3. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

# 3.1 Загальна характеристика виробництва

Публічне акціонерне товариство «Рубіжанський картонно-тарний комбінат», найбільший в Україні виробник картону, паперу, гофрокартону і тари з нього, розташований в м Рубіжне, Луганської обл. Комбінат запущений в експлуатацію в 1991 р Технічний і робочий проект будівництва Рубіжанського КТК розроблений УкрГИПРОБУМ.

До складу комбінату входять:

- картино-паперовий завод (КПЗ), включає в себе: цех масопідготовки (ЦМП); три технологічні лінії виробництва багатошарового картону для

 плоских шарів гофрованого картону, картону з білим і бурим покривними шарами, паперу для гофрування та картону основи для гіпсокартону.

Сировиною для виробництва продукції використовується в основному макулатура марок МС5Б / вт /, МС65, МС-4А, БХТММ при додаванні целюлози сукна сульфатної хвойної і целюлози біленої листяної. Для виробництва продукції використовуються хімікати: з'єднання оксихлорид алюмінію і сульфат алюмінію, флокулянти, піногасники, кукурудзяний крохмаль і катіонні крохмалі, клей, барвники та інші хімікати.

- завод виробництва гофрованої тари (ЗПГТ), що складається з:

ділянки виробництва гофрованого картону; ділянки переробки гофрованого картону;

Ділянки виробництва високохудожньої упаковки;

- цех водопостачання, каналізації та очистки стоків (ЦВК і ОС)

- теплоелектроцентраль (ТЕЦ)

- допоміжні ділянки.

Джерелом виробничого водопостачання ПАТ «РКТК» є річка Сіверський Донець. Крім того, для питного водопостачання і водопостачання ТЕЦ

використовуються підземні води від двох артезіанських свердловин, розташованих на території комбінату.

Річка Сіверський Донець - приймач стічних вод комбінату, є водоймою рибо-господарського значення першої категорії. Її води використовуються для комунально-побутових потреб населення.

Для досягнення норм гранично-допустимих скидів на комбінаті використовується механохімічна очищення з аеробного і анаеробної біологічним очищенням і доочищення стічних вод на фізльтрах з зернистою завантаженням продуктивністю 20 тис. м3 / добу. (7300 тис. м3 / рік).

Компанія успішно працює на ринку упаковки з 1991 року, і за цей час стала лідером у виробництві транспортної тари з гофрованого картону в Україні, експортує продукцію за межі країни. ПАТ РКТК є членом Української Асоціації Виробників гофрокартону (UACBM), що співпрацює із загальноєвропейською федерацією виробників гофрокартону (FEFCO). У своїй роботі орієнтується на європейські стандарти.[14]

## 

Таблиця 3.1 Характеристика водних потоків

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Технічне найменування | Показники які характеризують якість продукції | Значення показника | Галузь засточування продукції |
| Очищена річна(свіжа) вода | Масова концентрація зважених речовин, мг/дм3, не більше | 5 – 20 | Подається в резервуар фільтрованої води для її на технічні потреби комбінату |
| Концентрація іонів водню, од. pH | 6,5-8,5 |
| Загальна жорсткість, моль/дм3, не більше | 13 |
| Масова концентрація розчинених речовин, мг/дм3 | 1000-1750 |
| - в т.ч. прокалений залишок | 600-1000 |
| - втрати при прокалюванні | 400-750 |
| Концентрація іонів, мг/дм3 |  |
| - хлоридів | 200-500 |
| - сульфатів | 200-500 |
| - Кальція | 120-250 |
| - Магнія | 25-50 |
| Хіміне споживання кисню (ХСК), мг/дм3 | 30-100 |
| (БСК), мг/дм3 | 3-8 |
| Поток "КДМ" після первинних відстійників (к-2) | Масова концентрація зважених речовин, мг/дм3, не більше | 50-100 | Надходить на IC- реактор |
| Хіміне споживання кисню (ХСК), мг/дм3 | 1500-2200 |
| Поток "РПО" після флотатора | Масова концентрація зважених речовин, мг/дм3, не більше | 80-100 | Надходить на первинні відстіники РПО, а після в змішувач |
| Хіміне споживання кисню (ХСК), мг/дм3 | 1200-1500 |
| Потік СВ після IC - реактора | Хіміне споживання кисню (ХСК), мг/дм3 | 700-1000 | Надходить в змішувач |
| Загальний потік СВ після змішувача | Хіміне споживання кисню (ХСК), мг/дм3 | 1100-1700 | Надходить в аєротенки 1 і 2 групи |
| (БСК), мг/дм3 | 800-1200 |
| Потоки СВ після вторинних і третинних відстійників | Масова концентрація зважених речовин, мг/дм3, не більше | 50-100 | Надходить на доочистку на мікрофільтри і КЗФ |
| (ХСК), мг/дм3 | 400-800 |
| (БСК), мг/дм3 | 25-50 |

Продовженняя таблиці 3.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Технічне найменування | Показники які характеризують якість продукції | Значення показника | Галузь засточування продукції |
| Загальний потік СВ після КЗФ | Масова концентрація зважених речовин, мг/дм3, не більше | 15-20 | На буферні пруди |
| Очищенна вода | Масова концентрація зважених речовин, мг/дм3, не більше | 16,6 | Скидаються в річку і частина її повертається на комбінат |
| Концентрація іонів водню, од. pH | 6,5-8,5 |
| Температура, ºС | 10-30 |
| Прозорість, см не менше | 10 |
| Запах, бали | 2 |
| Забарвленість,БКШ | фактична |
| Масова концентрація розчинених речовин, мг/дм3, не більше | 2000 |
| - в т.ч. прокалений залишок | 1300 |
| - втрати при прокалюванні | 700 |
| Загальна лужність, моль/дм3 | не нормується |
| Загальна жорсткість, моль/дм3, не більше | не нормується |
| Масова концентрація іонів, мг/дм3, не більше |  |
| - кальція Са 2+ | 170-200 |
| - магнія Mg 2+ | 45-56 |
| - сульфатів SO4 2- | 340-415 |
| - хлориди Cl-, не більше | 350 |
| - азот аммонійний NH4+ не більше | 1,62 |
| Очищенна стічна вода | залізо Fe заг., не більше | 0,3 |  |
| нітрати NO3-, не більше | 12 |
| Нітріти NO2-, не більше | 0,3 |
| фосфати PO4 3- , не більше | 1 |
| Маосова концентраціяя розчиненого кисню, мг/дм3 | 1-3 |
| Хіміне споживання кисню(ХСК), мг/дм3 | 600 |
| Біохімічне споживання кисню (БСК), мг/дм3 | 390 |
| Нафтопродукти, мг/дм3 | 0,3 |

