

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та
природокористування

М. О. Клименко
О. Ф. Рильський
О. В. Варжель
К. О. Домбровський
Ю. Ю. Петруша

ЕКОТЕХНОЛОГІЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД

Навчальний посібник

*Рекомендовано вченою радою Національного університету
водного господарства та природокористування*

Рівне – 2024

УДК 628.35(075.8)

E45

Рецензенти:

Лико Д. В., д.с.-г.н., професорка, зав. кафедри екології, географії і туризму Рівненського державного гуманітарного університету, м. Рівне;

Бєдункова О. О., д.б.н., професорка Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне.

Рекомендовано вченою радою Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне.

Протокол № 6 від 21 червня 2024 р.

Клименко М. О., Рильський О. Ф., Варжель О. В.,

Домбровський К. О., Петруша Ю. Ю.

E45 Екотехнології очистки стічних вод : навч. посіб. – Рівне : НУВГП, 2024. – 229 с.

ISBN 978-966-327-607-6

У посібнику розглянуті ознаки кризового стану довкілля, характеристики технологій і технологічної системи, її зміни та розвитку, технологічного майбутнього суспільств. Особлива увага приділена природоохоронним технологіям захисту водного середовища та технологічним схемам очистки стічних вод із використанням біофільтрів, біоконвеєрів, біоплато, малих очисних споруд і ролі білого амура.

Навчальний посібник рекомендується до ознайомлення здобувачам вищої освіти спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

УДК 628.35(075.8)

ISBN 978-966-327-607-6

© М. О. Клименко,
О. Ф. Рильський,
О. В. Варжель та ін., 2024
© Національний університет
водного господарства та
природокористування, 2024

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. СУТНІСТЬ, ОБ’ЄКТ, ПРЕДМЕТ, ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	9
1.1. Екологічна криза та екологічна безпека: поняття, сукупність, класифікація	9
1.2. Основні ознаки кризового стану навколишнього середовища	13
1.3. Сутність, об’єкт, предмет, основні завдання технології захисту навколишнього середовища	19
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ	26
2.1. Поняття та структура технології.....	26
2.2. Властивості технологічних процесів.....	32
2.3. Технологічні системи.....	35
2.4. Рівень технологічної системи	38
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ, ЇХ ЗМІНИ ТА РОЗВИТОК	40
3.1. Технологічні системи і розвиток галузей	41
3.2. Оптимізація технологічних процесів	41
3.3. Розвиток технологій як передумова технологічної та інформаційної революції.....	42
3.4. Оцінка соціально-екологічних результатів технологічних змін	43
3.5. Ключові моменти прогресивного розвитку технологічних систем.....	44
3.6. Принципи інвайроменталізму як суспільного явища	46
3.7. Технологічне майбутнє суспільства.....	48

3.8. Маловідходні та безвідходні технології.....	49
РОЗДІЛ 4. ПРИРОДООХОРОННІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА	51
4.1. Категорії стічних вод	51
4.2. Характеристика забруднень стічних вод	52
4.3. Технології захисту водного середовища.....	54
4.4. Створення водоохоронних зон та втілення інших водоохоронних заходів	56
РОЗДІЛ 5. ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД	65
5.1. Наявність технологій очищення води	66
5.2. Біофільтри	70
5.2.1. Процеси, які протікають при біологічному очищенні стічних вод.....	70
5.2.2. Споруди, які призначені для забезпечення біологічного очищення стічних вод.....	74
5.3. Доочищення стічних вод	83
5.4. Випуск стічних вод у водоймища.....	87
РОЗДІЛ 6. БІОТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ЗА ДОПОМОГОЮ БІОПЛІВКИ	89
6.1. Наявність технологій очищення води, ґрунту і повітря ..	89
6.2. Біофільтри, їх будова і принцип роботи	93
6.3. Мочари, їх будова і принцип роботи.....	95
6.4. Оберткові біоконтактори, їх будова і принцип роботи	99
6.5. Вимоги щодо біологічного очищення води.....	102
РОЗДІЛ 7. ПРЯМОТЕЧІЙНА БАГАТОСТУПІНЧАСТА СИСТЕМА ОЧИЩЕННЯ ВОДИ	104
7.1. Біоконвеєр, його будова і принцип роботи.....	105

7.2. Біоценози зооперифітону у системі очищення забруднених вод	110
РОЗДІЛ 8. БІОТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ (ПРИЙОМИ) ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ІММОБІЛІЗОВАНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ ТА ГІДРОБІОНТІВ	113
8.1. Переваги використання іммобілізованих мікроорганізмів	115
8.2. Приклади впровадження новітніх біотехнологій.....	119
8.3. Ефективність очищення стічних вод за допомогою волокнистого носія «ВІЯ»	126
РОЗДІЛ 9. ІННОВАЦІЙНІ БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИЙОМИ ДЛЯ ПІДСИЛЕННЯ (ІНТЕНСИФІКАЦІЇ) ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ І САМООЧИЩЕННЯ ВОДИ В РІВНИННИХ І ГІРСЬКИХ РІЧКАХ	133
9.1. Комплексне використання волокнистого носія типу «ВІЯ» в доочищенні промислових стічних вод	133
9.2. Модернізація гребель на малих річках і перетворення їх локальні очисні споруди.....	143
9.3. Використання штучного носія «ВІЯ» в аеробних системах очищення води: аеротенках, біофільтрах, локальних біореакторах очистки промислових стічних вод: Кессенера, «Сімплекс», колонного вежного ерліфтного закритого типу	149
РОЗДІЛ 10. БІОПЛАТО ЯК ОЧИСНА СПОРУДА	157
10.1. Загальна характеристика біоплато.....	157
10.2. Визначення параметрів біоплато за переробною здатністю	165
РОЗДІЛ 11. МАЛІ ОЧИСНІ СПОРУДИ	170
11.1. Установа Biotal (стандарт).....	171
11.1.1. Загальна характеристика установки Biotal.....	171

11.1.2. Технічні дані установки Biotal-T	172
11.1.3. Розрахунок ефективності очистки стічних вод установкою Biotal	181
11.2. Установка Biolos (стандарт).....	185
11.2.1. Загальна характеристика установки Biolos	185
11.2.2. Конструкція установки Biolos та принципи очищення побутових стоків	186
11.2.3. Переваги та особливості станцій біологічного очищення Biolos.....	189
11.3. Установка MakVoxBio	190
11.3.1. Загальна характеристика установки MakVoxBio ..	190
11.3.2. Конструкція установки MakVoxBio	193
11.4. Установка «Джерело».....	195
11.4.1. Загальна характеристика установки «Джерело»..	195
11.4.2. Конструкція установки «Джерело».....	197
РОЗДІЛ 12. БІОМЕЛІОРАТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ БІЛОГО АМУРА ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ВІД ЗАРОСТЕЙ МАКРОФІТІВ	199
12.1. Водяна рослинність, її вплив на стан водних екосистем	200
12.2. Роль білого амура в очищенні водних об'єктів.....	202
ПРИКЛАДИ ТЕСТІВ.....	215
ГЛОСАРІЙ.....	217
СЛОВНИК	221
ЛІТЕРАТУРА	224

ВСТУП

Водні об'єкти суші є основним джерелом водопостачання та виконують дві функції, а саме:

- джерел водоспоживання для побутових і технічних потреб;

- водойм для скиду побутових і промислових стоків.

В останні десятиліття дуже суттєво якість поверхневих вод водних об'єктів суші погіршується в результаті забруднення їх стічними водами промислових підприємств, комунального господарства та поверхневого стоку з територій населених пунктів, сільськогосподарських угідь, транспортних шляхів і промислових об'єктів.

На даний час в Україні щорічно скидається у водні об'єкти понад 20 км³ стічних вод, з них майже 6 км³ – неочищених і недостатньо очищених.

При цьому слід зазначити, що забруднення поверхневих вод водних об'єктів водойм і річок поділяється на біологічне та антропогенне.

Біологічне забруднення поверхневих вод водних об'єктів відбувається шляхом природного збільшення біомаси гідробіонтів, переважно гідрофітів, із наступним їх відмиранням і розкладанням, а також органічних речовин автохтонного й алохтонного походження, тоді як антропогенне забруднення поверхневих вод водних об'єктів і річок пов'язане з господарською діяльністю людей.

У найбільшій мірі водні об'єкти та річки за об'ємами скиду стічних вод забруднює промисловість, яка скидає більше половини всіх цих вод. На другому місці за скидами – комунальне господарство. Його частка зросла до 30%.

Частка скидів стічних вод сільського господарства

коливається в межах від 15 до 18%. На інші галузі економіки України припадає від 0,4 до 0,6% усього об'єму стічних вод.

Одночасно слід зазначити, що погіршення якості поверхневих вод водних об'єктів і річок відбувається внаслідок зниження ефективності роботи зношених очисних споруд.

Виникає потреба у пошуках більш досконалих способів і методів очищення стічних вод.

У навчальному посібнику висвітлені сучасні екотехнології захисту водних об'єктів і річок, що базуються на використанні сучасних систем водоочищення.

Навчальний посібник сформований відповідно до вимог силабуса освітньої компоненти «Екотехнології очистки стічних вод» рівня вищої освіти магістр спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

Розділи 1–5, 10–12 підготовлені до друку доктором сільськогосподарських наук, професором Клименком М.О. та доктором філософії, старшою викладачкою Варжель О.В.

Розділи 6-9 підготовлені доктором біологічних наук, професором Рильським О.Ф., кандидатом біологічних наук, доцентом Домбровським К.О., кандидаткою біологічних наук, доценткою Петрушею Ю.Ю.

РОЗДІЛ 1. СУТНІСТЬ, ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ, ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

- 1.1.** Екологічна криза та екологічна безпека: поняття, сутність, класифікація
- 1.2.** Основні ознаки кризового стану навколишнього середовища
- 1.3.** Сутність, об'єкт, предмет, основні завдання технології захисту навколишнього середовища

Кінець ХХ і початок ХХІ століття ознаменувався створенням складної та суперечливої ситуації у взаєминах «людина-природа». Причиною цього є те, що людство, використовуючи сучасні технології, стає наймогутнішим планетарним фактором негативного впливу на навколишнє середовище, а природа під впливом цього фактора зазнає деградаційних змін на локальних, регіональних і глобальних рівнях.

Виникає потреба в екологізації виробництва, створенні та використанні біосферосумісних екотехнологій.

1.1. Екологічна криза та екологічна безпека: поняття, сукупність, класифікація

Історія свідчить, що життя на Землі час від часу циклічно трансформувалось швидкими кардинальними змінами катастрофічного (чи кризового) характеру, які обумовлювали докорінну зміну рослинного і тваринного світу. Так, на початку палеозойської ери в морях і океанах різко зменшилась чисельність безхребетних організмів, натомість бурхливо почали розвиватись хребетні, вкриті панцирами (молюски, трилобіти). Вкінці епохи палеозою вимерли великі земноводні та більшість папоротевих рослин. У середині крейдяного періоду швидко з'явилися та

поширилися покритонасінні рослини, а наприкінці цього періоду раптово вимерли динозаври, натомість бурхливо почали розвиватися ссавці. Однак ці зміни та події хоч і змінювали довкілля, але були не в змозі знищити біосферу.

Зазвичай вирізняють екологічні природні кризи (катастрофи), які зумовлені поведінкою самої планети Земля (урагани, повені, землетруси, вулканічні виверження) і Космосу (падіння метеоритів, зіткнення з астероїдами, удари комет, ультрафіолетове випромінювання, поведінка магнітного поля Землі).

Природні екологічні кризи простежуються також на взаєминах конкурентного гатунку «хижак-жертва» або на порушенні співвідношення між консументами, продуцентами та сапрофітами.

Однак, на думку більшості вчених, переважаючими кризами, які мають особливе значення, є забруднення навколишнього середовища, зумовлене двома обставинами: по-перше, людина як геологічна сила на оболонці Землі чинить особливо потужний згубний вплив на навколишнє середовище; по друге, ці кризи за принципом бумеранга обертають свою негативну дію на сам суб'єкт (людину, екосистеми).

За пропозицією В.С. Крисаченка виділяють наступні основні форми екологічної кризи антропогенного походження:

- **компонентні** (видові) екокризи, зумовлені зникненням, вимиранням або міграцією певних видів чи компонентів екосистем внаслідок відповідних дій людини однак, екосистеми навіть у такому стані не втрачають самоідентичності;

- **репрезентативні** (локальні) екокризи почали виникати із заміною природних екосистем на штучні ценози, з появою продукуючого господарювання: розорювання степу, осушення боліт, знищення лісів,

видобування корисних копалин відкритим способом тощо; за цих умов зруйновані екосистеми не завжди можуть відновлюватись до попередніх станів;

- **тотальні** (панойкуменні) екокризи стали звичним явищем з часів промислової революції й є своєрідним продовженням і посиленням локальних екокриз лише з тією різницею, що деградації зазнають не окремі екосистеми, а переважна більшість із них або усі загалом. Наприклад, осушення боліт і перезволоження земель Полісся України завдало непоправної шкоди величезній кількості екосистем із втратою біорізноманіття;

- **глобальні** (біосферні) екокризи пов'язані з порушенням рівноваги в основних структурних блоках біосфери (атмосферному, гідросферному, літосферному, ґрунтовому).

Біосфера під впливом людської діяльності поступово втрачає свої самоорганізаційні можливості. Первопричинами глобальної екокризи визначаються: швидке зростання масштабів виробництва, недосконалість технологій виробництва, тип соціально-економічних відносин, криза духовної культури людини.

За останнє століття індустріального розвитку концентрація вуглекислого газу в атмосфері зросла на 12–18%, надходження пилових частинок збільшилось на 10–20%, освітленість планети знизилась на 7–10%. В оточуючому нас природному середовищі нині циркулюють мільйони тонн забруднюючих токсичних речовин, у тому числі й синтетичного походження.

Повсюдно в економічно розвинутих країнах різко зростає захворюваність населення на гіпертонічні хвороби, інфаркт міокарда, інсульти, ракові пухлини тощо.

Варто усвідомлювати також, що глобальна екологічна криза, обумовлена шкідливими природними та антропогенними факторами, формує загрозу суттєвого

погіршення якості навколишнього середовища, ураження людей, особин і популяцій, інших угруповань живих організмів, що являє собою таку ж серйозну небезпеку, як і небезпеки від ведення військових дій.

Сьогодні більшість людей усвідомлює, що однією з найактуальніших проблем сучасності, яку необхідно вирішувати, є проблема безпеки людської цивілізації, яка спонукає до пошуку шляхів екологізації виробництв.

Враховуючи це, під дефініцією екологічна безпека слід розуміти стан, за якого всі складові природного оточення є оптимальними для нормального функціонування та розвитку людської цивілізації чи коли діяльність людини (технологій) здійснюється в режимі мінімізації шкідливих впливів на природне оточення.

Нині за пропозицією М. Кисельова виділяють наступні рівні екологічної безпеки чи безпеки конфліктогенності:

- **міжвідомчі** – обумовлені тим, що реальну загрозу природному середовищу створює та обстановка, за якої у всьому світі природокористування й охорона природи як види діяльності розділені організаційно й концептуально. За цих обставин одні відомства експлуатують природу, а інші – малочислені та малоспроможні – намагаються її оберігати та охороняти;

- **міжрегіональні** – зумовлені тим, що виникають через забруднення територій промисловістю одного регіону територій і сусіднього або розподілу природних ресурсів (річок, покладів корисних копалин, водних об'єктів та інших ресурсів), які не підлягають територіальній демаркації;

- **між відомствами та громадськістю** – виникають у випадках, коли відомства дотримуються режиму суворої секретності щодо екологічної обстановки в зоні їх діяльності (атомна енергетика, виробництво цементу,

очисні споруди, виготовлення меблів, викиди від пересувних джерел у містах тощо);

- **міждержавні** (міжнародні) – зумовлюються тим, що нині екологічна ситуація в кожній окремій країні вже не може бути внутрішньодержавною, так як вона за певних обставин (катастроф) може впливати на інші країни та їх населення (катастрофа на ЧАЕС, США спалює кисень більше, ніж його продукують ліси цієї країни).

Фахівці прогнозують, що у майбутньому можуть виникати не лише конфлікти, але і війни за енергетичні ресурси та воду, яка є дефіцитом для половини населення Землі.

Таким чином, забезпечення екологічної безпеки шляхом підтримання екологічного стану на прийнятному рівні за визначальними її параметрами може досягатися лише завдяки цілеспрямованій діяльності людей, направленій на здійснення комплексу заходів організаційно-технічного, соціально-економічного характеру, правового регулювання тощо.

1.2. Основні ознаки кризового стану навколишнього середовища

Сучасний техногенно-економічний розвиток цивілізації зумовив глобальну екологічну кризу внаслідок того, що економічні та екологічні інтереси більшості країн за своїм змістом, метою та методами досягнення нині є скоріше протилежними, аніж тотожними й узгодженими.

Екологічні (навколишнього середовища) інтереси полягають у збереженні біорізноманіття, здоров'я людей, їх життєдіяльності, тоді як економіка орієнтується на задоволення насамперед матеріальних потреб людини, яке здійснюється при застосуванні недосконалих технологій шляхом нищівної експлуатації природних і людських ресурсів. Ці суперечності між зростанням економічних

потреб суспільства та можливостями навколишнього середовища компенсувати збитки, завдані йому втручанням людини (технологіями), нині набувають дедалі більшої гостроти, насамперед у країнах із розвинутою економікою.

Враховуючи наявність цих суперечностей на Конференції ООН з довкілля та розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992 р.) було прийнято рішення щодо переорієнтації напрямків розвитку країн на новий шлях, а саме: від прискореної технізації та споживацтва до ідеології виживання, через заміну економічної парадигми на екологічну.

Нині вирізняють наступні соціальні, економічні та екологічні загрози розвитку суспільств, що виникли внаслідок людської діяльності.

Парниковий ефект та зміни клімату, які сформувалися внаслідок викидів в атмосферу Землі парникових газів двооксиду вуглецю, оксидів азоту, метану та сірки, а також супутніх газів (монооксиду вуглецю, фреонів), що призводить до глобального потепління. За прогнозами науковців середня температура поверхні землі зросте до кінця XXI століття на 1,4–5,8° С, що посприє:

- таненню льоду на полюсах планети;
- підняттю рівня океанів і морів;
- затопленню значних територій на всіх континентах;
- зростанню кількості природних лих, повеней, цунамі;
- опустелюванню земель, яке включає водну та вітрову ерозію ґрунтового покриву;
- засоленню та втраті родючості ґрунтів і зменшенню біорізноманіття.

Зараз опустелювання зазнає 1/4 всієї поверхні землі, де проживає майже один мільярд людей. Зі зменшенням озонового шару, який захищає людей і довкілля від згубного впливу ультрафіолетових і рентгенівських

променів, організми на планеті Земля опромінюються високим рівнем радіації та зазнають значних генетичних змін.

До озоноруйнуючих речовин відносять так звані хлорфторовуглеводні (фреони) – хімічні сполуки, які внаслідок фотодисоціації у верхній стратосфері утворюють оксиди хлору та бромю, що і руйнує озон. Сполуки, визнані озоноруйнуючими, використовуються у медицині, холодильній техніці, пожежних установках. Ці речовини визнані небезпечними для озоносфери Землі Монреальським протоколом про речовини, що руйнують озоновий шар, у 1987 р. і заборонені до використання.

Виникнення кислотних дощів пов'язане з надходженням до атмосфери двооксиду сірки та азоту, що утворилися при спалюванні палива (вугілля, мазуту, твердого палива).

Ці сполуки двооксидів сірки та азоту, з'єднуючись в атмосфері з парами та краплинами води, утворюють атмосферні опади, які містять сірчану та азотну кислоти. Внаслідок цього при випадінні «кислих дощів» підкислюється вода у річках, озерах і знижується їх біопродуктивність, підкислюються ґрунти, пошкоджується листовий апарат рослин, від корозії руйнуються будівлі, металеві конструкції, транспортні засоби тощо. Вперше згубні наслідки «кислотних дощів» зафіксовані у 70-х роках ХХ століття у Північній Європі, США, Канаді.

Втрата біорізноманіття (біологічного різноманіття) різноманітних живих організмів Землі на всіх рівнях організації живого та в усіх просторово обмежених середовищах існування (наземних, прісноводних, морських) також зумовлюється діяльністю людини, а саме: знищенням або зміною еконіш видів організмів (вирубування лісів, вирощування монокультур, розорювання земель, осушення боліт, зрошення, забудова

територій, використання надр, пожежі, побудова водосховищ); надмірним (понад норм, квот) використанням цінних видів рослин, тварин без урахування їх самовідновлювальних можливостей.

Нині на планеті за прогнозами налічується від 5 до 100 млн видів флори та фауни, з яких визначено та описано лише 1,75 млн видів. Щодня внаслідок негативного впливу людської діяльності на планеті зникає до 150-ти видів флори та фауни. За таких темпів втрат біорізноманіття людство може через 50 років позбутися від чверті до половини усіх біологічних видів, які існують на Землі.

Екологічну загрозу довкіллю завдає надмірне **пестицидне навантаження**.

Пестициди – речовини хімічного чи біологічного походження, які використовуються проти організмів, що завдають шкоди сільськогосподарським культурам, лісовим насадженням, запасам сільськогосподарської продукції, а також для знищення небажаної рослинності, збудників хвороб і переносників захворювань.

Пестициди поділяються за: хімічним складом, показником токсичності, ступенем стійкості, ступенем безпечності. Наднормативне застосування пестицидів спричиняє негативні наслідки: забруднення довкілля, накопичення залишків у продуктах харчування, вплив на екосистеми різного рівня та здоров'я людей. Нині близько 500 тис. осіб у світі зазнали отруєнь пестицидами, які знаходилися в повітрі, ґрунті, воді та продуктах харчування.

В Україні нині нараховуються понад 22 тис. тонн застарілих і заборонених до використання пестицидів, основна частина яких зберігається в аварійних і непристосованих приміщеннях, що є загрозою забруднення ґрунтів і водоносних горизонтів.

Знеліснення. Ліси, особливо у тропічній зоні, відіграють важливу роль у збереженні біорізноманіття.

Вони поглинають вуглекислий газ і виділяють кисень в атмосферу у процесі фотосинтезу рослинності. Займаючи лише 7% поверхні землі, тропічні ліси є домом існування 50–80% видів флори та фауни на планеті. За останні 200 років площа лісів світу зменшилась майже вдвічі.

Причинами знеліснення територій є вирубування лісів для одержання деревини, підготовка площ для будівництва або сільськогосподарського використання, а також загибель лісонасаджень внаслідок стихійних лих, пожеж, масового розмноження комах і поширення хвороб лісу.

Ліси в Україні займають 14,3% території країни порівняно з 28% у 1850 році. Несанкціоноване вирубування лісів у Карпатських горах в 90-х роках минулого століття призвело до катастрофічних повеней 1998–2000 років.

Забезпечення населення питною водою. Відомо, що 70% Землі вкрито водою, проте лише 2,5% цієї води є прісною й у якійсь мірі придатною для споживання. За даними Організації Об'єднаних Націй, 1/6 світового населення або 1,1 млрд осіб позбавлені можливості доступу до питної води.

Неякісна питна вода є головним чинником, що негативно впливає на здоров'я людини.

Щороку понад 80% усіх хвороб і близько 25 млн смертей на планеті пов'язано із вживанням неякісної води.

В Україні 2/3 населення споживає воду з річки Дніпро, яка має надзвичайно низьку якість і за окремими показниками перевищує 5-й клас забруднення за 5-бальною системою. Лише вода окремих річок Криму та Карпат є відносно чистою та відноситься до 3-го класу забрудненості. За даними спостережень кожен 14-й зразок води із централізованого водопостачання не відповідає санітарним нормам за біологічними показниками, а кожен 5-й зразок централізованої системи не відповідає нормам за хімічними показниками.

Споживання питної води населенням України з шахтних колодязів і свердловин також не гарантує, що ця вода відповідає санітарним нормам, так як в ній знаходяться високі концентрації заліза, нітратів фосфору, а подекуди і нітритів.

Забруднення радіонуклідами. Чорнобильська катастрофа, яка трапилась 26 квітня 1986 року на ЧАЕС внаслідок руйнування реактора, супроводжувалась викидами як короткоіснуючих, так і довгоіснуючих радіонуклідів. На початковій стадії катастрофи найбільший негативний вплив мали радіонукліди йоду, а згодом основним джерелом опромінення став Цезій-137.

Глобального забруднення зазнала вся планета. Найбільше постраждали території сусідніх з Україною країн. Загальна площа радіоактивного забруднення становила майже 53,3 тис. км², в яких налічувалось 2293 населені пункти.

Дослідники прогнозують, що від наслідків катастрофи на ЧАЕС фатальних захворювань на рак буде не менше, ніж 900 тис.

Під час Фукусімської аварії на АЕС 11 березня 2011 року було зруйновано 1–3 блоки станції. Тоді було відселено з 20-тикілометрової зони 150, а за деякими даними 200 тис. жителів. Радіоактивного забруднення зазнала значна територія Японії. У води тихого океану було скинуто понад 18000 терабеккерель цезію-137.

