вони також бувають:

- горизонтальні;
- вертикальні;
- радіальні.

Для збільшення ефективності відстоювання застосовують:

- преаератори;
- біокоагулятори;
- освітлювачі з природною аерацією.

Преаератори – це споруди для здійснення попередньої аерації. При цьому стічну рідину перед відстоюванням попередньо продувають повітрям протягом 10...20 хв., інколи з додаванням активного мулу. Кількість повітря, яке подають в преаератор становить 0,5 м на 1 м³ стічної рідини.

Ефективність затримки завислих частинок під час використання преаераторів зростає до 65 %.

Біокоагулятори – споруджують у вигляді вертикальних відстійників з камерою біокоагуляції в середині.

2.6 Інтенсифікація процесів біологічного очищення

З метою підвищення інтенсивності роботи біологічних очисних споруд до мулової суміші в аеротенку додають флокулянти - неорганічні, природні та синтетичні органічні полімери різних класів. Флокулянти застосовують з метою більш глибокого очищення стоків від зважених речовин та зниження вмісту забруднень в стоках, зокрема специфічних розчинених і колоїдних органічних забруднень, перед та в процесі біологічної стадії очищення [13].

В практиці водоочищення використовують інтерполімерні комплекси, тобто продукти взаємодії хімічно компліментарних макромолекул – поліаніонів та полікатионів або донорів та акцепторів протонів. При цьому спочатку додають поліелектроліт, що добре адсорбується на поверхні

дисперсної фази, а потім протилежно заряджений полімер, що коагулює. Таким чином можливе здійснення процесу концентрування бактеріальних клітин, а також очищення стічних вод мікробіологічних та хімічних виробництв.

Ступінь впливу високомолекулярних сполук (ВМС) на мікроорганізми активного мулу залежить від концентрації та природи речовини, його хімічної структури, тривалості впливу, таксономічного положення організму, стадії розвитку, умов зовнішнього середовища. Токсичність флокулянтів зростає із збільшенням розчинності полімерів в ліпоїдах і зменшується із збільшенням молекулярної маси і розгалуженості полімеру, що ускладнює його дифузію. Взаємодія високомолекулярних реагентів визначається двома факторами, а саме: впливом реагенту на бактерії та впливом бактерій на ВМС. В зв'язку з цим при виборі флокулянтів враховують не тільки їх ефективність, нетоксичність та економічність, а й біодеструктивність реагентів, що застосовуються.

Стадія хемосорбції при біологічному очищенні стоків дозволяє стабілізувати процес очищення при концентраційно-температурних перепадах, підвищити ступінь очищення від СПАР, нафтопродуктів та сполук азоту. Завдяки варіюванню складу хемосорбційного матеріалу можливе регулювання селективності процесу очищення стічних вод.

Поєднання процесів біотрансформації органічних забруднень із фізико-хімічним методом адсорбції забруднюючих речовин на активному карбоні, крім підвищення ефективності очищення стічних вод, має такі переваги, як висока стабільність процесу в умовах перемінного складу та кількості стічних вод за рахунок адсорбції на активному карбоні, постійний приріст біомаси, економічна доцільність процесу в порівнянні з відокремленим використанням адсорбції та біорозкладання, регенерація активного карбону тощо.

Використання природних цеолітів призводить до зниження мулового індексу з 200 до 50 мг/л та підвищення дози активного мулу в аеротенку до 5-6 г/л, що значно підвищує якість очищення стоків.

Суміші відпрацьованих іонітів та коагулянтів покращують якість стоків шляхом зменшення концентрації деяких токсичних речовин, корегування рН, зниження мулового індексу, підвищення швидкості ущільнення біомаси. При періодичному дозуванні до мулової суміші коагулянту на базі гідроксидів та хлоридів алюмінію утворюються агломерати, що відрізняються підвищеною крупністю і стабільністю. Флокули сорбують біогенні елементи, а також органічні сполуки, а крім того, вони є носіями для фіксації біоплівки. При коливаннях вмісту органічних забруднювачів в стоках мікроорганізми використовують необхідну кількість біогенів з матеріалів агломерату.

Біосорбційний метод очищення стічних вод поєднує в собі два процеси: сорбцію та біохімічне окислення, в результаті протікання яких відбувається більш глибоке очищення стічних вод із знешкодженням речовин, що важко окислюються.

Метод біокаталітичного очищення стічних вод базується на використанні системи синтезованих каталізаторів в процесі біохімічного окислення стоків. Така система каталізаторів не тільки не пригнічує активний мул, а, навпаки, сприяє його життєдіяльності за рахунок процесу обмінної іммобілізації ферментів і мікроорганізмів. Застосування біокаталітичного способу очищення стічних вод за рахунок підвищення концентрацій молекулярного та активованого кисню в культуральній рідині дозволяє одночасно проводити процеси окислення та нітрифікації без додаткових енерговитрат з використанням типових біоспоруд. Ефективність очищення стоків за даним методом складає 85-98% при питомих витратах повітря 7,5-8,5 м³/м³. Біокаталітичне очищення стоків не супроводжується погіршенням органолептичних показників води, а очищені стоки відносяться до категорії нетоксичних і відповідають екологічним вимогам безпеки за токсичністю

очищеної води і можуть бути скинуті у водойми або використані в замкненій системі водо обігу.

Аналіз науково-технічної літератури показав, що синтетичні флокулянти групи поліакриламідних флокулянтів (неіонні, аніонні та катіонні ПАА) отримали більш широкого застосування, ніж природні, оскільки хімічний склад, просторова структура і заряд таких речовин можна змінювати шляхом введення в них замісників та функціональних груп. Крім того, в розчинах синтетичних флокулянтів менш інтенсивно розвиваються мікроорганізми, що руйнують активний компонент флокулянтів [13].

2.7 Інтенсифікація роботи аеротенка

Збільшення дози активного мулу в зоні аерації є одним з найбільш важливих напрямків інтенсифікації біохімічної очистки стічних вод в аеротенках. Вважається, що при підвищенні дози активного мулу з 1-2 до 25-30 г/л пропорційно зростає окислювальна потужність аеротенках від 0,5-1 до 12-14 кг БПКп/(м³/ добу). Однак для системи аеротенк-вторинний відстійник існує гранична концентрація активного мулу, перевищення якої веде до дестабілізації роботи системи та погіршення якості очищення. За наявності систем доочистки в даному випадку збільшується навантаження на них і може перевищити граничну величину. Найбільш слабким місцем у цій системі є вторинний відстійник, для якого доза мулу складає 1,5-2 г/л.

Збільшувати дозу активного мулу в аеротенках можна різними шляхами. Найбільш простий - введення окремої регенерації активного мулу. Це досягається поверненням на стадії регенерації ущільненого у вторинних відстійниках активного мулу. Його доза в регенераторі може бути 7-8 г/л, а в робочій зоні 1,5-2,5 г/л. Подальше збільшення змушує застосовувати двоступеневе мулорозділення, модифікувати вторинні відстійники тонкошаровими модулями або застосовувати більш складні споруди: флотатори, освітлювачі з шаром зваженого осаду, фільтри.

Іншим шляхом збільшення дози активного мулу є створення аеротенків з фільтраційним поділом мулової суміші. У робочій зоні такої споруди підтримується доза активного мулу до 25 г/л. Однак перед подачею очищеної стічної рідини у вторинний відстійник вона пропускається через спеціальні фільтрувальні перегородки сітчастого або пористого типу. При цьому у вторинний відстійник поступає не більше 3-4 г/л зваженої речовини. Фільтротенки можуть успішно застосовуватися для очищення висококонцентрованих стічних вод, що утворюють мули, що важко осаджуються (рис. 2.3).

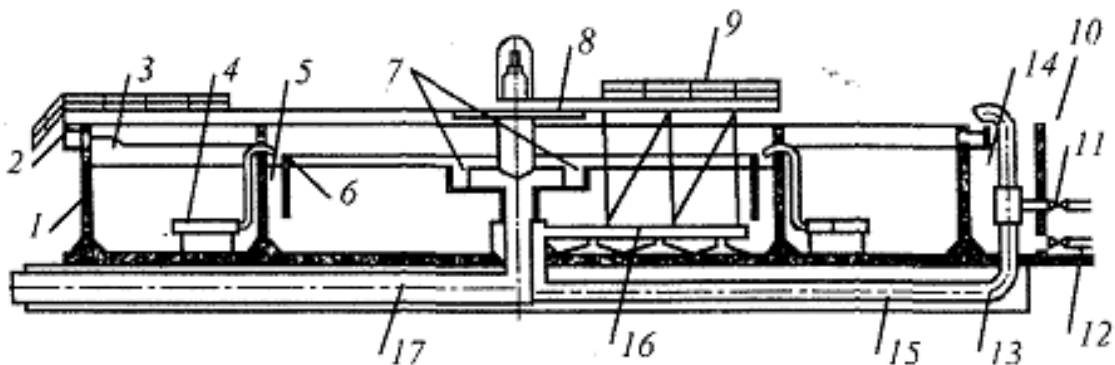


Рисунок 2.3 – Фільтротенк радіального типу:

- 1 - розподільчий лоток; 2 - лоток поворотного мулу; 3 - зона аерації;
- 4 - фільтруюча насадка; 5 - камера дегазациї; 6 - струмененапрямна насадка;
- 7 - збірні лотки; 8 - ферма мулососа; 9 - місток; 10 - камера управління;
- 11 - повітропровід; 12 - трубопровід надлишкового мулу; 13 - ерліфт;
- 14 - мулова камера; 15 - трубопровід зворотного активного мулу;
- 16 - мулосос; 17 - трубопровід очищених стічних вод.

При використанні в якості фільтруючих елементів нових матеріалів, наприклад пористої нержавіючої сталі, з'явилася можливість відмовитися від вторинних відстійників, тому що винос активного мулу не перевищує 20 мг/л. Техніко-економічними розрахунками встановлено, що в фільтротенку можливе досягнення високої окислювальної потужності (8000-1200 г БПКп/м³) при низькій навантаженні на активний мул (400-600 мг/л). При

цьому досягається 12-15%-е зниження собівартості очищення та 35-40%-ва економія капітальних вкладень [14].

