

## ВОДОПІДГОТОВКА ТА ОЧИЩЕННЯ ВОДИ НА КАМЕНЕОБРОБНИХ ТА КАМЕНЕВИДОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ (ДОСВІД КРАЇН ЄС)

Україна має багаті водні ресурси на всій своїй території. Однак сьогодні проблема нестачі якісної питної води стосується не лише країн з обмеженими водними ресурсами. Це пов'язано зі зростаючим забрудненням поверхневих і підземних водних джерел. Це пов'язано з проблемами в управлінському, економічному, соціальному та екологічному секторах.

Системі еколого-економічних проблем населення України присвячені наукові дослідження таких вчених-державознавців, як А. І. Долгодуш, О. М. Маценко, В. І. Тарановський та О. Ю. Чигрин [1]. Незважаючи на наявність зазначених досліджень та стратегій щодо економічних наслідків забезпечення сталості водопостачання України, існує необхідність постійного комплексного моніторингу та подальшого розвитку з метою об'єктивного визначення найбільш проблемних регіонів та областей України.

Забезпечення населення якісною прісною водою є стратегічним пріоритетом для відродження трудового потенціалу країни. Сьогодні основною проблемою екологічного стану водних ресурсів України є стрімке виснаження маловодних приток і озер та катастрофічне забруднення всіх водних джерел. У багатьох випадках причиною забруднення є недостатньо очищені та забруднені води, що скидаються у поверхневі водні джерела, а також різні види відходів.

Основним джерелом цього забруднення є діяльність підприємств, які щороку використовують приблизно 66% водних ресурсів у промислових цілях: у 2019 році на промислові потреби було використано 681 мільйон кубометрів прісної води, що на 24% менше, ніж у 2010 році. Однак цей факт можна пояснити тим, що з 2014 року найбільші підприємства, які використовують водні ресурси, знаходяться на невідконтрольних Україні територіях.

Усі підприємства можна віднести до різних секторів економіки: електроенергетика (Е), металургія (М), вугільна промисловість (В), хімічна та нафтохімічна промисловість (ХНХП), нафтогазова промисловість (НГП), машинобудування (М), житлово-комунальне господарство (ЖКГ), харчова промисловість (ХП), сільське господарство (СГ), промисловість будівельних матеріалів (ПМ), транспорт (Т). Для класифікації різних секторів економіки можна використати наступні показники. На рисунку 1 показано середній відсоток використання прісної води за секторами за останнє десятиліття. Найбільше прісної води використовують теплові електростанції, житлово-комунальне господарство та сільське господарство, на які припадає 39%, 20% та 29% відповідно. Менше 1,1% води використовують нафтогазова, транспортна галузі та промисловість будівельних матеріалів.

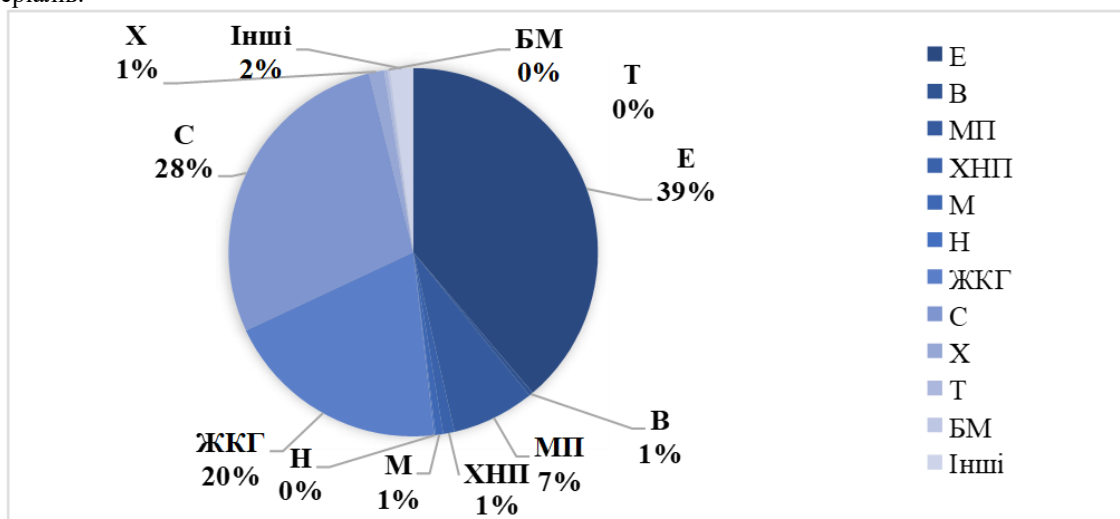


Рис. 1. Використання прісної води підприємствами галузей економіки, %

Щорічно підприємства скидають мільйони кубометрів забрудненої води, що містить різні сполуки металів, феноли та нафтопродукти. Особливо це стосується невідконтрольних територій Донецької області, причому найбільші обсяги скидів зосереджені в прибережній зоні Азовського моря. Найбільш забрудненими водними ресурсами є річки Дунай, Дністер, Південний Буг, Дніпро та Сіверський Донець. На рис. 2 показано найбільшу кількість хімічних речовин, що потрапляють у водні ресурси України через скиди стічних вод.