Зростання бідного населення. Згідно даних щорічної доповіді ООН з розвитку людства на кінець ХХ століття 1 мільярд людей на планеті не міг задовольнити мінімальні потреби та був за межею бідності. Одночасно із 4,4 мільярдів людей, які живуть у країнах, що розвиваються, 3/5 проживають у неналежних санітарних умовах, що призводить до поширення інфекцій і хвороб.

Нині існують інші думки щодо причин зростання

температури повітря Землі на 0,7–0,8° С. Причину науковці й екологи громадських організацій вбачають у різкому зростанні вулканічної діяльності в Гренландії й Антарктиді й таненні льодовиків знизу, що призводить до підняття рівня світового океану. Спостерігається танення вічної мерзлоти на території Російської Федерації та виділення метану у значних обсягах, що посилює парниковий ефект. За прогнозами цих науковців на період 2030–2036 років вулканічна діяльність досягне свого максимуму, і наслідки від забруднення атмосфери Землі можуть призвести до різкого похолодання всієї її поверхні. Відповідно це вплине і на виживання людства в умовах всепланетарної катастрофи.

1.3. Сутність, об'єкт, предмет, основні завдання технології захисту навколишнього середовища

Головною рисою сучасного етапу еволюційних і біфуркаційних змін при переході країн на засади сталого розвитку є зростання ролі соціально-економічно-екологічного фактора їх розвитку.

Країни, компанії, промислові підприємства, виробництва все частіше на основі задекларованих принципів на конференції ООН з навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро (1992 р.), приймають і реалізують політику соціальної, екологічної відповідальності та розробляють стратегії, що спрямовані водночас на збереження природи, поліпшення виробничого середовища та забезпечення стабільного прибутку.

Як стверджує провідний розробник цієї стратегії С. Гарта, основне її завдання полягає у розробці глобальної екологічно безпечної моделі економіки, тобто економіки, яка могла б функціонувати вічно, не виснажуючи ресурси планети. Це надзвичайно складне завдання, проте відкриває можливості для творчості.

Нині вирізняють наступні рівні екологічної відповідальності в технологічній політиці підприємств і виробництв (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Рівні екологічної відповідальності	
Назва рівня	Короткий зміст
1 рівень. Запобігання забрудненню	На цьому найнижчому рівні не боряться зі шкідливими відходами вже після того, як вони потрапили в повітря, ґрунт, воду, а намагаються цілеспрямовано забезпечити усунення чи мінімізацію саме можливості забруднення довкілля. Компанії на цьому рівні зазвичай практикують методи «зеленого маркетингу», розробляють екологічно безпечні товари, упаковку, що утилізується, вдосконалюють методи контролю за забрудненнями, впроваджують енергозберігаючі технології тощо.
2 рівень. Управління товаром	На цьому рівні більше уваги приділяють управлінню товаром, намагаючись мінімізувати не тільки забруднення довкілля під час випуску товару, але і його вплив на довкілля на всіх етапах життєвого циклу. Компанії використовують технології безпечного дизайну (передбачають всі можливі види впливу товару на довкілля), прагнуть створювати товари, які можна легко відновити чи переробити.
3 рівень. Нові екологічні технології	Компанії усвідомлюють потребу та розробляють нові екологічні технології, що забезпечить їм перехід до стратегії вищої екологічної відповідальності.
4 рівень. Екологічний підхід	Компанії можуть розробляти єдиний екологічний підхід і керуватися ним при впровадженні та розробці нових технологій. Даний підхід визначає, яких змін повинні зазнати товари та послуги компанії, її стратегії та технологічні процеси, і які наукові розробки необхідні для реалізації цих технологічних змін.

Зазвичай більшість сучасних компаній і виробництв відповідають першому рівню. Відповідно, вони в основному вкладають кошти у попередження забруднення довкілля.

Більш прогресивними будуть компанії та виробництва, які, разом із цим, займаються ще й управлінням товаром і розробкою нових екологічних технологій. Особливої похвали заслуговують компанії та виробництва, які розробляють чітко сформований єдиний екологічний підхід.

Одночасно слід зазначити, що розвиток технологій всіх галузей виробництва, надання послуг, науки й освіти в Україні є першочерговим завданням, так як від його вирішення залежить розвиток економіки, стан соціальної сфери та стан довкілля.

Для результативного управління соціально-економіко-екологічним розвитком сучасному фахівцю необхідні всесторонні знання про технології, закономірності їх розвитку та вдосконалення. Важливо також мати на увазі, що практична діяльність технолога захисту навколишнього середовища тісно пов'язана з процесом забезпечення екологічної безпеки технологій, що набувають все більшого значення на шляху до усунення перешкод до інтеграції України до ЄС.

У минулі роки проблеми, пов'язані з технологічним прогресом, вивчались поверхнево при вивченні, в основному, економічних навчальних дисциплін. Основні питання сучасних теорій інноваційного розвитку феномену технології як економічної категорії, його ролі та значення в економічному, соціально-екологічному розвитку суспільства є для технологів захисту навколишнього середовища невідомими.

Виникає потреба також покращення знань у фахівців із таких питань, як екологізація технологій.

Посібник, його структура, спрямованість націлені на вивчення навчальної дисципліни «Технології захисту навколишнього середовища».

Технології («техне» – ремесло, «логос» – наука) **захисту навколишнього середовища** – міждисциплінарна галузь знань, яка вивчає феномен технології як економічної категорії, проблеми механічного прогресу та використання екотехнологій.

Метою технології захисту навколишнього середовища є формування у здобувачів вищої освіти наступних компетентностей:

- прагнення до збереження навколишнього середовища та забезпечення сталого розвитку суспільства;
- здатність до абстрактного й аналітичного мислення, узагальнень, аналізу та синтезу;
- здатність оцінювати вплив на навколишнє середовище об'єктів, кризових явищ,
- недосконалих технологій;
- здатність розробляти та впроваджувати екотехнології для захисту довкілля.

Об'єктом технології захисту навколишнього середовища є технологічні системи, технології захисту навколишнього середовища.

Предметом технології захисту навколишнього середовища є структура, складові частини технологічних процесів, екотехнологій.

Технології захисту навколишнього середовища як молода наука використовує загальнонаукові методи дослідження: системного аналізу, синтезу, аналогій, абстрагування, а також конкретно-наукові методи, а саме: спостережень, експерименту, порівняння, формалізації.

Завдання технології захисту навколишнього середовища.

До основних завдань навчальної дисципліни

належать:

- знати основні поняття технології;
- вивчити структуру, складові частини технологічного прогресу;
- знати шляхи та закономірності розвитку технологічних процесів;
- ознайомитись зі змінами технолого-економічних систем у суспільстві;
- навчитись проектувати системи та використовувати технології поводження з відходами та їх рециклінгу;
- навчитись впроваджувати технології захисту навколишнього середовища;
- знати зв'язок кризи навколишнього середовища з появою нових екологічно небезпечних технологій;
- знати ідеї екологізації виробництва;
- познайомитись із біосферосумісними екотехнологіями.

Історико-еволюційне формування фізичного типу людини, розвитку її трудової діяльності, мови та культури супроводжувалось зростаючим впливом на довкілля.

Вирізняють п'ять етапів взаємодії людини та природи, яке розпочалося 2,0–1,8 млн років тому.

Перший етап тривав впродовж періоду з 2 млн років до 40 тис. років тому. Людина первісна задовольняла свої першочергові потреби у продуктах харчування, житлі, безпеці та довкіллі, наносячи мінімальну шкоду. Примітивне полювання, рибальство, збирання їстівної рослинності також не руйнувало природне середовище.

Другий етап розпочався з часу, коли людина оволоділа знаряддями праці. Це зумовило перший поділ праці, коли відокремились кочові (скотарські) від осілих (землеробських) племен (приблизно 40 тис. років тому).

Сформувалися перші одиничні поселення, удосконалювався обробіток землі, особливо після появи плуга, та способи випасання худоби. Наслідком цього було посилення тиску на ґрунти, і вони після розорювання стали поступово деградувати. Надмірне випасання худоби призвело до деградації рослинного покриву та проявів водної ерозії. Підпали лісу для створення ріллі знищували лісові екосистеми (рослинність, птахи, комахи, тварини), внаслідок чого порушувалась рівновага у природі на певних територіях. Деградація ґрунтів і пасовищ змушувала людей покидати свої поселення та стійбища і переміщуватися у необжиті місця, усвідомлюючи, що види їхньої діяльності згубно впливають на довкілля.

Третій етап розвитку техногенного впливу виділяють від початку нової ери до 1905 року. За цей період людство здійснило первинну механізацію праці, винайшло та застосувало паровий двигун, побудувало залізниці, відкрило електрику, а А. Ейнштейн (1905 р.) відкрив теорію відносності. Парові двигуни потребували палива, що спонукало до вирубування лісів, видобування кам'яного вугілля, руди для виготовлення металу, а потім машин і обладнання. Тиск на довкілля зростав швидкими темпами.

Четвертий етап умовно закінчився у 1972 році, коли у Стокгольмі закінчила свою роботу перша міжнародна нарада з проблем навколишнього середовища, на якій розглядалися питання впливу техногенезу на людину. Необхідність розгляду цієї проблеми була зумовлена прогресуючим техногенезом, проявами криз на локальних і регіональних рівнях, зростанням кількості захворювань, пов'язаних із погіршенням якості довкілля та екстремальними умовами праці.

П'ятий етап триває нині. Він характеризується прискореним розвитком екобезпечних технологій, їх негативним впливом на суспільство. Одночасно

складнішими стали впливи суспільства на навколишнє середовище. Розвиток хімічної промисловості зумовив відкриття синтетичних сполук, яких не знала природа, а, відтак, і нових матеріалів, які не підлягають утилізації у природних умовах. В атмосферне повітря міст викидається велика кількість забруднюючих речовин від промислових підприємств і автотранспорту, великі обсяги неочищених стоків скидається до водних об'єктів, знищується біорізноманіття, деградує ґрунтовий покрив. Екологічні кризи поширюються по континентах.

ПИТАННЯ ДО САМОПЕРЕВІРКИ

1. В чому полягає і проявляється екологічна криза?
2. Які форми екологічних криз Ви знаєте?
3. Назвіть основні ознаки кризового стану навколишнього середовища.
4. Охарактеризуйте рівні екологічної відповідальності в технологічній політиці підприємств і виробництв.
5. Які компетенції у здобувачів вищої освіти формує навчальна дисципліна «Технології захисту навколишнього середовища»?
6. Мета, об'єкт, предмет початкової дисципліни «Технології захисту навколишнього середовища»?
7. Завдання початкової дисципліни «Технології захисту навколишнього середовища»?
8. Охарактеризуйте етапи взаємодії людини і природи.

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ

- 2.1. Поняття та структура технології
- 2.2. Властивості технологічних процесів
- 2.3. Технологічні системи
- 2.4. Рівень технологічної системи

Нині більшість із нас розуміють необхідність захисту навколишнього середовища й одночасно не усвідомлюють того, що існує реальна потреба охорони, насамперед, людини та забезпечення існування наступних поколінь.

При цьому слід зазначити, що кризові явища у навколишньому середовищі зумовлені, з однієї сторони, використанням і появою нових екологічно небезпечних технологій, а з іншої – зростаючими масштабами сучасного ресурсноємкого та енергоємкого виробництва та продукування значних за обсягами відходів, які не «вписуються» в природний кругообіг речовин у біосфері.

Вочевидь настав час зосередити увагу на розробці та приміненні екологічно прийнятних технологій, які будуть сприяти стійкому економічному розвитку суспільств і заміні нині діючих економічно недоцільних і екологічно шкідливих.

2.1. Поняття та структура технології

У перекладі з грецької мови термін «технологія» («*техне*» – ремесло, «*логос*» – наука) означає науку, що вивчає способи та процеси, дії одержання та переробки продуктів природи у предмети споживання та засоби виробництва. На сьогодні швидкими темпами зростає технологізація різних сторін не лише виробничої сфери, але і невиробничої. Відповідно виникає потреба в уточненні змісту у понятті терміну «технології».

Технологія нині – це наука про способи та процеси виробництва сировини, матеріалів, виробів у виробничій та послуг у невиробничій сферах.

Народне (суспільне) господарство в цілому становить об'єднаний цілісний комплекс, який складається з виробничої та невиробничої сфер (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Складові частини технологічного народногосподарського комплексу

Згідно рис. 2.1 виробнича сфера включає промисловість, сільське господарство, будівництво.

Промисловість поділяється на галузі, що визначають збалансований розвиток, а саме: енергетика, машинобудування, інформаційна, металургія та ін. Одночасно за економічним призначенням продукції промисловість поділяється на групи: А (виробляють засоби виробництва), Б (виробляють предмети споживання).

Галузі виробництва, у свою чергу, за ознакою впливу на предмет праці поділяються на видобувні та переробні.

Видобувні галузі здійснюють видобування природної сировини (вугілля, нафта, газ, корисні копалини), тоді як переробні галузі займаються переробкою сировини. Переробна галузь також поділяється на галузі, що переробляють продукцію видобувної промисловості, та галузь, яка переробляє сільськогосподарську сировину.

Сировина визначається як сирій матеріал (предмет праці), на видобування або виробництво якого було затрачено певну працю. Вирізняють первинну сировину (предмет, на який було затрачено працю в перше) і вторинну сировину (відходи виробництва, фізично або морально застарілі предмети праці що підлягають переробці). Одночасно сировинну класифікують на: природну, яка добувається із надр землі, рослин, тварин і поділяється на органічну (шерсть, льон, конопля, бавовна, деревина) і мінеральну (руда, вапно, азбест); штучну, яку одержують шляхом переробки природної сировини і також поділяють на органічну (віскоза, ацетатне волокно) і мінеральну (силікати, металеві волокна, базальтові волокна).

Залишок сировини або матеріалу, який не може бути використаний у процесі виробництва запланованого виду продукції з використанням недосконалих технологій, називають відходами.

Ці відходи за обсягами накопичення складають лише у Рівненській області величини: промислових відходів I–IV класів небезпеки станом на 01.01.2019 р. 26066,7 тис. т; твердих побутових відходів – біля 200 тис. т. Окрім цього, у відвалах площею 58,2 га на ПАТ «Рівнеазот» накопичено та зберігається 15,4 млн т фосфогіпс-дигідрату-відходів від виробництва фосфорної кислоти.

На переробку та заготівельні пункти вторинної сировини направляється лише біля 23 тис. т, що складає 2% від загального обсягу зібраних ТПВ. У накопичувачі токсичних відходів ПАТ «Рівнеазот» площею 2,09 га заскладовано 2,3 тис. т небезпечних відходів (переважно моноетаноламіну), залишок пестицидів (заборонених і непридатних до використання ХЗЗР) на території області становить 46,8 т.

Одночасно в с. Шпанів діє завод із переробки твердих побутових відходів. Проектна потужність цього заводу 120 тис. т на рік. Виробляється альтернативне паливо «флафф», яке спалюється на цементному заводі компанії «Dyckerhoff AG» у м. Здолбунів.

Обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел в області складав понад 9 тис. т, а від пересувних – понад 42 тис. т.

У поверхневі водні об'єкти області щорічно скидається понад 52 млн м³ зворотних вод. У складі цих вод нормативно очищені складають 23,4 млн м³ неформально очищені – 4,5 млн м³, а нормативно чисті без очистки – біля 18 млн м³.

В результаті екстенсивного землеробства в області сільськогосподарського освоєння її території становить 85,3% а розораність сільськогосподарських угідь – 77,8%.

Деградація ґрунтів відбувається внаслідок проявів процесів водної, рідше вітрової ерозії, дегуміфікації, декальцинації, переущільнення сільськогосподарською

технікою, підтоплення та вторинного заболочування осушуваних земель, заростання земель бур'янами та чагарниками.

Основою діяльності будь-якого підприємства, що входить до галузей промисловості, сільського господарства, будівництва є виробничий процес. Виробничий процес слід розуміти як сукупність дій людей і знарядь праці, що застосовуються на підприємстві для виробництва продукту або послуги.

Виробничий процес створення, виготовлення будь-чого (продукту, послуги) неможливий без реалізації одного або декількох технологічних процесів. Технологічний процес є складовою виробничого процесу, що містить дії, спрямовані на зміну стану предмета праці. Зазвичай здійснення технологічного процесу передбачає складання схеми, в якій описуються всі технологічні операції з переробки сировини, напівфабрикатів у готову продукцію або створення певного виду послуг.

Першим етапом побудови технологічної схеми є блок-схема, що представляє собою графічне зображення ряду виробничих операцій. Наступна – якісно-кількісна схема – технологічна блок-схема із значенням на ній даних про якість і кількість кожного з одержаних у цьому процесі продуктів. До технологічної схеми входять також ланцюг апаратів (обладнання), на якому вказується послідовність розташування їх (всіх типів) як основного, так і допоміжного (транспортного), що застосовується у технологічному процесі. Зрозуміло, що для різних технологічних процесів розробляються різні технологічні схеми.

Вибір певного технологічного процесу залежить від типу виробництва. Більше того, здавалось би подібні технологічні процеси виробництва сировини для виготовлення продуктів харчування будуть кардинально

відрізнитися від сировини виготовлення, наприклад металу. За виробничою програмою та характером продукції розрізняють три типи виробництва: одиничне, серійне, масове.

Одиничне виробництво характеризується незначним обсягом випуску однакової продукції чи послуг, тоді як серійне характеризується виготовленням виробів чи послуг періодично повторювальними партіями, а масове характеризується великим обсягом виготовлюваних виробів або створювальних послуг протягом тривалого періоду часу.

Технологічний процес або технології є основою будь-якого виробництва, яке пов'язане з переробкою сировини та виготовленням готової продукції. Він включає ряд стадій, які поділяються на операції (закінчена частина технологічного процесу), яка, у свою чергу, складається з робочого ходу, допоміжних ходів і переходів та установу.

***Робочий хід** – це закінчена частина операції, безпосередньо пов'язана зі зміною форми, розмірів, структури, характеристик предмета праці.*

***Допоміжний хід (перехід)** – це частина операцій, що не супроводжується обробкою предмета праці, але необхідна для виконання операції.*

***Установ** – це закінчена частина операцій (контрольний замір), що виконується при незмінному стані предмета праці.*

Поділ технологічного процесу на стадії здійснюється для того, щоб: виявити його складові, що ідуть найбільш повільно, оцінити шляхи та вартість їх прискорення; проаналізувати особливості витрат праці та можливі варіанти їх економії.

Відповідно вибір найбільш економічних і раціональних операцій є одним із шляхів підвищення ефективності будь-якого виробництва.

2.2. Властивості технологічних процесів

Технологічні процеси характеризують за параметрами, а саме: першої, другої, третьої групи.

Перша група параметрів характеризує індивідуальні особливості конкретних технологічних процесів (тиск, температура, склад сировини та ін.). Ці параметри дозволяють виокремити технологічний процес із ряду однотипних, але не дозволяють дослідити його розвиток.

Друга група параметрів характеризує ряд окремих технологічних процесів, а саме: енергоємність, фондомісткість, витрати матеріальних ресурсів на одиницю продукції, техноємність, параметри ефективності та ін. За цими параметрами можна порівняти різні однотипні технологічні процеси.

Третя група параметрів придатна для виявлення закономірностей розвитку технологічних процесів (жива та минула праця). Для кожного виробничого процесу є характерними ознаками витрати живої і минулої праці (продуктивності праці).

Відповідно для характеристики технологічного процесу постійно необхідно знати співвідношення живої та минулої праці в ньому. За співвідношенням живої і минулої праці визначають показник технологічної озброєності за формулою:

$$B = \frac{\Phi}{K}, \quad (2.1)$$

де B – технологічна озброєність, грн/чол. рік;

Φ – технологічні фонди, грн/рік;

K – кількість працюючих у технологічному процесі, чол.

Технологічний фонд – це річні витрати минулої праці в технологічному процесі.

Технологічні процеси класифікують за такими ознаками: вид впливу на сировину, спосіб організації, кратність обробки сировини та ін.

За характером якісних змін сировини технологічні процеси поділяються на: фізичні (подрібнення, перегонка) та хімічні (приготування розчинів, процеси синтезу).

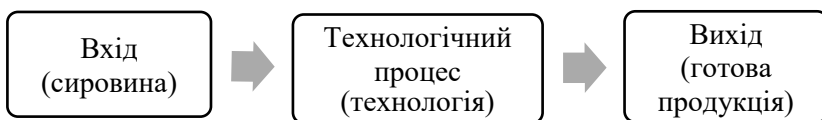
За способом організації технологічних процесів вони характеризуються чергуванням робочих і допоміжних ходів.

Неперервний технологічний процес не має чітко вираженого робочого та допоміжних ходів.

За кратністю обробки сировини технологічний процес ділиться на процеси з: відкритою (розімкненою) схемою та циркуляційною (замкнутою) схемою.

У технологічному процесі з розімкнутою схемою сировина піддається однократній обробці, тоді як у замкнутій системі – багатократній обробці.

У загальному вигляді будь-який технологічний процес має вигляд системи із входом і виходом.



Будь-які технологічні процеси при їх використанні потребують удосконалення або заміни на більш прогресивні. Нині виділяють два напрямки вдосконалення технологічних процесів, а саме: вдосконалення допоміжних ходів і вдосконалення робочого ходу.

При реалізації першого напрямку дії людини на виробництві замінюються дією механізмів. При цьому зміни суті технологічного процесу не відбувається. Шлях розвитку технологічного процесу при вдосконаленні

допоміжних ходів визначається як еволюційний.

Технічні рішення, що реалізуються під час розвитку технологічних процесів еволюційним шляхом можуть характеризуватися такими властивостями:

- запровадження механізації та автоматизації обов'язково пов'язане з підвищенням озброєності робочого, а значить із ростом минулої праці на одиницю продукту;

- запровадження у виробництво еволюційних технічних рішень (запропонованих раціоналізаторами) зменшує кількість затраченої живої праці на одиницю продукту та, в більшості випадків, веде до зростання продуктивності праці;

- ефективність технічних рішень еволюційного типу знижується в міру росту продуктивності праці.

Другий напрямок характеризується наступними показниками:

- вдосконалення робочого ходу за рахунок різних технічних рішень використанням нових областей знань;

- реалізація прогресивних і нетрадиційних рішень.

За цих умов відбуваються революційні зміни сутності робочого ходу, а не його інтенсифікація.

Технічні рішення, що реалізується під час розвитку технологічних процесів революційним шляхом, можна охарактеризувати наступними властивостями:

- технічні рішення революційного типу завжди ефективніші, ніж еволюційні того ж призначення;

- зменшення сумарних витрат праці при революційних рішеннях може реалізовуватись у результаті зменшення як живої, так і минулої праці на одиницю продукції.

У заключення слід зазначити, що більша ефективність рішень революційного типу по відношенню до еволюційних є абсолютною властивістю всіх технологічних рішень.

2.3. Технологічні системи

У виробництві будь-яких держав використовується велика кількість технологій, які знайшли примінення в різних галузях промисловості. Галузь також можна розглядати як набір однотипних виробництв.

Галузі в суспільному господарстві створюють тісно пов'язані комплекси, а технології поєднуються у системи – виробництва. Суспільне виробництво характеризується набором технологій, які поєднуються в системі за ієрархічним принципом: суспільне господарство, галузь, виробництво, технологія, операція, робочий хід, допоміжний хід установ (рис. 2.2).

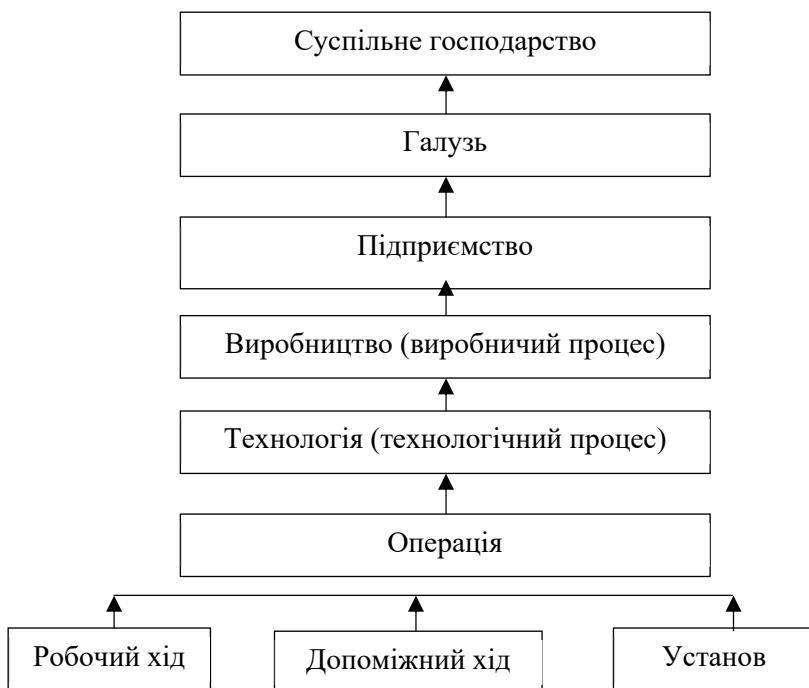


Рис. 2.2. Суспільне виробництво (ієрархічний принцип)

Системи, схеми яких наведені на рис. 2.2, зсередини пов'язані потоками засобів виробництва, які для одних технологій є продуктами (відходами) виробництва, а для інших – ресурсами (сировиною). При цьому слід зазначити, що кожна система може бути охарактеризована притаманними їй властивостями, сукупність яких визначає її стан.