Іншим спорудженням біологічного очищення стічних вод з високими дозами активного мулу є флототенк. Флотаційні муловідділювачі, суміщені з аеротенках, розроблені як в нашій країні, так і за кордоном. Принципова схема роботи флототенка полягає в тому, що стічні води після механічного очищення подаються в Безнапірні зону аерації, яка обладнана відповідними аераційними пристроями. Мулова суміш в зоні аерації насичується повітрям за допомогою насосів і ежекторів. Повітрям також може насичуватися частину витрати рециркулюючим освітленої стічної рідини, яка потім подається в Безнапірні зону флотаційного муловідділювача. Мул, що пройшов флотацію з концентрацією 30-50 г/л з пінного флотатора віддаляється шкребками різної конструкції або самопливним переливом на рециркуляцію в зону аерації і частково в якості надлишкового активного мулу відводиться на споруди обробки осаду. Як показав досвід експлуатації флототенков, кількість надлишкового активного мулу невелика, і в ряді випадків можна обійтися без його виведення з системи. Це пояснюється тим, що зниження питомої окисної потужності активного мулу при збільшенні його дози автоматично переводить активний мул в фазу продовженої аерації, яка характеризується дуже малим або навіть нульовим приростом біомаси. Флототенки, як і фільтротенки, доцільно застосовувати для неповної біологічного очищення висококонцентрованих виробничих стічних вод у двох східчастих схемах в якості першого ступеня або на локальних спорудах промислових підприємств [14].

2.8 Розробка рекомендацій щодо вдосконалення системи поводження з відходами підприємства

Щорічно на очисних спорудах каналізації м Харкова утворюється близько 1,1 млн м³ осаду. Для зневоднення і сушіння осадів

використовуються мулові майданчики, що займають великі території з чорноземними ґрунтами. Мулові майданчики займають 126 га і через перевищення розрахункових навантажень і відсутності подальшого використання або утилізації осаду стічних вод майже повністю заповнені.

Займаючи велику територію, мулові поля є постійним джерелом забруднення ґрунту, поверхневих і підземних вод та атмосфери такими забруднюючими речовинами, як сірководень, аміак, газоподібні продукти гниття білків.

Утворений при біологічному очищенні стічних вод осад (мул) необхідно зневоднювати. До 2004 р. їх зневоднення здійснювалося на мулових майданчиках та мулонакоплювачах КБО «Б». Після 2004 р. було введено в експлуатацію технологічне обладнання «Вестфалія Сепаратор» (Німеччина) що забезпечує зневоднення 3000 м/доб. осаду на майданчиках існуючого цеху механічного зневоднення. Але введено в експлуатацію технологічне обладнання не в змозі повністю зневоднити весь осад який знаходиться на КБО «Б». Адже крім осадів які утворюються безпосередньо від КБО «Б» туди транспортуються для подальшої обробки осади «Диканівських» очисних споруд. Крім того вартість обробки осадів на цьому обладнанні складає у середньому 30-40% загальних витрат на очищення стічних вод. Таким чином осад який не був зневоднений механічним шляхом відправляють зневоднюватись природним шляхом на мулові майданчики.

Така технологія зневоднення (природне висушування) застаріла та вимагає постійного розширення мулових майданчиків за рахунок додаткових площ, необхідних для їх розміщення. Дефіцит земельних площ складає 134 га (при потребі у 260 га є тільки 126 га). Недолік площ призводить до того, що в період паводків та злив виникає вірогідність надходження осадів стічних вод в поверхневі водоймища, забруднюючи р. Сіверський Донець – джерела водопостачання трьох областей Харківської, Донецької та Луганської.

З 2005 р на КБО «Безлюдівський» успішно працює єдиний в Україні цех механічного зневоднення осаду. Введено в експлуатацію 4,2 га мулових

майданчиків на штучному підставі, з системою вертикального і горизонтального дренажу. Вологість зневодненого осаду становить 75-80%. Однак це не вирішує повністю проблему зменшення обсягу осадів, що розміщуються на мулових полях. Розширення мулових майданчиків за рахунок збільшення земельних ділянок неможливо, тому для м. Харкова проблема утилізації осадів вкрай актуальна.

3 РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Обґрунтування методу очищення стічних вод і обробки осаду

Відповідно до санітарних норм концентрація очищених стічних вод по БПК_{пол} повинна складати до 6 мг/л, завислі речовини - не більше 5 мг/л, розчинений кисень - не менше 2 мг/л.

З огляду на метод очищення, прийнятий на існуючих спорудах, (повна штучно-біологічна очистка стічних вод на аеротенках) і те, що такої глибокої очистки можна досягти на додаткових спорудах - комплексі доочистки, даним проектом зберігається існуючий метод очищення, і передбачається комплекс споруд доочистки на одношарових дрібнозернистих фільтрах з висхідним потоком.

Обробка осаду стічних вод складається з трьох етапів:

- підготовка;
- зневоднення;
- знезараження;

Підготовка осаду стічних вод до зневоднення можлива в процесі:

- анаеробного зброджування (в метантенках);
- аеробного стабілізації (в аеробних кондиціонерах);
- реагентної обробки;
- теплової обробки.

Слід зазначити, що установки анаеробної стабілізації простіше як в конструктивному відношенні, так і в експлуатації.

Для зниження вологості осаду застосовуються різні методи зневоднення:

1. Природні - на мулових майданчиках, які застосовуються як в основних спорудах, так і в якості резервних - при застосуванні штучних методів зневоднення осаду.

2. Штучні:

~ Механічні:

- на вакуум - фільтрах;
- фільтр пресах;
- центрифугах

~ Термічний.

При застосуванні вакуум - фільтрів і фільтр - пресів необхідно попереднє реагентне кондиціонування осаду; при використанні центрифуги рекомендується застосування флокулянтів.

Знезараженню можуть потрапити під вплив:

1. Вихідні (рідкі) опади:

а) в метантенках - мезофільні режим зброджування при температурі 32-33°C; при термофільному - температура 53°C - зброджування відбувається за рахунок впровадження гострого пара.

б) в різних теплообмінниках - шляхом пастеризації опадів за допомогою теплонагрівачів;

2. Механічно зневоднені опади:

а) шляхом пошарового компостування опадів з легкими наповнювачами (солома, тирса, гілки, листя і т.д.) строком вилежування опадів до 4-х місяців.

б) на спеціальних майданчиках в буртах терміном 2 роки;

в) за рахунок підігріву в камерах дегельмінтизації.

Передбачений в ранніх проектах метод теплової обробки осадів (для кондиціонування їх перед мехзневодненням) має перевагу в тому, що при його застосуванні відпадає необхідність в реагентної обробки осадів перед механічним зневодненням. Оброблений осад стерильний, має низьку вологість і не загниває при зберіганні.

Однак даний метод має такі недоліки:

– наявність великої кількості зважених речовин і високі значення БПК і ХПК мулової води і фільтрату;

- застосування щодо складної дробильної, регулювально - запірної і контрольно - виміральної апаратури, а також низької надійності насосів, теплообмінників і реакторів, що працюють під високим тиском;
- відсутність кваліфікованого обслуговуючого персоналу;
- утворення газів і запахів в процесі обробки осади;
- скорочення вмісту органічних компонентів в оброблених опадах, що знижує їх цінність як добрива.

Зброджування в метантенках - процес мінералізації органічної речовини - застосовується для стабілізації опадів, запобігання загнивання і отримання біогазу.

Вітчизняна практика показала, що зброджування в термофільних умовах вимагає великої витрати тепла, крім того, опади, зброжені в термофільних умовах, значно гірше віддають воду і вимагають більш глибокої підготовки до механічного зневоднення, ніж опади, зброжені в мезофільних умовах. Це основні причини, в результаті яких процес термофільного зброджування опадів не отримав практичного застосування на зарубіжних очисних станціях. У нашій країні застосування термофільного процесу зброджування опадів обумовлено вимогами санітарних органів по дегельмінтизації.

Мезофільні режим зброджування опадів у метантенках економічно доцільно для середніх і великих станцій аерації при наявності власних котелень. В цьому випадку при раціональному використанні газу можна не тільки забезпечити процес зброджування осаду, але покрити частину енергетичних затрат станції.

Однак, в історично сформованих обставинах розвитку майданчика ДСА немає можливості використовувати ці методи.

Існуючі метантенки на ДСА, побудовані в 1965 г. (Д = 17,5 м - 2 шт.) Не відповідають чинним правилам по вибухо-, пожежонебезпеки, а обсяг банок метантенків відповідає станції продуктивністю 100 тис. м³/добу.

Відсутність вільних площ на цьому майданчику позбавляє можливості розмістити необхідну кількість метантенків з спорудами по використанню біогазу. Весь осад зі станції перекачується на Безлюдівську станцію аерації для подальшої його обробки. Таким чином, обробка осаду в м. Харкові в метантенках не розглядається.

Реагентна обробка осаду з подальшим механічним зневодненням на вакуум - фільтрах і фільтр - пресах вимагає 200 тис. т/рік реагентів з проектуванням спеціального реагентного вузла зі спеціальною залізничною гілкою. З економічної точки зору цей метод не розглядається через відсутність узгодження надійного постачання реагентів.

З огляду на відсутність вільних земельних ділянок в районі розташування майданчика ДСА та потреба у великих площах для природних методів обробки осаду, приймається механічне зневоднення осадів на центрифугах великої потужності типу ОГШ - тисяча один з попередньою аеробною її найближчими днями і обробкою вітчизняними катіонітовими флокулянтами К 100, К - 131. Знезараження здійснюється за допомогою компостування, з подальшим використанням осаду на добриво в сільському господарстві.

3.2 Знезараження стічних вод

Знезараження стічних вод слід проводити хлором або хлоритом натрію.

Розрахункова доза активного хлору приймається після повної біологічної очистки 3 г/л. Знезараження проводять в контактних резервуарах, суміщених із змішувачем.

Тривалість контакту хлору зі стічною водою в резервуарі приймаємо 30 хвилин.

Контактні резервуари проектуються як горизонтальні відстійники без скребків. Число резервуарів - 4 штуки, розміри - 30x10 м.

Склад хлору на станції суміщений з будівлею хлораторної. Продуктивність її - 100 кг хлору в годину. Хлораторна обладнана Хлоратор ЛОНП-100; ємність складу -420т.

Будівля хлораторної одноповерхова, прямокутна в плані, розміри будівлі 12х36х6,7м. Складається з приміщень складу хлору, хлораторної, компресорної, відділення водопідготовки, щитової і вентиляційної камери. Основна тара поставки хлору - контейнера ємністю 1000 л рідкого хлору.

Кількість хлораторів ЛОНП-100 - 7 штук: 5 робочих і 2 резервних.

3.3 Обробка і утилізація осадів

Сирий осад з первинних відстійників майданчиків ДСА та БСА піддається центрифугуванню без застосування флокулянтів в цеху мехзневоднення. Утворений при цьому фугат сирого осаду спільно з:

- ущільненим надлишковим активним мулом ДСА;
- незначною частиною ущільненого і здебільшого неущільненого надлишкового активного мулу майданчика БСА;
- фугато офлотірованої суміші обох майданчиків направляється на аеробне кондиціювання з подальшим флотаційним ущільненням на флотатора.

Сфлотірована ущільнена суміш піддається центрифугуванню з попередніми введенням в неї розчину флокулянта, для приготування якого використовується пом'якшена вода з температурою 15°C.

Згідно СНіП 2.04.03-85 при цеху мехзневоднення осаду проектується аварійні мулові майданчики площею 29 га на знову відводиться території в районі залізничної станції «Тернова».