# 

# 3.2 Характеристика вихідної сировини, хімікатів, допоміжних матеріалів

3.2.1 Характеристика річної і стічної води

Таблиця 3.2 - характеристика річної і стічної води

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Найменування | Показник якості води | Значенняя показника | Показники обов'язкові для перевірки перед використанням у виробництві | Примітка |
| Річна вода, яка поступає на очищення | Масова концентрація зважених речовин, мг/дм3 | 5-300 | Масова концентрація зважених речовин | Методика виконання вимірів КНД 211.1.4.039-95 |
| Масова концентрація іонів водню, од. pH | 6,5-8,5 |
| Загальна лужність, моль/дм3 | 3,4-6,8 |  |
| Загальна жорсткість, моль/дм3 | 6,6-13 |  |
| Масова концентрація розчинених речовин, мг/дм3 | 1000-2000 |  |  |
| в т.ч. прокалений залишок | 600-1000 |  |  |
| втрати при прокалюванні | 400-1000 |  |  |
| Масова концентрація іонів, мг/дм3 |  |  |  |

Продовженняя таблиці 3.2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Стічна вода потоку "КДМ" | Сульфатів-іонів | 460 |  |  |
| Хлориди, не більше | 200-500 |  |  |
| Кальція | 120-250 |  |  |
| Магнія | 25-50 |  |  |
| Хімічне спроживання кисню (ХСК), мг/дм3 | 30-100 |  |  |
| Біохімічне споживання кисню (БСК), мг/дм3 | 3,0-8,0 |  |  |
| Масова концентрація зважених речовин, мг/дм3 | 500-2000 | Масова концентрація | КНД 211.1.4.039-95 |
| Масова концентрація іонів водню, од. pH | 6,5-8,5 | МВВ 081/12-0317-06 |
| Стічна вода я поступає на очищення | Температура ºС, не нижче | 12 | Зважені речовини,pH,  температура | МВВ 081/12-0311-06 |
| Масова концентрація розчинених речовин, мг/дм3 | 3000-3500 |  |
| в т.ч. прокалений залишок | 1200-1600 |  |
| втрати при прокал. | 1800-1900 |  |
| Хімічне спроживання кисню (ХСК), мгО2/дм3 | 1500-3200 | ХСК | КНД 211.1.4.021-95 |
| Біохімічне споживання кисню (БСК), мг/дм3 | 1000-2000 | БСК5 | МВВ 081/12-0014-01 |
| Загальна жорсткість, моль/дм3 | 10-15 |  |  |
| Кальція | 180-300 |  |  |
| Магнія | 40-55 |  |  |
| Сульфатів-іонів | 450-600 |  |  |
| Хлориди, не більше | 200-370 |  |  |
| азот амонійний | 7-17 |  |  |
| азот амонійний | 1,0-1,5 |  |  |

Продовженняя таблиці 3.2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Масова концентрація зважених речовин, мг/дм3 | 1400-2200 | Масова концентрація зважених речовин,pH,  температура | КНД 211.1.4.039-95 |
| Масова концентрація іонів водню, од. pH | 6,5-8,5 | МВВ 081/12-0317-06 |
| Температура ºС, не нижче | 12 | МВВ 081/12-0311-06 |
| Масова концентрація розчинених речовин, мг/дм3 | 12 |  |
| в т.ч. прокалений залишок | 1800 |  |
| втрати при прокалюванні | 2200 |  |
| Хімічне спроживання кисню (ХСК), мгО2/дм3 | 1800-4000 | ХСК | КНД 211.1.4.021-95 |
| Біохімічне споживання кисню (БСК), мг/дм3 | 1000-2100 | БСК5 | МВВ 081/12-0014-01 |
| Загальна жорсткість, моль/дм3 | 13-18 |  |  |
| Масова концентрація іонів, мг/дм3 |  |  |  |
| Кальція | 180-280 |  |  |
| Магнія | 40-60 |  |  |
| Сульфатів-іонів | 430-600 |  |  |
| Хлориди | 250-360 |  |  |
| Азот амонійний | 9-18 |  |  |
| Фосфати | 1,0-2,0 |  |  |

3.2.2 Характеристика хімікатів і допоміжних матеріалів, що застосовуються для очищення стічної води

Таблиця 3.3 - Характеристика хімікатів і допоміжних матеріалів

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Найменування сировини, матеріалів, напівфабрикатів | Назва та позначення нормативної документації | Показники | Значення показників з допустимим відхиленням |
| Lycrid N8, аніоноактивний поліакриламідний флокулянт (заряд низький) для коагуляції | Сертифікат якості та технічна характеристика | Зовнішній вигляд  pH 0,5% розчину | Білий гранульований порошок 4-9 |
| Моноаммоній-фосфат марка А вищий сорт (амофос) | ТУ У 6 –14005076.055-2000 | Масова частка засвоюваних фосфатів (P2O5),% не менше  Масова частка фосфору,% не менше  Масова частка загального азоту (N), не менше  Масова частка води,% не більше  Гранулометричний склад  Масова частка гранул розміром менше 1 мм,%, не більше  Від 1 до 4 мм,% не менше  більше 6 мм,%  Масова частка кадмію, мг / кг, не більше  Масова частка свинцю, мг / кг, не більше  Статистична міцність гранул МПа (кг/см2), не менше  Розсипчастість,%  Сумарна ефективна активність природних радіонуклідів, Бк / кг, не більше | 52  22,7  11  1.0  5  90  0  31  25  3 (30)  100  1860 |
| Суперфосфат гранульований з апатичного концентрату без добавок і з добавками мікроелементів | ГОСТ 5956-78 | Масова частка засвоюється фосфорного ангідриду,%  Масова частка засвоєного фосфору,%, не менше | 20  8,7 |

Продовженняя таблиці 3.3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Гидрооксихрод алюмінію «Полвактм \* -40» | ТУ У 24,1- 19155069010-2002 | Зовнішній вигляд  Масова частка оксиду алюмінію (Al2O3), щільність при 20оС  Масова частка нерозчинного у воді залишку,% не більше 0,3  Масова частка хлоридів,% 5-20  Щільність при 20оС, г / см3 1,23-1,29  Концентрація іонів водню, од pH:  при с = 10% 3,0-3,5  при с = 1,5 0,5-1,5 | Зеленувато-жовта рідина.  Допускається наявність інших відтінків і каламуть. Масова частка оксиду алюмінію (Al2O3),% не менше 10-15 |
| Lycrid – Р5, акриламід (етанамін N, N, N - триметіли-2-оксісополімер, катіоноактивний поліакріламідний флокулянт (для зневоднення осаду) | Сертифікат якості | Зовнішній вигляд  Нерозчинні частинки  В'язкість, Па\*сек  вид розчину  Масова концентрація сухого екстракту,%  вільного акриламіду, мг/дм3 | Сипучий біл. порошок  0,0-3,5  3,0-4,4  злегка каламутний  92-100  0-0,999 |
| натр їдкий технічний | ГОСТ 2263  Марка РД | Зовнішній вигляд  Масова частка їдкого натру,% | Безбарвна або пофарбована рідина, допускається викристалізуваний  Осад не менше 46,0 |
| карбамід | ГОСТ 2081-92  Марка Б | Масова частка азоту в перерахунку на суху речовину,%  Масова частка біурета,%  Масова частка води,%  Розсипчастість,%  Гранулометричний склад:  1. Масова частка гранул 1-4 мм,%  2. Масова частка гранул 2-4 мм,%  3. Масова частка гранул 1 мм,%  4. Залишок на ситі 6 мм  Статистична міцність гранул, кге / гранулу | Не менш 46,2  Не більше 1,4  Не більше 0,5  100  Не менш 94  Не менш 70  Не більше 3  Відсутнє  Не менш 0,7 |

# 3.3 Відходи виробництва

В результаті очищення стічних вод утворюється 30-40 т / добу а. с. в, які після зневоднення надходять на полігон промислових відходів:

-осадки від очищення стоків картонно-тарного виробництва -скопії-20-25 т / добу;

- надлишковий активний мул і продукт біологічної очистки стічних

вод 5-8 т / добу;

- побутові відходи.