***Технологічна система** – це сукупність функціонально пов'язаних засобів технологічної оснащення, предметів виробництва та виконавців у регламентованих умовах виробництва заданих технологічних процесів або операцій.*

Відомо, що перші технологічні системи з'явилися у період створення цехів ремісників (однієї спеціальності). На другому етапі технологічного розвитку з'явилися виробничі мануфактури, що на момент їх появи та діяльності забезпечили стрімке зростання продуктивності праці.

Сучасне виробництво, що базується на останніх досягненнях науки та техніки, повинно бути організоване у вигляді єдиної цілісної організаційно-технологічної системи, яка охоплює всі стадії та операції основних, допоміжних і обслуговуючих процесів.

Технологічні системи мають структуру у вигляді сукупності їх елементів і зв'язків між ними, які діють як одне ціле.

Одночасно технологічні системи поділяються на групи та рівні.

За ієрархічним рівнем технологічні системи поділяються на п'ять груп:

- 1) технологічний процес;
- 2) виробничий підрозділ;
- 3) підприємство;
- 4) галузь промисловості;
- 5) суспільне господарство.

За рівнем автоматизації технологічні системи класифікуються на: механізовані, автоматизовані, автоматичні системи.

За рівнем спеціалізації класифікуються на: спеціальна технологічна система (виготовляє вироби одного найменування); спеціалізована (призначена для виготовлення групи виробів); універсальна система (забезпечує виготовлення виробів із різними конструктивними та технологічними ознаками).

За типом зв'язків у технологічній схемі розрізняють паралельні, послідовні, комбіновані технологічні системи.

У *паралельних технологічних системах* існує цехова структура, в якій запровадження нових технічних рішень стає більш вигідним, управління та обслуговування однотипних механізмів більш зручним. Головною ознакою паралельності технологічних систем є ситуація, коли продукція технологічної системи дорівнює сумі продукції її складових елементів.

У *послідовних технологічних системах* характерною ознакою є те, що випуск продукції такої системи визначається її мінімальною ланкою, а результати праці одних ланок цієї системи можуть виступати предметом, засобом праці для інших.

Комбіновані технологічні системи – це системи, структура яких може бути представлена поєднанням послідовних і паралельних систем нижчого рівня.

Такий тип систем характерний для більшості виробництв. Суспільне господарство можна також розглядати як системи технологічних процесів різного рівня, послідовні та паралельні зв'язки яких визначають характер його функціонування. Так, послідовність робочих ходів і переходів складає операцію (послідовне з'єднання). Однотипні операції на однотипному обладнанні об'єднуються в дільниці (паралельне з'єднання), цехи – в

підприємства (послідовне з'єднання), підприємства – в галузі (паралельне), галузі – в систему суспільного господарства (послідовне з'єднання).

Структуру системи управління формують також технологічні зв'язки. Вона повинна мінятися разом із зміною цих зв'язків, а управління найбільш повно використовувати внутрішні закономірності науково-технічного розвитку технологічних систем.

За ступенем гнучкості та мобільності всі технологічні системи поділяються на: жорсткі (розраховані на виготовлення єдиної продукції); перебудовуючі (демонтаж, заміна обладнання для переходу на виготовлення нової продукції); переналагоджувані (змінюється порядок дій, процедур, встановлення та освоєння нових програм); гнучка автоматизована програма (забезпечення стабільності, надійності функціонування, здатності до адаптації, безвідходність тощо).

2.4. Рівень технологічної системи

Виробничі системи за техніко-економічним їх станом характеризуються наступними рівнями: розвитку інструментів і машин (знарядь праці); сировини та матеріалів (предмет праці); кваліфікації кадрів (робочої сили); рівнем виробничих процесів (технологічним рівнем); організаційно-економічним рівнем.

У свою чергу технологічний рівень виробничої системи складають її наступні рівні: технологічної інтенсивності процесів, технологічної організації, технологічної забезпеченості, управління технологічною системою.

Рівень технологічної інтенсивності оцінюється ступенем використання матеріальних, енергетичних і часових ресурсів, коефіцієнтом використання виробничих площ, потужністю та продуктивністю обладнання.

Рівень технологічної організації визначається числом операцій і стадій процесу, їх комбінацією та взаємозамінністю, поєднанням, неперервністю виробництва.

Рівень технологічної озброєності характеризується ступенем забезпеченості виробництва технічними засобами, рівнем механізації та автоматизації технологічної системи, станом інформаційного забезпечення.

Рівень управління технологічною системою оцінюється ступенем досягнення оптимальних режимів процесу з метою їх найвищої ефективності та результативності.

Зазвичай будь-яка система технологічних процесів кількісно може бути оцінена максимумом своєї продуктивності при незмінних рівнях технології складових. Ріст загального рівня технології складових, що забезпечує підвищення продуктивності, є результатом будь-якої раціоналізації технологічних процесів системи.

ПИТАННЯ ДО САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що означає термін «технологія»?
2. Назвіть складові частини технологічного комплексу «народне господарство».
3. Яким чином поділяються параметри, що характеризують технологічний процес?
4. Назвіть параметри першої, другої і третьої групи параметрів, що характеризують технологічний процес.
5. Назвіть шляхи розвитку технологічних процесів.
6. Що таке технологічна система?
7. Чинники визначення технічно-економічного рівня виробничої технологічної системи?
8. Рівень технологічної організації виробництва?

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ, ЇХ ЗМІНИ ТА РОЗВИТОК

- 3.1.** Технологічні системи і розвиток галузей
- 3.2.** Оптимізація технологічних процесів
- 3.3.** Розвиток технологій як передумова технологічної та інформаційної революції
- 3.4.** Оцінка соціально-екологічних результатів технологічних змін
- 3.5.** Ключові моменти прогресивного розвитку технологічних систем
- 3.6.** Принципи інвайронменталізму як суспільного явища
- 3.7.** Технологічне майбутнє суспільства
- 3.8.** Маловідходні та безвідходні технології

Нині сучасне виробництво становить собою технологічну систему, яка є складною, відкритою, динамічною та складається із взаємозалежних по горизонталі та вертикалі підсистем.

Горизонтально пов'язані наступні підсистеми: технічна (споруди, машини, устаткування); технологічна (набір і послідовність операцій і процесів виробництва); організаційна (забезпечує використання засобів праці, прийомів і методів праці); трудових ресурсів; економічна (єдність економічних процесів у виробництві).

Вертикально пов'язані наступні структури:

- нижчий ступінь (операції, типові технологічні процеси, стадії);
- другий ступінь (сукупність типових, основних і допоміжних технологічних процесів і апаратів);
- третій ступінь (технологічні системи, а саме: сукупність цехів, оперативного керування, організації виробництва та реалізації готової продукції).

3.1. Технологічні системи і розвиток галузей

Будь-яка галузь і, насамперед промисловості, є відкритою технологічною системою, в якій за конкретними виробничими ланцюгами сировина, в широкому розумінні, піддається ряду технологічних перетворень для переробки її в заплановану кінцеву продукцію.

В залежності від кількості зв'язків галузеві системи поділяються на системи, а саме:

- з розвиненими зовнішніми та мінімальними внутрішніми зв'язками (хімічна промисловість, продукція якої споживається легкою, харчовою, деревообробною, електротехнічною, текстильною, машинобудуванням та іншими галузями);

- із розвинутими сильними внутрішніми та слабкими зовнішніми галузевими зв'язками (чорна металургія, в якій внутрішньогалузеве споживання чорних металів досягає обсягів до 81%, а за межі галузі йде лише сталевий прокат).

При цьому якість продукції хімічної та чорної, як і інших промисловостей, впливають одночасно як на розвиток цих галузей, так і всього господарства в цілому.

Слід зазначити, що галузеві технологічні системи функціонують як у межах або складі галузі, так і в міжгалузевих об'єднаннях.

Галузева інтеграція проявляється в створенні нових виробництв і якісно новому об'єднанні підприємств на основі внутрішньогалузевих або міжгалузевих технологічних зв'язків.

3.2. Оптимізація технологічних процесів

Наявність у світі екологічної кризи спонукає спрямовувати діяльність людини на пошуки такого технологічного режиму, за якого буде отримано найкращий (оптимальний) результат (економія сировини, палива, енергії, збільшення продуктивності технологічного

обладнання, отримання якісної недорогої продукції, охорона навколишнього середовища).

Для визначення найкращого (оптимального) результату будь-якого технологічного процесу зазвичай використовують методи математичного програмування, а саме: лінійного, нелінійного, динамічного.

Наприклад, метод лінійного програмування застосовують для визначення оптимальної кількості виробів, щоб прибуток від їх реалізації був максимальним.

Метод нелінійного програмування обирають для визначення оптимальних значень параметрів технологічного процесу за умов невизначеності великої кількості факторів, що впливають на процес.

3.3. Розвиток технологій як передумова технологічної та інформаційної революції

Історію технологічного розвитку можна розуміти двояко: як з позицій удосконалення механічної технології, так і її послідовної зміни іншими видами вищих рівнів технологій. У ході суспільного процесу науковий, технічний і технологічний процеси розвитку створюють єдність, яка виступає у двох формах – еволюційній і революційній.

Еволюційна форма науково-технічного процесу характеризується поступовим розвитком і змінами техніки та технологій. Революційний, навпаки, якісним стрибком, переходом до нового типу засобів праці, що створюються на принципово нових відкриттях науки.

Еволюція економіки здійснюється через періодичну зміну технологій і відповідних інституційних надбудов до неї. Ці зміни також визначають циклічний характер соціально-економічної еволюції.

Еволюційний розвиток соціально-економіко-екологічних систем здійснюється відповідно до таких

принципів:

- життєдіяльність системи зумовлюється її спроможністю до самоорганізації та саморозвитку;
- за умов (зниження ентропії), коли потік придбаної енергії перевищує потік витраченої (доходи перевищують витрати);
- дотримання тріади Дарвіна: спроможність до змін, спадковість і природний добір;
- розвиток технологій відбувається шляхом чергування повільної стадії та стадії стрибкової зміни форми її організації;
- після біфуркації система має декілька ймовірних шляхів розвитку (невизначеність майбутнього);
- процес саморозвитку призводить до зростання різноманітності організаційних форм еволюції.

Таким чином, еволюційний процес в економічній системі відбувається через інноваційний технологічний процес.

Технологічні системи-інновації, що змінюються під впливом катастроф (біфуркацій), сприяють модернізації та структурним перебудовам суспільства.

3.4. Оцінка соціально-екологічних результатів технологічних змін

Важливою ознакою сучасного стану еволюційних і революційних змін суспільства є зростання ролі соціально-екологічних факторів розвитку.

У практиці оцінки соціальних результатів нової техніки та технологій використовують метод оцінювання параметрів стану оточуючого людину середовища, а саме:

- поліпшення виробничого середовища, насамперед умов праці (безпека праці, температурний режим, шумове та вібраційне забруднення, випромінювання тощо);
- поліпшення стану навколишнього середовища, що

проявляється у ліквідації чи зниженні рівня забрудненості техногенними викидами повітря, водойм, ґрунтів, знищення біорізноманіття.

Соціальний результат економічно можна виміряти двома способами:

– *перший* – передбачає визначення збитку від забруднення навколишнього середовища та включення цієї величини до основних формул розрахунку економічного ефекту;

– *другий* – пропонується робити порівняння двох варіантів – забруднюючого та незабруднюючого – шляхом додавання до витрат варіанта забруднювача обсягів інвестицій у заходи, що необхідні для дотримання соціальних норм.

3.5. Ключові моменти прогресивного розвитку технологічних систем

Прогрес технологічних систем відбувається відносно швидко, при цьому значно випереджає зміни в інституційній структурі, яка є інертною, консервативною, бо вірить у «старі добрі часи».

Період, впродовж якого відбуваються кардинальні зміни в соціально-економічній структурі, слід вважати періодом становлення техніко-економічної системи. Це становлення має період 48–68 років, і його можна розглядати як загальну техніко-управлінську революцію, націлену на створення ефективної системи суспільно-економічного устрою.

Системний характер соціального прогресу ілюструє таблиця послідовної зміни технологічних систем, ключовим фактором яких зазвичай є нові технології та засоби виробництва (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Характеристика послідовних змін технолого-економічних систем у суспільстві

Період	Технологічний зміст	Пріоритети галузі, сектори	Ключовий фактор	Нові сектори, що формуються	Організації підприємств
1709–1850 рр. Промислова революція	Первинна механізація праці	Обробка заліза, текстильна промисловість, паровий двигун	Бавовна, чавун	Перші двигуни, машинобудування	Конкуренція окремих підприємств, кооперація
1860–1900 рр. Вікторіанський розквіт	Паровий двигун, залізниці	Машинобудування чорна металургія	Вугілля, залізничний транспорт	Сталь, електрика, газ, важке машинобудування	Концентрація виробництва, конкуренція дрібних фірм
1900–1940 рр. Велика депресія	Електротехнічне важке машинобудування	Електричне, електротехнічне важке машинобудування, лінії електропередачі, основна хімія	Сталь	Автомобілі, телекомунікації, радіо, нафта, пластмаси	Поєднання фірм, трестів, панування монополій, олігархій
1940–1990 рр. Золотий вік повної зайнятості, криза екологічна	Масове виробництво	Автомобіле-, літакобудування, зброя, синтетичні матеріали, нафтохімічна промисловість	Енергія	ЕОМ, машини з програмним управлінням, ядерна зброя та енергія	Олігополістична конкуренція, транснаціональні корпорації
1990–...рр.	Інформатика та телекомунікації	Електронна промисловість, обчислювальна техніка, програмне забезпечення, оптичні волокна, робототехніка, керамічні матеріали	Мікро-електронні компоненти	Біотехнологія, космічна техніка, тонка хімія	Мережі великих і дрібних підприємств, засновані на обчислювальних мережах, матричні структури управління

3.6. Принципи інвайроменталізму як суспільного явища

Енвайронменталізм (від англ. environment – навколишнє середовище) – це організований рух зацікавлених громадян і державних органів, спрямований на захист та поліпшення стану навколишнього середовища, що перебуває під тиском функціонування та розвитку технологічних систем.

При цьому слід зазначити, що інвайронменталізм з моменту зародження виступає не проти виробництва, технологій і нарощування їх продукту, а, у більшості випадків за те, щоб виробництва та технології впливали якомога ощадливіше на навколишнє середовище. Тобто, представники цього руху домагаються, щоб проблеми захисту навколишнього середовища були у всіх випадках визначальними при прийнятті рішень на виробництві та споживачами.

Рухові інвайронменталізму притаманні дві хвилі, а саме: перша – пов'язана з рухом невеликих за чисельністю груп екологів і свідомими громадянами, стурбованими шкодою, яка була заподіяна гірничими виробками, вирубкою лісів, накопиченням відходів у США в 60–70 роках минулого століття; друга – ініційована урядом, який прийняв наприкінці ХХ століття серію законів, що регламентують екологічний аспект діяльності виробництв, промислових підприємств і компаній. Це посприяло будівництву в США очисних споруд, зменшенню накопичення відходів, розвитку технологій і, насамперед, стало поштовхом для підвищення їх екологічної повноцінності.

Нині в багатьох країнах Світу виробництва, промислові підприємства, компанії все частіше приймають політику екологічної відповідальності та розробляють

стратегії, що зорієнтовані одночасно як на забезпечення стабільного прибутку, так і на збереження навколишнього середовища.

Вирізняють наступні рівні екологічної відповідальності в технологічній політиці виробництв, промислових підприємств, компаній (рис. 3.1).

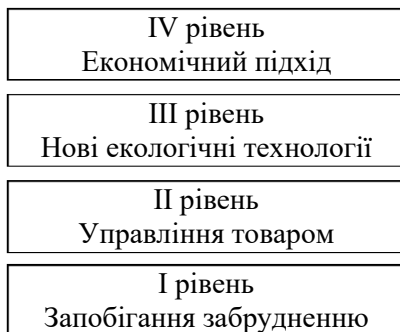


Рис. 3.1. Рівні екологічної відповідальності

Перший рівень – *запобігання забрудненню* – передбачає цілеспрямоване усунення або, в крайньому випадку, зведення до мінімуму можливості забруднення повітря, води, рослин, ґрунту тощо. Забруднювачі, які зацікавлені та ведуть боротьбу за збереження навколишнього середовища, розробляють екологічно безпечні товари, використовують упаковку, що піддається переробці, вдосконалюють методи контролю забруднення, впроваджують енергозберігаючі технології (застосовують метод зеленого маркетингу).

На наступному (другому) рівні екологічної відповідальності підприємства зосереджують свою увагу на *управлінні товаром*, намагаючись мінімізувати не лише забруднення навколишнього середовища під час випуску товару, але і його вплив на природне середовище на всіх етапах життєвого циклу. А це означає, що на стадії розробки

товару розробники намагаються передбачити всі можливі види впливів, які справлятиме товар на навколишнє середовище протягом всього терміну використання та по закінченню. За мету ставлять створити товари, які можна легко відновити, підготувати до повторного використання чи переробки.

Третій рівень означає, що виробництва розпочинають *розробку нових екологічних технологій і технологічних систем.*

Четвертий рівень визначає, яких змін повинні зазнати товари та послуги виробництв, компаній, їхні стратегії та технологічні процеси і які наукові розробки необхідні для реалізації цих технологічних змін.

На превеликий жаль більшість сучасних виробництв і компаній відповідають першому рівню, так як вони в основному вкладають кошти в попередження забруднення. Деякі з виробництв і компаній займаються управлінням товаром і розробкою нових екологічних технологій, а одиниці з компаній розпочали розробку чітко сформованого єдиного екологічного підходу.

3.7. Технологічне майбутнє суспільства

Нині визначаються два напрямки вибору технологічного майбутнього, а саме: малих (м'які, ненасильницькі) технологій; великих структурно-перетворюючих науково-технологічних рішень (великі технологічні системи).

Новостворені технології повинні відповідати наступним основним якостям: базуватися на використанні головним чином таких відновлювальних видів енергії, які є завжди наявними (сонце, вітер, рослинність, рух морських приливів тощо); будуть різноманітними національні арсенали техніки, яку можна розподіляти між багатьма дрібними платниками податків, кожен із яких буде прагнути до максимуму ефективності й використання у своїх

конкретних умовах; буде гнучка технологія порівняно невисокого рівня, яку можна було б легко розуміти та використовувати без складних спеціальних навичок; повинна відповідати за масштабністю та географічним розподілом кінцевим потребам користувачів; технології мають узгоджуватись з енергетичними якостями того, що потрібно для безпосереднього кінцевого використання.

Отже, вибір технологій повинен бути зорієнтований на технічну простоту, низьку вартість заміни, повільне старіння, високу надійність, низьку ціну.

При цьому слід зазначити, що за умов дефіцитності ресурсів і прагнення одержати найбільшу віддачу в можливо короткі терміни, рішення майже завжди буде схилитися на користь малих (за капіталоемністю та простотою освоєння) нововведень. З іншого боку моделі динамічної оптимізації для розрахунків на віддалену перспективу засвідчують потребу концентрації зусиль на великих, так званих структуроутворюючих науково-технічних рішеннях (великі технічні системи). Минули роки, а ідея «великої» технології так і не знаходить матеріального втілення.

Нині виробнича інфраструктура більшості країн світу не являється природоохоронною, а технологічні системи будь-якого виробництва залишаються лінійними, а саме: на початку природна сировина (напівфабрикат) переробляється на підприємстві та виходить як готовий продукт, в кінці відходи, що забруднюють повітря, воду, ґрунти та негативно впливають на здоров'я людини. Готовий продукт із часом також стає відходом і потребує утилізації.

3.8. Маловідходні та безвідходні технології

Термін «маловідходні технології» з'явився з початком 60-х років ХХ ст. як приклад виробництв, на яких за

допомогою газоочисного обладнання або очисних споруд вдавалось зменшити валові викиди та скиди забруднювачів у навколишнє середовище.

Експлуатація маловідходних технологій є надто матеріаломістким та енергомістким виробництвом, що суттєво позначається на собівартості продукції. Існує загроза аварійних залпових викидів, скидів і забруднення навколишнього середовища, а тому маловідходні технології вважаються безперспективними.

Безвідходності в технологіях не існує навіть і у самій природі. Наприклад, земна кора, по суті, всепланетний склад відходів біосфери. Відповідно термін «безвідходні технології» є некоректним, а тому краще вживати термін «маловідходні технології».

Термін «екотехнології» вживається як прагнення людини до створення виробничих процесів за типом природних (біосферосумісних, біосфероощадних, біосферовідновних).

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Галузі промисловості (системи), їх розподіл за розвиненими внутрішніми та зовнішніми зв'язками?
2. Яка є потреба в моделюванні та оптимізації технологічних процесів?
3. Дайте визначення поняттю «науково-технічний прогрес».
4. Що таке технологічна та інформаційна революції?
5. Назвіть ключові моменти прогресивного розвитку технологічних систем.
6. В чому полягає суть руху інвайронменталізму?
7. Назвіть та охарактеризуйте рівні екологічної відповідальності.
8. Яке технологічне майбутнє чекає людство?

РОЗДІЛ 4. ПРИРОДООХОРОННІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

- 4.1. Категорії стічних вод
- 4.2. Характеристика забруднених стічних вод
- 4.3. Технології захисту водного середовища
- 4.4. Створення водоохоронних зон та втілення інших водоохоронних заходів

4.1. Категорії стічних вод

Стічні води – це води, які внаслідок використання їх на побутові або виробничі потреби суттєво погіршили свої первинні властивості, стали непридатними для використання, а також негативно впливають на гідросферу.

До них також належать води, які стікають із територій населених місць, промислових підприємств і сільськогосподарських полів внаслідок випадання атмосферних опадів.

В залежності від походження, виду і якісної характеристики домішок стічні води можна розділити на **три основні категорії**: побутові (господарсько-фекальні); виробничі (промислові); дощові (атмосферні).

До категорії дощових вод можна віднести поливномийні води.

До **побутових** належать води від кухонь, туалетних кімнат, душових, бань, пралень, їдалень, лікарень, а також господарські води, які використані при митті приміщень. Вони надходять як від побутових і громадських будівель, так і від побутових приміщень промислових підприємств.

За природою забруднень вони можуть бути фекальні –

При підготовці розділу використані матеріали: Технології захисту навколишнього середовища. *Методи очищення стічних вод* : підручник / В. Г. Петрук, І. В. Васильківський, Р. В. Петрук, Г. В. Сакалова та ін. Херсон : Олді-плюс, 2019. Ч. 2. 298 с.

забруднені в основному фізіологічними відходами, і господарські – забруднені різного виду господарськими відходами.

До **виробничих** стічних вод відносяться води, використані в технологічному процесі. Вони не відповідають вимогам, які ставляться цим процесом до їх якості, а тому підлягають виведенню з території підприємств. До них належать також води, які відкачуються на поверхню землі при добуванні корисних копалин (вугілля, нафти, руди тощо).

Атмосферні води створюються внаслідок випадання атмосферних опадів. Їх підрозділяють на дощові і талі, які виникають при таненні льоду та снігу. Характерна особливість дощового стоку – його епізодичність і різка нерівномірність.

Від промислових підприємств відводяться стічні води всіх трьох категорій. Режим відведення стічних вод в зовнішню каналізаційну систему та їх кількість залежить від багатьох умов: потужності підприємства, числа робочих змін, виду сировини, технології виробництва, числа промислових установок і апаратів, а також режиму їх роботи, питомої витрати води на одиницю продукції та інше.

4.2. Характеристика забруднень стічних вод

Найбільш широко розповсюдженим видом забруднень стічних вод є нерозчинні домішки або, як їх часто називають, *завислі речовини*.

Відносна кількість завислих речовин в 1 л стічних вод коливається в надзвичайно широких межах – від 0,005% до 0,5% її маси. За розмірами та густиною окремих частин нерозчинні домішки дуже різноманітні, особливо велика їх різноманітність у виробничих стічних водах.

Забруднені домішки, що надходять у водоймища, поділяють на мінеральні, органічні та біологічні.

До **мінеральних** забруднень належать: пісок, глина, золи та шлаки, розчини та емульсії солей, кислот, лугу і мінеральних масел та інших неорганічних сполук. Ці домішки погіршують фізико-хімічні та органолептичні властивості води, отруюють фауну водоймищ, сприяють замуленню водоймищ.

Органічні забруднення містять різні речовини рослинного і тваринного походження (рештки рослин, овочів, плодів тощо). До цієї групи належать також смоли, феноли, барвники, спирти, альдегіди, органічні сполуки, які вміщують сірку та хлор, різні пестициди, що змиваються у водоймища із сільськогосподарських угідь, синтетичні активні речовини та ін.

Біологічні забруднення (хвороботворні бактерії та віруси, збудники інфекцій) потрапляють у водоймища з побутовими стічними водами та стоками деяких виробництв, у тому числі і з виробництва тваринницької продукції.

Використання таких природних вод для пиття, купання, миття посуду, овочів, фруктів призводить, як правило, до захворювання холерою, інфекційним гепатитом, дизентерією, черевним тифом, різними видами гельмінтів та ін.