Дегельмінтизація підсушеного осаду після цеху мехзневоднення передбачається на майданчиках компостування, що розміщуються на території існуючих мулових ставків. Там же розміщені майданчики для складування наповнювача - компосту.

Цех механічного зневоднення осадів

Цех призначений для зневоднення сирого осаду первинних відстійників і кондиціонованної сфлотированної суміші. Складається з чотирьох відділень:

1. відділення центрифуг;
2. відділення приготування флокулянтів;
3. бункерні відділення;
4. відділення водопідготовки.

Відділення центрифуг.

Сирий осад первинних відстійників в кількості 2610 м³/добу піддається центрифугуванню без застосування флокулянтів на центрифугах ОГШ-1001К-01.

Для забезпечення нормальної роботи центрифуг з сирого осаду попередньо витягуються великі включення і пісок. Затримуються великі включення на проціджувачів типу ПЦО-1 (конструкція НДКТІ МГ). Покидьки розміром більше 4-х мм при обертанні решітки переносяться до Знімачі покидьків і скидаються в шнековий прес, який ці покидьки віджимає, зайва волога віддаляється, а потім вони потрапляють в бункер-накопичувач, після чого видаляються автотранспортом. Після проціджувачів осад надходить в резервуар процеженого осаду і насосами СД 160/45 подається на гідроциклони типу МЦД-250.

Затриманий пісок потрапляє в бункер піску, а потім піскові насоси ПР-63-22,5 подається на піскові майданчики. Після гідроциклонів осад надходить в резервуар сирого осаду, з якого далі направляється по трубопроводах до подає насосів ІВ 100/5-40/5К-РП, встановленим на позначці 0,000 під кожною з центрифуг. Додатково у резервуара встановлені резервні насоси СД 50/10 для подачі осаду в кожному центрифугу на випадок виходу з ладу ІВ 100/5-40/5К-РП, зневоднений кек від кожної центрифуги через проміжний бункер насосом УТН-10 по трубопроводу подається в бункер- накопичувач.

Кондиціонована сфлотірована суміш в кількості 3320 м³/добу по напірному трубопроводу надходить в резервуар, встановлений на позначці 0,000. З резервуара суміш направляється по трубопроводах до подає насосів ІВ 100/5-40/5К-РП у кожної центрифуги. Так як зневоднення суміші йде із застосуванням флокулянта, то для його подачі застосовані насоси ІВ 12/5-10/5К-РП.

Зневоднений кек суміші, аналогічно кеку сирого осаду, насосами УТН-10 подається в бункер-накопичувач. Фугат від всіх центрифуг самопливом видаляється в резервуар фугата, звідки насосами СД 450/22,5 подається в аеробний кондиціонер. Для промивання технічною водою центрифуг, проціджувачів, трубопроводів осаду, а також для взмучивання піску в бункері, використовуються насоси ВКС-4/24.

Відділення приготування флокулянтів.

Як флокулянта застосовані вітчизняні катіонітові флокулянти К-100, К-131. Витрата флокулянта з урахуванням застосування пом'якшеної води температурою не нижче 15°C становить 5,1 кг/т сухої речовини або 2,3 т/добу.

У відділенні передбачений склад для зберігання 30-ти добового запасу флокулянтів.

Для приготування розчинів флокулянта встановлені два види баків:

- 2 розчинних, в котрих готується 1% розчин флокулянта;
- 8 витратних баків - для приготування 0,1% розчину флокулянта.

Як пристроями, застосовані змішувачі тихохідні ПМТ-40. Подача 1% розчину в баки 0,1% розчину флокулянта здійснюється насосами ІВ 12/5-10/5К-РП. Для приготування розчинів застосовується пом'якшена вода загальною витратою 86 м³/год. Готується вода у відділенні водопідготовки.

Бункерні відділення.

Чотири бункерних відділення примикають до цеху мехзневоднення. У кожному відділенні на позначці 8.000 встановлений бункер ємністю 45 м³, куди надходить зневоднений кек від центрифуг. На позначці 0.000

встановлені насоси УГН-10 для транспортування кека з бункера на майданчику компостування.

Витрата кека по сирому осадку 74% вологості становить 358 м³/добу, витрата кека кондіціонованої сфлотірованої суміші 85% вологості - 2468 м³/добу.

Транспортування кека по трубопроводах на віддалені відстані прийнята за рекомендаціями Санкт-Петербурзького інженерно-будівельного інституту. Так як насоси УГН-10 можуть транспортувати кек на відстань до 500 м, то по іншому ділянці шляху на майданчик буртування кек подається за допомогою стиснутого повітря тиском 8 атм. З метою можливості безперервної подачі кека по трубопроводах від кожного бункерного відділення прийняті 4 напірні нитки трубопроводів діаметром 400 мм.

Подача стисненого повітря здійснюється від компресорної. Для гідравлічної мастила напірних трубопроводів використовується технічна вода в кількості 1% від загальної витрати кека. Для її подачі застосовані насоси поршневі ПР 5/10, які встановлені у відділенні центрифуг у резервуарів технічної води.

3.4 Утилізація осадів стічних вод у будівництві

3.4.1 Склад обсягів ОСВ у відвалах на КБО «Б»

В даний час склалася тупикова ситуація коли йти по шляху розширення мулових майданчиків нереально, оскільки виділення додаткових земельних ділянок неможливе. В той же час постійне накопичення осадів може привести до екологічної катастрофи в районі Безлюдівки та в Харківському регіоні в цілому.

Виходячи з ситуації що склалася потрібно знаходити нові альтернативні методи та напрямки утилізації осадів стічних вод (ОСВ). Одним із таких прикладів утилізація осадів стічних вод може стати

технологія виробництва асфальтобетону, яка вже була успішно апробована в промислових умовах з економічним ефектом від її упровадження у м. Харків.

Проведено натурні обстеження мулових майданчиків та відвалів зберігання ОСВ на станції біологічного очищення «Б» стічних вод, встановлені та диференційовані об'єми обсягів накопичення відходів, визначено їх хімічний склад (табл. 3.1) і клас небезпеки. Не зважаючи на різні джерела отримання, ОСВ містять два основних типи речовин: мінеральні – близько 79% та сполуки, що несуть імовірно органічний характер – близько 21%. Вміст важких металів в осадах перевищує показники ГДК для ґрунтів.

Таблиця 3.1. Хімічний склад ОСВ у відвалах КБО «Б» [19]

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	п.п.п.	pH
вміст %											
Осад стічних вод з із відвалів зберігання Безлюдівського КБО											
46,30÷ 6,51	10,05÷ 10,20	9,06÷ 9,25	0,40÷ 0,41	6,00÷ 6,14	1,92÷ 2,00	1,832÷ 1,835	0,93÷ 0,95	0,78÷ 0,80	1,60÷ 1,62	21,05÷ 21,10	7,25÷ 7,32
Осад стічних вод з із відвалів зберігання Диканівського КБО											
42,95÷ 43,02	10,00÷ 10,20	9,00÷ 9,10	0,35÷ 0,38	7,20÷ 7,30	1,40÷ 1,60	2,130÷ 2,136	1,20÷ 1,25	0,70÷ 0,72	1,80÷ 1,86	23,57÷ 23,68	7,15÷ 7,18
Вміст важких тяжких металів, мг/кг (г/т)											
Ртуть Hg	Свинець Pb	Мідь Cu	Марганець Mn	Нікель Ni	Хром Cr	Кобальт Co	Кадмій Cd	Цинк Zn			
Осад стічних вод з із відвалів зберігання Безлюдівського КБО											
2,8÷7,2	74÷215	324÷1000	372÷1115	175÷1220	440÷2416	26÷48	34÷135	280÷2320			
Осад стічних вод з із відвалів зберігання Диканівського КБО											
7,1÷8,9	120÷278	481÷1351	268÷478	1120÷ 2300	1168÷ 2337	25÷90	301÷1210	1690÷ 2210			
ГДК в ґрунті за показниками токсичності											
2,1	32,0	3,0	1500,0	4,0	6,0	5,0	4,0	23,0			

Мінеральна частина частка осадів (рис. 3.1), представлена уявлена переважно алюмосилікатами (монтморілоніт, каолініт), карбонатами, кварцем і кремнеземом, які характеризуються великою місткістю ємкістю

катионного обміну та високою адсорбційною здатністю здібністю .

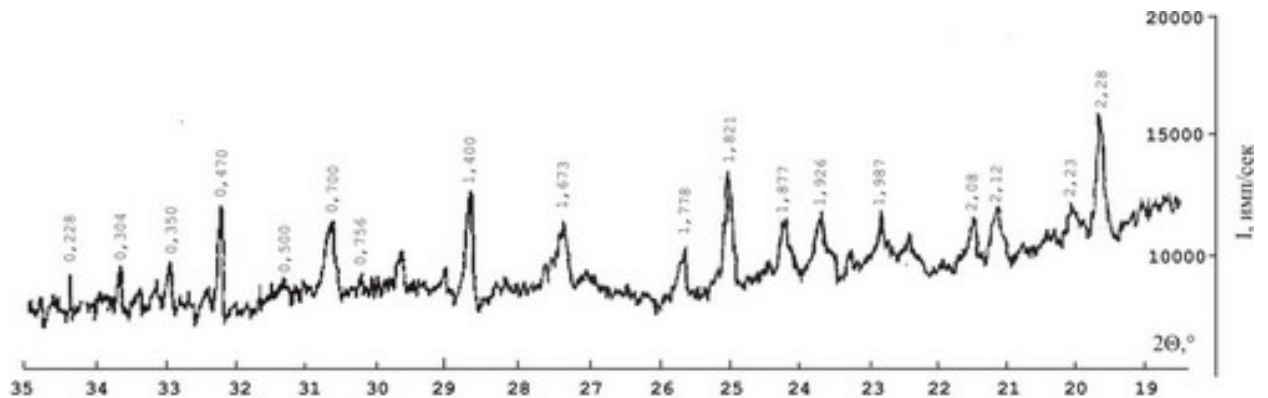


Рисунок 3.1 – Рентгенограма сухої речовини ОСВ

Таблиця 3.2 Результати обробки рентгенограми сухої речовини ОСВ

Мінерал	Формула	Міжплощинна відстань, А°
Монтморіллоніт (1,40)	$(Ca, Mg, Na\dots)(Al, Mg)_2 \cdot (OH)_2[(Si, Al)_4O_{10}] \cdot nH_2O$	1,40; 0,70; 0,47; 0,35
кварц (2,12)	SiO_2	1,87; 2,12; 2,28
гідрослюда (ілліт) (1,821)	$(Ca, Mg\dots)(Mg, Fe^{2+})_3 \cdot (OH)_2[(Si, Al)_4O_{10}] \cdot 4H_2O$	1,673; 1,987; 1,821
кальцит (0,228)	$CaCO_3$	0,228; 0,304; 0,756
каолініт (1,926)	$Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}]$	1,877; 1,926; 2,08

Фізико-механічні показники: гранулометричний склад, природна та насипна щільності ($\rho_{пОСВ} \approx 2,3 \text{ г/см}^3$, $\rho_{пМП} \approx 2,94 \text{ г/см}^3$; $\rho_{нОСВ} \approx 0,75 \text{ г/см}^3$, $\rho_{нМП} \approx 1,14 \text{ г/см}^3$), гідрофобність, розвинена поверхня частинок (рис. 3.2) свідчать про подібність подоби ОСВ і мінерального порошку – компоненту асфальтобетону.