Як зазначалося раніше, статистика не є оптимістичною через низку економічних проблем, включаючи обмеженість коштів на модернізацію систем очищення стічних вод та захист якості води, неефективне використання води в промисловості, високі соціально-економічні втрати та неповну оцінку збитків.

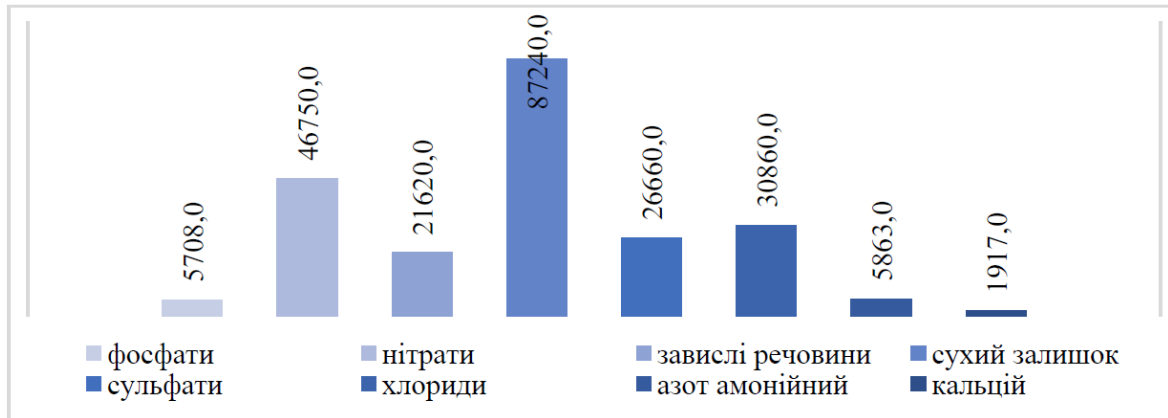


Рис. 2. Кількість забруднюючих речовин, що потрапляють до води разом із зворотними водами, т

Незважаючи на достатні водні ресурси, Україна посідає останнє місце в Європі за якістю питної води. На жаль, ситуація з часом погіршується, і влада повинна вжити негайних економічних заходів. Необхідно вдосконалити систему заходів щодо запобігання забрудненню джерел питної води. Такі заходи включають розробку науково обґрунтованої системи штрафів, запровадження принципу дозволів на водокористування для великих компаній, обмеження кількості води відповідно до запасів, запровадження технічної системи управління водними ресурсами та створення цільового фонду для збереження природи. Це сприятиме відновленню та розвитку водних ресурсів і позитивно вплине на якість питної води, що постачається населенню.

Очищення промислових стічних вод видаляє різні забруднюючі речовини і дозволяє привести середовище, в якому вони скидаються у водойми, у відповідність до санітарних норм. Очищена вода, вироблена на спеціальному обладнанні, не завдає шкоди навколишньому середовищу і не робить негативного впливу на здоров'я людей, стан тварин і рослин.

Технології очищення промислових стічних вод, що застосовуються на очисних спорудах, включають фізичне, хімічне, біологічне та поглиблене окислювальне очищення.

Промислові стічні води є серйозною проблемою в переробній промисловості. Через високу вартість і труднощі, пов'язані з очищенням таких стічних вод, деякі проекти з переробки не реалізуються. Масштабні природоохоронні заходи в багатьох країнах призвели до запровадження суворих екологічних норм щодо промислових стічних вод. Оператори можуть встановлювати системи очищення, але повинні модернізувати свої програми, щоб відповідати новим, більш суворим правилам, запровадженим пізніше. Деякі з них не в змозі задовольнити ці суворі вимоги, навіть після значних удосконалень.

Промислові стічні води містять різні концентрації органічних і неорганічних речовин. Багато з них є токсичними, мутагенними, канцерогенними або такими, що важко піддаються біологічному розкладанню. Іншими словами, вони також містять речовини, які важко розщеплюються.

Первинне очищення стічних вод - це видалення твердих речовин, частинок і масел з потоків промислових стічних вод. Сюди входять основні фізичні методи і відділення твердих частинок і нафти за допомогою первинних відстійників, нафтовідділювачів і різних сит.