Полігон захоронення промислових відходів виконаний у вигляді котловану, внутрішні укоси і днище якого захищені від попадання в грунт шкідливих речовин, що містяться в надходять на полігон відходах. Полігон промислових відходів оснащений дренажною системою, яка регулює рівень ґрунтових вод в зоні дії полігону.

Зниження рівня грунтових вод здійснюється шляхом перекачування надлишкових грунтових вод на насосну станцію №5 насосом марки АНС 130, що працює в автоматичному режимі.

Мулові карти розташовані на насипних грунтах. Призначені для прийому рідкого осаду стічних вод при аварійних ситуаціях на очисних спорудах і являють собою заглиблення герметичні майданчики прямокутної форми в кількості 9 штук з камерами для випуску над мулової води по дві на кожну карту. Загальний робочий об'єм 15 тис. м3. Мулові карти прямокутної конструкції з гідротехнічного асфальту, розміром 33х96,3х0,74 м, об'ємом 2534,7 м3 кожна, є гідротехнічними спорудами, призначеними для періодичного заповнення стічною водою, що містить осад. У процесі впливу навколишнього середовища стічна вода піддається висушування, в результаті цього важка суспензія приймає концентрацію 85-95%, після чого підлягає транспортуванню на полігон промислових відходів. Сирий осад первинних відстійників концентрацією не менше 2,0% (вологістю більше 98%), щоб уникнути засмічення фільтрувальних полотен і виходу з ладу фільтруючих пресів, а також при виникненні аварійних ситуацій відводиться на карти № 4,5,6,7,9.

Заливка мулових карт проводиться послідовно. При осадженні мулу надлишок мулової води через систему водостоку (дренажну систему) надходить в приймальний резервуар насосної станції майданчики, №5 та, потім, по трубопроводу К34н насосом СД 32/40, що працює в автоматичному режимі, подається в голову очисних спорудженні. Дренажна система водостоку обладнана помповими колодязями для промивання системи, її ремонту при руйнуванні.

Ілова карта №8 призначена для досвідченої переробки скопа вологістю 70-75% під впливом біоценозу. Для більш ефективної переробки скопа мікроорганізмами проводиться його перемішування, при необхідності проводиться завантаження скопом[15].

3.4 Токсикологічні та фізико-хімічні властивості відходів

Для визначення складу і кількості зважених часток в водах зливу, необхідно провести безліч аналізів хімічного і санітарно-бактеріологічного типу. Результати покажуть рівень концентрації забруднюючих елементів у воді, а значить, найоптимальніший варіант очищення. Але проведення повного аналізу не завжди можливо, тому простіше скористатися спрощеним варіантом, що дає неповну характеристику води, проте надають відомості про прозорість, наявності зважених часток, концентрації розчиненого кисню і потреби в ньому.

Аналіз проводиться за наступними показниками:

- Температура. Показник вказує на швидкість утворення осаду з суспензій і інтенсивність процесів біологічного виду, що впливають на оперативність і якість очищення.

- Кольоровість, забарвлення. Побутові стічні води нечасто мають виражений окрас, але якщо є подібний фактор, якість стоків досить погане і вимагає посилення роботи очисних споруд або повної заміни способу очищення.

- Запахи. Як правило, висока концентрація продуктів розпаду органіки, наявність в стоках фосфатів і входить до складу азот, калій, сірка, надають потокам різкий неприємний запах.

- Прозорість. Це показник рівня містяться забруднень, який визначається методом шрифту. Для побутових вод стандарт становить 1-5 см, для потоків, які пройшли методи очищення біологічними сполуками - від 15 см.

- Рівень pH використовується для вимірювання реакції середовища. Допустимі показники 6,5 - 8,5.

- Осад. Вимірюється саме щільний осад, який визначається за фільтрату проби. За стандартами СНіП допускається не більше 10г / л.

- Зважені речовини становлять в міських водах не більше 100-500 г / л з зольністю до 35%.

Окремо досліджується фосфор і азот, а також всі їх форми. Береться 4 форми азоту: загальний, амонійний, нітритний і нітратний. У стічних водах частіше зустрічається єдиний і амонійний тип, нітритний і нітратний лише, якщо застосовувалися методи очищення за допомогою аеротенків і біофільтрів. Встановлення концентрації азоту і його форм - важлива складова аналізу, так як азот необхідний для живлення бактерій як і фосфор.

Сульфати і хлориди не схильні до змін при очищенні, видалення зважених речовин можливо тільки при повній переробці стоків, однак вміст речовин в малій концентрації не впливає на біохімічні процеси, тому допустимі параметри залишаються в межах 100 мг / л.

Токсичні елементи - це теж зважені речовини, проте навіть мала концентрація з'єднань чинить негативний вплив на життя і діяльність організмів. Саме тому зважені речовини токсичного типу відносяться до виду особливо забруднюючих і виділені в окрему групу. Сюди відносяться: сульфіди, ртуть, кадмій, свинець і багато інших з'єднань.

Синтетичні поверхнево-активні зважені речовини - одна з найсерйозніших загроз. Зміст елементів в стічних водах негативно відбивається на стані водойм, а також знижує функціональність очисних споруд.[16]

3.4.1 Магній

Магній - важливий біогенний елемент, значна кількість міститься в тканинах тварин і рослин (хлорофілах).

Фізичні властивості. Магній - сріблясто-білий метал з щільністю 1,74 г / см3, плавиться при 651 град. С, кипить при 1110 град. С. На холоді магній покривається оксидною плівкою, яка оберігає його від подальшого окислення киснем повітря.

Хімічні властивості. Магній - активний метал. Якщо зруйнувати оксидну плівку на його поверхні, він легко окислюється киснем повітря. При нагріванні магній енергійно взаємодіє з галогенами, сіркою, азотом, фосфором, вуглецем, кремнієм і іншими елементами.