Найнебезпечнішим для природних вод, здоров'я людей, тварин і риб є забруднення водоймищ різними радіоактивними відходами. В організмах рослин, риб і тварин відбуваються процеси біологічної концентрації радіоактивних речовин. Дрібні організми, що містять ці речовини в невеликих дозах, поглинаються більшими, в яких уже виникають небезпечні концентрації. Тому окремі прісноводні риби в декілька тисяч разів радіоактивніші за водне середовище, в якому вони мешкають. У зв'язку з цим усі стічні води з радіоактивністю понад 100 Кі/л зливають у спеціальні підземні резервуари або закачують у глибокі

підземні безстічні басейни.

Застосовується також обезводнювання з наступним виготовленням «блоків» і їх захороненням у відповідних місцях.

Шкідливі речовини забруднюють природні води, завдають великої шкоди природі й економіці. Вони порушують екологію водоймищ, скорочують їх біологічні ресурси.

4.3. Технології захисту водного середовища

У нашій країні встановлені вимоги, які регламентують діяльність людини з метою дотримання норм охорони води та умов функціонування водних об'єктів. У них сформульовано вимоги до стану водних об'єктів, які зросли у зв'язку з поглибленням знань з екології, соціології, економіки, техніки та ін.

Охорона водних об'єктів забезпечується системою заходів, спрямованих на запобігання, обмеження та ліквідацію наслідків забруднення, засмічення та виснаження води. До першочергових заходів належать: організаційні, технічні, економічні, юридичні, меліоративні та інші водоохоронні заходи.

Основні принципи охорони вод викладені в «Санітарних правилах і нормах охорони поверхневих вод від забруднень» (1988). У них чітко сформульовано вимоги до умов скидання стічних вод у водоймища, наведені нормативи якості води, що скидається у водоймища. У спеціальному параграфі зазначається, що при скиданні стічних вод у межах міста або населеного пункту, це місто чи населений пункт є першим розрахунковим пунктом водокористування; приведені умови відведення стічних вод у водоймища, порядок контролю за ефективністю очищення, знезараження і знешкодження стічних вод.

Згідно з Правилами вимоги до складу та властивостей

води водних об'єктів поблизу пунктів господарсько-питного (І категорія) та культурно-побутового (ІІ категорія) водокористування, такі:

- вміст завислих речовин після скидання стічних вод не повинен збільшитися більше, ніж на $0,25 \text{ мг/дм}^3$ для господарсько-питного водокористування, а також для водопостачання харчових підприємств і на $0,75 \text{ мг/дм}^3$ для культурно-побутового водокористування;

- на поверхні водоймищ не допускається утворення плаваючих плівок, плям мінеральних мастил та інших домішок;

- вода має бути без сторонніх запахів і присмаку;

- кількість розчинного кисню у воді повинна бути не менше 4 мг/дм^3 в будь-який час року в пробі, взятій о полудні при температурі 20°C ;

- біохімічне споживання кисню (БСК), тобто кількість кисню, що витрачається на біохімічне окиснення органічних речовин, при температурі 20°C не повинна перевищувати 3 мг/дм^3 і 6 мг/дм^3 для водоймищ і водогонів відповідно першої і другої категорій;

- при скиданні у водоймище суміші виробничих і побутових стічних вод реакція рН (водневий показник) не повинна виходити за межі 6,5–8,5;

- не допускається вміст у водоймищі отруйних речовин, здатних шкідливо впливати на людей і тварин;

- вода не повинна вміщувати збудників хвороби;

- підвищення температури у водоймі або водотоці при спусканні в нього стоків допускається не більше, ніж на 3°C (порівняно з максимальною температурою води в літній період);

- мінеральний склад сухого залишку не повинен бути більше 1000 мг/дм^3 (в тому числі хлоридів – 350 мг/дм^3 і сульфатів – 500 мг/дм^3).

Підприємства, організації та заклади, діяльність яких впливає на стан вод, зобов'язані здійснювати заходи, які б забезпечували охорону вод від забруднень, а також поліпшували їх стан.

Кардинальним вирішенням проблеми захисту водних ресурсів від промислового забруднення на сьогодні є комплекс природоохоронних технологій, а саме:

- утворення безвідходних і маловідходних виробництв;
- улаштування зворотних і замкнених систем водопостачання;
- скорочення або припинення надходження домішок в стічні води шляхом упорядкування чи зміни технологічних процесів виробництв;
- ліквідація відвалів виробничих і побутових відходів, з яких продукти відходів змиваються поверхневим або дренажним стоком;
- очистка стічних вод;
- закачування в глибокі поглинаючі горизонти стічних вод, до яких поки ще не знайдено ефективного способу очищення.

Велике значення надається комплексу заходів щодо запобігання забруднення водоймищ добривами, пестицидами та відходами тваринницьких комплексів.

4.4. Створення водоохоронних зон та втілення інших водоохоронних заходів

Для створення сприятливого режиму водних об'єктів, попередження їх забруднення, засмічення та вичерпання, знищення навколводних рослин і тварин, а також зменшення коливань стоку вздовж річок, морів і навколо озер, водосховищ й інших водойм встановлюються водоохоронні зони.

Водоохоронна зона є природоохоронною територією

господарської діяльності, що регулюється.

На території водоохоронних зон забороняється:

- використання стійких і сильнодіючих пестицидів;
- влаштування кладовищ, скотомогильників, звалищ, полів фільтрації;
- скидання неочищених стічних вод, використовуючи рельєф місцевості (балки, пониззя, кар'єри тощо), а також у потічки.

В окремих випадках у водоохоронній зоні може бути дозволено добування піску та гравію за межами земель водного фонду на сухій частині заплави, у праруслах річок за погодженням із державними органами охорони навколишнього природного середовища, водного господарства та геології.

Зовнішні межі водоохоронних зон визначаються за спеціально розробленими проектами.

З метою охорони поверхневих водних об'єктів від забруднення і засмічення та збереження їх водності, вздовж річок, морів і навколо озер, водосховищ та інших водойм у межах водоохоронних зон виділяються земельні ділянки під прибережні захисні смуги.

Прибережні захисні смуги встановлюються по обидва береги річок та навколо водойм уздовж урізу води (у межений період) шириною:

- для малих річок, струмків і потічків, а також ставків площею менше 3 га – 25 м;
- для середніх річок, водосховищ на них, водойм, а також ставків площею понад 3 га – 50 м;
- для великих річок, водосховищ на них та озер – 100 м.

Якщо крутизна схилів перевищує три градуси, мінімальна ширина прибережної захисної смуги подвоюється.

У межах існуючих населених пунктів прибережна

захисна смуга встановлюється з урахуванням конкретних умов, що склалися.

Уздовж морів та навколо морських заток і лиманів виділяється прибережна захисна смуга шириною не менше двох кілометрів від урізу води.

Прибережні захисні смуги є природоохоронною територією з режимом обмеженої господарської діяльності.

У прибережних захисних смугах уздовж річок, навколо водойм і на островах забороняється:

- розорювання земель (крім підготовки ґрунту для залуження та залісення), а також садівництво та городництво;

- зберігання та застосування пестицидів і добрив;

- влаштування літніх таборів для худоби;

- будівництво будь-яких споруд (крім гідротехнічних, гідрометричних і лінійних), у тому числі баз відпочинку, дач, гаражів і стоянок автомобілів;

- миття та обслуговування транспортних засобів і техніки;

- влаштування звалищ сміття, гноєсховищ, накопичувачів рідких і твердих відходів виробництва, кладовищ, скотомогильників, полів фільтрації тощо.

Об'єкти, що знаходяться у прибережній захисній смузі, можуть експлуатуватись, якщо при цьому не порушується її режим. Непридатні для експлуатації споруди, а також ті, що не відповідають встановленим режимам господарювання, підлягають винесенню з прибережних захисних смуг.

Прибережна захисна смуга уздовж морів, морських заток і лиманів входить у зону санітарної охорони моря та може використовуватися лише для будівництва санаторіїв та інших лікувально-оздоровчих закладів з обов'язковим централізованим водопостачанням і каналізацією.

У прибережних захисних смугах уздовж морів,

морських заток і лиманів та на островах у внутрішніх морських водах забороняється:

- застосування стійких та сильнодіючих пестицидів;
- влаштування полігонів побутових і промислових відходів і накопичуванні стічних вод;
- влаштування вигребів для накопичення господарсько-побутових стічних вод обсягом більше 1 м³/добу;
- влаштування полів фільтрації та створення інших споруд для приймання і знезаражування рідких відходів.

Для потреб експлуатації та захисту від забруднення, пошкодження і руйнування магістральних, міжгосподарських та інших каналів на зрошувальних і осушувальних системах, гідротехнічних та гідрометричних споруд, а також водойм і гребель на річках встановлюються смуги відведення з особливим режимом користування. Розміри смуг відведення та режим користування ними встановлюються за проектом, який розробляється та затверджується водокористувачами за погодженням із державними органами охорони навколишнього природного середовища та водного господарства.

Земельні ділянки в межах смуг відведення надаються органам водного господарства та іншим організаціям для спеціальних потреб і можуть використовуватися ними для створення водоохоронних лісонасаджень, берегоукріплювальних та протиерозійних гідротехнічних споруд, будівництва переправ, виробничих приміщень.

З метою охорони водних об'єктів у районах забору води для централізованого водопостачання населення, лікувальних і оздоровчих потреб встановлюються зони санітарної охорони, які поділяються на пояси особливого режиму.

Межі зон санітарної охорони водних об'єктів встановлюються місцевими радами на їх території за

погодженням із державними органами санітарного нагляду, охорони навколишнього природного середовища, водного господарства та геології.

Під *охороною водних ресурсів* розуміють сукупність організаційних, технологічних, економічних і правових заходів, направлених на запобігання, обмеження й усунення забруднення, засмічення та виснаження водних ресурсів з метою задоволення оптимальних потреб населення і народного господарства у воді нормативної якості.

Заходи щодо охорони водних ресурсів поділяються на:

- профілактичні (направлені на недопущення або обмеження появи нових джерел забруднення, засмічення та виснаження вод);

- практичні (направлені на усунення несприятливого впливу господарської діяльності на стан вод).

До **профілактичних заходів** відносяться:

- розробка схем комплексного використання й охорони водних ресурсів;

- екологічна експертиза проектів будівництва та реконструкції об'єктів, які впливають на кількісний та якісний стан вод;

- нормування водоспоживання і водовідведення;

- видача дозволів на спеціальне водокористування;

- забезпечення введення в експлуатацію водоохоронних споруд одночасно із введенням основних виробничих об'єктів;

- ефективна експлуатація очисних та інших водоохоронних споруд, які виключають надходження у водні об'єкти забруднених стічних вод, а також поверхневого стоку з промислових майданчиків, населених пунктів і сільськогосподарських угідь;

- контроль скидання стічних вод і стану водних

об'єктів.

До практичних заходів відносяться:

- встановлення норм гранично допустимих скидів (ГДС) у водні об'єкти забруднюючих речовин зі стічними водами діючих підприємств і введення в експлуатацію очисних споруд для досягнення встановлених норм ГДС;

- застосування різного роду санкцій (відповідно до чинного законодавства) за забруднення, засмічення та виснаження вод аж до закриття окремих підприємств, цехів чи комплексів.

Для збереження якісного стану природних вод необхідно, насамперед, припинити скидання стічних вод у водотоки та водойми або очищати стічні води. Проте через велику кількість стічних вод уникнути скидання їх у водні об'єкти зараз неможливо. Тому основна увага приділяється очистці стічних вод.

Залежно від фізичного стану, складу та концентрації забруднюючих речовин тепер використовують різні способи очистки стічних вод – механічний, хімічний, фізико-хімічний і біологічний. Проте надзвичайна складність очистки, її висока вартість, а головне – недостатня ефективність не дають підстав вважати цей шлях охорони водних ресурсів основним.

Справа в тому, що найдосконаліші способи очистки стічних вод не забезпечують повного звільнення їх від забруднень. Очистка стічних вод на 80–90% вважається досить досконалою, а звільнитись від решти 10–20% найбільш стійких забруднень не вдається. Підраховано, наприклад, що підвищення ступеня очистки стічних вод із 85% до 95% збільшує витрати на очистку приблизно вдвічі, а понад 95% – в 10 разів на кожен додатковий відсоток підвищення ефективності роботи очисних споруд.

Це означає, що у водотоки та водойми з очищеними стічними водами потрапляє ще велика кількість забруднень.

Тому, щоб досягти задовільного санітарного стану водних об'єктів необхідно стічні води розводити чистими водами в 5–10 разів і більше (наприклад, стічні води деяких виробництв синтетичного каучуку розводять навіть у 200 разів).

Отже, очистка стічних вод не вирішує проблему охорони водних ресурсів, а являє собою тільки допоміжний захід. Щоб повністю забезпечити охорону водних ресурсів слід провести низку заходів, а саме:

- знизити водоемність виробництва шляхом зменшення витрачання води на одиницю продукції та переведення деяких галузей промисловості (це не допускається) на сухе виробництво;

- перевести більшу частину промислових підприємств на оборотне (замкнуте) водопостачання;

- припинити скидання у водні об'єкти забруднених вод;

- використовувати стічні води населених пунктів для зрошення та водопостачання промисловості (після відповідної підготовки);

- змінити технологію виробництв з метою зменшення насиченості стічних вод шкідливими домішками та речовинами;

- зменшити надходження у водні об'єкти поверхневого стоку з територій населених пунктів, промислових підприємств і сільськогосподарських угідь;

- вдосконалити очистку стічних вод;

- ліквідувати або очистити газо-димові викиди на підприємствах;

- забезпечити контрольоване або обмежене використання отрутохімікатів і мінеральних добрив у сільськогосподарському виробництві;

- створити водоохоронні зони для поверхневих і

підземних водних об'єктів тощо.

Охорона водних ресурсів повинна тісно ув'язуватися з їх використанням. Найбільшого ефекту можна досягти лише тоді, коли охорона водних ресурсів здійснюватиметься в процесі їхнього використання, тобто коли сам процес використання передбачає охорону водних ресурсів.

В Україні зроблено багато в справі охорони водних ресурсів, хоч і недоліків у цій справі ще чимало.

Для очистки стічних вод побудовано понад 3000 очисних споруд різного виду загальною пропускною здатністю біля 17 млн м³ за добу. Системи оборотного водопостачання використовують понад 30 млн м³ води, що дає змогу значно зменшити використання свіжої води та уникнути скидання стічних вод у водні об'єкти. Ведеться боротьба з цвітінням води в Дніпровських водосховищах і водною ерозією. Значна увага приділяється раціоналізації використання й охороні малих річок (проводиться їх паспортизація та виділяються водоохоронні зони). Розробляються обласні та басейнові схеми комплексного використання та охорони водних ресурсів; проводяться заходи адміністративної і правової спрямованості.

Водоохоронні та інші заходи, які проводяться в Україні і направлені на раціональне використання водних ресурсів, мають своєю кінцевою метою не тільки охорону водних ресурсів від кількісного та якісного виснаження, але й відтворення їх.

Під *відтворенням водних ресурсів* розуміють не абсолютне збільшення кількості води на земній кулі, а збільшення в межах країни об'єму та якості водних ресурсів, які доступні та найбільш зручні для використання.

До відтворення водних ресурсів відноситься:

– регулювання річкового стоку за допомогою ставків і водосховищ;

- міжбасейновий перерозподіл стоку каналами та водоводами;
- покращення якості води різними засобами;
- опріснення морської води;
- збільшення одних видів водних ресурсів за рахунок інших, наприклад, переведення ресурсів поверхневого стоку в ресурси ґрунтової вологи;
- штучне живлення (поповнення) підземних вод річковими паводковими водами;
- створення підземних водосховищ з метою збільшення ресурсів підземних вод;
- економне використання чистої води в усіх галузях народного господарства;
- своєчасне проведення лісомеліоративних, протиерозійних, гідротехнічних та інших заходів.

Охорона водних ресурсів від забруднення повинна здійснюватися у комплексі з охороною атмосфери, ґрунтового покриву, рослинного і тваринного світу, тобто охороною всього навколишнього середовища.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Охарактеризуйте основні категорії стічних вод.
2. Які забруднюючі речовини надходять до водних об'єктів?
3. Охарактеризуйте комплекс природоохоронних технологій захисту водних ресурсів.
4. Що забороняється на територіях водоохоронних зон?
5. Як встановлюються прибережні захисні смуги?
6. Як встановлюються зовнішні межі водоохоронних зон?
7. Перерахуйте заходи щодо охорони водних ресурсів.
8. Що сприяє відтворенню водних ресурсів?

РОЗДІЛ 5. ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД

- 5.1. Наявність технологій очищення води
- 5.2. Біофільтри
 - 5.2.1. *Процеси, які протікають при біологічному очищенні стічних вод*
 - 5.2.2. *Споруди, які призначені для забезпечення біологічного очищення стічних вод*
- 5.3. Доочищення стічних вод
- 5.4. Випуск стічних вод у водоймища

Очищення стічних вод – це руйнування або видалення з них певних забруднюючих речовин, знезараження та видалення патогенних мікроорганізмів.

У залежності від необхідного ступеня очищення стічних вод і подальшого їх використання можуть бути розглянуті різноманітні технологічні схеми.

Так, для очищення побутових стічних вод використовують двоступеневу схему, яка включає в себе механічну та біологічну очистки.

Для використання очищених стічних вод у промисловості та сільському господарстві необхідно приміняти чотирьохступеневу технологічну схему, яка включає в себе окрім механічної та біологічної очистки додатково глибоке очищення та знезараження очищених стічних вод та обробку осаду стічних вод.

При підготовці розділу використані матеріали: Промислова екологія : навч. посіб. / В. Л. Филипчук, М. О. Клименко, К. К. Ткачук, С. Б. Проценко, В. М. Радовенчик, І. І. Залеський ; за ред. В. Л. Филипчука. Рівне : НУВГП, 2013. 495 с.

5.1. Наявність технологій очищення води

Технологічна схема – це поєднання у відповідній послідовності технологічних процесів та споруд, призначених для очищення стічної води.

У загальному випадку споруди технологічної схеми очистки поділяють на дві великі групи:

1. Споруди, в яких протікають процеси знешкодження та зміни фазово-дисперсного стану: змішувачі, реактори, камери пластівцеутворення, камери флокуляції.

Ці споруди працюють із додаванням або без додавання реагентів. В них не протікає процес вилучення домішок з води, а тільки процеси переводу домішок у стан, найбільш сприятливий для їх вилучення.

Фактично ці споруди є підготовчими перед спорудами для вилучення домішок. Вони є визначальними, оскільки якість їх функціонування визначає ефективність роботи споруд для вилучення домішок.

2. Споруди для відділення домішок від води: відстійники, флотатори, фільтри, іонообмінні установки, установки зворотного осмосу тощо.

Ці споруди кінцево визначають ступінь вилучення домішок з води, тобто якість її очищення. Їх об'єм займає 90–95% від загального об'єму очисних споруд.

Крім того, на водоочисних станціях є допоміжні споруди та обладнання – для приготування та дозування реагентів, підготовки та зневоднення осадів, насосне обладнання тощо.

У загальному випадку технологічна схема водозабезпечення підприємства як прямоточного, так і оборотного, повинна включати наступні блоки (рис. 5.1).

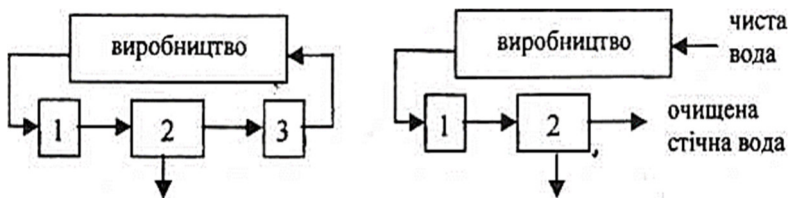


Рис. 5.1. Принципові блочні технологічні схеми водозабезпечення підприємства: а – оборотна; б – прямоточна; 1 – усереднювач-накопичувач стічних вод; 2 – очисні споруди; 3 – накопичувач очищених стічних вод

Обов'язковими спорудами є:

– усереднювач-накопичувач забруднених стічних вод, який призначений для усереднення витрат і концентрацій домішок, оскільки виробничі стоки скидаються нерівномірно, а очисні споруди працюють рівномірно;

– накопичувач очищених вод, який дозволяє забирати воду на виробництво при її нерівномірному споживанні.

Вибір очисних споруд, схеми водопостачання починається з порівняння вихідних даних стічної чи природної води з вимогами до її скиду або повторного використання. Для цього потрібно знати два параметри:

– витрата води ($\text{м}^3/\text{год}$, $\text{м}^3/\text{добу}$) – необхідна для гідравлічного розрахунку очисних споруд;

– концентрація та вміст домішок у вихідній воді (якісний та кількісний склад домішок) – необхідні для вибору складу очисних споруд.

У самому загальному вигляді найдоцільнішим є групування процесів для вилучення домішок різного фазово-дисперсного стану таким чином:

1) спочатку вилучаються грубодисперсні зависі, які

неможливо або недоцільно об'єднувати з процесами після коагуляції або флокуляції інших домішок: вилучення емульгованих або неемульгованих нафтопродуктів, жирів, масел, грубої зависі (піску, глини);

2) далі проводять фазово-дисперсні перетворення тих домішок води, які можна перевести у грубодисперсну завись: процеси коагуляції, флокуляції, осадження, окислення, відновлення;

3) проводять розподіл фаз для вилучення утвореної зависі; при цьому у більшості випадків застосовують двоступеневе вилучення: I ступінь – відстоювання, флотація тощо; II ступінь – фільтрування;

4) далі проводять кінцеве вилучення (концентрування) органічних продуктів, які обумовлюють високе ХПК води або можуть негативно впливати на наступні процеси очищення;

5) фінішним етапом очистки є концентрування розчинених солей (зниження концентрації аніонів і катіонів та загальної мінералізації).

Для обробки осаду використовуються споруди для його зневоднення (фільтр-преси, вакуум-фільтри, нутч-фільтри, мулові майданчики тощо).

Переробка елюатів або концентратів, що утворюються при вилученні розчинних солей на установках демінералізації, проводиться шляхом утилізації або подальшого концентрування з подальшим утворенням більш концентрованих солей або сухого продукту для зберігання або вторинної утилізації.

Промивні води механічних фільтрів очищаються на спеціальних спорудах або без очищення подаються в голову очисних споруд.

Таким чином, на очисну станцію надходять стічні

води, а виводяться очищена вода та зневоднений осад (або концентрати солей, які направляються на захоронення або утилізацію), (рис. 5.2).

В тому випадку, якщо у виробництві утворюються різні категорії стічних вод, можливе їх окреме очищення з подальшим об'єднанням потоків води на різних етапах очищення (рис. 5.2).

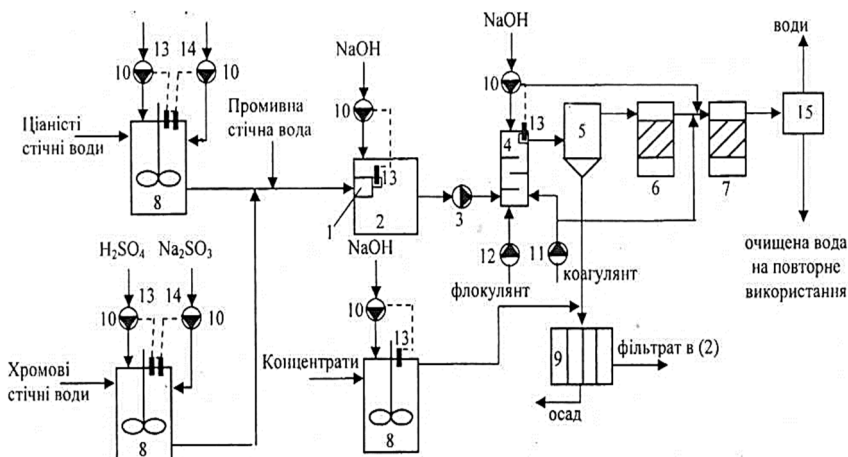


Рис. 5.2. Принципова комплексна технологічна схема очищення багатокомпонентних стічних вод виробництва гальванічної продукції та друкованих плат:

- 1 – трубчастий змішувач-реактор; 2 – усереднювач-накопичувач промивних стічних вод; 3 – насос; 4 – перегородчастий змішувач-реактор; 5 – тонкошаровий відстійник (прояснювач, флотатор); 6 – фільтр першого ступеня; 7 – фільтр другого ступеня; 8 – механічний змішувач-реактор; 9 – фільтр-прес; 10 – насос-дозатор NaOH; 11 – насос-дозатор коагулянту; 12 – насос-дозатор флокулянту; 13 – датчик рН; 14 – датчик Eh; 15 – усереднювач очищених вод

5.2. Біофільтри

Біологічні методи використовуються для окремого очищення виробничих стічних вод, суміші виробничих і побутових стічних, що утворюються на підприємстві, та доочищення виробничих стічних вод, які вміщують значну кількість органічних домішок після їх попереднього фізико-хімічного очищення.

Ці методи засновані на здатності мікроорганізмів використовувати у якості живильного субстрату багато органічних і деяких неорганічних сполук, що містяться в стічних водах.

5.2.1. Процеси, які протікають при біологічному очищенні стічних вод

Біологічне очищення відбувається співтовариством мікроорганізмів (біоценозом), який включає різні бактерії, простіші гриби тощо, які утворюються на очисних спорудах і пов'язані між собою в єдиний комплекс взаємовідносин. Таке співтовариство мікроорганізмів називається **активним мулом**.