Вторинне очищення стічних вод, як правило, є основною частиною системи очищення, яка розщеплює важкі та органічні речовини. Процес включає біологічне (бактеріальне) розщеплення забруднюючих речовин і домішок. Аеробна обробка активного мулу вважається одним з найефективніших методів вторинного очищення, оскільки він простий, економічний і високоефективний.

Поєднання анаеробної та аеробної обробки довело свою ефективність у видаленні широкого спектру забруднень, включаючи біологічно розкладні розчинні органічні забруднювачі.

Використання мембранних технологій в очищенні промислових стічних вод набуває все більшого поширення. Хімічні методи окислення також набирають обертів у зв'язку з жорсткими вимогами до очищення стічних вод.

Сучасні промислові очисні споруди використовують як класичні хімічні методи очищення, так і передові процеси окислення.

Третинне очищення включає такі завершальні етапи, як фільтрація, полірування та використання фільтрів з активованим вугіллям великої площі.

Для кам'яних кар'єрів і каменеобробних підприємств перший етап є найважливішим.

#### Видалення нафти

Видалення нафти зазвичай включає в себе ряд традиційних методів очищення води від нафти, включаючи гравітаційне розділення, знежирення, флотацію розчинним повітрям (DAF), деемульгування, коагуляцію і флокуляцію.

Гравітаційна сепарація ефективна для видалення вільної нафти з промислових стічних вод; водонафтові сепаратори, такі як сепаратори API, відокремлюють нафту від зважених речовин, але неефективні для видалення крапель жиру та емульсій.

Флотація розчинним повітрям (DAF) є ефективним методом очищення малих крапель нафти і емульсій; DAF використовує повітря для збільшення плавучості крапель нафти і полегшення їх розділення; деемульгування в

DAF здійснюється за допомогою хімічних речовин або теплової енергії; краплі нафти потім відокремлюються від емульгованих крапель нафти і емульсій.

Установки DAF також використовують хімічні речовини для застигання і формування більших фракцій для полегшення розділення. Емульговані мастила часто піддаються попередній хімічній обробці для зменшення стабільності емульсії перед подальшим розділенням під дією сили тяжіння.

За цим слідує підкислення і додавання катіонних полімерів/вапна для нейтралізації негативного заряду крапель жиру. Потім нафтовмісні пластівці відокремлюють, концентрують і видаляють воду.

#### **Коагуляція і флокуляція**

Більшість систем очищення промислових стічних вод використовують процес відстоювання, відомий як освітлення. Це процес, який знижує швидкість стічних вод до рівня, коли важкі частинки осідають під дією сили тяжіння. Осілі тверді частинки видаляються у вигляді мулу, а зважені частинки - у вигляді накипу.

Промислові стічні води скидаються у відстійник перед наступним етапом очищення. Ефективність цього процесу контролюється часом відстоювання, температурою і конструкцією резервуара.

Однак відстоювання без коагуляції/флокуляції видаляє лише грубі суспензії, які осідають зі стічних вод без використання хімічних реагентів. Цей тип відстоювання зазвичай проводиться у ставках, відстійниках або освітлювачах на ранніх стадіях очищення.

Коагуляція/флокуляція ґрунтується на використанні хімічних речовин (флокулянтів), які сприяють осадженню в відстійнику. Такі флокулянти, як сульфат алюмінію, хлорид алюмінію, гідроксид алюмінію та високомолекулярні катіонні полімери, додаються для видалення до 90% важких частинок з промислових стічних вод на цій стадії процесу очищення.

#### **Етапи очищення промислових стічних вод**

Комплексне очищення промислових стічних вод складається з п'яти основних етапів (рис. 3).

1. Механічне очищення
2. Фізико-хімічне очищення
3. Біологічне очищення
4. Знезараження
5. Зневоднення осаду

#### **Механічне гідроочищення стічних вод**

При механічному попередньому очищенні промислових стічних вод видаляються нерозчинні домішки. Таким чином вода готується до наступного етапу фізико-хімічного очищення.

Установки механічного очищення води складаються з

1. Сітчастого фільтра - затримує великі мінеральні та органічні забруднення
2. Сита - для відокремлення грубих домішок
3. Пісковловлювач - очищає промислові стічні води від піску.
4. Комбіноване обладнання - затримує зважені органічні забруднення і одночасно видаляє зі стоків різноманітні домішки і нерозчинні частинки.

Механічне гідроочищення промислових стічних вод видаляє зі стоків до 70% забруднень (грубодисперсні домішки, пісок і жири).