При утилізації ОСВ в асфальтобетон він володіє властивостями наповнювача, роль якого та ж, що й у мінерального порошку – переводити бітум в плівковий стан і заповнювати дрібні мілких пори між великими заповнювачами, а також активної домішки, яка сприяє поліпшенню

структурування.

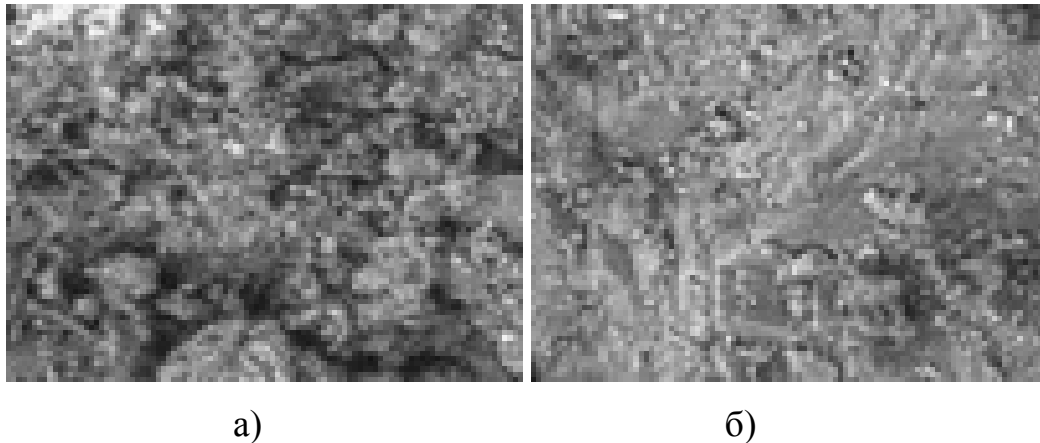
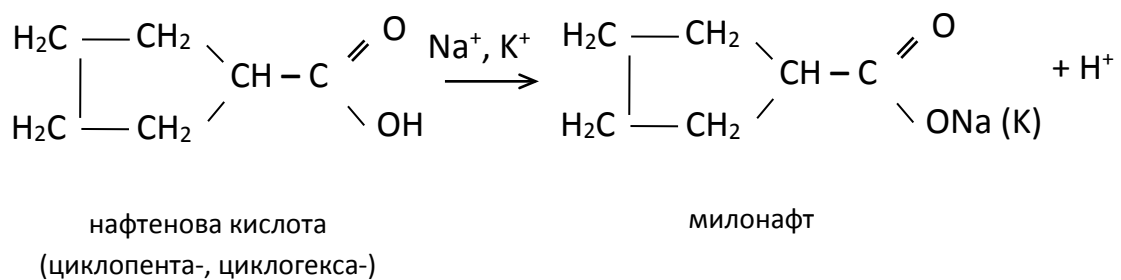
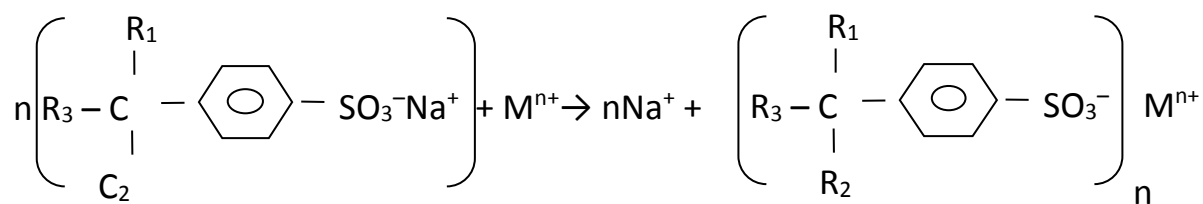


Рисунок 3.2 – Мікроструктура частинок ОСВ (а) та мінерального порошку (б) (растрова мікроскопія, збільш. $\times 1000x$)

Багатокомпонентна система, якими є ОСВ, складається з мінеральної і органічної частин часток, активізує поверхневі явища при зіткненні двох фаз, які не змішуються – бітуму і ОСВ. При температурі розігрітого бітуму 150-160°C органічна складова осаду зменшує на 6-8°C температуру розм'якшення бітуму (рис. 3.3), активно його вспінює, збільшуючи контактну поверхню, що призводить до інтенсивнішого структурування.

Враховуючи складність системи, яка представлена уявленою органічною речовиною, що міститься утримується в ОСВ і в складі зв'язування бітумної системи, скріплення важких тяжких металів з із органічними і органо-мінеральними речовинами можна представити уявити (на прикладі зразку циклопентанової або циклогексанової кислот) таким чином:



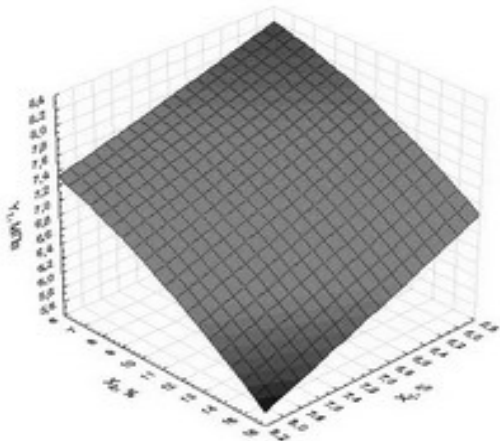


де R1 – H; R2 – CH₃; R3 – C_nH_{2n+2} (n ≈ 8-12), Mⁿ⁺ (Cu²⁺, Zn²⁺, Cr³⁺)
а потім можлива взаємодія з із нафтовими кислотами з із утворенням хемосорбційних ВКС .

Теоретично показано, що важкі тяжкі метали утворюють хемосорбційні комплекси з із органо-мінеральними речовинами та складовими бітумного в'язучого, що обумовлює екобезпеку матеріалу та сприяє поліпшенню покращанню фізико-механічних властивостей асфальтобетону.

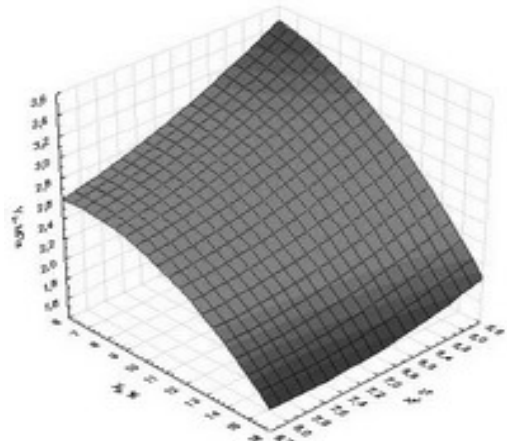
Для встановлення оптимальних складів асфальтобетону з із наповнювачем ОСВ, використаний метод експериментально-статичного моделювання (рис.3.3).

а)



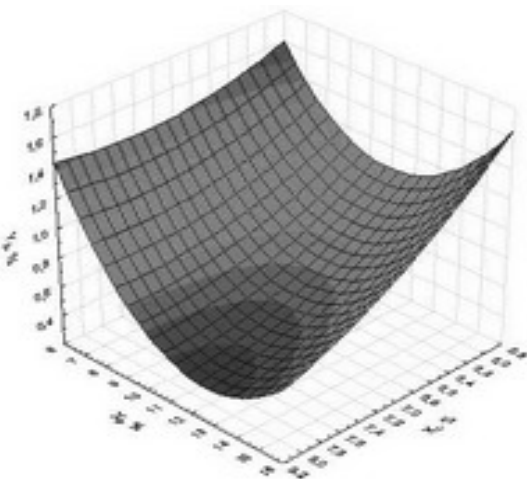
$$Y_1(X_1, X_2) = 10,2358 - 0,3815 \cdot X_1 + 0,1203 \cdot X_2 - 0,0165 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,0083 \cdot X_1^2 - 0,0072 \cdot X_2^2$$

б)



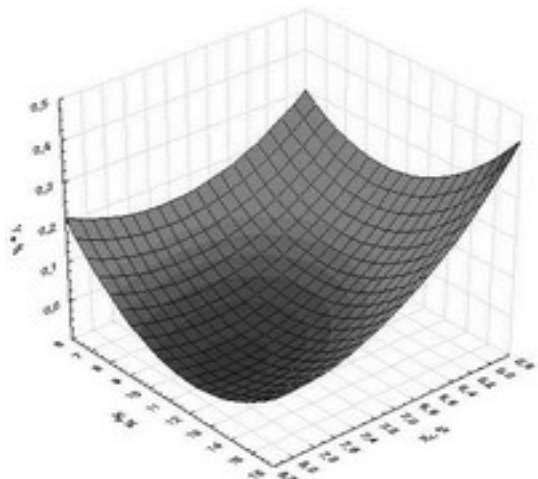
$$Y_2(X_1, X_2) = 9,4204 - 1,4496 \cdot X_1 + 0,047 \cdot X_2 + 0,0264 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,0667 \cdot X_1^2 - 0,0121 \cdot X_2^2$$

в)



$$Y_3(X_1, X_2) = 6,7823 - 0,9855 \cdot X_1 - 0,3039 \cdot X_2 - 0,0333 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,08 \cdot X_1^2 + 0,0228 \cdot X_2^2$$

г)



$$Y_4(X_1, X_2) = 4,0068 - 0,9691 \cdot X_1 + 0,0512 \cdot X_2 - 0,0117 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,0717 \cdot X_1^2 + 0,0061 \cdot X_2^2$$

Рисунок 3.3 – Фізико-механічні параметри асфальтобетону в залежності від кількості бітуму (X_1 ; в межах 6-8%) та співвідношення піску/ОСВ (X_2 ; в межах 4-8) запроваджується :

- а) межа міцності при стисненні стискуванні при 20°C R20, МПа;
- б) межа міцності при стисненні стискуванні при 50°C R50, МПа;
- в) водонасичування, W %; г) набухання, Н %.

На підставі одержаних отриманих в результаті регресійного аналізу залежностей, встановлені оптимальні склади асфальтобетону при внесенні в них ОСВ, де всі фізико-механічні характеристики відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-119-2003 “Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови” і найбільший ефект досягається при введенні вступі ОСВ в межах 6-8% (табл.3.3).