Головна роль у активному мулі належить бактеріям, кількість яких може коливатись від 10^6 до 10^{14} клітин на 1 г сухої біомаси, а кількість видів може досягати декількох сотень. Подібна мікрофлора широко розповсюджена у природі, зокрема у стічних водах і ґрунті.

Активний мул ззовні представляє собою мілкі пластівці від світло- до темно-коричневого кольору, який складається великої кількості клітин. Розмір пластівців досягає 0,1–0,5 мм, а у ряді випадків – 2–3 мм і більше. У сухому вигляді активний мул вміщує 70–90% органічних й 10–30% мінеральних речовин.

Біологічне очищення відбувається внаслідок окислення органічних речовин мікроорганізмами, що обумовлено активністю їх ферментів. Внаслідок цього

процесу протікає споживання органічних речовин бактеріями та їх розмноження, в результаті чого кількість активного мулу збільшується і утворюється його надлишок. Відмінною особливістю активного мулу є можливість його адаптації до складу стічних вод, що надає можливість окислювати різні органічні домішки.

Біологічне очищення стічних вод може проводитися в аеробних або анаеробних умовах. В останні роки ці процеси поєднуються з процесами в аноксидних умовах.

Аеробні процеси, які отримали найбільше розповсюдження для очищення виробничих стічних вод, засновані на використанні аеробних мікроорганізмів, для життєдіяльності яких необхідна присутність у воді вільного кисню. Для цього кисень (повітря) подається у стічну воду, тобто вона аерується різними методами.

Аеробна мікрофлора може окислювати широкий спектр органічних речовин, які знаходяться у виробничих стічних водах. В результаті життєдіяльності бактерій і споживання кисню частина органічних речовин витрачається на утворення біомаси (активний мул, біоплівку), а інша частина перетворюється у прості продукти: воду, вуглекислоту, оксиди азоту тощо.

Процес утворення оксидів азоту та вуглецю носить назву *нітрифікація*.

Під час окислення *температура* стічних вод може коливатись від 2–5° С до 25–35° С. Чим вона вища, тим швидше протікає процес окислення. Найбільш ефективною для очищення є *величина рН* стічних вод в межах 5–9.

Значний вплив має концентрація *розчиненого кисню* у воді. У більшості випадків вона може коливатись в межах 1–7 мг/л. Нижча його концентрація призводить до сповільнення життєдіяльності мікроорганізмів. В то же час швидкість розчинення кисню та його кількість у стічній воді повинна бути не меншою, ніж його споживання

мікроорганізмами. При цьому треба враховувати, що підвищення температури призводить до зниження розчинності кисню у стічній воді. Мінімальна концентрація кисню у воді повинна бути не менше 1–2 мг/л.

Токсичні продукти, що знаходяться у стічній воді, можуть порушувати життєдіяльність бактерій. Тому вони обмежуються при скиді на очисні споруди.

Біогенні елементи, до яких відносяться азот і фосфор, є необхідними компонентами кліткового матеріалу бактерій. Їх недостатня кількість знижує фізіологічну активність мікроорганізмів. Найчастіше джерелом таких елементів є побутові стічні води, внаслідок чого більш ефективним є очищення суміші виробничих та побутових стоків.

Анаеробні процеси відбуваються за відсутності кисню у стічній воді, внаслідок чого органічні речовини руйнуються анаеробними мікроорганізмами. Ці бактерії для дихання використовують не кисень, а окислені форми азоту (нітри, нітрати), хлору, сірки, вуглецю. В результаті їх діяльності органічні речовини перетворюються в органічні (оцтову, масляну) кислоти та біогаз (суміш метану, водню тощо).

Анаеробний метод (зброджування) рідко застосовується для очищення виробничих стічних вод. Найчастіше він використовується для попереднього очищення концентрованих стічних вод перед їх аеробним очищенням або для самостійного очищення висококонцентрованих стічних вод невеликих витрат і зброджування органічного осаду. Цей процес більш ефективно протікає при підвищеній температурі (45–53° С). Зокрема, завдяки використанню анаеробного процесу вміст органічних речовин знижується в 10–20 разів, що створює більш сприятливі умови для наступного аеробного очищення стічних вод.

Так, анаеробний метод дозволяє ефективно очищати стічні води від виробництв синтетичних жирних кислот, деревоволокнистих плит, фенолів тощо.

Перевагами анаеробних процесів перед аеробними є:

- більша економічність, оскільки відсутні витрати на аерацію стічної води;

- утворення енергетично багатих газів, які можна використовувати у вигляді палива;

- значно менший (в 7–10 разів) приріст біомаси.

Недоліком є складність підтримання оптимальних параметрів, утворення нерозчинних у воді сульфідів, які утворюють з важкими металами нерозчинні продукти.

Аноксидні процеси протікають в умовах недостатньої кількості кисню, яка створюється штучно під час зниженої (або переривчастої) аерації стічної води. В умовах відсутності вільного кисню відбувається *денітрифікація* оксидів азоту бактеріями, які входять у склад активного мулу, тобто відновлення азоту нітритів і нітратів до молекулярного азоту із наступним його видаленням в атмосферу в вигляді газу.

Для очищення побутових стічних вод найбільш універсальним є поєднання всіх наведених вище процесів у такий послідовності:

- 1) спочатку в *анаеробних умовах* проводиться частковий розпад складних органічних речовин на більш прості та деполімеризація поліфосфатів з метою видалення сполук фосфору;

- 2) в *аноксидних умовах* відбувається денітрифікація сполук азоту за допомогою активного мулу, що повертається з аеробного процесу;

- 3) надалі в *аеробних умовах* протікають процеси окислення мікроорганізмами активного мулу органічних речовин та амонійного азоту до нітритів та нітратів (*нітрифікація*).

5.2.2. Споруди, які призначені для забезпечення біологічного очищення стічних вод

Біологічне очищення стічних вод можна здійснювати в природних і штучних умовах. Принцип дії сучасних апаратів і споруд біологічного очищення стічних вод в штучних умовах заснований на методах безперервного культивування мікроорганізмів.

Для аеробного очищення виробничих стічних вод у штучних умовах найчастіше використовуються аеротенки та біофільтри.

Аеротенки є більш розповсюдженими, оскільки простіші в експлуатації та надійніші в умовах коливань концентрацій домішок і наявності важкоокислюваних речовин. Аеротенки представляють собою залізобетонні резервуари довжиною 30–100 м і більше, шириною 3–10 м, глибиною 3–5 м.

Основними характеристиками аеротенків є окислювальна потужність активного мулу, тобто кількість забруднень, що знімається 1 м³ об'єму аеротенку (г/м³ – добу), доза (концентрація) мулу, а також муловий індекс, який визначає його якість та стабільність роботи аеротенку. Під час окислення органічних домішок доза активного мулу найчастіше може складати від 2–3 до 6–8 кг/м³, окислювальна здатність досягає 5,7–7,2 кг БПК_{повн}/(м³ – добу).

Для очищення виробничих стічних вод найчастіше застосовуються три типи аеротенків: із зосередженою подачею стоків (*аеротенки-витіснювачі*), із розсередженою подачею стоків (*аеротенки-змішувачі*), комбіновані аеротенки (рис. 5.3).

Крім того, використовують інші типи, зокрема аеротенки-відстійники, шахтні аеротенки, фільтротенки, оксітенки тощо.

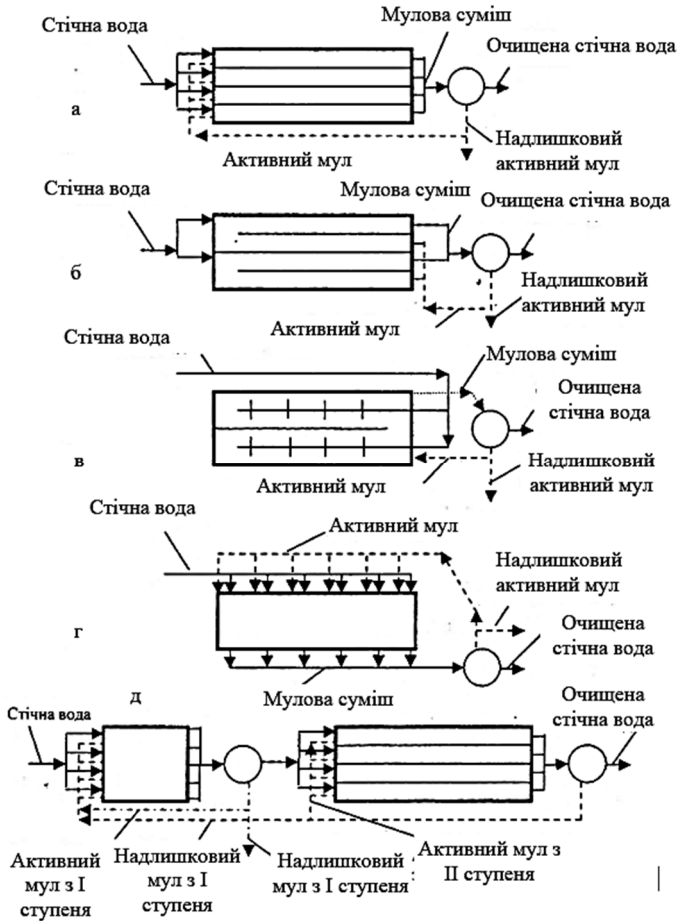


Рис. 5.3. Схеми аеротенків: а – з зосередженою подачею стоків (аеротенки-витіснювачі); б – з зосередженою подачею стоків та аерацією поверненого активного мулу; в – із ступінчастим впуском стоків; г – з розосередженою подачею стоків (аеротенки-змішувачі); д – двоступеневі аеротенки; 7 – аеротенк; 2 – регенератор, 3 – аеротенк-змішувач, 4 – відстійник

Аеротенки-витіснювачі дозволяють забезпечити необхідний ступінь окислення органічних домішок, однак вони чутливі до перевантажень, внаслідок чого рекомендується вхідне БПК_{пов} не вище 500–2000 мг О₂/л.

Оскільки виробничі стічні води можуть містити більш високі концентрації органічних домішок, їм притаманна значна нерівномірність споживання кисню, присутність токсичних компонентів, то найбільше розповсюдження отримали *аеротенки-змішувачі*.

В цих аеротенках забезпечується поперечна циркуляція стічної води та поверненого активного мулу, за рахунок чого створюються умови для підтримання високої окислювальної активності мікроорганізмів. Недоліком їх є можливість проскакування стічної води без достатнього очищення.

Різновидом аеротенки-змішувачів є *аеротенки-осаджувачі*, в яких можна підтримувати високу дозу активного мулу. При високих концентраціях домішок можливе застосування *двоступеневих* аеротенків.

Для нормальної життєдіяльності мікроорганізмів, які очищають воду, в аеротенк під тиском подається повітря (кисень), концентрація якого у стічній воді повинна бути не нижче 2 мг/л.

Для аерації стічної води використовують пневматичну, пневмомеханічну, механічну, гідравлічну та ежекційну системи.

Аераційні системи призначені для подачі та розподілу кисню (повітря) у всьому об'ємі аеротенку, а також для підтримки активного мулу у завислому стані. Кількість повітря, який необхідно подавати в аеротенк, складає в середньому 5–15 м³ повітря на 1 м³ стічної води.

У *пневматичній* системі аерації найбільше розповсюдження знайшли пористі аератори з керамічного матеріалу (фільтросні пластини у вигляді каналів) і також

перфоровані труби, які розміщені на дні резервуару. На даний час все більше поширення знаходять трубчасті аератори з пористих полімерних матеріалів, а також дискові аератори з пористих гумових матеріалів, які під дією стислого повітря розширюються, в результаті чого утворюються мілкі бульбашки повітря.

Механічна система аерації здійснюється мішалками, щітками, турбінками, що обертаються. В *ежекційній* системі повітря підсмоктується за рахунок високої швидкості стічної води, що рухається в ежекторі. В *гідравлічній* системі повітря засмоктується за рахунок струменів води, які під напором подаються на поверхню стічної води (струминна аерація).

Об'єм аеротенків-змішувачів і двоступеневих аеротенків визначається:

$$W = \frac{(L_n - L_k)Q}{OP}, \text{ м}^3, \quad (5.1)$$

де L_n, L_k – БПК_{пов}, відповідно, у суміші, що поступає в аеротенк, та стічної води, що виходить з нього, г/м³;

Q – розрахункова добова витрата стічних вод, м³/добу;

OP – окислювальна потужність аеротенку, г/м³-добу (може бути прийнята 600 г/м -добу при дозі активного мулу 3 кг/м³).

Біофільтри – вертикальні споруди, завантаженні фільтруючим матеріалом, на поверхні якого розвиваються мікроорганізми (біоплівка).

Мікроорганізми споживають органічні домішки, що знаходяться у стічній воді, яка протікає через фільтруючий матеріал зверху вниз. У якості завантаження може використовуватись щебінь, шлак, керамзит тощо розміром гранул від 20–30 мм до 60–80 мм і висотою від 1–2 м до 8–16 м. Наданий час набувають поширення біофільтри з

керамічного або пластмасового завантаження з високопористою структурою (рис. 5.4).

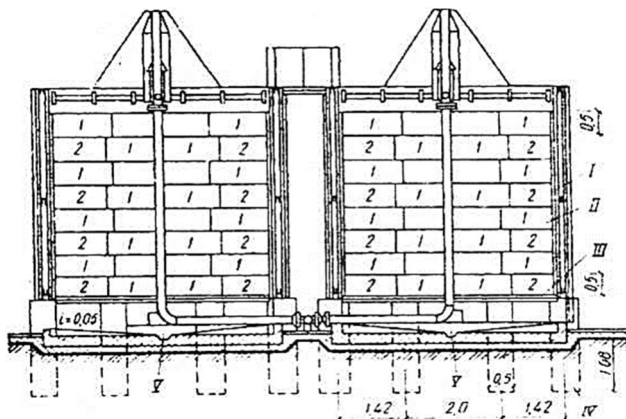


Рис. 5.4. Біофільтр з пластмасовим завантаженням:
 I – корпус; II – завантаження; III – решітка; IV – опори;
 V – відвідні лотки; VI – реактивний зрошувач

Стічну воду за допомогою спеціальних пристроїв розподіляють зверху над поверхнею завантаження. Повітря рухається знизу вгору через завантаження назустріч стічній воді за рахунок різниці тисків або нагнітається компресором під завантаження.

Об'єм завантаження біофільтру визначається:

$$W = \frac{LQ}{\text{ОП}}, \text{ м}^3, \quad (5.2)$$

де L – БПК_{пов} стічної води, що поступає в біофільтр, г/м³;

Q – розрахункова добова витрата стічних вод, м³/добу;

ОП – окислювальна потужність біофільтру, в грамах БПК_{пов} на 1 м³ завантаження (може бути прийнята 300 г/м³-добу).

Біофільтри успішно використовуються для різноманітних виробничих стічних вод, зокрема каніфольно-екстраційного виробництва, підприємств термічної переробки сланців, виробництв диметилфталату, оксиду етилену, хлоропренового каучуку тощо, особливо при застосуванні штучних високопористих матеріалів.

Інтенсивність деструкції важкоокислюємих органічних речовин у біофільтрах в ряді випадків навіть вища, ніж в аеротенках.

В останні десятиріччя набула поширення *імобілізована мікрофлора*, яка культивується на гнучких носіях (у вигляді розвинених структур – волокон, щіток, ниток), які розміщуються у стічній воді або на дискових носіях, які, обертаючись, поперемінно знаходяться у повітрі та стічній воді (дискові біофільтри).

У більшості випадків технологічна схема аеробного очищення стічних вод включає решітку для вилучення крупних відходів, пісковловлювач, первинний відстійник для попереднього затримання крупної зависі, аеротенки (або біофільтри), вторинний відстійник для осадження активного мулу, знезараження стічної води.

Як приклад, на рис. 5.5 наведена технологічна схема біологічного очищення стічних вод від птахофабрики, яка включає відстійники та аеротенк-змішувач.

В природних умовах аеробне очищення проводять на полях зрошення, полях фільтрації та біоставках.

Поля зрошення – це спеціально підготовлені сплановані земельні ділянки, призначені для очищення стічних вод із одночасним вирощуванням сільськогосподарських культур.

Поля фільтрації – це земельні ділянки, призначені тільки для очищення стічних вод.

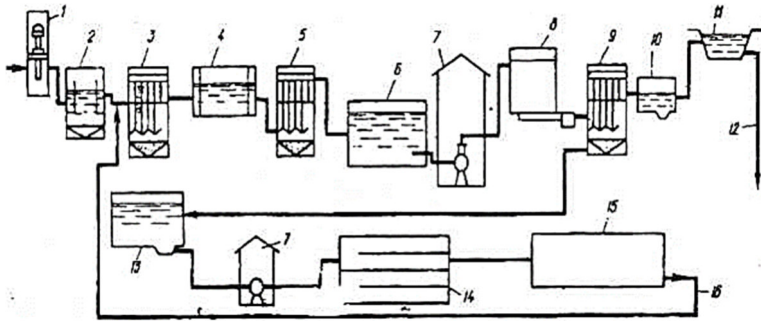


Рис. 5.5. Схема очисних споруд птахофабрики:

- 1 – будівля решіток; 2 – пісковловлювач; 3 – первинний відстійник; 4 – аеротенк-змішувач; 5 – вторинний відстійник; 6 – резервуар; 7 – насосна станція; 8 – аерофільтр; 9 – третинний відстійник, 10 – резервуар очищених стоків, 11 – ставок; 12 – подача води на зрошення; 13 – резервуар осаду; 14 – аеробний стабілізатор; 15 – мулові майданчики; 16 – трубопровід для мулової води*

Для самостійного очищення поля зрошення та фільтрації не отримали розповсюдження. Найчастіше вони рекомендуються для доочищення стічних вод, очищених у штучних умовах. Їх недоліком є можливість загнивання стічної води, утворення запахів, складність очищення в холодні пори року.

В останні роки для доочищення у природних умовах рекомендують **біоплато** – спеціально улаштовані земельні ділянки, засипані шаром щебню, і на яких висадженні рослини (очерет, ейхорнія тощо), дерева енергетичних порід, які інтенсивно споживають органічні речовини, що знаходяться у стічних водах.

Гідравлічне навантаження на біоплато приймають до 0,3–1 м³/добу стічної води на 1 м² площі біоплато.

Біологічні ставки виконані у вигляді штучних водоймиц, де протікають процеси самоочищення стічної

води. Процеси самоочищення протікають дуже повільно, тому тривалість перебування стічної води в ставках досягає декількох десятків днів. Ставки, в основному, застосовують для доочищення стічних вод.

Очищення в анаеробних умовах найчастіше використовується для попереднього очищення концентрованих стічних вод, що вміщують органічні домішки, а також для обробки органічного осаду, що утворюється в процесі аеробного очищення. Для цього переважно застосовують процес метанового зброджування, під час якого розпад органічних сполук складає в середньому 40%. При цьому виділяється 63–65% CH_4 й 32–34% CO_2 . Температура процесу становить до 50–60° С.

Анаеробне зброджування використовують для очищення стічних вод харчової, целюлозно-паперової промисловості, виробництва капролактаму тощо.

Широке поширення метанове зброджування набуло для переробки суміші осаду та активного мулу. Для його здійснення використовують спеціальні споруди – метантенки (рис. 5.6).

Це циліндричний резервуар, що має конічне днище та герметичне покриття, у верхній частині якого встановлений ковпак для збору газу, звідки його подають на утилізацію. Покриття може бути рухомим або нерухомим. Для скорочення тривалості зброджування активний мул підігрівають і перемішують за допомогою спеціальних пристроїв.

В процесі зброджування органічного осаду протікає процес його розпаду, зміна хімічного складу, тобто мінералізація органічних речовин, а також дегільментизація осаду. В результаті зброджування утворюється стабілізований осад, який подається далі на мулові майданчики для подальшої обробки в природних умовах, і мулова вода, яку направляють на очисні споруди.

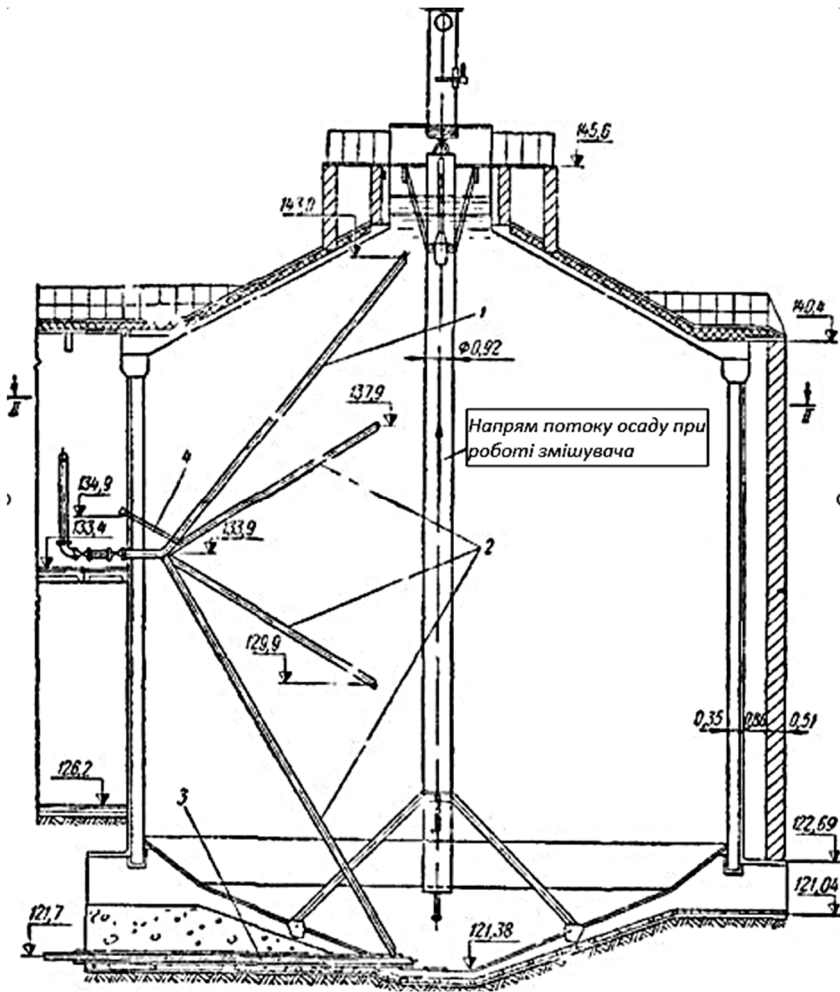


Рис. 5.6. Метантенк:

1 – завантажувальний трубопровід; 2 – вивантажувальний трубопровід; 3 – трубопровід спорожнення; 4 – допоміжна труба; 5 – всмоктуючий трубопровід; 6 – трубопровід підігрівача; 7 – промивний трубопровід

Можливе також використання механічного зневоднення утвореного осаду.

Осад та активний мул виробничих стічних вод можна перероблювати також аеробними методами (аеробною стабілізацією), яка полягає в тому, що його аерують, в результаті чого значно пришвидшується процес окислення органічних речовин. Після цього стабілізований осад направляють на мулові майданчики.

5.3. Доочищення стічних вод

Спори повного біологічного очищення забезпечують ступінь очищення за БСК_{повн} очищеної води 10–15 мг/дм³, проте для її повторного використання, а у ряді випадків і для скидання у водоймища, такий ступінь очищення недостатній. У зв'язку з цим часто проектується доочищення стічних вод. При доочищенні стічних вод широко використовується фільтрація крізь фільтри різної конструкції. В результаті фільтрації зменшується вміст у стічній воді головним чином завислих речовин, а також нафтопродуктів, фосфору та інших забруднень.

В залежності від вимог до якості води для доочищення використовуються фільтри таких конструкцій:

- зі спадним або висхідним потоком води;
- радіальні одношарові та двошарові;
- з рухливою засипкою;
- каркасно-засипні;
- аеровані, з плаваючою засипкою.

Як фільтруючий матеріал застосовується кварцовий пісок крупних фракцій, гравій, гранітний щебінь, гранульований домновий шлак, антрацит, горілі породи, керамзит, полістирол.

Каркасно-засипний фільтр (рис. 5.7) є багатошаровим, в якому фільтрація води відбувається у напрямі спадної крупності зерен засипки.

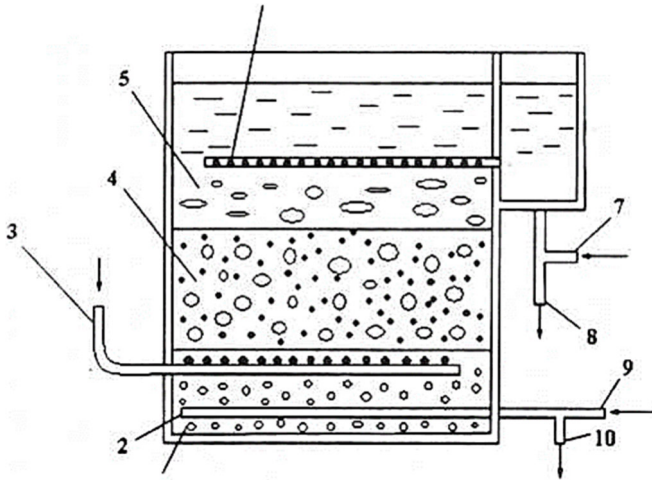


Рис. 5.7. Схема каркасно-засипного фільтра:

- 1 – підтримувальні гравійні шари; 2 – розподільна система для води; 3 – подача повітря при промиванні; 4 – піщана засипка; 5 – гравійний каркас; 6 – система для подачі вихідної та відведення промивної води; 7 – подача вихідної води; 8 – відведення промивної води; 9 – подача промивної води; 10 – відведення фільтрату*

Подача води здійснюється по системі жолобів. Дренажна система показана у вигляді дірчастих труб із підтримувальними гравійними шарами, на які завантажуються гравій і пісок. Пісок заповнює міжпоровий простір гравійного каркаса. Замість гравію можна застосовувати щебінь, а замість піску – шлак, керамзит, антрацит. Перевага каркасно-засипного фільтра – робота в режимі безплівкової фільтрації, висока якість фільтрату, підвищена грязєємність засипки.