3.4.2 Кальцій

Кальцій і його солі у вигляді пилу і крапель суспензії діють дратівливим, а окис кальцію - прижигающим чином на слизові оболонки і шкіру, викликають чхання і кашель. На слизових оболонках порожнини рота і носа відзначаються хворобливі дрібні виразки. Іноді страждають і більш глибокі дихальні шляхи, при тривалому вдиханні можливо запалення легенів. Дуже небезпечно потрапляння окису кальцію в очі - настає різкий опік і кон'юнктивіт з помутнінням рогівки. Якщо ці сполуки, особливо окис кальцію, потрапляють на шкіру, виникають важкі опіки, подібна до дії лугу. Це ускладнюється ще тим, що при з'єднанні окису кальцію з водою різко підвищується температура. Рясні важкі опіки можуть бути причиною смерті.

Фізичні властивості. Кальцій - сріблясто-білий ковкий метал, який плавиться при температурі 850 град. З і кипить при +1482 град. С. Він значно твердіше лужних металів.

Хімічні властивості. Кальцій - активний метал. Так при звичайних умовах він легко взаємодіє з киснем повітря і галогенами: [17]

3.4.3 Азот

Незабаром після отруєння - кашель, утруднення в грудях, запаморочення, слабкість, невелике подразнення слизових очей, дихальних шляхів. Потім настає період уявного благополуччя, що триває 3-12 годин, після чого з'являються симптоми починається набряку легенів. Посилюється кашель, виділяється густа в'язка мокрота, виникають ціаноз, задишка, біль у грудях, безліч вологих хрипів різного калібру (клекотливе дихання). Надалі наростає задишка, посилюється кашель з рожевою пінистої мокротою. Блювота, грудні болі, озноб. Пульс частий, слабкий, тони серця майже не прослуховуються, розвивається синя гіпоксемія.

Фізичні властивості: безбарвний газ, без запаху і смаку, малорозчинний у воді. Природний азот складається з двох ізотопів з атомними масами 14 і 15

Хімічні властивості: має 7 електронів, з них 5 на зовнішньому рівні. Азот є одним з найбільш електронегативний елементів. У звичайних умовах взаємодіє лиш з літієм. При нагріванні або дії електричного розряду вступає в реакцію з багатьма речовинами, зазвичай виступає як окислювач, при взаємодії з фтором і киснем - як відновник.

3.4.4 Сульфати

Сульфати - солі сірчаної кислоти - H2SO4. На частку сульфатів доводиться 0,1% маси земної кори. Блиск у сульфатів неметаллический, вони не дряпають скло, колір у них непостійний, сульфати мають світле забарвлення, легкі, риса у них біла. Сульфати за зовнішнім виглядом нагадують мінерали, що входять до класу карбонатів, але на відміну від останніх не реагують з розведеною соляною кислотою.

Сульфати - кристалічні речовини, безбарвні (якщо катіон безбарвний), в більшості випадків добре розчинні у воді. Малорозчинні сульфати зустрічаються у вигляді мінералів: гіпсу, целестину, і ін. Практично нерозчинні барит BaSO4 і RaSO4. Кислі сульфати виділені в твердому стані лише для найбільш активних металів - Na, К та ін. Вони добре розчиняються у воді, легко плавляться. Нормальні сульфати можна отримати розчиненням металів в H2SO4, дією H2SO4 на окису, гідроокису, карбонати металів і ін. Гідросульфатами отримують нагріванням нормальних сульфатів з концентрованою H2SO4.[18]

3.4.5 Фосфати

Фосфати - солі фосфорної кислоти - Н3Р04. Фосфати складають не більше 0,1% земної кори. Блиск у фосфатів неметалевий, вони не дряпають скло, колір непостійний, риса непостійна, не реагують з розведеною соляною кислотою. Фосфати можна сплутати з сульфатами і карбонатами. Відмінність від сульфатов- по межах (у сульфатів - постійна, біла), від карбонатів - з поведінки з розведеною соляною кислотою (карбонати реагують). Походження у фосфатів глибинне і поверхневе.

Основне застосування фосфатів - сировина для отримання фосфорних добрив, фосфору, фосфорної кислоти та інших сполук фосфору.

У всіх ортофосфатов є властивість: безводні солі стабільні при нагріванні до температури плавлення, яка для різних солей коливається в діапазоні від 830 ° C (у фосфату свинцю) до 1605 ° C (у фосфату барію) .

Фосфати в основному погано розчиняються, на відміну від Дигідрофосфатів. Розчинні тільки фосфати калію, натрію і амонію. Фосфати мають загальні властивості солей

3.5 Каталізатор очистки стічних вод від органічних речовин і солей важких металів

Винахід відноситься до області очищення промислових і побутових стічних вод від органічних речовин, наприклад, нафтопродуктів і іонів важких металів, і може бути використано в нафтопереробній та хімічній промисловості.

Завдання винаходу - створення каталізатора, що розкладає органічні речовини і одночасно адсорбує солі важких металів, який дозволяв би просто і ефективно очищати стічні води від органічних речовин і солей важких металів.

Це досягається тим, що до стічних вод додають каталізатор в концентрації не менше 0,01 мас.%, Який містить фталоілжелатину, перекис кальцію, полістирол-азо-саліцилову кислоту, конканавалин А і сульфат заліза (II).

Співвідношення компонентів може бути одно, мас.%: В дужках дано оптимальну кількість фталоілжелатину - (40) 25-55; перекис кальцію - (20) 10-30; полістирол-азо-саліцилова кислота - (20) 10-30; конканавалин А - (15) 10-20; сульфат заліза (II) - (5) 1-10.

Каталізатор при додаванні в воду являє собою суспензію. При тривалому стоянні суспензії частинки каталізатора осідають на дно. При застосуванні пропонованого каталізатора до флотатора, завдяки специфіці апарата, можна прискорити процес очищення.

Ефект каталізатора заснований на синергізмі складових компонентах і їх доповнює дії щодо видалення з стічних вод речовин. Обробка конканавалину А дозволяє сконцентрувати дисиміновані органічні речовини в колоїдні частинки. На колоїдних частинках сорбуєтсья фталоілжелатин у вигляді полімер-полімерного комплексу з конканаваліну А. Ефект синергізму залежить, по-перше, від адресного спрямування дії стимулятора біоокислення фталоілжелатини, а, по-друге, утворення комплексу фталоілжелатину з конканавалину А збільшує число реакційноздатних груп. Наявність полістирол-азо-саліцилової кислоти забезпечує сорбцію з води іонів важких металів. Присутність в комплексі сульфату заліза (II) забезпечує окислення органічних речовин, надаючи всьому комплексу властивості каталізатора. Окислюють реагентом, що є донором кисню, виступає перекис кальцію. Адсорбція на частинки каталізатора іонів металів змінної валентності підсилює ефект окисного розкладання органічних речовин.