Таблиця 3.3 Фізико-механічні властивості асфальтобетону з із різним вмістом домішки ОСВ

№ п/п	Склад асфальтобетону (щільний, тип Б)	Водонасичування, %	Набухання %	Межа міцності при стисненні, МПа, при температурі			Коефіцієнт водостійкості
				20°Ñ	50°Ñ	водонастан	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Щебінь – 35%; Пісок з із відсіву відсівання дроблення щебня – 65%	0,6	0,12	6,40	2,05	5,56	0,87
2	Щебінь – 35%; Пісок з із відсіву відсівання дроблення щебня – 63%; Осад з майданчиків складування – 2%.	0,55	0,15	6,10	1,65	5,70	0,93
3	Щебінь – 35%; Пісок з із відсіву відсівання дроблення щебня – 61%; Осад з майданчиків складування – 4%.	0,97	0,15	6,25	1,92	5,60	0,89
4	Щебінь – 35%; Пісок з із відсіву відсівання дроблення щебня – 59%; Осад з майданчиків складування – 6%.	0,65	0,06	7,40	3,0	6,80	0,91
5	Щебінь – 35%; Пісок з із відсіву відсівання дроблення щебня – 57%; Осад з майданчиків складування – 8%.	1,22	0,18	8,0	3,3	6,9	0,86
6	Вимоги ДСТУ Б В.2.7-119-2003 (марка П, верхні шари)	1,5-3,5	не більше 0,85	2,4	1,2	-	не менше 0,85
7	Вимоги ДСТУ Б В.2.7-119-2003 (марка П, нижні шари)	не більш 10	-	1,5	-	-	не менше 0,6

3.4.2 Розробка технології утилізації ОСВ шляхом застосування при виробництві асфальту

Сутність розробленої технології полягає в тому, що спеціально підготовлений відхід (осад) використовується в якості наповнювача (мінерального порошку) при виробництві асфальтобетону.

В ході проведення ряду експериментів по вивченню властивостей ОСВ і добавки з нього наповнювача у асфальтобетон, була визначена його позитивна роль в структуроутворенні асфальтобетону. Для ефективного використання ОСВ необхідно провести ряд підготовчих операцій, що перетворюють його в сухий порошкоподібний матеріал зі схожими властивостями мінерального порошку [16].

Для досягнення цієї задачі пропонується влаштовувати на території, зайнятій під відвали, спеціальні споруди, де здійснюватимуться процеси сушки і механічного диспергування відходів, для отримання з них необхідного продукту. На рисунку 3 представлена технологічна схема підготовки ОСВ.

Для ефективної утилізації осаду передбачається низка підготовчих операцій: вихідна сировина розсіюється, просіюється, піддається сушці та подрібненню до необхідної фракції. Підготовчі операції доцільно здійснювати безпосередньо на територіях, зайнятих під відвали.

Після очищення стічних вод, осад що утворився, скидається на мулові майданчики, де згідно технології, передбаченої на очисних спорудах, витримується не менше семи років з метою мінералізації і досягнення вогкості менш 70% (або зневоднюється механічним шляхом). Потім мулові майданчики звільнюються і осад транспортується у відвали (1), де в ньому продовжуються процеси зневоднення і мінералізації.

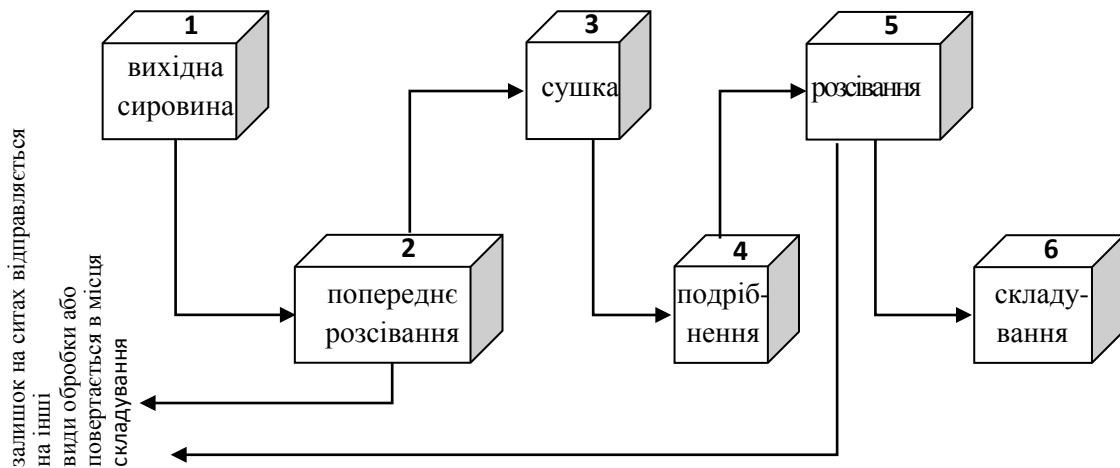


Рисунок 3.4 – Технологічна схема з підготовки ОСВ до утилізації в товарний продукт – наповнювач асфальтобетону

У відвалах осад, в залежно від погодних умов, має вологість 30-40% та включає у собі сторонні домішки: залишки сміття, рослин та інше. Для видалення цих домішок і одночасно для розпушування грудок, проводиться попередній просів осаду через сито з розміром осередків 5 мм (2).

Наступним етапом підготовки стає сушка просіяного матеріалу. З численних способів сушки сипких матеріалів найпростішою і дешевою є природна сушка. Щоб захистити ОСВ від погодних впливів і прискорити процес сушки, споруджується ангар (3), покритий металевими або пластиковими листами і обладнаний засобами природної вентиляції, що забезпечують циркуляцію повітря. При цьому відбувається процес інтенсивного обезводнення осаду під дією підвищеної температури усередині ангара, унаслідок сонячної дії у весняно-літньо-осінній період і додаткової вентиляції через систему вент. каналів. Для прискорення просушування матеріал розсипають шаром завтовшки 0,1-0,5 м та періодично проводять рихлення.

Висушений матеріал піддається механічному диспергуванню - подрібненню на валковому млині (4) грудочок ОСВ. Завершальним етапом є просів матеріалу через сито з розміром осередків 1,25 мм (5), з метою

видалення більш дрібних частинок сміття та рослин для отримання необхідної фракції при використуванні як наповнювача в асфальтобетон. Одержаний матеріал відправляється на склад (6). Складування підготовленого до утилізації осаду означає, що з категорії відходів він переходить в категорію корисного продукту - сировинного компоненту асфальтобетонної суміші.

Після проведення ряду експериментальних досліджень за визначенням фізико-механічних властивостей асфальтобетону з різним змістом наповнювача ОСВ був встановлений оптимальний склад суміші, з найефективнішою межею варіювання кількості добавки - від 6 до 8% .

Сам процес виготовлення асфальтобетонної суміші з введенням ОСВ виглядає наступним чином.

Щебенево-піщана суміш подається бульдозером на живильник, звідки по ковшовому елеватору потрапляє в сушильний барабан. З сушильного барабана висушений та нагрітий матеріал, по лотку, потрапляє на другий елеватор, який піднімає його на змішувальний агрегат, що складається з гуркоту та бункера для гарячих матеріалів. Далі гарячий матеріал потрапляє у ваговий бункер і одночасно в нього подається, в холодному стані, за допомогою окремого елеватора порошок ОСВ. Із бункера матеріали проходять через дозатор і потрапляють в двухвальну мішалку, куди по бітумній трубі подається заздалегідь розігрітий бітум. Тривалість перемішування гарячої асфальтобетонної суміші (включаючи і "сухе" перемішування, 1/3 від загального часу), складає 45-60 с. Маса однієї порції асфальтобетонної суміші, приготованої в мішалці - до 700 кг. Суміш вивантажується через отвір, розташований в нижній частині мішалки, в автосамоскид. Останніми суміш перевозиться на об'єкт дорожнього будівництва, де проходить стандартний процес укладання на заздалегідь підготовлене місце під дорожнє полотно. [17]

В результаті одержане дорожнє покриття, яке за фізико-механічними характеристиках відповідає вимогам ДСТУ Б.В.2.7-119-2003 [18] і не поступається покриттям з традиційних матеріалів.

Розроблена технологія утилізації ОСВ дозволяє використовувати традиційну виробничу базу, парк устаткування, машини і механізми. [17]

3.4.3 Практичне впровадження отриманих результатів дослідження

Запропонований процес висушування ОСВ в спеціальних умовах.

Аналітичний опис процесу висушування включає диференціальне рівняння дифузії й умови однозначності.

Диференціальне рівняння дифузії за відсутності внутрішніх джерел вологи має вигляд вид :

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = \operatorname{div}(\nabla \mu \varphi), \quad (3.1)$$

де φ - концентрація водяної пари;

t – час висушування;

μ - коефіцієнт дифузії водяної пари.

Умови однозначності задаються у вигляді виді : фізичних параметрів атмосферного повітря, вологого вогкого матеріалу, його форми та геометричних розмірів, вологості вогкості в початковий момент часу та розподіл її за матеріалом. Граничні умови як допущення задані у вигляді:

$$\left(\frac{\partial \varphi}{\partial n} \right)_{n=0} = -b \cdot (\varphi_{n=0} - \varphi_{\mu}).$$

Диференціальне рівняння дифузії (3.1) спільно з із умовами однозначності дає закінчене математичне формулювання даної задачі, рішення вирішення якої полягає у відшуванні відшукуванні функції

$$\varphi = f(x, y, z, t, \dots), \quad (3.2)$$

яка задовольняла б рівнянню (1) і умовам однозначності.

В результаті внаслідок обробки набутого експериментального та розрахункового значення відносної вологості вогкості дослідженого матеріалу (рис. 3.2), отримана розрахункова формула для визначення вологості вогкості висушуваного ОСВ у функції часу:

$$\varphi_M = (\varphi_{M0} - \varphi_\epsilon) \cdot e^{-B_\mu \cdot \frac{t}{\delta}} + \varphi_\epsilon, \quad (3.3)$$

де φ_M – абсолютна вологість вогкість матеріалу в процесі висушування;

φ_{M0} – абсолютна вологість вогкість на початку висушування;

φ_ϵ – абсолютна вологість вогкість атмосферного повітря.

t – час висушування, доба;

δ – товщина шару матеріалу, см.