Розрахункова загальна проща F_{ϕ} , m^2 визначається за формулою:

$$F_{\phi} = \frac{Q_d + Q_{\text{ц}}}{24V_{\text{рф}} - nV_{\text{рф}}t_n}, \quad (5.3)$$

де Q_d – розрахункові добові витрати води, м³/д;

$Q_{\text{ц}}$ – циркуляційні витрати води на промивання фільтрів, м³/д, для розрахунків приймається $Q_{\text{ц}} = 0,025Q_p$;

t – тривалість простою одного фільтра під час промивання (приблизно 5 хв за годину);

n – число промивок одного фільтра за добу;

$V_{\text{рф}}$ – розрахункова швидкість фільтрування, м/г:

$$V_{\text{рф}} = V_{\phi} \frac{N - m}{N}, \quad (5.4)$$

де V_{ϕ} – швидкість фільтрування при форсованому режимі, м/г;

N – загальне число фільтрів (4);

m – число фільтрів, які перебувають в ремонті (при $N > 20$ т $m = 3$; при $N < 20$ т $m = 2$).

Площа одного фільтра зазвичай приймається 50–60 м², ширина відділення – не більше 4,5 м. Число фільтрів доочищення орієнтовано визначається за формулою:

$$N = 0,5 \sqrt{F_{\phi}}. \quad (5.5)$$

Для попередження біологічного обростання засипку рекомендується обробляти хлорною водою з концентрацією хлору 100–200 мг/дм³ не менше двох разів на рік. Тривалість контакту засипки з хлорною водою 24 год.

Ступінь очищення та швидкість фільтрування основних типів фільтрів наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Характеристики типів фільтрів, які застосовуються для очищення стічних вод

Тип фільтра	Ступінь очищення, %, концентрації завислих речовин 15–20 мг/дм ³		Швидкість фільтрування, V _ф , м/г
	по завислих речовинах	по БСК _{повн}	
Зернисті зі спадним потоком	70–80	50–60	5–7
Зернисті з висхідним потоком	70–85	50–65	7–8
Двошарові	70–80	60–70	7–8
Аеровані	80–90	75–80	7–8
Каркасно-засипні	80	70	10
Радіальні із засипкою горілими породами	75	60–70	26
З рухомою засипкою	50–55	30 (по БСК ₅)	15

Для доочищення стічних вод при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні застосовуються мікрофільтри, фільтри з рухомою (пластмасовою) засипкою, установки пінної флотації (для доочищення стічних вод від поверхнево-активних речовин). Для доочищення стічних вод від важкоокислюваних домішок використовуються коагуляційні та сорбційні установки.

Для доочищення стічних вод можна застосовувати озонаторні установки в сполученні з фільтрами. Стічна вода, оброблена озоном, стерильна (озонування дозволяє обеззаражувати воду), не має запаху, кольоровості, мутності. Доочищення стічних вод від сполук азоту та фосфору відбувається реагентним методом. Як реагенти використовується вапно, сірчаноокислий алюміній і сірчаноокисле залізо.

Для видалення із стічних вод сполук азоту застосовується нітрифікація та денітрифікація, а також

фізико-хімічні методи.

5.4. Випуск стічних вод у водоймища

Очищені стічні води після дезінфекції відводяться по каналу (закритому або відкритому) до місця випуску у водоймище. Відвідний канал закінчується береговим колодязем, з якого стічні води через випуск спускаються безпосередньо у водоймище.

Основна задача при влаштуванні випуску – якнайбільш повне змішування стічної води з водою водоймища для одержання найбільшого ступеня розведення. Випуск являє собою стальну трубу, яка прокладена під водою. Оголовок (кінець) труби доводять до фарватеру річки, де спостерігається найбільша швидкість течії і для кращого перемішування стічної води з річковою водою. При випусканні стічних вод в озера та моря оголовок відводиться на відстань від берега, щоб при нагнічених течіях або припливах не відбувалося забруднення узбережжя.

Оголовок підводного трубопроводу випуску може бути зосередженим або розсіювальним (рис. 5.8).

Перший забезпечує водоскид в одному місці водоймища, інший – в декількох місцях. Розсіювальний випуск більш розповсюджений, тому що забезпечує краще змішування стічних вод з водою водоймища.

В залежності від глибини водоймища, товщини крижаного покриву та наявності пароплавання підводну частину випуску кладуть у траншею або безпосередньо по дну водоймища, закріплюючи палями або кам'яною обсіпкою.

Отвори в оголовку розташовують на достатній висоті від дна (1–2 м) для попередження його розмивання. Відстань від нижньої поверхні льоду до отворів повинна бути не менше 1,0–1,5 м. Це захищає лід від підтавання.

Швидкість течії очищених стічних вод у підводній частині необхідно приймати по можливості якнайбільшою (не менше 0,5–0,7 м/с). При таких швидкостях зменшується діаметр трубопроводу випуску та запобігається його замулювання.

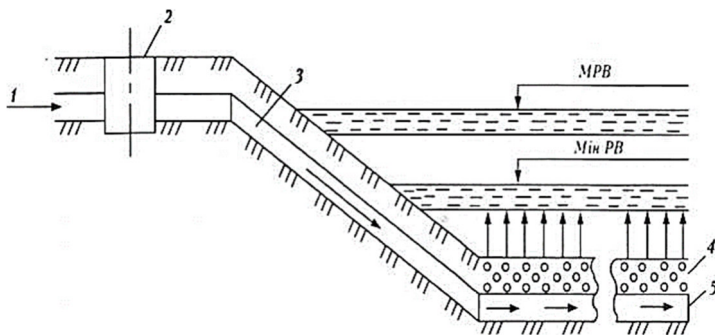


Рис. 5.8. Розсіювальний випуск трубопроводів у водоймище: 1 – подача стічної води; 2 – колодязь; 3 – труба; 4 – кам'яна обшивка; 5 – оголовок труби; MPB – максимальний рівень води у водоймищі; MinPB – мінімальний рівень води у водоймищі

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Як класифікуються стічні води?
2. Що таке знезараження води?
3. Які основні блоки складають технологічні схеми очищення промислових стічних вод?
4. Назвіть види біологічного очищення стічних вод.
5. Яка різниця між аеротенками та біофільтрами?
6. Наведіть класифікацію споруд для біологічного очищення стічних вод.
7. Розкажіть про особливості створення біологічних ставків.
8. Наведіть класифікацію біофільтрів.

РОЗДІЛ 6. БІОТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ЗА ДОПОМОГОЮ БІОПЛІВКИ

- 6.1.** Наявність біотехнологій очищення води, ґрунту та повітря
- 6.2.** Біофільтри, їх будова і принцип роботи
- 6.3.** Мочари, їх будова і принцип роботи
- 6.4.** Оберткові біоконтактори, їх будова і принцип роботи
- 6.5.** Вимоги щодо біологічного очищення води

Біотехнологія охорони довкілля включає в себе технології очищення всіх трьох головних його складових: води, ґрунту і повітря.

Причому вони використовуються як для запобігання забрудненню довкілля хімічними речовинами природного та штучного походження (ксенобіотиками), так і для подолання наслідків техногенних аварій із викидом цих сполук у навколишнє середовище.

6.1. Наявність технологій очищення води, ґрунту і повітря

В Україні застосовується переважна більшість існуючих у світі екологічних біотехнологій (табл. 6.1).

Досягнення мікробіології, гідробіології та біотехнології останніх десятиліть дають змогу стверджувати, що сучасні біологічні методи можна успішно використовувати для очищення води від усіх без винятку розчинених у ній органічних сполук у будь-яких концентраціях, від іонів важких металів, нітратів, сульфатів, хроматів, аміакатів та від небезпечних біологічних агентів (патогенних мікроорганізмів, вірусів тощо).

Таблиця 6.1

Біотехнологія охорони довкілля від хімічного забруднення
(за П.І. Гвоздяком)

Об'єкт	Характер забруднення	Джерело забруднення	Наявність біологічних методів обробки	
			за рубежом	в Україні
Вода	Технологічний	Промислові стічні води	+	+
		Побутові стічні води	+	+
		Води з-під звалищ побутових відходів	+	±
		Сільськогосподарське забруднення води	+	*
		Зливові води	+	+
		Води, забруднені радіонуклідами	+	±
	Аварійний (відкритих водойм)	Промислові стоки	*	-
		Побутові стоки	*	+
		Виливи нафтопродуктів	+	+
		Виливи пестицидів	-	+
		Потрапляння радіонуклідів	-	±
Ґрунт	Технологічний	Нафтошлами	+	+
		Звалища побутових відходів	+	-
		Породи мінеральні (відвали)	+	-
		Токсичні відходи	+	-
	Аварійний	Виливи нафтопродуктів	+	+
		Розсипи пестицидів	*	+
Повітря	Технологічний	Пари органічних розчинників	+	+
		Пари нафтопродуктів	+	+
		Пари формальдегіду, метанолу	+	-

Примітки: * – авторів невідомо; ± – здійснено в лабораторних умовах і на пілотних установках.

Завдяки біологічному очищенню можна не лише знешкодити стічні води, а й відтворити якість води,

використаної в промисловому виробництві, побуті, сільському господарстві чи забрудненої внаслідок техногенних аварій на водоймах. З огляду на його відносну дешевизну (а іноді й прибутковість), надійність та екологічну бездоганність біологічне очищення води має, без сумніву, перспективу закріпити свою чільну роль в охороні водних екосистем від забруднення.

Як і будь-яка інша біотехнологія, біологічні методи очищення води ґрунтуються на використанні тих чи інших водних організмів (гідробіонтів), їх угруповань та комплексів – біоценозів. Таких біоценозів в очищенні води в сучасний період відомо п'ять:

- 1) біоплівка;
- 2) активний мул;
- 3) анаеробні мікроорганізми, зокрема гранульований мул;
- 4) селекціоновані мікроорганізми – деструктори певних забруднень;
- 5) гідробіоценози, що становлять просторову сукцесію (біоконверс).

Саме ці біологічні угруповання є основою всіх існуючих біотехнологій очищення води:

– найрізноманітніших біофільтрів (з гравійним, піщаним чи синтетичним завантаженням;

– вертикальних чи новітніх – горизонтальних, що звуться «wetlands» – мочарами, занурених у воду, чи інтенсивно провітрюваних тощо);

– аеротенків, окситенків різних типів і калібрів (визискувачі, змішувачі, циркуляційні, шахтові, баштові тощо), бактеріальних біореакторів, низки анаеробних споруд з висхідним чи низхідним потоком, з рециркуляцією чи без неї;

– прямотечійних мікробіо-, зоо- та фітореакторів.

Біологічне очищення є основою, серцевиною зовні

простого до примітивності, а насправді надзвичайно складного процесу перетворення брудної, токсичної рідини – промислових чи побутових стічних вод – на чисту, екологічно безпечну, біологічно повноцінну воду. Повний набір цього традиційного, класичного процесу включає такі стадії:

- 1) первинне – механічне очищення;
- 2) вторинне – власне біологічне очищення;
- 3) третинне – фізико-хімічне доочищення стічних вод.

Біологічні процеси відбуваються у воді на всіх етапах проходження її крізь очисні споруди. Більше того, вони розпочинаються в момент утворення стічних вод, тривають під час збирання і транспортування цих вод до очисних споруд (у каналізаційних мережах), не припиняються після будь-якого, навіть найбільш ретельного очищення і зневаження води. Стерильної води на поверхні Землі немає і бути не може.

Однак, найбільш помітне біологічне очищення стічних вод відбувається саме на другій – біологічній стадії, де біоплівка, активні аеробні чи гранульовані анаеробні мули, спеціально селекціоновані мікроорганізми-деструктори чи сформовані у трофічний ланцюг гідробіоценози у спеціально створених для них умовах у відповідних спорудах інтенсивно розмножуються, споживаючи з води органічні сполуки та інші речовини, які ми розглядаємо як забруднення.

Біомасу гідробіонтів, що наростає під час процесу очищення води, відділяють у так званих вторинних відстійниках, звідки її подають або в метантенки або на мулові майданчики.

6.2. Біофільтри, їх будова і принцип роботи

Біоплівка – головний дійовий гідробіоценоз таких очисних споруд, як біофільтри та обертові біоконтактори.

Типовий, класичний біофільтр – це кругла, багатогранна чи прямокутна в плані залізобетонна ємність з несправжнім дном, в яку вміщено (насипано) завантаження (рис. 6.1).

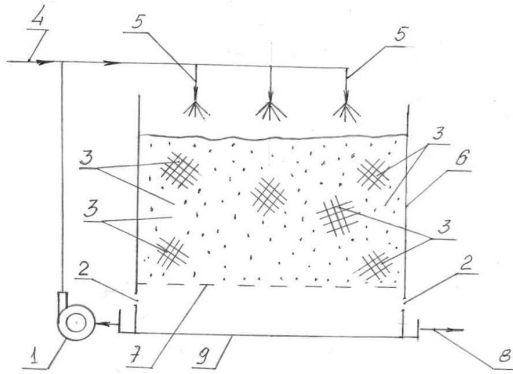


Рис. 6.1. Біофільтр: 1) насос; 2) вентиляційні вікна; 3) завантаження; 4) подача стічної води; 5) розбризкувальні пристрої; 6) корпус біофільтра; 7) несправжнє дно; 8) відведення очищеної води; 9) піддон

На цій поверхні розвиваються різноманітні гідробіонти з різних систематичних груп, що, власне, і складають біоплівку.

Стічна вода, що надходить на очищення, розбризкується тим чи іншим пристроєм по всій поверхні завантажень біофільтра і, стікаючи вниз, омиває біоплівку та збирається у піддоні. Потім із піддона насосом рециркулюється крізь біофільтр для повторного її очищення. Для забезпечення постійного насичення біоплівки біофільтра киснем повітря в нижній його частині

передбачено вентиляційні вікна. Також самі біофільтри споруджують у приміщеннях або укомплектовують вентиляційними системами з калориферами для запобігання замерзання води в них (герметизують вентиляційні вікна, наприклад при роботі взимку).

За типом завантаження біофільтри поділяють на дві категорії: з об'ємним і плоским завантаженням.

При об'ємному, головним чином, насипному завантаженні застосовують гравій, керамзит, шлак, кільця Рашига, Полля, сідла Берля, «інталькс», пластмасові вироби різноманітних конфігурацій та розмірів. Питома поверхня об'ємного завантаження становить від 70 до 300 м²/м³.

Плоске завантаження – це переважно блокові вироби з шиферу, пластмас, тканин, ниток, волокон (виготовлених, наприклад, у вигляді «йоржів» чи «вій») тощо. Їх питома поверхня може досягати 10000 м²/м³.

Біофільтри не потребують особливих затрат на аерацію. Однак вважається, що біофільтр не може нормально функціонувати без рециркулювання рідини, яку очищають, бо основна маса води проходить крізь біофільтр дуже швидко, і за цей короткий проміжок часу всі забруднювачі не встигають осісти на біоплівці, що міститься на насадці.

Процес рециркулювання має свої недоліки, що пов'язані зі значними витратами електроенергії на перекачування води, з збільшенням об'ємів відстійників, з підвищенням навантаження на біофільтр за забрудненнями, схильністю до кольматації завантаження, а найголовніше – з вирівнюванням якісного складу біоценозів біоплівки по всій висоті біофільтра. Доречно зазначити, що біоплівка на зернах піску виконує чи не найважливішу роль в очищенні питної води від розчинених органічних сполук під час пропускання її крізь шар піску, особливо в так званих повільних фільтрах.

6.3. Мочари, їх будова і принцип роботи

Своєрідним різновидом біофільтра можна вважати відносно новий тип очисних споруд, що набуває всезростаючої популярності в США, Великій Британії, Нідерландах та інших країнах, а саме – мочари «wetlands».

Мочари – це інженерна земляна споруда з гравійним завантаженням, розміщеним невеликою товщиною (до 1 м) на надійній гідроізоляції з синтетичної плівки (рис. 6.2).

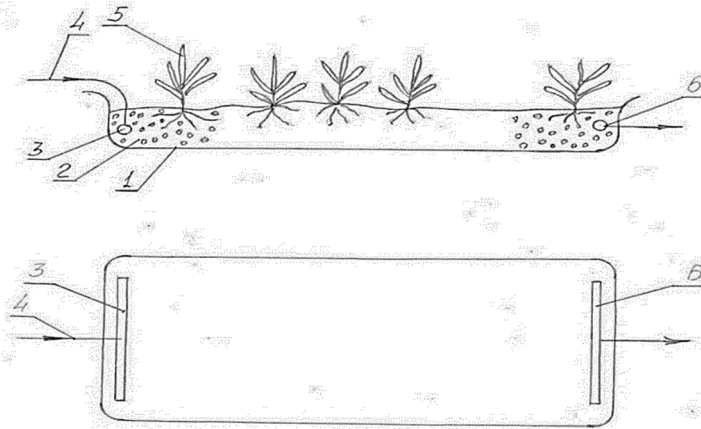


Рис. 6.2. Мочари: 1) гідроізоляція; 2) гравійне завантаження; 3) розподільна труба; 4) стічна вода; 5) вищі водяні рослини; 6) труба збору очищеної води

Стічна вода після ретельного механічного очищення розподіляється по ширині мочари перфорованою трубою і дуже повільно просочується впродовж тривалого часу (1–3 доби) крізь обросле біоплівкою завантаження, на якій, крім того, щільно ростуть вищі водяні рослини, а саме повітряно-водяні макрофіти, які сприяють аерації води, що очищається, вилучають з неї біогенні елементи, зокрема фосфор, калій, азот, а також важкі метали, і завдяки своїй

розгалуженій кореневій системі збільшують поверхню обростання біоплівкою. Природно очищена вода збирається перфорованою трубою і відводиться в найближчий потік. Така очисна споруда не потребує жодних енергетичних затрат на аерацію, переміщення води, вона проста в обслуговуванні, екологічно бездоганна і повинна зайняти гідне місце в системі очищення стічних вод в Україні.

Процес біологічного очищення води із використанням вищих водяних рослин пов'язаний з тим, що сама водяна рослинність являється природним субстратом для розвитку організмів перифітону, який адаптований до того чи іншого типу забруднення і здатний очищувати стічні води від біогенних речовин.

В біотехнологіях очистки поверхневих та стічних вод в останній час все більше уваги приділяється використанню вищих водяних рослин. Із повітряно-водяних рослин це – очерет звичайний (*Phragmites australis* = *Ph. communis Trin.*), рогіз широколистий (*Typha latifolia L.*), лепеха велика (*Glyceria maxima (Hartm.) Holmberg*), півники болотні (*Iris pseudoacorus L.*), різні види осок (*□arex*).

Мікроорганізми біоплівки та інші безхребетні перифітону використовують цей природний субстрат для деструкції органічних речовин у водних екосистемах. Тому для покращення процесу самоочищення поверхневих і стічних вод необхідно знати площу контакту цих повітряно-водяних рослин з водою, при використанні їх в системі біоплато. Відомо, що площа контакту кореневої поверхні (корені + кореневище) очерету звичайного з водним середовищем при щільності 100 рослин на 1 м² дорівнює:

$$S = N \times L \times 2\pi R + (N \times n_2 \times L_2 \times 2\pi r) = 2\pi N(L \times R + n_2 \times L_2 \times r), \quad (6.1)$$

де N – кількість рослин на 1 м² поверхні;

L – довжина кореневищ (у розрахунках прийнята за 1 м);
 L_2 – довжина коренів (0,1 м);
 R – середній радіус кореневищ ($0,2 \times 10^{-1}$ м);
 n_2 – кількість коренів (100);
 r – радіус коренів ($0,4 \times 10^{-2}$ м).

Тоді площа контакту кореневої системи очерету звичайного з водою згідно з формулою (6.1) складає:

$$S = 2 \times 3,14 \times 100 (1,0 \times 0,1 \times 0,4 \times 10^{-2}) \\ = 37,68 \text{ м}^2$$

При вивченні закономірностей функціонування вищої водяної рослинності малої річки Мокра Московка в межах міста Запоріжжя було встановлено, що практично з 2000 року річка почала інтенсивно заростати занікелією болотною (*Zannichellia palustris* L.) (рис. 6.3).



Рис. 6.3. Фрагмент *Zannichellia palustris* L.

Також було встановлено, що поверхня цієї рослини вкривається потужною біоплівкою, яка складається з бактеріальної мікрофлори та перифітонних організмів, які відіграють провідну роль в процесі самоочищення водотоку.

Біотопи існування занікелії болотної пов'язані з певними ділянками річки Мокра Московка, а саме із перекатами. На цих ділянках ця занурена вища водяна рослина здатна до швидкого розповсюдження внаслідок того, що вона має широкий діапазон екологічної толерантності, легко займає нові території, невибаглива до місць свого розвитку і може розвиватись практично на всіх твердих субстратах (каміння, гумові покришки, цегла, пластикова тара, скло та інше), які замулюються 2-3 см шаром річкових наносів.

Проаналізувавши морфологічні особливості *Zannichellia palustris* у дослідженій річці, була запропонована наступна розрахункова формула для визначення площі контакту її стебло-листової поверхні з водним середовищем при щільності 100 рослин на 1 м²:

$$S = N \times n_1 \times L \times 2\pi R + 2(N \times n_1 \times n_2 \times L_2 \times h), \quad (6.2)$$

де N – кількість рослин на 1 м² поверхні;

L – середня довжина стебла рослини (у розрахунках прийнята за 0,15 м);

n_1 – середня кількість стеблин на рослині (20);

n_2 – середня кількість листів на одній стеблині рослини (100);

L_2 – середня довжина листа рослини (у розрахунках прийнята за 6×10^{-2} м);

h – сер. ширина листа рослини (прийнята за $0,2 \times 10^{-2}$ м);

R – середній радіус стеблин рослини (прийнятий за $0,4 \times 10^{-2}$ м).

Тоді площа контакту стебло-листової поверхні

Zannichellia palustris з водною товщею за формулою (6.2) буде складати:

$$S = 100 \times 20 \times 0,15 \times 2 \times 3,14 \times 0,4 \times 10^{-2} + 2(100 \times 20 \times 100 \times 6 \times 10^{-2} \times 0,2 \times 10^{-2}) = 55,53 \text{ м}^2$$

Використання занікелії болотної для поетапного біологічного очищення забруднених поверхневих та стічних вод є альтернативою у системі очистки води в порівнянні із традиційними у зв'язку з тим, що ця рослина має наступні екологічні особливості:

- витримує значне забруднення поверхневих і стічних вод;
- здатна швидко розповсюджуватись по водотоку та інтенсивно розвиватись на багатьох твердих субстратах;
- може займати крім прибережної зони практично всю поперечну площу водотоку;
- площа контакту її стебло-листової поверхні до якої прикріплюються водяні організми перифітону охоплює як придонний шар водної товщі, так і практично всю висоту водного середовища.

Таким чином, виходячи із екологічних особливостей зануреної вищої водяної рослини *Zannichellia palustris* та розрахунків площі контакту її стебло-листової поверхні з водою, яка дещо більша від аналогічного показника для повітряно-водяної рослини – очерету звичайного, можна пропонувати використовувати саме цей вид як природний субстрат біоплівки і перифітону для поетапного біологічного очищення поверхневих та стічних вод.

6.4. Оберткові біоконтактори, їх будова і принцип роботи

Біоплівка є основою функціонування ще одного типу очисних споруд, об'єднаних загальною назвою «оберткові

біоконтактори».

Це напівзанурені у стічну воду металеві або пластмасові диски, барабани з різноманітних синтетичних матеріалів у вигляді склеєних між собою під різними кутами листів шиферу, волоконних йоржів, «вій», що інтенсивно обростають біоплівкою. Ці диски чи барабани прикріплені до валу, що повільно (1-4 оберти за хвилину) обертається, і біоплівка, яка наростає на розвинені поверхні біоконтакторів, постійно то занурюється у стічну воду, перемішуючи її та сорбуючи й адгезуючи з неї розчинені та завислі органічні речовини, то підіймається у повітря, де добре піддається аерації й окислює (розкладає, мінералізує) зазначені забруднення. Частина біомаси зривається водою, суспендується в ній і теж бере участь в її очищенні. Надлишкова біомаса виноситься з очищеною водою у вторинний відстійник, де й осідає.

Біоконтактори використовують, як правило, на біологічних очисних спорудах невеликої потужності. Їх розміщують в обвалованих ґрунтом приміщеннях.