Приклад. У промисловий стік з вмістом завислих речовин 10,9 мг / л, азоту амонійного 2,3 мг / л і сульфати 23 мг / л додали розроблений каталізатор в концентрації 0,01 маc.%. Оброблена таким чином вода промислового стоку надходила потім у відстійник ємністю 8 л. Тривалість процесу обробки води становила 6 год, після чого воду брали для аналізу. Концентрація розчиненого кисню становила не менше 2 мг / л. Було встановлено, що вміст завислих речовин знизилося на 58%, вміст азоту амонійного - на 61%, вміст сульфати - на 29%. При додаванні в промисловий стік каталізатора по прототипу (контроль) у тій же концентрації і при аналогічних умовах було встановлено, що вміст завислих речовин знизився на 35%, азоту амонійного - на 46%. Крім того, була вивчена токсичність стічних вод до обробки розробленим каталізатором і після обробки ім. Токсичність визначали як відсоток летальності інфузорій після годинної їх витримки в досліджуваній воді. Токсичність до обробки складала 100%, після обробки - 10%.

Навіть незначна концентрація каталізатора в 0,001 мас.% Дає зниження вмісту завислих речовин у воді на 18%, азоту амонійного - на 42% і сульфати - на 35%. Застосування каталізатора в рекомендованої концентрації 0,01 мас. % Призвело до зниження вмісту завислих речовин в стічній воді на 58%, азоту амонійного - на 61%, концентрації сульфати - на 68%. Подальше збільшення концентрації каталізатора супроводжувалося повним зникненням деяких домішок, зокрема, фенолу, в стічній воді.

Каталізатор функціонує не тільки при очищенні стічних вод, а й при очищенні токсичних ґрунтів. Було проведено порівняльне дослідження дії каталізатора при обробці ґрунтових відходів органічних і гальванічних карт .Видно, що при концентрації каталізатора 15 мг / м3 в обох випадках відбувається зниження концентрації формальдегіду на 51-86%. В органічних відходах видаляється в більшій мірі мідь (99%) і розкладається формальдегід (51%). У гальванічних відходах найбільшою мірою розкладаються формальдегід (86%) і органічні речовини, що визначаються за ГПК (64%), і в значній мірі видаляється марганець (46%).

Використання пропонованого каталізатора очищення стічних вод нафтохімічних і промислових підприємств дозволить забезпечити високий ступінь очищення стічних вод від нафтопродуктів, фенолу та інших при зниженні в воді одночасно іонів важких металів. При цьому застосовуються недефіцитних і нетоксичні реагенти. Каталізатор забезпечує високу ступінь очищення води при відносно невеликій його вартості.

1. Каталізатор очищення стічних вод від органічних речовин і солей важких металів шляхом обробки окислювачем і коагулянтом, що відрізняється тим, що він містить суміш фталоілжелатини, перекису кальцію, полістирол-азо-саліцилової кислоти, конканавалин А і сульфату заліза (II) при наступному співвідношенні компонент, маc. %:

Фталоілжелатин - 25-55

Перекис кальцію - 10-30

Полістирол-азо-саліцилова кислота - 10-30

Конканавалин А - 10-20

Сульфат заліза (II) - 1-10

2. Каталізатор за п. 1, який відрізняється тим, що містить суміш компонент при наступному співвідношенні, маc. %:

Фталоілжелатина - 40

Перекис кальцію - 20

Полістирол-азо-саліцилова кислота - 20

Конканавалин А - 15

Сульфат заліза (II) – 5 [19].

3.6 Розрахунок наднормативного скиду речовин з присутності каталізатору



(3.1)

де *i* – номер домішки, що скидається з водою;

*N* – загальне число домішок;

Чисельне значення Ai можна визначити за формулою.

Ai – показник відносної агресивності забруднення, ум. т/т;

, (3.2)

де *ГДКр.г* – ГДК речовини в рибогосподарській водоймі,

*mi* – загальна маса річного скиду *i*-ї домішки оцінюваним джерелом, т/рік.

Якщо джерело скидає стічні води декількох типів, які відрізняються ступенем очистки, то належить визначити загальну масу *mi* річного скиду

*i*-ї домішки в водойму, що скидається зі всіма типами стічних вод по формулі:

, (3.3)

де - маса річного надходження *i* –ї речовини в водойму від даного джерела зі стічними водами *j*-го типу,  (т/рік).

Якщо стічні води *j*-го типу скидаються тільки від оцінюваного джерела (без змішення зі стічними водами других джерел) і величина концентрації *i*-ї домішки *Cij* (г/м3) в поступаючих в водойму стічних вод *j*-го типу протягом року відносно постійна, то маса річного надходження *i*-ї речовини зі стічними водами *j*-го типу (т/рік) може бути визначена по формулі:

 (3.4)

де *Vj* – об’єм річного скиду стічних вод *j*- го типа даним джерелом в водойму (млн. м3/рік).

Якщо на міські або регіональні (загальнозаводські) очисні споруди надходять стічні води від кількох (від *L*) джерел і при цьому очисні споруди утримують *Pi (*%) від загальної маси *i* –ї речовини, що надійшла в очисні споруди від всіх *L* джерел за рік, а (100 - *Pi*) % скидається у водойму, причому від *l*-го джерела (*l =* 1, 2…, *L*) на очисні споруди надходить  (т/рік) *i*-ї забруднюючої речовин, то маса річного скиду *i*-ї речовини в водойму від *l* –го джерела (mil) визначається по формулі:

 (3.5)

При відсутності ГДКр-г дозволяється використовувати ГДК *i*-ї речовини в водоймі господарсько-питного і культурно-побутового водокористування.

Якщо ГДК речовин відсутня, то до повної ліквідації їх скиду зі стічними водами пропонується для оцінки збитку приймати значення:

*Ai* = умв.т./т.

При скиді в водойми речовин, які впливають на вміст розчиненого кисню, збиток визначається по загальній масі кисню на основі показника *БСКповн*.

Висновок: підприємство «Рубіжанський картонно-тарний комбінат» скидає в Сіверський Донець 7300 тис. м3/рік промислових стічних вод, концентрація речовин у флотаторі в яких до очистки і після очистки при урахуванні каталізатора показана в таблиці 4.3.

Випавший сухий залишок на флотаторі з присутнім каталізатором буде 1452,444 кг/год, що на 259,416 кг/год більше ніж без застосованим каталізатором. Також поліпшується стан стічної води яка скидається у р. Сіверський Донець.данні наведенні в таблиці 4.4

# 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

# 4.1 Мета эксперементу

Збільшити кількість випавшого осаду речовин на флотаторі та поліпшити стан стічних вод в р. Сіверський Донець на підприємстві «Рубіжанського картонно-тарного комбінату». Досягти поставленої мети передбачається шляхом додавання у флотатор каталізатора в концентрації не менше 0,01 мас.%, який містить фталоілжелатин, перекис кальцію, полістирол-азо-саліцилову кислоту, конканавалин А і сульфат заліза (II).

Каталізатор повинен розкладати органічні речовини і одночасно адсорбуючого солі важких металів, який дозволяв би просто і ефективно очищати стічні води від органічних речовин і солей важких металів.