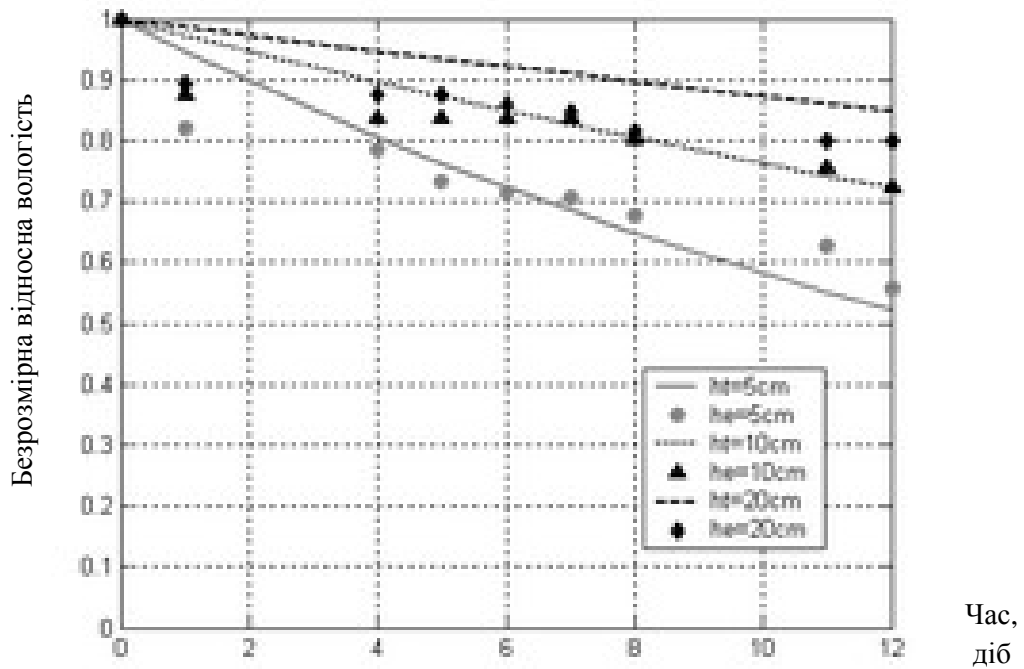


Рисунок 3.5 – Експериментальні і розраховані значення відносної вологості осаду стічних вод

Введення товарного продукту в асфальтобетонну суміш проводять за стандартною схемою її виробництва, на традиційному парку устаткування обладнання асфальтобетонних заводів (рис. 3.6).

На певному технологічному етапі приготування суміші в холодному стані за допомогою окремого елеватора, для подальшого дальшого перемішування подається порошок ОСВ. Одержана отримана суміш вивантажується в автосамоскиди, а потім перевозиться на об'єкт дорожнього будівництва, де проходить стандартний процес її укладання на заздалегідь підготовлене місце під дорожнє полотно [19].

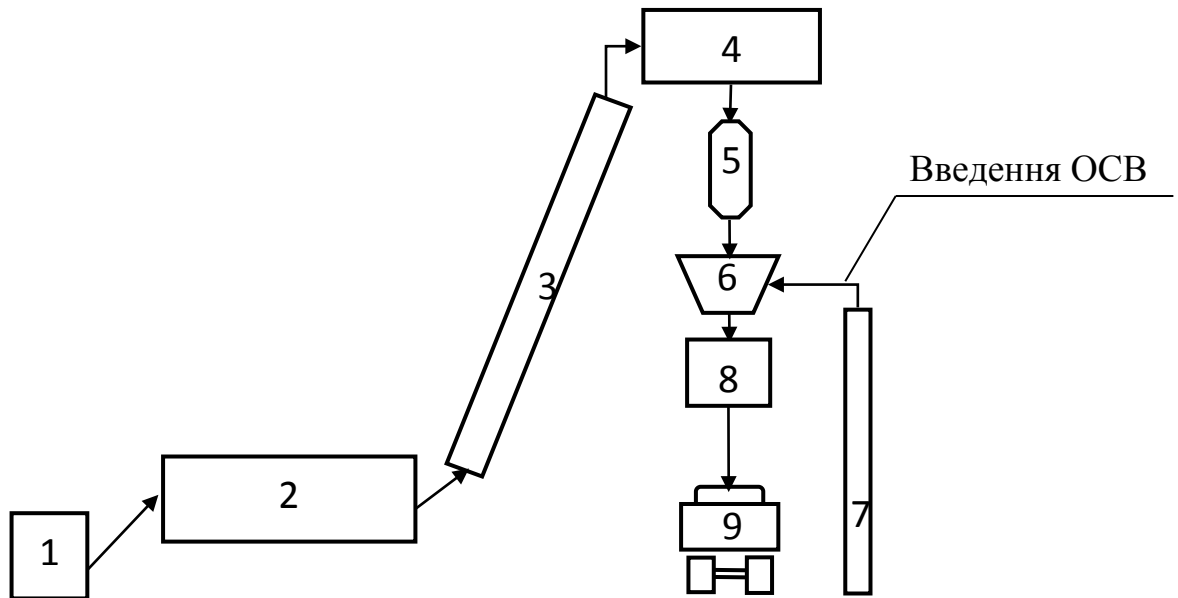


Рисунок 3.6 – Схема процесу виготовлення асфальтобетонної суміші з введенням наповнювача з ОСВ: 1 – живильник; 2 – сушильний барабан; 3 – елеватор; 4 – гуркіт; 5 – бункер для гарячих матеріалів; 6 – ваговий бункер; 7 – елеватор; 8 – двохвальна мішалка; 9 – автосамоскид.

3.5 Характеристика ємнісних споруд та мулових майданчиків як джерела забруднення атмосфери

З відкритих поверхонь ємнісних споруд та мулових майданчиків в атмосферне повітря виділяються наступні речовини: сірководень, аміак, оксид вуглецю, діоксид азоту, метан.

Визначення і-тієї кількості забруднюючої речовини в одиницю часу, г/с:

$$M_i = M_{1B} + M_{1E}, \quad (3.4)$$

де M_{1B} - кількість І-тої забруднюючої речовини, що виділяється в одиницю часу від споруд без примусової аерації, г/с:

$$M_{1B} = 5,47 \cdot 10^{-8} \cdot (1,3 + V_r) \cdot F \cdot K_t \cdot C_1 \cdot m_1^{-0,5} \cdot (t_{ж} + 273), \quad (3.5)$$

де V_f - скоро вітру, м/с;

F - площа поверхні окремої споруди, м²;

C_1 - концентрація і-тої забруднюючої речовини в насиченому парі, мг / м³;

Kt - коефіцієнт перекриття поверхні споруди;

M_{1E} - кількість і-тої забруднюючої речовини, що виділяється в одиницю часу від споруди за рахунок примусової аерації, г/с:

$$M_{1E}=0,01 \cdot Q_i \cdot C_1, \quad (3.6)$$

де Q_i - витрата повітря на примусову аерацію води, що очищається від і-тої речовини, м³/с.

Визначення загальної кількості і-тої забруднюючої речовини, що виділяється за рік, т/рік, здійснюється за формулою:

$$M_{1c}=0,036 \cdot M_1 \cdot t, \quad (3.7)$$

Де t - річна тривалість роботи споруд, години.

Первинні відстійники і аеротенки:

NH_3 : $M_{1B}=5,47 \cdot 10^{-0,8} \cdot (1,3+10) \cdot 1256 \cdot 1 \cdot 0,012 \cdot 17^{-0,5} \cdot (18,8+273)=0,00065$
(г/с)

$M_{1E}=0,001 \cdot 21,32 \cdot 0,012=0,00026$ (г/с);

$M_1=0,00065+0,00026=0,00091$ (г/с);

$M_{1C}=0,0036 \cdot 0,00091 \cdot 8760=0,029$ (т/год);

CO : $M_{1B}=5,41 \cdot 10^{-8} \cdot (1,3+10) \cdot 1256 \cdot 1 \cdot 0,06 \cdot 28^{-0,5} \cdot (18,8+273)=0,0024$ (г/с);

$M_{1E}=0,001 \cdot 21,32 \cdot 0,06=0,0013$ (г/с);

$M_1=0,0024+0,0013=0,0037$ (г/с);

$M_{1C}=0,0036 \cdot 0,0037 \cdot 8760=0,1167$ (т/год);

$$\text{NO}_2: M_{1B}=5,47 \cdot 10^{-8} \cdot (1,3+10) \cdot 1256 \cdot 1 \cdot 0,0036 \cdot 46^{-0,5} \cdot (18,8+273)=0,00012$$

(г/с);

$$M_{1E}=0,001 \cdot 21,32 \cdot 0,0036=0,000077 \text{ (г/с);}$$

$$M_1=0,00012+0,000077=0,0002 \text{ (г/с);}$$

$$M_{1C}=0,0036 \cdot 0,0002 \cdot 8760=0,0063 \text{ (т/год);}$$

$$\text{CH}_4: M_{1B}=5,47 \cdot 10^{-8} \cdot (1,3+10) \cdot 1256 \cdot 1 \cdot 0,13 \cdot 16^{-0,5} \cdot (18,8+273)=0,0074 \text{ (г/с);}$$

$$M_{1E}=0,001 \cdot 21,32 \cdot 0,13=0,0028 \text{ (г/с);}$$

$$M_1=0,0074+0,0028=0,01 \text{ (г/с);}$$

$$M_{1C}=0,0036 \cdot 0,01 \cdot 8760=0,315 \text{ (т/год);}$$

$$\text{H}_2\text{S}: M_{1B}=5,47 \cdot 10^{-8} \cdot (1,3+10) \cdot 1256 \cdot 1 \cdot 0,0015 \cdot 34^{0,5} \cdot (18,8+273)=0,00055$$

(г/с);

$$M_{1E}=0,001 \cdot 21,32 \cdot 0,0015=0,000032 \text{ (г/с);}$$

$$M_1=0,00055+0,000032=0,000582 \text{ (г/с);}$$

$$M_{1C}=0,0036 \cdot 0,000582 \cdot 8760=0,0184 \text{ (т/год);}$$

Мулові майданчики:

$$\text{H}_2\text{S}: M_{1B}=5,47 \cdot 10^{-8} \cdot (1,3+10) \cdot 10000 \cdot 1 \cdot 0,001 \cdot 34^{-0,5} \cdot (18,8+273)=0,00031$$

(г/с);

$$M_{1C}=0,0036 \cdot 0,00031 \cdot 8760=0,0098 \text{ (т/год);}$$

$$\text{NH}_3: M_{1B}=5,47 \cdot 10^{-8} \cdot (1,3+10) \cdot 10000 \cdot 1 \cdot 0,01 \cdot 17^{-0,5} \cdot (18,8+273)=0,0043 \text{ (г/с);}$$

$$M_{1C}=0,0036 \cdot 0,0043 \cdot 8760=0,136 \text{ (т/год);}$$

$$\text{CO}: M_{1B}=5,47 \cdot 10^{-8} \cdot (1,3+10) \cdot 10000 \cdot 1 \cdot 0,06 \cdot 28^{-0,5} \cdot (18,8+273)=0,02 \text{ (г/с);}$$

$$M_{1C}=0,0036 \cdot 0,02 \cdot 8760=0,631 \text{ (т/год);}$$

$$\text{NO}_2: M_{1B}=5,47 \cdot 10^{-8} \cdot (1,3+10) \cdot 10000 \cdot 1 \cdot 0,0038 \cdot 46^{-0,5} \cdot (18,8+273)=0,001$$

(г/с);

$$M_{1C}=0,0036 \cdot 0,001 \cdot 8760=0,0315 \text{ (т/год);}$$

$$\text{CH}_4: M_{1B}=5,47 \cdot 10^{-8} \cdot (1,3+10) \cdot 10000 \cdot 1 \cdot 0,15 \cdot 16^{-0,5} \cdot (18,8+273)=0,068 \text{ (г/с);}$$

$$M_{1C}=0,0036 \cdot 0,068 \cdot 8760=2,144 \text{ (т/год);}$$

4 АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ

4.1 Техніко-економічна оцінка знезараження стічних вод

Вибір варіанту знезараження для його застосування здійснюється на основі порівняння їх техніко-економічних показників. Для знезараження води, як правило, застосовуються:

I - хлорування рідким хлором (варіант № 1);

II - бактерицидну опромінення (варіант № 2).