Біоплівка має низку незаперечних достоїнств. Вона дуже стійка проти будь-яких змін у складі та кількості стічної води, не боїться залпових скидів, витримує короточасну негативну дію токсичних речовин, швидко відновлює свої очисні функції після зняття збурювальних чинників.

Якщо зробити аналіз основних проблем біологічного очищення води, то можна сказати, що біологічним очищенням побутових, міських і промислових стічних вод займалися здебільшого інженери-будівельники і у своїй інженерній галузі вони досягли значних успіхів.

Біологи, в свою чергу, намагалися розібратися у надзвичайно складних біоценозах активного мулу, біоплівки, анаеробного мулу, розділити їх на компоненти, виділити в чистому стані й вивчити окремих представників

цих угруповань і біоценозів.

Однак досі значного впливу на технологію біологічного очищення води біологи, судячи з усього, не чинили. Саме тому в ній, у цій традиційній біотехнології, є, з погляду біології, слабкі місця та прорахунки, які не дають змоги досягти високого ступеня очищення стічних вод.

Так, не можна ні пояснити, ні виправдати з погляду біології факт перенесення активного мулу з очищеної води (із вторинних відстійників) на початок – у забруднену стічну воду.

Не можна погодитись і з застосуванням анаеробних процесів у дуже невідповідний момент – під кінець очищення (замість його початку) і для такого важкоздійснювального процесу, як зброджування біологічних осадів, замість того, щоб застосувати анаеробні процеси для деструкції розчинених у воді органічних забруднень і переведення в нерозчинний стан важких металів.

Усе це призводить до утворення значної кількості відходів, зокрема надлишкового активного мулу, зброженого осаду. Традиційна біотехнологія потребує великих енергетичних затрат – на аерацію, перекачування води, мулу, обробку осадів, а наслідком є низька ефективність очищення води як від органічних речовин, так і від важких металів, вірусів, мікроорганізмів.

Таким чином, при використанні найпоширеніших традиційних методів біологічного очищення води та їх очисних споруд можна зробити висновок, що в цій галузі є чотири основні проблеми.

Дві з них – первинні та пов'язані безпосередньо з очищенням води, по-перше, від розчинених у ній органічних речовин, іонів важких металів і, по-друге, від організмів, які очищали воду від розчинених речовин.

Дві інші проблеми є похідними від зазначених і

стосуються забруднення ґрунту осадами, що утворюються під час очищення води, та забруднення повітря леткими токсичними речовинами й аерозолями організмів, які очищають воду.

6.5. Вимоги щодо біологічного очищення води

1. Концентрація розчинених забруднювальних речовин у стічних водах повинна бути мінімальною (бажано всі виробництва перевести на нові безвідходні технології, замкнені цикли водопостачання, помірне, цивілізоване застосування пестицидів, ПАР та ін.).

2. Біологічне очищення води має бути децентралізованим (бажано на кожному підприємстві, де локально проводити очищення стічних води від забруднення, не змішуючи води різних підприємств з різними видами забруднювальних сполук).

3. У біологічному очищенні води слід найповніше використовувати хімічну енергію забруднювальних речовин, потенціальну та кінетичну енергію очищеної води. Експлуатаційні затрати на очищення води повинні наближатися до нуля.

4. Потрібно відмовитись від барботажних методів обробки води, замінити їх на зрошувальні способи аерації, природне збагачення води киснем через поверхню поділу фаз або тим киснем, який виділяють під час розвитку водорості та вищі водяні рослини. Щоб знизити концентрацію забруднювальних речовин, доцільно використовувати анаеробні процеси.

5. До біологічного очищення води повинні залучатися найрізноманітніші (бажано всі систематичні групи) організмів – від бактерій до птахів та ссавців. Тут приховані надзвичайно великі резерви та поки що не використані можливості, особливо щодо раціонального, інтенсивного, цілеспрямованого використання кожного організму на

притаманному саме йому місці в очищенні води.

6. Воду слід очищати до таких кондицій, щоб її можна було використовувати знову й знову.

7. Використовувати потрібно не тільки очищену воду, а й інші кінцеві продукти біологічної обробки води, такі як енергетично багаті гази: метан, водень, сірководень; вилучені з води внаслідок її очищення сполуки кольорових і важких металів; перероблені на біогумус біологічні відходи, а також надлишок (приріст) організмів, що беруть участь в очищенні води.

Вищенаведені висновки дозволяють сформулювати основну мету біологічного очищення води:

– по-перше, якнайшвидше й якнайглибше (до карбон (IV) оксиду, метану, води тощо) розкласти органічні інгредієнти забруднення води – максимум деструкції;

– по-друге, наростити при цьому якомога менше надлишкової біомаси – мінімум продукції.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Назвіть відомі технології очистки води
2. Охарактеризуйте технології очищення ґрунту.
3. Які технології очищення повітря вам відомі?
4. Яку роль відіграють біофільтри в очистці води?
5. Мочари, їх будова і принцип роботи?
6. Оберткові біоконтактори, їх будова і принцип роботи?
7. Які вимоги висуваються до біологічного очищення води?
8. Які організми слід залучати до біологічного очищення води?

РОЗДІЛ 7. ПРЯМОТЕЧІЙНА БАГАТОСТУПІНЧАСТА СИСТЕМА ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

- 7.1. Біоконвеєр, його будова і принцип роботи
- 7.2. Біоценози зооперифітону у системі очищення забруднених вод

Аналіз стану справ в існуючому біологічному очищенні води та зіставлення його з самоочищенням біосфери привели до оновлення самої концепції штучного очищення води, його натуралізації.

Саме такий метод вдалося розробити в Інституті колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського завдяки принципово новому підходу до проблеми біологічного очищення води. Метод дістав назву «біоконвеєр». В його основі – задекларований «Закон погіршення довкілля», а також постулати про просторову сукцесію мікроорганізмів (у процесі очищення води від розчинених органічних речовин) і про трофічний ланцюг гідробіонтів при її очищенні від завислих органічних речовин.

Вони означають, що:

1) очищення води від органічних сполук повинно відбуватися під впливом різних мікроорганізмів, які змінюють одні одних у просторі очисної споруди, створюючи просторову сукцесію мікроорганізмів;

2) очищення води від клітин мікроорганізмів, які очистили воду від органічних сполук, повинно відбуватися за рахунок природних процесів виїдання їх консументами (хижаками) першого порядку, хижаків першого порядку – хижаками другого порядку і т. д., тобто завдяки організації в очисному апараті природного трофічного ланцюга гідробіонтів.

Вагомим обґрунтуванням знайдених підходів стали також теоретичні розробки академіка Г.О. Заварзіна. Усе це

дало змогу створити та реалізувати на практиці новітні біотехнології очищення промислових і побутових стічних вод, а також зливових і природних вод у біоконверсі.

7.1. Біоконверср, його будова і принцип роботи

Технологічна суть біоконверсера (рис. 7.1) полягає в тому, що на шляху води, яку потрібно очистити, розміщені гідробіонти – анаеробні бактерії, аеробні мікроорганізми (копіотрофи, оліготрофи), найпростіші, фільтратори, хижаки. Перебуваючи на своїх «робочих місцях», вони найефективніше функціонують, а саме «виідають» з води розчинені у ній органічні сполуки і біомасу (тіла) організмів.

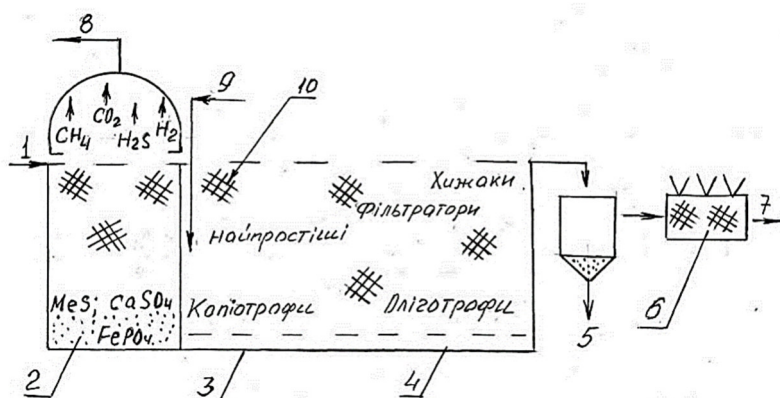


Рис. 7.1. Біоконверср: 1) стічна вода; 2) анаеробний біореактор; 3) аеробний біореактор; 4) зоореактор; 5) осад; 6) фітореактор; 7) чиста вода; 8) біогаз; 9) повітря; 10) носій типу «ВІЯ»

На перших етапах очищення води використовують спеціально селекціоновані мікроорганізми, переважно анаероби, які здатні швидко й ефективно розкласти найтоксичніші, екологічно небезпечні речовини, зокрема

ксенобіотики. На наступних етапах очищення застосовують «звичайних» мікроорганізмів – копіотрофів, а для виїдання органічних речовин у слідових концентраціях – оліготрофів. Так створюється просторова сукцесія мікроорганізмів в очисній споруді.

Для того щоб ці біоценози могли втриматися на своїх місцях за умов, коли повз них постійно тече рідина, яку потрібно очищати, їм забезпечується можливість адгезуватися, іммобілізуватися чи трофічно утримуватися на стійкій у воді, виготовленій з тонкого хімічного волокна, насадці типу «ВІЯ» (рис. 7.2), що має надзвичайно велику питому поверхню (5000–10 000 м² на 1 м³ об'єму очисної споруди). «ВІЯ» виготовляється з капронової текстурованої джгутової нитки (ТУ-6-06-С 116-87) за допомогою спеціального в'язального станка.

Трофічний ланцюг гідробіонтів розпочинається з найбільш невибагливих організмів, які порівняно легко адаптуються до складних, важких умов існування, – найпростіших, далі йдуть коловертки, потім – ракоподібні (наприклад, веслоногі та гіллястовусі ракоподібні), а закінчується він інтенсивними фільтраторами-седиментаторами, наприклад двостулковими молюсками.

Майже всі ці організми – рухливі, деякі з них – надзвичайно рухливі. Однак їм пропонується своєрідне місце розташування – насадки типу «ВІЯ», на яких і біля яких вони живуть, і тому їх можна вважати такими, які утримуються трофічно – на своєрідному пасовищі.

У результаті маємо чисту воду і в сотні разів меншу надлишкову біомасу, утилізація якої, нагадаємо, в традиційному біологічному процесі очищення води становить дуже важку для розв'язання проблему.

Важливо, що у біоконвеєрі, на відміну від біологічного очищення води зі зворотним активним мулом, немає насилля над гідробіонтами: тут ніхто не змушує їх

жити там, де їм не подобається, і кожен гідробіонт у запропонованій системі біологічного очищення води вільний у своєму виборі місця проживання. Це дуже важливо, оскільки тільки вільний організм працює з максимальною продуктивністю.



А



Б

Рис. 7.2. Різні модифікації штучного носія «ВІА»

Запропонована прямотечійна система біологічного очищення води з використанням регулярної насадки для утримування мікроорганізмів і гідробіонтів має чимало переваг над традиційними методами очищення води.

Основні з цих переваг наступні:

– тут можна очищати будь-які (природні, зливові, побутові, промислові стічні) води, що містять надзвичайно отруйні сполуки або речовини, очистити воду від яких неможливо не тільки традиційними біологічними, а й різноманітними фізико-хімічними методами. Це розчинені органічні сполуки, навіть гранично токсичні, канцерогенні чи мутагенні, за будь-яких концентрацій. Також, прикладом можуть бути стічні води виробництва аніду (найлону-66), які містять отруйну речовину гексаметилендіамін концентрацією до 4000 мг/дм^3 , що робить їх такими, що не піддаються ніякому очищенню. Ці води знешкоджували термічно – спалюють за температурою близько 950°C , витрачаючи по 350 м^3 газу метану на 1 м^3 води. На одному з підприємств ВО «Хімволокно» таку воду очищають за новою біотехнологією за допомогою іммобілізованих мікроорганізмів-деструкторів. Аналогічний приклад – мікробне очищення промислових стічних вод, які раніше спалювали: вони містять неіоногенні СПАР у дуже високих концентраціях (до 10000 мг/дм^3);

– біоконвеєр дає змогу доводити якість очищеної води до будь-якого заданого ступеня чистоти;

– не боїться залпових (як за кількістю води, що надходить на очищення, так і за складом та концентрацією забруднень) скидів, бо закріплені до насадки мікроорганізми, що пов'язані з цим субстратом неможливо повністю вимити потоком рідини, а багаточисельність іммобілізованих клітин зберігає їх від знищення отруйними речовинами;

– регулярні насадки дають змогу організувати

відповідний трофічний ланцюг гідробіонтів, що різко (на порядок) зменшує кількість надлишкової біомаси, бо вона споживається і мінералізується у трофічному ланцюгу, а її зольність при цьому зростає майже вдвічі. Така біомаса легко осідає, добре віддає воду, займає невеликий об'єм і не становить екологічної небезпеки. Чим більша кількість трофічних рівнів задіяна у біоконвеєрі, то менше біомаси залишиться в очищеній воді. Досить мати в очисній споруді трофічний ланцюг у 2–3 ланки, щоб зменшити кількість надлишкової біомаси у 100–1000 разів;

– влаштування анаеробної стадії на початку процесу очищення води прискорює цей процес, забезпечує вилучення з води важких металів, утворення енергетично багатих газів – метану, водню, гідрогенсульфуру, істотно зменшує експлуатаційні затрати на очищення води.

Отже, прямотечійна система очищення води за допомогою іммобілізованих на регулярних волокнистих насадках мікроорганізмів-деструкторів найнебезпечніших забруднень, а також більш організованих гідробіонтів – седиментаторів, хижаків, фільтраторів – дає змогу очищувати будь-які промислові стічні води й одержувати воду бажаного ступеня чистоти.

Подальше вивчення механізму іммобілізації водяних організмів, взаємодії окремих груп гідробіонтів між собою, з'ясування основних технологічних параметрів роботи запропонованих систем і біоценозів сприятиме розширенню можливостей цього дуже перспективного, економічно прийнятого та екологічно бездоганного методу очищення води.

Також, для індустріального очищення стічних вод необхідно використовувати не тільки окремі штами мікроорганізмів-деструкторів тих чи інших органічних речовин, не тільки конгломерат прокаріотів – активний мул, а й максимальну кількість (в ідеалі – всіх) існуючих у

природі гідробіонтів.

Саме це й передбачає запропонований біоконвеєр, біотехнологія очищення води якого виходить за межі класичної біотехнології, яка, за визначенням Європейської біотехнологічної федерації, передбачає «одночасне використання біохімії, мікробіології та хімічної технології для технологічного (промислового) застосування корисних властивостей мікроорганізмів і культур тканин».

7.2. Біоценози зооперифітону у системі очищення забруднених вод

Для встановлення видового складу та з'ясування трофічної структури угруповань гідробіонтів, що пов'язані з штучним субстратом типу «ВІЯ» на регіональному рівні нами були проведені дослідження зооперифітону на цій насадці в річці Мокра Московка в межах міста Запоріжжя.

Угруповання зооперифітону досліджували на штучному носії із синтетичних волокон типу «ВІЯ», що застосовуються для очищення води на очисних спорудах при прямоточній багатоступеневій системі очищення води.

Серед відомих носіїв (субстратів) «ВІЯ» має найбільшу поверхню для закріплення (іммобілізації) гідробіонтів. Також цей волокнистий матеріал з хімічного волокна не розчиняється у воді, характеризується високою міцністю і стійкістю до мікробної деструкції, нешкідливістю для організмів та рекомендований в якості найбільш раціонального матеріалу для інтенсифікації очистки забруднених природних і стічних вод.

Відбір гідробіологічного матеріалу проводили в літньо-осінній період (липень-жовтень) 2008 року на постійній станції (плес-перекат) у нижній ділянці річки – трохи вище Автовокзалу №1 міста Запоріжжя. Волокнистий матеріал «ВІЯ» встановлювали в якості штучного субстрату на річці та експонували протягом 14

діб, потім виймали його та досліджували в лабораторії. Організми біоплівки обростання визначали у живому стані, інших – після фіксації у 70° спирті. Усього було оброблено 10 проб зооперифітону на штучному субстраті (насадці).

За період дослідження на штучному субстраті було виявлено 19 видів та форм організмів зооперифітону, що належать до 12 груп.

Інфузорії були представлені 6 видами, що відносяться до 2 підкласів.

До підкласу *Peritricha* відноситься – *Vorticella convallaria*, *Vorticella microstoma*, *Epistylis bimarginata*, *Epistylis epibioticum*, *Zoothamnium arbuscula*; до підкласу *Heterotricha* – *Stentor polymorphus*.

П'явок та черевоногих молюсків було зареєстровано по 2 види, інші групи (коловертки, олігохети, ракушкові раки, ізоподи, гамариди, личинки волохокрильців, однокорек, хірономід та двокрилий) були представлені одним таксоном. Личинки волохокрильців – *Hydropsyche angustipennis*, гамариди – *Gammarus lacustris* та п'явки – *Glossiphonia complanata* характеризувались найвищою зустрічальністю в обростаннях на штучному субстраті.

Трофічна структура угруповання зооперифітону була представлена детритофагами, сестоно-детритофагами, фітофагами та хижакками.

Домінували за біомасою хижакки, які головним чином були представлені личинками волохокрильців та п'явками.

На другому місці були детритофаги, другорядне значення мали сестоно-детритофаги та фітофаги, які представлені виключно черевоногими молюсками. Дослідження трофічної структури цього угруповання показали, що штучний субстрат – волокнистий матеріал типу «ВІЯ» дає можливість іммобілізуватись на ньому в достатній кількості організмів біоплівки, найпростішим, коловерткам, олігохетам та іншим організмів, які є

їстівною базою для інших трофічних рівнів зооперифітону, що завершується хижачками.

Таким чином, процес очищення води річки Мокра Московка за допомогою організмів зооперифітону на штучному субстраті типу «ВІЯ» відбувається за таким трофічним ланцюгом, який запропонований у прямоточній багатоступеневій системі очищення води на очисних спорудах, але тільки у природних умовах і за рахунок місцевих видів гідробіонтів дослідженої річки.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Під впливом чого повинно відбуватись очищення забрудненої води?
2. Хто «виїдає» клітини мікроорганізмів в очисному апараті?
3. Яку роль відіграють консументи в очистці води?
4. Будова біоконвеєра?
5. Принцип роботи біоконвеєра?
6. Трофічний ланцюг біоконвеєра?
7. Яку роль відіграють біоценози в очистці забрудненої води?
8. Роль субстрату типу «ВІЯ» в очищенні забрудненої води?

РОЗДІЛ 8. БІОТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ (ПРИЙОМИ) ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ІММОБІЛІЗОВАНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ ТА ГІДРОБІОНТІВ

- 8.1.** Переваги використання іммобілізованих мікроорганізмів
- 8.2.** Приклади впровадження новітніх біотехнологій
- 8.3.** Ефективність очищення стічних вод за допомогою волокнистого носія «ВІЯ»

Відомо, що біологічні способи переробки відходів вважаються перспективнішими порівняно з реагентними та фізико-хімічними методами, оскільки при використанні останніх часто утворюється значна кількість вторинних відходів, що потребують утилізації.

Біологічне очищення є екологічно чистим та економічно найбільш раціональним методом. На сьогоднішній день більше 90% стічних вод очищаються біологічно. Встановлено, що значна роль в очищенні стічних вод від різноманітних органічних забруднювачів, належить бактеріям, грибам та актиноміцетам. Раніше вважали, що існують органічні сполуки, які не піддаються деструкції під дією мікроорганізмів, від яких неможливо очистити воду за допомогою традиційних біологічних методів. Однак, сучасні дослідження свідчать, що практично не існує органічних сполук, які б мікроорганізми не змогли б перетворити на більш прості неорганічні сполуки.

Серед існуючих методів біологічного очищення стічних вод особливу увагу приділяють використанню іммобілізованих мікроорганізмів внаслідок високої ефективності процесу при великих концентраціях

забруднюючих речовин, високих значеннях показників токсичності та солоності води, а також за наявності специфічних поллютантів та незбалансованості вмісту біогенних елементів.

Для іммобілізованих клітин створюються штучні обмеження рухливості у зовнішньому середовищі, а матеріальний посередник, який забезпечує ці обмеження рухливості, вважається носієм. У ряді випадків як носій використовуються нерозчинні матеріали, до яких конкретний тип клітин прикріплюється в реальних умовах (наприклад, деревина, ґрунт, шерсть, мінерали). При такому способі закріплення життєдіяльність клітини в іммобілізованому стані є для неї природною. Вона відрізняється від природної лише штучно підтримуваними в біотехнологічному процесі зовнішніми параметрами (температура, тиск, вологість і т. д.) і набором речовин, що подаються клітині.

Відомо, що закріплення бактеріальних клітин може здійснюватися як на поверхні носія (адсорбційна іммобілізація), так і при безпосередньому приміщенні клітин у товщу носія (іммобілізація в гелі).

У разі адсорбційної іммобілізації використовується природна здатність багатьох мікроорганізмів закріплюватися на різноманітних твердих та гелеподібних носіях та продовжувати свою життєдіяльність у такому стані.

Для біологічного очищення стічних вод як інертні носії широко використовуються такі матеріали як керамзит, щебінь, скловолокно, нитки синтетичних волокон, полімери, мембрани, гранули поліетиленові тощо.

До перспективних методів інтенсифікації процесів біохімічного очищення стічних вод без значних капітальних витрат відноситься використання високих концентрацій біомаси на носії. Заміна вільно культивованих клітин на

імобілізовані позбавляє виробництво необхідності регулярного нарощування біомаси.

8.1. Переваги використання імобілізованих мікроорганізмів

До переваг використання імобілізованих мікроорганізмів в технологіях біологічного очищення стічних вод слід віднести такі:

1) можливість підтримувати високу концентрацію активної біомаси в об'ємі споруд і тим забезпечувати високі швидкості окиснення та, відповідно, високу окисну потужність без додаткових навантажень на вторинні відстійники;

2) створення можливості спрямованого розширення спектру забруднень, що розкладаються імобілізованими мікроорганізмами-деструкторами;

3) ефективне використання розділеного у просторі трофічного ланцюга гідробіонтів;

4) виключення необхідності рециркуляції біомаси для підтримування потрібної концентрації в реакторі, що знижує енергетичні витрати;

5) стабільність роботи споруд біологічного очищення, їх стійкість до залпових надходжень концентрацій забруднень і витрат стічних вод, впливу температури і токсикантів;

6) можливість ефективного перебігу в одному об'ємі як процесів біодеструкції органічних забруднень (в тому числі і важкоокиснюваних), так і процесів нітрифікації і біологічного видалення сполук фосфору, що обумовлено високою концентрацією біомаси, великим періодом генерації і різними кисневими умовами в товщі прикріпленої біомаси;

7) покращення седиментації мулу, відсутність явища спухання;

8) зменшення витрат на подальшу обробку винесеної біомаси, яка має меншу кількість, кращу вологовіддачу, меншу вологість і більшу мінеральну частку, ніж в традиційних технологіях.

Відповідальним етапом забезпечення роботи реактора із закріпленими мікроорганізмами є вибір носія. Носій для іммобілізації повинен бути легко проникним і здатним захищати мікроорганізми від механічних, аеро- та гідродинамічних впливів, різких змін рН, температури, концентрації забруднювачів.

Для іммобілізації мікроорганізмів використовують інертні, не розчинні у воді носії (насадки), якими заповнюють об'єм очисної споруди, утворюючи таким чином високорозвинену поверхню для прикріплення і утримування біомаси мікроорганізмів. В Україні останнім часом все частіше стали використовувати для біологічного очищення стічних вод волокнистий носій з синтетичних (капронових) волокон типу «ВІЯ» для іммобілізації гідробіонтів в очисних спорудах. Доцільність та ефективність використання цього волокнистого носія в біотехнологіях очищення стічних вод довів доктор біологічних наук, професор П.І. Гвоздяк. Він теоретично обґрунтував і практично довів доцільність та ефективність використання в біотехнологіях очищення стічних вод волокнистих носіїв з синтетичних (капронових) волокон типу «ВІЯ», «ДІЯ», «НАДІЯ» для іммобілізації гідробіонтів в очисних спорудах. Серед відомих носіїв вони мають найбільшу поверхню, що досягає 5000 м² в 1 м³ об'єму очисної споруди.

До переваг носіїв «ВІЯ» порівняно із іншими носіями можна віднести:

– створення найкращих умов для утримування активного мулу в системі для збільшення концентрації та віку мулу, що має особливо важливе значення для мулів,

мікроорганізми яких мають малий період генерації, наприклад, нітрифікатори або анамокс-бактерії;

- збільшення стабільності роботи біореактора при низькій концентрації органічних речовин і схильності активного мулу до спухання;

- відсутність явища спухання, зменшення об'ємів осадів, покращення їх седиментаційних властивостей, збільшення мінеральної частки;

- збільшення концентрації активної біомаси призводить до прискорення процесів біологічного очищення стічних вод, збільшення окисної потужності споруд та зменшення їх об'ємів (наприклад, аеротенка на 20–30%);

- створення всередині біологічної плівки умов для перебігу процесу денітрифікації, анамокс-процесу;

- велику поверхню адсорбції мікроорганізмів, а також малий гідравлічний опір потоку рідини, нерозчинність у воді, високу міцність, стійкість до мікробної деструкції, нешкідливість для організмів, малу вартість.