Ефект каталізатора заснований на синергізмі складових компонентах і їх доповнює дії щодо видалення з стічних вод речовин. Обробка конканавалину А дозволяє сконцентрувати дисиміновані органічні речовини в колоїдні частинки. На колоїдних частинках сорбуєтсья фталоілжелатин у вигляді полімер-полімерного комплексу з конканаваліну А. Cпіввідношенні компонент, маc. %: фталоілжелатин - (40) 25-55; перекис кальцію - (20) 10-30; полістирол-азо-саліцилова кислота - (20) 10-30; конканавалін А - (15) 10-20; сульфат заліза (II) - (5) 1-10.

4.2 Каталізатор очистки стічних вод від органічних речовин і солей важких металів

Каталізатор при додаванні в воду являє собою суспензію. При тривалому стоянні суспензії частинки каталізатора осідають на дно. При застосуванні пропонованого каталізатора до флотатора, завдяки специфіці апарата, можна прискорити процес очищення.

Ефект каталізатора заснований на синергізмі складових компонентах і їх доповнює дії щодо видалення з стічних вод речовин. Обробка конканавалину А дозволяє сконцентрувати дисиміновані органічні речовини в колоїдні частинки. На колоїдних частинках сорбуєтсья фталоілжелатин у вигляді полімер-полімерного комплексу з конканаваліну А. Ефект синергізму залежить, по-перше, від адресного спрямування дії стимулятора біоокислення фталоілжелатини, а, по-друге, утворення комплексу фталоілжелатину з конканавалину А збільшує число реакційноздатних груп. Наявність полістирол-азо-саліцилової кислоти забезпечує сорбцію з води іонів важких металів. Присутність в комплексі сульфату заліза (II) забезпечує окислення органічних речовин, надаючи всьому комплексу властивості каталізатора. Окислюють реагентом, що є донором кисню, виступає перекис кальцію. Адсорбція на частинки каталізатора іонів металів змінної валентності підсилює ефект окисного розкладання органічних речовин.

Приклад. У промисловий стік з вмістом завислих речовин 10,9 мг / л, азоту амонійного 2,3 мг / л і сульфати 23 мг / л додали розроблений нами каталізатор в концентрації 0,01 маc.%. Оброблена таким чином вода промислового стоку надходила потім у відстійник ємністю 8 л. Тривалість процесу обробки води становила 6 год, після чого воду брали для аналізу. Концентрація розчиненого кисню становила не менше 2 мг / л. Було встановлено, що вміст завислих речовин знизилося на 58%, вміст азоту амонійного - на 61%, вміст сульфати - на 29%. При додаванні в промисловий стік каталізатора по прототипу (контроль) у тій же концентрації і при аналогічних умовах було встановлено, що вміст завислих речовин знизився на 35%, азоту амонійного - на 46%. Крім того, була вивчена токсичність стічних вод до обробки розробленим каталізатором і після обробки ім. Токсичність визначали як відсоток летальності інфузорій після годинної їх витримки в досліджуваній воді. Токсичність до обробки складала 100%, після обробки - 10%.

Навіть незначна концентрація каталізатора в 0,001 мас.% Дає зниження вмісту завислих речовин у воді на 18%, азоту амонійного - на 42% і сульфати - на 35%. Застосування каталізатора в рекомендованої концентрації 0,01 мас. % Призвело до зниження вмісту завислих речовин в стічній воді на 58%, азоту амонійного - на 61%, концентрації сульфати - на 68%. Подальше збільшення концентрації каталізатора супроводжувалося повним зникненням деяких домішок, зокрема, фенолу, в стічній воді.

Використання та додавання до флотатору пропонованого каталізатора очищення стічних вод нафтохімічних і промислових підприємств дозволить забезпечити високий додатковий ступінь очищення стічних вод від нафтопродуктів, фенолу, кальцію, магнію, фосфатів та інших при зниженні в воді одночасно іонів важких металів до рівня нижче ГДК. При цьому застосовуються недефіцитних і нетоксичні реагенти. Каталізатор забезпечує високу ступінь очищення води при відносно невеликій його вартості.

1. Каталізатор очищення стічних вод від органічних речовин і солей важких металів шляхом обробки окислювачем і коагулянтом, що відрізняється тим, що він містить суміш фталоілжелатини, перекису кальцію, полістирол-азо-саліцилової кислоти, конканавалин А і сульфату заліза (II) при наступному співвідношенні компонент, маc. %: Фталоілжелатин - 25-55; Перекис кальцію - 10-30; Полістирол-азо-саліцилова кислота - 10-30; Конканавалин А - 10-20; Сульфат заліза (II) - 1-10;

2. Каталізатор за п. 1, який відрізняється тим, що містить суміш компонент при наступному співвідношенні, маc. %: Фталоілжелатина – 40; Перекис кальцію – 20; Полістирол-азо-саліцилова кислота – 20; Конканавалин А – 15; Сульфат заліза (II) – 5.

4.4 Вибір концентрації каталізатора

Таблица 4.1 – Концентрації каталазатора

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Концентрація католізатора, мас.% | завислі речовини в мг/л | Азот амонійний в мг\л |
| 0 | 90 | 1,62 |
| 0,001 | 73,8 | 1,05 |
| 0,01 | 37,8 | 0,63 |
| 0,1 | 7,94 | 0,63 |

За даними з таблиці видно, що збільшення дози не впливає на деякі речовини, таким чином оптимальна концентрація використання каталізатора для стічних вод становить 0,01 мас.%.

4.5 Розрахок кількості випавшого осаду

1.Визначимо кількість випавшого осаду Wос по сухій речовині за формулою:

(4.1)

Де С и С1 – початковий і кінцевий вміст завислих речовин в стічній воді, г/м3;С = 1800 г/м3 ; С1=90 г/м3

Таблиця 4.2 – вихідні данні

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Сполуки | Поступає на очистку г/дм3 | Очищена вода г/дм3 | % | Wос  кг\год |
| Завислих речовин | 1800 | 90 | 95 | 1026 |
| Кальцій | 230 | 185 | 20 | 27 |
| Магній | 50 | 37,5 | 25 | 7,5 |
| Сульфати | 525 | 350 | 33 | 105 |
| Хлориди | 285 | 250 | 12 | 21 |
| Азот амонійний | 12 | 1,62 | 86 | 6,228 |
| фосфати | 1,5 | 1 | 33 | 0,3 |

Початковий і кінцевий вміст кальція в стічній воді, г/м3;С = 230 г/м3 ; С1=185 г/м3

Початковий і кінцевий вміст магнію в стічній воді, г/м3;С = 50 г/м3 ; С1=37,5 г/м3

Початковий і кінцевий вміст сульфатів в стічній воді, г/м3;С = 525 г/м3 ; С1=350 г/м3

Початковий і кінцевий вміст хлоридів в стічній воді, г/м3;С = 285 г/м3 ; С1=250 г/м3

Початковий і кінцевий вміст азоту амонійного в стічній воді, г/м3;С = 12 г/м3 ; С1=1,62 г/м3

Початковий і кінцевий вміст фосфатів в стічній воді, г/м3;С = 1,5 г/м3 ; С1=1 г/м3

Wос(загальна) = 1026 + 27 + 7,5 + 105 + 21 + 6,228 + 0,3 = 1193,028 кг/год

В сумі випавший сухий залишок Woc складає 1193,028 кг/год

1. Після того як ми знайдемо кількість випавшого сухого залишку можливо знайти кількість піни, яка утворюється, м3 / год

= 0,0251 м3/год

де Q - витрата стічних вод, м3 / год; С, С1 - початковий і кінцевий зміст забруднень, мг/л; 0,95 - об'ємна маса піни, т/м3; 95 - обводненість піни,%.