#### **Фізико-хімічне очищення стічних вод**

Водопідготовка промислових стічних вод з метою видалення зі стоків розчинених домішок. До найбільш ефективних методів фізико-хімічного очищення води відносяться

- Флотаційні методи
- Адсорбція
- Електрохімічне очищення
- Нейтралізація

#### **Біологічне очищення промислових стічних вод**

Біологічне очищення промислових стічних вод дозволяє видалити із забрудненого середовища наступне:

1. БСК, ХСК - забруднення органічного походження;
2. Фосфор і азот.

Біологічне очищення промислових стічних вод здійснюється за допомогою дощових черв'яків, спеціальних анаеробних або аеробних мікроорганізмів - біоплівки або активного мулу.

Основні методи біологічного очищення стоків:

- Анаеробне зброджування - метантенки та біофільтри.
- Активний мул - аеротенки.

Вторинні відстійники з пристроями для відсмоктування мулу також використовуються в процесі біологічного очищення промислових стічних вод. Ці пристрої повертають активний мул, зібраний на дні вторинного відстійника, в аеротенк і видаляють надлишковий мул із системи.

#### **Знезараження промислових стічних вод**

Для остаточного знезараження стічних вод використовують ультрафіолетове опромінення, хлор та озон. Хлор є високотоксичним реагентом, тому його замінюють іншими компонентами, такими як дезінфікуючі засоби або гіпохлорит.

#### **Зневоднення осаду в процесі очищення стоків**

Один з важливих етапів очищення промислових стічних вод – механічне зневоднення осаду. Є 4 технології зневоднення осаду:

1. Камерні фільтри-преси.

2. Стрічкові преси.
3. Шнекові дегідратори.
4. Центрифуги.

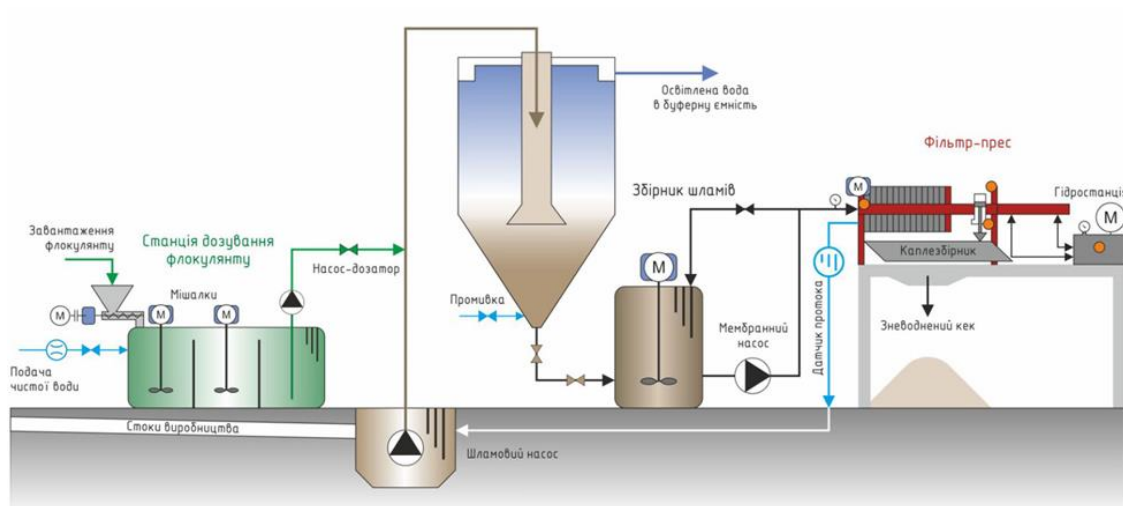


Рис. 3. Загальний вигляд комплексного очищення води

#### Список літератури:

1. Korobiichuk I., Shamray V., Korobiichuk V., Kryvoruchko A., Iskov S. Dose Measurement of Flocculants in Water Treatment of Stone Processing Plants. In: Szewczyk R., Zieliński C., Kaliczyńska M. (eds) Automation 2021: Recent Achievements in Automation, Robotics and Measurement Techniques. AUTOMATION 2021. Advances in Intelligent Systems and Computing. Springer, Cham. 2021. Vol. 1390. P. 387-394. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-74893-7\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-030-74893-7_34)
2. Lee K. E. Development, characterization and the application of hybrid materials in coagulation/flocculation of wastewater: A review / K. E. Lee et al // Chemical Engineering Journal. – 2012. – V.203. – P. 370–386.
3. Haney P. D. Principles of Flocculation Related to Water Treatment / P. D. Haney // Proceedings of American Society of Civil Engineers: Hydraulics div. – 1956. – 82: HY 4. – 1036 p.
4. Evmenova G. L. Influence of deformation of a medium on flocculation of coal dispersions / G. L. Evmenova // Journal of Mining Science. – 2008. – Vol. 44, № 3. – P. 298–301. doi:10.1007/s10913-008-0020-3