При цьому є наступні показники, необхідні для економічних розрахунків:

- продуктивність однієї бактерицидної установки, $\Pi = 600 \text{ м}^3/\text{год}$, для обробки води з великою витратою необхідно підібрати необхідну кількість установок;

- витрата хлору $D = 22,89 \text{ кг/год}$.

Надалі для порівняння питомих техніко-економічних показників порівнювалися наведені варіанти.

Для розрахунків використовувалися також наступні показники:

- питомі капітальні вкладення хлорування, $K_{1\text{уд}}=20 \text{ тис. грн./1т}$;

- питомі капітальні вкладення для бактерицидної обробки, $K_{2\text{уд}} = K_{2\text{уд}}=31 \text{ тис. грн./}(\text{м}^3/\text{ч})$;

- встановлена потужність: $M_{1\text{уд}}= 23 \text{ тис.кВ}\cdot\text{А}$, $M_{2\text{уд}}= 50 \text{ тис.кВ}\cdot\text{А}$;

- витрата електроенергії: $M_{1\text{н}}=3,0\text{кВт}\cdot\text{час}/(\text{кг}/\text{ч})$, $M_{2\text{н}}=0,1\text{кВт}\cdot\text{час}/(\text{м}^3/\text{ч})$

- середня норма амортизації; $H_{1\text{ан}} = 5\%$, $H_{2\text{ан}} = 10\%$;

- ціна рідкого хлору $\text{Ц} = 105 \text{ грн/т}$;

- тариф на електроенергію:

а) встановлена потужність $T_{1\text{у}} = T_{2\text{у}} = 35 \text{ грн/1кВ}\cdot\text{А}$;

б) споживана електроенергія: $T_{н1} = T_{н2} = 0,90$ грн/кВт·ч. Вибір найбільш ефективного варіанту знезараження води заснований на зіставленні екологічної оцінки витрат (Z_1, Z_2) і показники екологічного ефекту (E).

I. Економічна оцінка витрат за першим варіантом - обробка рідким хлором:

$$Z_1 = C_{1м} + C_{1ам} + C_{1ел} + E_n \cdot K_1, \text{ грн} \quad (4.1)$$

де $C_{1м}$ - вартість рідкого хлору, грн .;

$C_{1ам}$ - амортизаційні відрахування, грн .;

$C_{1ел}$ - витрати по електроенергії на виробничі потреби, грн .;

K_1 - одноразові витрати на будівництво;

E_n - коефіцієнт економічної ефективності ($E_n = 0,12$).

Вартість рідкого хлору:

$$C_{1м} = D \cdot N \cdot Ц, \quad (4.2)$$

де D - годинна витрата хлору відповідно до продуктивності установки, кг/год;

N - число годинної роботи очисних споруд в рік;

$Ц$ - ціна рідкого хлору, грн/т.

$$C_{1м} = 22,89 \cdot 8760 \cdot 105 / 1000 = 21054,2 \text{ грн./год} = 21.054 \text{ тис. грн./год.}$$

Амортизаційні відрахування:

$$C_{1ам} = K_1 \cdot H_{1ам}, \quad (4.3)$$

$$K_1 = D \cdot 8760 \cdot K_{1уд}, \quad (4.4)$$

$$K_1 = 22,89 \cdot 8760 \cdot 20 = 4010,328 \text{ тыс. грн.} \approx 4010,33 \text{ тис. грн.}$$

$$C_{1ам} = 4010,33 \cdot 0,05 = 200,52 \text{ тис. грн.}$$

Витрати по електроенергії:

а) витрати з оплати спожитої електроенергії:

$$C_{1эл} = D \cdot 8760 \cdot M_{1н} \cdot T_{1н}, \quad (4.5)$$

$$C_{1эл} = 22.89 \cdot 8760 \cdot 3 \cdot 0,9 = 4\,541\,394 \text{ тис. грн.}$$

б) оплата встановленої електричної потужності:

$$C_{1у} = M_{1у} \cdot T_{1у}, \quad (4.6)$$

$$C_{1у} = 23000 \cdot 35 = 805000 \text{ грн} = 805 \text{ тис. грн.}$$

Разом: $C_{1эл} = 4\,541\,394 + 805,0 = 4\,542\,199 \text{ тис. грн.}$

Економічна оцінка витрат по знезараженню води рідким хлором:

$$З_1 = 21,054 + 200,52 + 542199 + 0,12 \cdot 4010,33 = 4\,542\,901 \text{ тис. грн.}$$

II. Економічна оцінка витрат за другим варіантом - бактерицидне опромінення:

$$З_2 = C_{2ам} + C_{2эл} + E_n \cdot K_2, \text{ грн.}, \quad (4.7)$$

Амортизаційні відрахування:

$$K_2 = 600 \cdot 10 \cdot 31 = 186,0 \text{ тис. грн.}$$

$$C_{2ам} = 186,0 \cdot 10 / 100 = 18,6 \text{ тис. грн.}$$

Витрати по електроенергії:

а) витрати з оплати спожитої електроенергії:

$$C_{2эл} = 6000 \cdot 8760 \cdot 0,1 \cdot 0,9 = 4\,730\,400 \text{ тис. грн.}$$

б) оплата встановленої електричної потужності:

$$C_{2у} = 50000 \cdot 35 = 1750,0 \text{ тис. грн.}$$

Разом: $C_{2у} = 4\,730\,400 + 1750,0 = 4\,732\,150 \text{ тис. грн.}$

Економічна оцінка витрат за варіантом знезараження води бактерицидними лампами:

$$Z_2 = 18,6 + 4\,732\,150 + 0,12 \cdot 186,0 = 4\,732\,190 \text{ тис. грн.}$$

Порівняємо варіанти знезараження води.

У нашому випадку $Z_1 = 4\,542\,296 \text{ тис. грн} < Z_2 = 4\,732\,190 \text{ тис. грн.}$

Економічний ефект від застосування варіанту хлорування в порівнянні з знезараженням води бактерицидну опроміненням складе:

$$E_x = 4732190 - 4542296 = 189\,894 \text{ тис. грн.}$$

Термін окупності ($T_{ок}$) варіанту знезараження води рідким хлором становить:

$$T_{ок} = Z_1 \cdot \Delta, \text{ год} \quad (4.8)$$

$$T_{ок} = 4\,542\,732 / 189\,894 = 2,3 \text{ роки.}$$

4.2 Техніко-економічна оцінка застосування аераторів трубчастих з пористого поліетилену

Висока ефективність роботи аераторів підтверджена досвідом їх експлуатації на станціях очистки стічних вод. Як правило, після реконструкції аераційним системи з заміною існуючих аераторів на аератори «Екополімер» знижується витрата повітря на очистку, що дозволяє на ряді станцій відключити один працюючий агрегат з трьох.

Витрата повітря на аератор з фільтрувальних плит становить 3,40-8,49 м³/ч, а на аератори трубчасті з пористого поліетилену 2,27-6,81 м³/ч, що на 1,13-1,68 м³/ч менше .

Для забезпечення аерації в аеротенках, розрахованих на прийом розрахункової витрати вод ($q_{ср.ч}$) рівного 5086 м³/год, розрахункова витрата

повітря становить 56195 м³/год. Така кількість повітря необхідно подавати в аеротенки при застосуванні в системі аерації фільтрувальних керамічних плиток.

При застосуванні в аеротенках аераторів трубчастих з пористого поліетилену забезпечується економія повітря для аерування 1м³/ч стічної води в середньому в 1,34 рази. При необхідному витраті повітря 56194 м³/ч його кількість знижується в 1,34 рази, що відповідає:

$$56195/1,34 = 41937 \text{ м}^3/\text{год.}$$

При цьому економія повітря складе:

$$56195 - 41937 = 14258 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Виходячи з технологічних параметрів аерації і розрахункової витрати повітря 14258 м³/год приймаємо по каталогу одну повітродувку типу ТВ - 200-1,4 з продуктивністю 12 тис. м³/год і потужністю двигуна 172 кВт і одну повітродувку типу ТВ-42-1,4 з продуктивністю 2,5 тис.м³/год і потужністю двигуна 46 кВт.

Загальна витрата електроенергії при експлуатації обох повітродувок складе: 46 + 172 = 218 кВт/год. Економія електроенергії протягом року складе: 218 · 24 · 365 = 1909,7 тис.кВт. При вартості електроенергії 0,9 грн/кВт річна економія складе згідно з розрахунком 1718,3 тис.грн .:

$$\Xi_a = 1909,7 \text{ тис.кВт} \cdot 0,9 = 1718,3 \text{ тис.грн.}$$

4.3 Техніко-економічна оцінка застосування рекомендованих рішень

На підставі техніко-економічних розрахунків, виконаних для обґрунтування вибору знезараження стічних вод із застосуванням хлорування рідким хлором (варіант №1) та бактерицидного опромінення (варіант №2) визначено, що річні витрати при застосуванні варіанта №1 становлять 1521,44 тис.грн. З наведених даних видно, що при застосуванні

хлорування рідким хлором стічних вод вартість процесу значно менше (4732190 < 4542296) тис. грн.

Економічний ефект від застосування варіанту хлорування в порівнянні з знезараженням бактерицидну опроміненням становить:

$$4732190 - 4542296 = 189\,894 \text{ тис.грн.}$$

Ця економія досягається за рахунок менших витрат по витраті електроенергії незалежно від витрат по хлору.

При застосуванні в аеротенках аераторів трубчастих з пористого поліетилену в порівнянні з фільтрувальних пластин досягається економія повітря близько 1,4 м³ для аерування 1 м³ стічних вод на годину.

Для забезпечення аерації в аеротенках з розрахунковою продуктивністю 5086 м³/ч розрахункова витрата повітря становить 56195 м³/год. При застосуванні рекомендованого варіанту економія повітря складе 14258 м³/ч, що відповідає економії електроенергії 1909,7 тис. кВт на рік або в грошовому вираженні при вартості електроенергії 0,9 грн./кВт річна економія складе 1718,3 тис. грн.