4.6 Кількість випавшого осаду при додаванні каталізатору

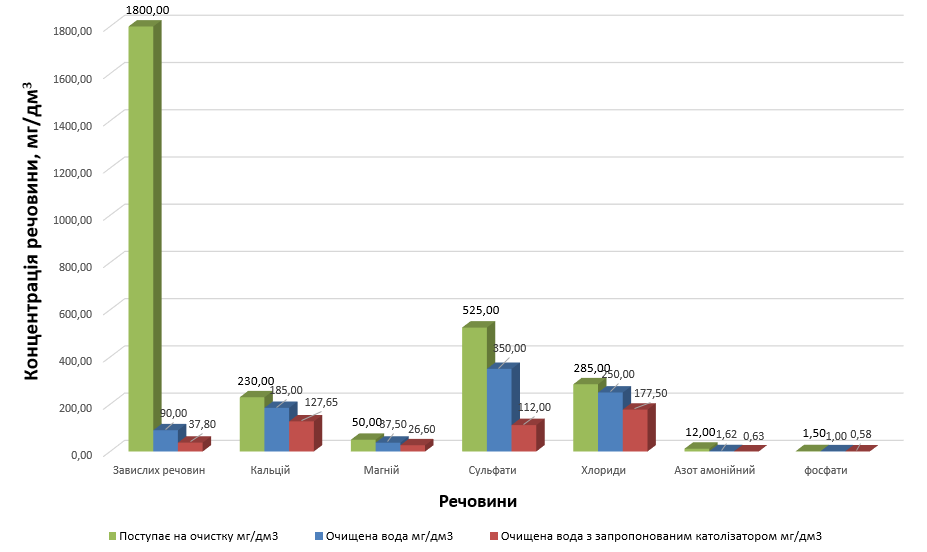


Рисунок 4.1 – концентрації речовин без очистки, очисткою, очисткою з додаванням каталізатору

На рисунку ми бачимо різницю очищення речовин з каталізатором і без нього. Ступінь, % очистки наведенні у таблицях 4.2 та 4.3

1.Визначимо кількість випавшого осаду Wос по сухій речовині з додаванням 1.44 мг/л в добу каталізатора за формулою 4.1. Результати розрахунків наведенні на рисунку 4.1.

Таблиця 4.3 – данні розрахунків з каталізатором

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Сполуки | Очищена вода мг/дм3 | Очищена вода з запропонованим католізатором мг/дм3 | Ступінь, % очищеня | Wос  кг\год |
| Завислих речовин | 90 | 37,8 | 58 | 1057,320 |
| Кальцій | 185 | 127,65 | 31 | 61,410 |
| Магній | 37,5 | 26,6 | 29 | 14,040 |
| Сульфати | 350 | 112 | 68 | 247,800 |
| Хлориди | 250 | 177,5 | 29 | 64,500 |
| Азот амонійний | 1,62 | 0,63 | 61 | 6,822 |
| фосфати | 1 | 0,58 | 61 | 0,552 |

Де С и С1 – початковий і кінцевий вміст завислих речовин в стічній воді, г/м3;С = 1800 г/м3 ; С1=37,8 г/м3

Початковий і кінцевий вміст кальція в стічній воді, г/м3;С = 230 г/м3 ; С1=127,65 г/м3

Початковий і кінцевий вміст магнію в стічній воді, г/м3;С = 50 г/м3 ; С1=26,6 г/м3

Початковий і кінцевий вміст сульфатів в стічній воді, г/м3;С = 525 г/м3 ; С1=112 г/м3

Початковий і кінцевий вміст хлоридів в стічній воді, г/м3;С = 285 г/м3 ; С1=177,5 г/м3

Початковий і кінцевий вміст азоту амонійного в стічній воді, г/м3;С = 12 г/м3 ; С1=0,63 г/м3

Початковий і кінцевий вміст фосфатів в стічній воді, г/м3;С = 1,5 г/м3 ; С1=0,58 г/м3

Wос(загальна) = 1057,320 + 61,410 + 14,040 + 247,800 + 64,500 + 6,822 + 0,552 = 1452,444 кг/год

В сумі випавший сухий залишок Woc складає 1452,444 кг/год, що на 259,416 кг/год більше ніж без застосованим каталізатором.

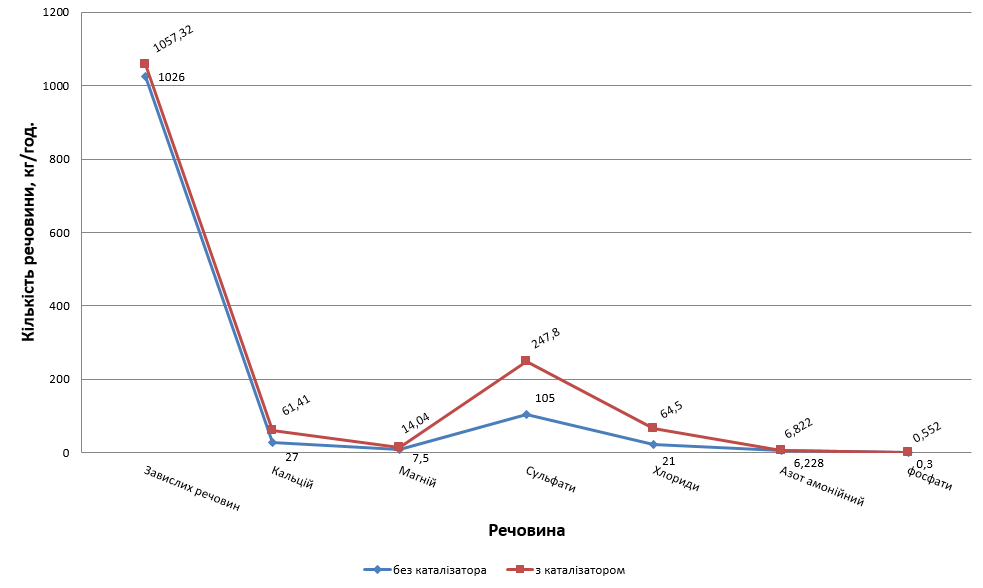


Рисунок 4.2 – Порівняння випавшого сухого осаду по сухій речовині з каталізатором і без каталізатора.