Сумарний економічний ефект (E_c) від застосування в технологічній схемі очищення рекомендованих рішень (методу знезараження води і аеріювання стічних вод в аеротенках) складе:

$$E_c = E_x + E_a = 189\,894 + 1718,3 = 191\,612,3 \text{ тис.грн.} \quad (4.9)$$

Термін окупності (T_{ок}) застосування рекомендованих рішень становить:

$$T_{ок} = 3_1 / E_c, \text{ рік} \quad (4.10)$$

$$T_{ок} = 4\,542\,296 / 191\,612,3 = 2,3 \text{ року.}$$

4.4 Техніко-економічна оцінка застосування ОСВ при виготовленні асфальту

Здійснено експериментальне впровадження розробленого матеріалу на промисловій базі КБО «Безлюдівський» для якого за рахунок заміни дорогих компонентів осадом стічних вод, величина річного економічного ефекту, при об'ємі обсязі виробництва 2600 т, складе 33032 гривень (або 12,70 грн/т).

Екологічна ефективність розробленої технології полягає в утилізації до 180 кг підготовленого ОСВ в 1 м³ асфальтобетонної суміші з із отриманням здобуттям річного екологічного ефекту, який дорівнює розміру запобіжного платежу, за розміщення відходів в навколишньому природному середовищі в розмірі 527227,4 грн /рік.

Екологічна ефективність технології оцінювалася за значенням коефіцієнта безвідхідності – КБ, що показує рівень технології підприємств з очищення стічних вод:

$$K_B = 0,33 \cdot (K_B^T + K_B^Ж + K_B^Г) = 0,33 \cdot [100 + (5 \div 40) + 0] = 35 \div 46\%,$$

де $K_B^T; K_B^Ж; K_B^Г$ – коефіцієнти використання твердої, рідкої і газової фази осадів.

Виходячи з того, що безвідхідним технологіям відповідає $K_B \geq 95\%$;

$K_B = 30-94\%$ – маловідходні;

$K_B < 30\%$ – багатовідходні технології

то при збільшенні КТБ до 100% вітчизняні багатовідхідні технології з очищення води можуть бути наближені до розряду маловідходних з відповідним зниженням обсягів відходів та земельних площ для їх складування.

Розрахунки свідчать, що тільки для Харківщини річна потреба асфальтобетону для ремонту та будівництва автошляхів складає 280-300 тис.

т./рік. Утилізація 6-8% ОСВ в цьому об'ємі дорівнює 16-22 тис. т., при щорічному накопиченні осадів 10-11 тис. т. за сухою речовиною.

Таким чином потреба наповнювача із ОСВ для асфальтобетону перевищує майже в 2 рази обсяги щорічного утворення відходів. При впровадженні даної технології у виробництво, за 10 років можлива утилізація накопичених ОСВ в м. Харкові із скороченням майже в 5 разів територій зайнятих під їх складування.

ВИСНОВКИ

За результатами аналізу здійсненого дослідження можна зробити наступні загальні висновки.

1. Оцінено негативний вплив діяльності КП «Харківводоканал» на стан навколишнього середовища міста Харкова. Виявлено, що осад стічних вод на КБО «Безлюдівський» має перевищення гранично допустимих концентрацій речовин.

2. Розроблено технологію утилізації осадів стічних вод на КБО «Безлюдівський». Запропонована технологічна схема з підготовки ОСВ до утилізації в товарний продукт – наповнювач асфальтобетону. Технологія передбачає послідовне здійснення наступних процесів:

1) осади з мулових майданчиків, пройшовши етапи мінералізації і досягнення вогкості менш 70% транспортується і зберігається у відвалах;

2) у відвалах осад включає у собі сторонні домішки: залишки сміття, рослин та інше. Для видалення цих домішок і одночасно для розпушування грудок, проводиться попередній просів осаду через сито з розміром осередків 5 мм.

3) сушка просіяного матеріалу. Споруджується ангар, покритий металевими або пластиковими листами і обладнаний засобами природної вентиляції, що забезпечують циркуляцію повітря. При цьому відбувається процес інтенсивного обезводнення осаду під дією підвищеної температури усередині ангара;

4) висушений матеріал піддається механічному диспергуванню - подрібненню на валковому млині грудочок ОСВ;

5) просів матеріалу через сито з розміром осередків 1,25 мм, з метою видалення більш дрібних частинок сміття та рослин для отримання необхідної фракції при використуванні як наповнювача в асфальтобетон, та транспортування матеріалу на склад.

Спроектовано технологічну схему процесу виготовлення асфальтобетонної суміші з із введенням наповнювача з ОСВ на КБО «Безлюдівський». Здійснено розрахунок двох варіантів знезараження стічних вод: хлорування рідким хлором та бактерицидне опромінення. Надана техніко-економічна оцінка застосування аераторів трубчастих з пористого поліетилену.

3. Розрахунково досліджено залежність значення відносної вологості дослідженого матеріалу, отримана розрахункова формула для визначення вологості вогкості висушуваного ОСВ у функції часу. А також виявлені залежності фізико-механічних параметрів асфальтобетону від кількості бітуму та співвідношення піску/ОСВ.

4. Здійснено оцінювання можливості практичної реалізації запропонованих у роботі природоохоронних заходів, здійснений розрахунок термінів окупності запропонованих заходів.

Впровадження розробленої у роботі технології захисту навколишнього середовища дозволить привести показники негативного впливу осадів стічних вод КБО «Безлюдівський» на стан навколишнього середовища міста Харкова до нормативно встановлених значень і тим самим забезпечити необхідний рівень екологічної безпеки діяльності вказаного підприємства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Душкин С.С. Некоторые аспекты, связанные с водным терроризмом / С.С. Душкин, Ю.В. Малажон // Сборник материалов V Международной заочной научно-практической конференции «Гражданская защита: сохранение жизни, материальных ценностей и окружающей среды» (1 марта 2020 г., УГЗ, Минск). – Минск: УГЗ, 2020. – С. 19-23.
2. Загальний опис роботи КП «Харківводоканал». – Харків, 2017. – С. 35.
3. Екологічний атлас Харківської області – водні ресурси. Видання друге, перероблене. Є.Л. Макаровський, О.В. Соловйов, Г.Д. Коваленко. – Харків: Основа, 2005. – 80 с.
4. «Харківкомуночиствод» - історія і сучасність. Головний ред. Пірятенець О.Б. - Харків: ПП «Дует», 2004. – 152 с.
5. Звіт з інвентаризації викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря на об'єктах ДКП КГ «Харківкомуночиствод», 2018. – 9 с.
6. Паспорт відходів підприємства КБО «Безлюдівський». Харків. 2018. – 38 с.
7. Програма розвитку КП «Харківводоканал» на 2015-2026 рр. затверджена Харківською міською радою від 24.12.2014 № 1772/14. Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: https://www.gov.lica.com.ua/b_text.php?type=3&id=60703&base=27 (дата звернення 10.04.2020).
8. Яцик А.В. Методика оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / А.В. Яцик, В.Д. Романенко. – Київ 2008. – 28 с.
9. Промислова екологія. Навчальний посібник, видання друге. С.О. Апостолук, В.С. Джигирей, І.А. Соколовський та ін. Знання. – Київ. 2014. – С. 321.
10. Методичні вказівки для практичних занять, виконання РГР та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Мікробіологія» (для студентів

курсу денної та заочної форм навчання за напрямками підготовки 6.060101– Будівництво (професійне спрямування «Водопостачання та водовідведення») та 6.060103 – Гідротехніка (водні ресурси) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. І. М. Чуб, О. В. Булгакова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 36 с.

11. Семенова О.І., Бублієнко Н.О., Ткаченко Т.Л. Природоохоронні технології та обладнання (Природоохоронні технології): Курс лекцій для студ. спеціальностей 7.04010601, 8.04010601 “Екологія та охорона навколишнього середовища” та 8.04010604 «Екологічний контроль та аудит» ден. та заоч. Форм навч. – К.: НУХТ, 2012. – 74 с.

12. Лекції з дисципліни «Інженерні мережі та комунікації». для проведення занять з курсантами та студентами напряму підготовки бакалавр 6.170201 «Цивільний захист».. – Л.: Львівський державний університет безпеки життєдіяльності: , 2016. –84 с.

13. Дичко А.О., Мінаєва Ю.Ю. Інтенсифікація процесу біологічного очищення стічних вод із застосуванням флокулянтів та адсорбентів: Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут” - М.: НИИТЭХИМ, 2012. – С.342.

14. Ротмистров М.Н. Микробиология очистки воды / М.Н. Ротмистров, П.Н. Гвоздяк, С.С.Ставская – К. : Наукова думка, 1978 – 268 с.

15. Ковальчук В.А. «Очистка стічних вод». Рівне: Рівненська друкарня, 2002. – С. 622. Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5726760/> (дата звернення 25.04.2020).

16. Бреус Р.В., Дрозд Г .Я. Спосіб утилізації осадів міських стічних вод: Патент на корисну модель № 26095. Україна. МІЖ С0271/52-1/56, 7С04В26/26 -№ И200612901; Заява. 06.12.2006; Опубл. 10.09.07, Бюл. №14.

17. Дрозд Г.Я., Бреус Р.В. Утилизация осадков сточных вод в дорожном строительстве. ЛНАУ, Луганск. Електронний ресурс] : [Веб-сайт].

– Електронні дані. – Режим доступу: <https://docplayer.ru/41162017-Drozd-g-ya-d-t-n-breus-r-v-k-t-n-l nau-g-lugansk-utilizaciya-osadkov-stochnyh-vod-v-dorozhnom-stroitelstve.html> (дата звернення 27.04.2020).

18. ДСТУ Б.В.2.7-119-2003 "Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон дорожный и аэродромный. Технические условия". - К.: Госстрой Украины, 2003. Дрозд Г.Я., Бреус Р.В. Утилизация осадков сточных вод в дорожном строительстве. ЛНАУ, Луганск. Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://proxima.com.ua/dbn/articles.php?clause=401> (дата звернення 01.05.2020).

19. Бреус Р.В. Технология утилизации лежалых осадков сточных вод в асфальтобетон // Коммунальное хозяйство городов. Науч.-техн. сб. Серия: Архитектура и технические науки.– К: "Техніка", 2007. – Вип. 76. – С. 90-95.

20. Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации. – М.: Стройиздат, 1977. – С. 157-179.

21. Технические записки по проблемам воды: «Дегремон» : В 2-х т. / К. Барак, Ж. Бабен, Ж. Бернар и др. // Под ред. Т.А. Карюхиной, И.Н. Чурбановой. – М.: Стройиздат, 1983. – Т. 2. С. 439-530.

22. Имхофф Карл. Справочник по городским сточным водам / Карл Имхофф, Клаус Имхофф. – Х., 1997. – С. 351-371. Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://masters.donntu.org/2017/feht/zub/library/gricenکو.pdf> (дата звернення 09.05.2020).