Таким чином з використанням каталізатора сухий залишок збільшиться на:  
завислі речовини (кг/год) – 31,32 (3%); кальцій – 34,41 (56%); магній – 6,54 (47%); сульфати – 142,8 (58%); хлориди – 43,5 (67%); азот амонійний - 0,594 (8%); фосфати – 0,252 (46%).

В сумі випавший сухий залишок Woc складає 1452,444 кг/год, що на 259,416 (18%) кг/год більше ніж без застосованим каталізатором.

2.Після того як ми знайдемо кількість випавшого сухого залишку можливо знайти кількість піни, яка утворюється, м3 / год

= 0,0306 м3\год

де Q - витрата стічних вод, м3 / год; С, С1 - початковий і кінцевий зміст забруднень, мг/л; 0,95 - об'ємна маса піни, т/м3; 95 - обводненість піни,%.

4.7 Розрахунок наднормативного скиду речовин з присутності каталізатору

Підприємство «Рубіжанський картонно-тарний комбінат» скидає в Сіверський Донець 7300 тис. м3/рік промислових стічних вод, концентрація речовин в яких до очистки і після очистки при урахуванні каталізатора показана в таблиці 4.4 та рисунку 4.3. Розрахунок ведеться згідно пункту 3.6.

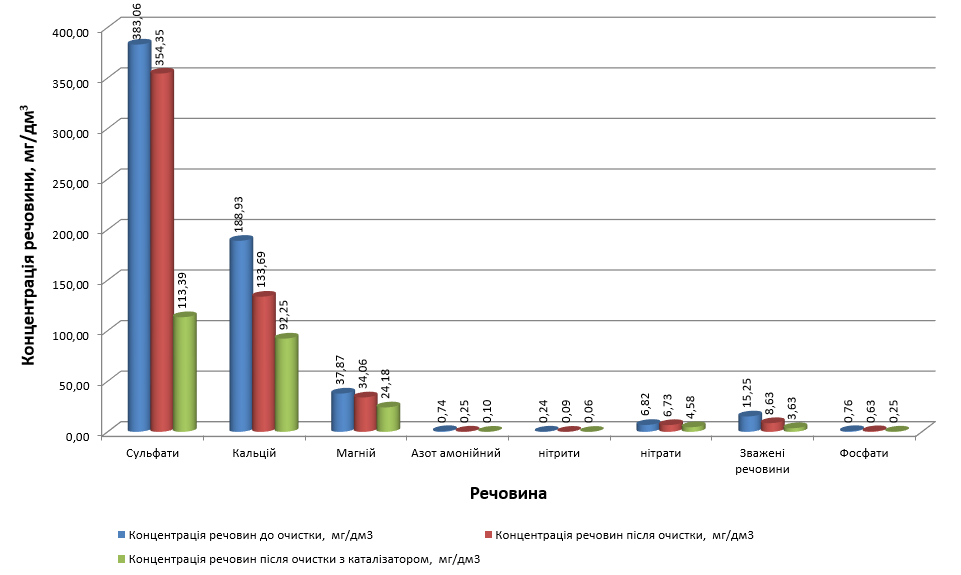


Рисунок 4.3 - Концентрації речовин до і після очистки стічних вод, які скидаються у річку Сіверський Донець.

З використанням каталізатора концентрація речовин з додатковим очищенням складатиме (мг/дм3):

сульфати – 113,39 (68%); кальцій – 92,25 (31%); магній – 24,178 (29%); нітрити 0,061 (33%); нітрати – 4,576 (32%); зважені речовини – 3,625 (58%); фосфати – 0,245 (61%).

Таблиця 4.4 - Концентрації речовин до і після очистки стічних вод

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Речовина | Концентрація речовин до очистки, мг/дм3 | Концентрація речовин після очистки, мг/дм3 | Концентрація речовин після очистки з каталізатором, мг/дм3 | Ступінь, % додаткового очищеня |
| Кальцій | 188,93 | 133,69 | 92,25 | 31 |
| Магній | 37,87 | 34,058 | 24,178 | 29 |
| Азот амонійний | 0.738 | 0.253 | 0.103 | 59 |
| нітрити | 0.235 | 0.091 | 0,061 | 33 |
| нітрати | 6.82 | 6.726 | 4,576 | 32 |
| Зважені речовини | 15.25 | 8.625 | 3.625 | 58 |
| Фосфати | 0.756 | 0.625 | 0.245 | 61 |
| Сульфати | 383.06 | 354.35 | 113,39 | 68 |

Розрахунок m1 до очистки промислових стічних вод:

Розрахунок Ai – показник відносної агресивності забруднення, ум. т/т

Ai (Кальцій) =0,005 ум.т./т

Ai (Магній) =0,025 ум.т./т

Ai (Азот амон.) = 2 ум.т./т

Ai () = 12,5 ум.т./т

Ai () = 0,025 ум.т./т

Ai () = 0,05 ум.т./т

Ai ( = 1,6 ум.т./т

Ai ( = 0,002 ум.т./т

Розрахунок М1 до очистки промислових стічних вод:

Розрахунок після очистки промислових стічних вод з каталізатором:

Розрахунок після очистки промислових стічних вод з каталізатором:

m2(загальна) = 673,43+176,50+0,75+0,45+33,40+26,46+1,77+827,747 = 1740,507 (т/рік)

М2(загальна) = 3,37+ 4,41+1,5+5,625+0,835+1,323+2,832+1,65 = 21,5 (т/рік)

Таким чином ми маємо :

* Загальна маса річного скиду речовин складає 1740,507 (т/рік)
* Загальна маса наднормативного скиду після очистки без каталізатора 35,92 т/рік. З присутності каталізатору складає 21,5 т/рік, що на 14,42 (40%) т/рік менше .

Висновок: з використанням каталізатора сухий залишок збільшиться на:  
завислі речовини (кг/год) – 31,32 (3%); кальцій – 34,41 (56%); магній – 6,54 (47%); сульфати – 142,8 (58%); хлориди – 43,5 (67%); азот амонійний - 0,594 (8%); фосфати – 0,252 (46%).

В сумі випивший сухий залишок на флотаторі з присутнім каталізатором буде 1452,444 кг/год, що на 259,416 (18%) кг/год більше ніж без застосованим каталізатором. Загальна маса наднормативного скиду після очистки без каталізатора 35,92 т/рік. З присутності каталізатору складає 21,5 т/рік, що на 14,42 (40%) т/рік менше .

Також поліпшується стан стічної води яка скидається у р. Сіверський Донець.

Використання та дозування до флотатору пропонованого каталізатора очищення стічних вод нафтохімічних і промислових підприємств дозволить забезпечити високий додатковий ступінь очищення стічних вод від нафтопродуктів, фенолу, кальцію, магнію, фосфатів та інших речовин при зниженні в воді одночасно іонів важких металів. При цьому застосовуються недефіцитних і нетоксичні реагенти. Каталізатор забезпечує високу ступінь очищення води при відносно невеликій його вартості.