Найважливішим показником носія є питома поверхня для іммобілізації мікроорганізмів, адже цим показником визначається кількість активної іммобілізованої біомаси. Чим він більший, тим інтенсивніше будуть проходити процеси вилучення із води забруднень, їх розкладення до утворення мінеральних речовин і газів і, як результат – очищення води.

Для волокнистого носія типу «ВІА» питома поверхня становить 180 м²/г (для інших волокон цей показник значно менший – 26,1 м²/г. Використання саме іммобілізованих або інкапсульованих різним способом мікроорганізмів вважається більш ефективним, ніж застосування вільних клітин, оскільки це призводить до більш високого завантаження біомаси, легшої роботи на межі тверда

речовина-рідина, вищої швидкості біодеградації та забезпечення кращої стабільності роботи, суттєвого захисту від токсичних речовин, підвищеної стабільності плазмід у складі іммобілізованих клітин.

Принципово нові багатоступеневі біотехнології очищення води отримали назву «біоконвеєри». Біоконвеєри дозволяють звільняти воду від будь-яких, навіть вкрай токсичних, мутагенних і канцерогенних хімічних патогенів. Саме за такими біотехнологіями українським вченим [19] вдалося очищувати стічні води деяких підприємств, які раніше не можна було очистити жодним відомим способом:

- очищення «мертвої» води, що утворювалась при виробництві хімічного полімеру анід (найлон-66) на Чернігівському ВО «Хімволокно» від гексаметилендіаміну.

- очищення стічних вод виробництва лаків і фарб на Лідському ВО «Лакофарба» (Білорусь).

- очищення промислових стічних вод виробництва поліізоціанатів (виробництво поліуретанових покриттів) від аніліну на Дніпродзержинському ВО «Азот».

- очищення стічних вод, що містять фенол, формальдегід тощо на Свалявському лісохімічному комбінаті (Закарпатська область).

- очищення стічних вод Київської поліграфічної фабрики «Зоря», що містять йони важких металів хрому, міді, нікелю.

Останнім часом у світовій практиці біологічний метод очищення нафтових забруднень, заснований на застосуванні мікроорганізмів деструкторів, стає пріоритетним при будь-яких кількостях і масштабах забруднення, як найбільш дешевий (не вимагає значних капітальних і експлуатаційних витрат, реагентів, утилізації сорбентів або фільтруючого матеріалу), ефективний спосіб очищення (дозволяє досягати високу ступінь очистки) і нешкідливий (не призводить до утворення вторинних

відходів, як при сорбційному методі).

8.2. Приклади впровадження новітніх біотехнологій

Сьогодні відомо безліч праць щодо очищення навколишнього середовища від нафтопродуктів. Усі вони засновані на підборі способу іммобілізації певної культури. Численні дослідження свідчать про те, що найбільш високі результати очищення стічних вод від нафтопродуктів можуть бути досягнуті за рахунок застосування іммобілізованих, тобто прикріплених до твердого носія, мікроорганізмів, що в основному пояснюється можливістю досягнення надзвичайно високої концентрації клітин на одиницю поверхні носія; посиленням процесу масообміну між газовою і рідкою фазами в реакторі; легкістю поділу клітин і рідини, що очищується. Ефективність таких методів очистки коливається в широкому діапазоні, що залежить від оптимального вибору іммобілізатора та штаму мікроорганізмів.

Прямотечійну систему біологічного очищення води з використанням регулярної насадки для утримування мікроорганізмів і гідробіонтів перевіряли на реальних очисних спорудах заводу АТ «Мотор Січ» м. Запоріжжя впродовж 7 місяців (травень-листопад 2017 року). Очищення виробничо-зливових стічних вод на цих очисних спорудах полягає у первинному механічному очищенні (пісколовки, механічні решітки, чотирьохсекційний горизонтальний відстійник, виконаний із залізобетону) та біологічному очищенні за рахунок фільтруючого завантаження (керамзит, вазопрон). Скидання виробничо-зливових вод здійснюється в обсязі приблизно 3,5 тис. м³/добу або до 1202,04 тис. м³/рік.

На очисній споруді заводу технологія біологічного очищення стічної води від нафтопродуктів передбачає використання біосорбенту «Еколан-М» в чотирьох секціях

очисної споруди та доочищення води за рахунок біоплівки керамзитного завантаження, що розташовано у кінці кожної секції очисної споруди. Тому для з'ясування питання щодо ефективності очищення зливових стічних вод заводу від нафтопродуктів були проведені експериментальні дослідження, де в контролі очищення води проводили за традиційною технологією, а в експерименті – за сучасною біотехнологією, в якій для деструкції нафтопродуктів використовують іммобілізованих мікроорганізмів та організмів перифітону на волокнистому носіїві типу «ВІЯ».

Сутність запропонованої біотехнології із використанням іммобілізованої біоти на носіїві типу «ВІЯ» пояснюється кресленнями (рис. 8.1, 8.2).

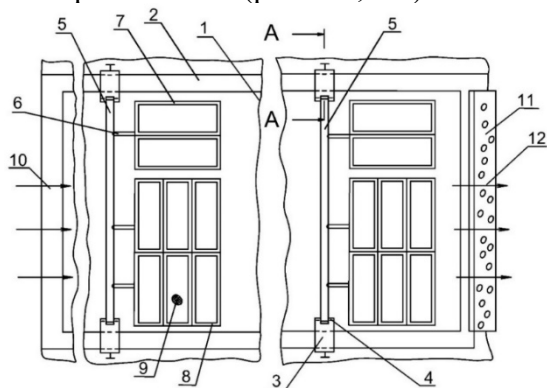


Рис. 8.1. Загальний вигляд експериментальної секції очисної споруди із встановленими «плотиками»

В експериментальній секції (1) до бокових стінок (2) монтують металеві кронштейни кріплення (3), до вертикальних направляючих (4) кронштейнів кріплення (3) встановлюють дерев'яні балки (5).

До них прикріплюють фалами (6) змонтовані (зв'язані) «плотики» (7, 8). «Плотики» (7, 8) мають перфороване дно (9), виконане із пластика, наприклад із поліпропілену.

До перфорованого дна (9) «плотиків» (7, 8) кріплять волокнистий носій типу «ВІЯ» по всій нижній їх площині. Зливові стічні води (10), які потрапляють до експериментальної секції (1) очищаються від нафтопродуктів за рахунок іммобілізованих мікроорганізмів-деструкторів та інших перифітонних організмів на волокнистому носіїві.

Доочищення стічних вод відбувається у кінці секції за рахунок біоплівки керамзитного завантаження (11).

Після керамзитного завантаження (11) очищена вода (12) скидається до річки Мокра Московка.

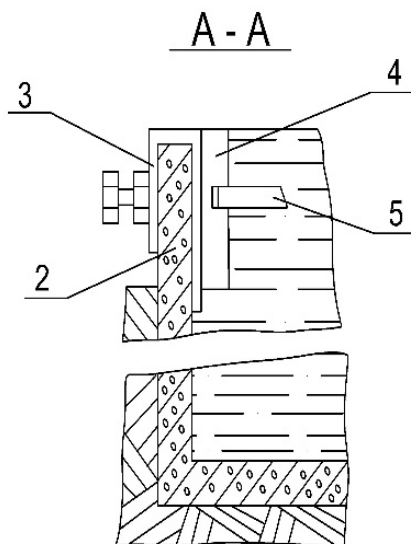


Рис. 8.2. Перетин кронштейна кріплення по А-А

Для очищення стічних вод від нафтопродуктів в експериментальній секції було змонтовано і встановлено 76 «плотиків» із носієм типу «ВІЯ». Плотики (розміром 1,50×0,54 м) були встановлені таким чином, щоб вони перекривали всю площу поверхні води експериментальної

секції відстійника очисної споруди (рис. 8.3, 8.4). Каркас плотиків виготовлений з пластмасових труб діаметром 3,5 см. Труби з ПВХ, ХПВХ та фасонні частини до них (коліна, трійники, заглушки, муфти, втулки) торгової марки «USTM». Плотики зверху по периметру обтягнуті (покріті) перфорованою пластмасовою сіткою з отворами. Сітка має 2 типи комірок за розмірами: 2,7х3,8 см (товщина стінки комірки 1,5 мм); 1,4х1,4 см (товщина стінки 0,4–0,5 см). Між собою плотики зв'язувалися плетеним поліамідним шнуром діаметром 6 мм. А потім встановлювалися в канал очисної споруди. Такими ж шнурами зв'язані касети плотиків прикріплюються до балок, які за допомогою кронштейнів (рис. 8.2) кріпляться до стінок каналу. Глибина, на яку волокнистий носій занурюється в товщу води з плотиків, дорівнює 25 см.

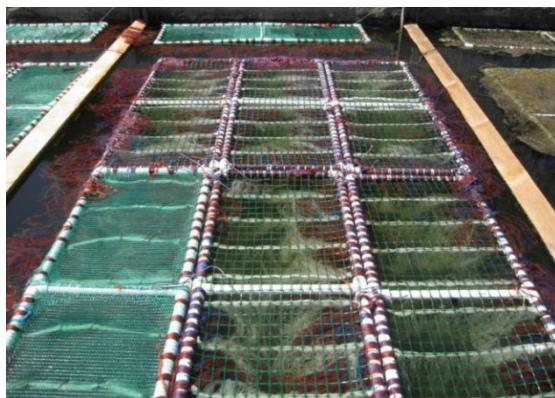


Рис. 8.3. Секція змонтованих плотиків із волокнистим носієм «ВІЯ» в експериментальній секції очисної споруди заводу АТ «Мотор Січ» у 2017 р.

А



Б

Рис. 8.4. Сімдесят шість змонтованих плотиків із волокнистим носієм «ВІЯ» встановлені в одному експериментальному відстійнику зливових очисних споруд заводу АТ «Мотор Січ» у 2017 р.

Волокнистий носій «плотиків» розташований у приповерхневій товщі води секції відстійника очисної споруди. У цьому поверхневому шарі води (15–20 см) накопичується значна кількість нафтопродуктів, які за рахунок іммобілізованих аеробних мікроорганізмів інтенсивно окиснюються та розкладаються. Утворена за рахунок процесу іммобілізації велика чисельність мікроорганізмів-деструкторів нафтопродуктів ефективно використовує нафтопродукти стічної води як джерело енергії та вуглецю. Тому «плотики» із волокнистим носієм, які розташовані на початку експериментальної секції не замулюються нафтою, а мінеральні речовини, що утворюються після розкладання вуглеводнів поступово осідають у донні відклади очисної споруди.

До складу препарату «Еколан-М» входять іммобілізовані на подрібненому нафтопоглинаючому сорбенті (деревне вугілля) вуглеводокиснювальні актинобактерії *Dietzia maris* ІМВ В-7278, *Gordonia rubropertincta* ІМВ Ас-5005, *Rhodococcus erythropolis* ІМВ В-7012, *Rhodococcus Aerythropolis* ІМВ В-7277.

В контрольних секціях очищення зливових стічних вод від нафтопродуктів проводили за традиційною технологією, де використовували біосорбент «Еколан-М». Внаслідок того, що біосорбент робітники очисної споруди використовують лише у тому випадку і у тому місці секції, коли вони візуально виявляють нафтове забруднення (плівку), тому для отримання більш достовірних результатів щодо ефективності очищення стічної води від нафтопродуктів за цією технологією використовували дві контрольні секції.

Встановлені «плотики» із волокнистим носієм цілий рік можна використовувати для очищення зливових стічних вод упродовж 10–15 років, потім їх замінюють. В зимовий період у зв'язку із зниженням температури води, що

впливає на швидкість метаболічних процесів бактерій, інтенсивність деструкції нафтопродуктів зменшується. Але в умовах очисних споруд температура води в секціях не знижується менше ніж 12–13° С, що не призводить до повної втрати деструктивної здатності бактеріальної біоплівки на носіїв типу «ВІЯ». В загалі для підвищення ефективності очищення стічних вод не тільки від нафтопродуктів, а і від загального забруднення в осінній та зимовий періоди року необхідно використовувати носій типу «ВІЯ» не тільки у поверхневому шарі води, але і у товщі води застосовуючи рамки із волокнистим носієм. Слід також зазначити, що після встановлення плотиків не потрібно проводити їх постійний догляд у продовж їх експлуатації на очисних спорудах.

Первинну іммобілізацію мікроорганізмів та організмів перифітону на волокнистому носіїв «ВІЯ» проводили в аеротенку Центральних каналізаційних очисних споруд лівого берега № 1 (ЦОС-1) підприємства «Водоканал» м. Запоріжжя упродовж 24 діб (рис. 8.5).



Рис. 8.5. Волокнистий носій «ВІЯ» із іммобілізованими мікроорганізмами та організмами перифітону

Потім волокнистий носій з іммобілізованими організмами вилучали із аеротенку ЦОС-1 та транспортували до очисних споруд заводу АТ «Мотор Січ», де й розміщували на початку експериментальної секції відстійника очисної споруди перед «плотиками» із волокнистим носієм. Таку операцію виконували для того, щоб селекціонований гідробіоценоз швидше закріплювався на носіїві типу «ВІЯ» цих нових плаваючих елементів.

8.3. Ефективність очищення стічних вод за допомогою волокнистого носія «ВІЯ»

За результатами експериментальних досліджень у травні–липні було встановлено, що в експериментальному відстійнику на вході максимальна концентрація нафтопродуктів $9,704 \text{ мг/дм}^3$ у стічній воді була у 2 декаді червня, а мінімальна – $0,571 \text{ мг/дм}^3$ у 3 декаді липня. Вміст нафтопродуктів у стічній воді очисної споруди після 40 плотиків знизився та коливався у межах $0,186\text{--}1,404 \text{ мг/дм}^3$, в кінці відстійника – ($0,329\text{--}4,072 \text{ мг/дм}^3$), а на виході після керамзитного завантаження був у межах $0,100\text{--}1,253 \text{ мг/дм}^3$. Дослідженнями встановлено, що ефективність очищення виробничо-злизових стічних вод заводу від нафтопродуктів за запропонованою біотехнологією після 40 плотиків, у кінці відстійника та на виході із очисної споруди була на рівні 53–86%, 31–73% та 74–92% відповідно. Експериментально було встановлено, що ефективність очищення виробничо-злизових стічних вод заводу від нафтопродуктів із використанням волокнистого носія у кінці відстійника та на виході, після керамзитного завантаження у травні – липні 2017 р. була вищою в 7 та 2,2 рази, а в серпні – листопаді 2017 р. – в 2 та 1,6 рази, порівняно із традиційною технологією очищення стічних вод на цьому підприємстві (табл. 8.1).

Таблиця 8.1

Ефективність очищення виробничо-зливових стічних вод від нафтопродуктів за допомогою волокнистого носія «ВІЯ» заводу АТ «Мотор Січ» у травні-листопаді 2017 р.

Період	Вміст вуглеводнів, мг/дм ³		Ефект очищення, %	Вміст вуглеводнів у кінці споруди, мг/дм ³	Ефект очищення, %	Вміст вуглеводнів на виході із споруди, мг/дм ³	Ефект очищення, %
	вхідна вода	після 40 плотиків					
Експериментальний канал із волокнистим носієм «ВІЯ»							
Травень-липень	2,698± ±1,756	0,506± ±0,226	71,88± ±5,44	1,068± ±0,752	61,48± ±8,14	0,366± ±0,222	83,90± ±2,95
Серпень-листопад	1,116± ±0,351	0,245± ±0,018	66,38± ±10,60	0,244± ±0,027	62,58± ±9,82	0,140± ±0,029	77,57± ±7,10
Травень-листопад	1,835± ±0,810	0,364± ±0,105	68,88± ±6,06	0,619± ±0,353	62,08± ±6,89	0,243± ±0,101	80,45± ±4,04

В результаті біологічного доочищення промислових стічних вод очисних споруд заводу АТ «Мотор Січ» за допомогою нафтоокиснювальних мікроорганізмів та організмів перифітону волокнистого носія «ВІЯ» впродовж 7 місяців концентрація нафтопродуктів в експериментальному відстійнику на виході знизилася за середніми показниками майже у 8 разів (з 1,835 до 0,243 мг/дм³). При очищенні виробничо-зливових стічних вод заводу від нафтопродуктів за допомогою використання адсорбенту «Елолан-М» концентрація нафтопродуктів в контрольних відстійниках на виході із очисної споруди знизилася за середніми показникам у 2 рази (з 0,505 до 0,265 мг/дм³). В цілому ефективність очищення виробничо-зливових стічних вод від нафтопродуктів заводу АТ «Мотор Січ» в експериментальному відстійнику після 76 плотиків із волокнистим носієм «ВІЯ» у кінці відстійника за середніми

показниками була на рівні 62%. В контрольних відстійниках (без використання волокнистого носія) ступінь очищення стічної води від нафтопродуктів за середніми показниками із використанням адсорбенту «Еколан-М» у даний період була на рівні 22%. Тобто, наведені дані підтверджують, що ефективність доочищення промислових стічних вод заводу від нафтопродуктів із використанням волокнистого носія в 2,8 рази проходить більш ефективно, ніж за класичною технологією із використанням адсорбенту «Еколан-М».

Ефективність очищення стічних вод від нафтопродуктів в експериментальному відстійнику із волокнистим носієм на випуску після керамзитного завантаження за середніми показниками була на рівні 80%. В контрольних відстійниках (без використання волокнистого носія) ступінь очищення стічної води від нафтопродуктів на випуску після керамзитного завантаження за середніми показниками була на рівні 43%. Підтверджено, що ефективність доочищення промислових стічних вод заводу від нафтопродуктів із використанням волокнистого носія майже в 2 рази проходить більш ефективно, ніж за класичною технологією з використанням адсорбенту «Еколан-М».

Також слід зазначити, що перифітон волокнистого носія очисних споруд заводу АТ «Мотор Січ» складався із різноманітних гідробіонтів, які відносяться до трьох екологічних груп: протистоперифітону, мікрозооперифітону та макрозооперифітону. Максимальною кількістю організмів було представлено угруповання протистоперифітону, до якого відносяться три систематичні групи – джгутикові, черепашкові корененіжки та інфузорії. Мікрозооперифітон був представлений коловертками, копеподами, гастротрихами та нематодами. Угруповання макрозооперифітону складалось з черевоногих моллюсків,

олігохет, личинок хірономід та личинок бабок. В трофічній структурі перифітону за весь період дослідження домінували бактеріо-детритофаги, субдомінантами були детритофаги та бактеріо-детритофаги.

В цілому, запропонована біотехнологія, яка повністю відтворює природні процеси трофічних ланцюгів та не створює жодних небезпечних відходів, може бути широко застосована для очищення виробничо-зливових стічних вод не лише від нафтопродуктів, але й від будь-яких інших токсичних забруднень.

З метою з'ясування доцільності застосування прямотечійної біотехнології із використанням волокнистого носія «ВІЯ» для очищення виробничо-зливових стічних вод від нафтопродуктів було проведено розрахунки щодо матеріальних витрат на традиційну та сучасну біотехнологію. Так, було з'ясовано, що біосорбент «Еколан-М» на очисних спорудах використовується у кількості 50-60 кг препарату на один тиждень. Враховуючи те, що 1 кг сорбенту коштує 150–152 грн, то перераховуючи на 10 років експлуатації очисної споруди необхідно витратити 3900 тис. грн. При застосуванні плотиків із волокнистим носієм на очисних спорудах необхідно $76 \times 4 = 304$ плотики. Вартість 1 плотика за цінами 2017 р. становить 1350 грн. Тому необхідно витратити всього 410,4 тис. грн.

Таким чином, можна побачити, що використання біосорбенту призводить до значного збільшення фінансових витрат на обслуговування системи очисних споруд. Це в 9,5 разів дорожча технологія очищення стічної води від нафтопродуктів, ніж технологія із використанням плотиків із носієм типу «ВІЯ». На наступний, 2018 р. в експериментальному каналі сформувалася нова штучна екосистема – біоплато, подібна до «Мочар» (Wetlands) (рис. 8.6).



Рис. 8.6. Біоплато, що утворилися через рік на поверхні плотиків в експериментальному каналі (рослини: єжеголовка, каміш, череда, ряска)

У вересні 2018 року були проведені мікробіологічні

дослідження стічної води на очисних спорудах заводу «Мотор Січ» в експериментальному каналі (табл. 8.2). Після утворення біоплато поверхня для іммобілізації бактеріальної біоти значно зросла, оскільки до поверхні «ВІІ» додалися кореневі і стеблові поверхні водних рослин. Таке розширення іммобілізуючої поверхні повинно було б призвести до значного зниження концентрації бактеріальних клітин в кінці каналу порівняно з його початком.

Таблиця 8.2

Мікробіологічні дослідження стічної води на очисних спорудах заводу «Мотор Січ» в експериментальному каналі у вересні 2018 року

Місце відбору проб у каналі	Дата відбору проб стічної води		
	04.09.2018	11.09.2018	18.09.2018
	Загальна чисельність мікроорганізмів, кл/мл		
Початок	104000	930000	326500
Кінець	7000	290000	248500

При мікробіологічному дослідженні стічної води в експериментальному каналі очисної споруди було встановлено, що у кінці каналу, після 76 плотиків із волокнистим носієм, показники загальної чисельності мікроорганізмів завжди були нижчими у порівнянні із показниками на початку каналу. Загальна чисельність мікроорганізмів у стічній воді тут була меншою в 14,9; 3,2 та в 1,3 рази, тобто за середніми показниками в 6,5 рази. Це пояснюється тим, що в результаті інтенсивної іммобілізації мікроорганізмів на волокнистому носієві плотиків відбувається ефективне очищення стічної води від нафтопродуктів та інших органічних речовин. А в кінці каналу, після плотиків із волокнистим носієм, доочищена стічна вода містить значно менше поживних речовин, які

можуть використати для своєї життєдіяльності вільноплаваючі мікроорганізми, тому загальна чисельність їх тут в рази менша.

Зменшення загальної чисельності мікроорганізмів в стічній воді після 76 плотиків із волокнистим носієм у порівнянні з аналогічними показниками на початку каналу також свідчить про інтенсивний процес іммобілізації мікроорганізмів, збільшення їх біомаси на волокнистому носіїві та про ефективне біологічне доочищення стічної води.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Назвіть переваги використання іммобілізованих мікроорганізмів.
2. За рахунок чого можна створити і підтримувати високу концентрацію активної біомаси в об'ємі споруд?
3. Що забезпечує стабільність роботи споруд біологічного очищення?
4. Який вигляд мають секції очисної споруди із встановленими плотиками?
5. Яке призначення має препарат «Еколан-М»?
6. Який ефект очищення від нафтопродуктів забезпечує волокнистий носій «ВІЯ»?
7. З яких гідробіонтів складається перифітон волокнистого носія очисних споруд заводу АТ «Мотор-Січ»?
8. Чим був представлений мікрозооперифітон очисних споруд?

РОЗДІЛ 9. ІННОВАЦІЙНІ БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИЙОМИ ДЛЯ ПІДСИЛЕННЯ (ІНТЕНСИФІКАЦІЇ) ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ І САМООЧИЩЕННЯ ВОДИ В РІВНИННИХ І ГІРСЬКИХ РІЧКАХ

- 9.1.** Комплексне використання волокнистого носія типу «ВІЯ» в доочищенні промислових стічних вод
- 9.2.** Модернізація гребель на малих річках і перетворення їх локальні очисні споруди
- 9.3.** Використання штучного носія «ВІЯ» в аеробних системах очищення води: аеротенках, біофільтрах, локальних біореакторах очистки промислових стічних вод: Кессенера, «Сімплекс», колонного вежного ерліфтного закритого типу

Активна господарська діяльність людини призвела до значної вразливості екосистем великої частини річок України. Особливо потерпають малі річки, бо існує своя специфіка, викликана особливістю кліматичних умов, що швидко змінюються, та веденням сільського господарства й промисловості застарілими методами. Дефіцит прісної води, що може використовуватися для сільського господарства, спонукав побудувати велику кількість гребель на малих річках.

9.1. Комплексне використання волокнистого носія типу «ВІЯ» в доочищенні промислових стічних вод

Ефективність комплексного використання волокнистого носія типу «ВІЯ» в доочищенні промислових стічних вод перевіряли в умовах гідроспоруди (ставку-накопичувачі стічних вод), що відноситься до комплексу позамайданчикового шламовидалення заводу ПАТ «Запоріжсталь» (рис. 9.1).



Рис. 9.1. Комплекс позамайданчикового шламовидалення ПАТ «Запоріжсталь»

Основні принципи, що застосовуються у запропонованій біотехнології:

- збільшення біомаси мікробіоти в 1000 разів в локальному районі річки;
- застосування найефективнішої іммобілізуючої мікробіоти системи – штучного носія «ВІЯ»;
- іммобілізація адаптованої до специфічних забруднень води, в даному місці, асоціації бактерій, і збільшення її біомаси в сотні і тисячі разів.

Переваги новітньої біотехнології:

- враховує нові відкриття, зроблені вченими України в області поверхневих біоплівків, утворених гідробіонтами (проф. Зайцев);
- враховує новітні досягнення в області інтенсифікації процесу біологічного самоочищення води (проф. П.І. Гвоздяк);
- дозволяє значно інтенсифікувати процеси

очищення води річок при локальній модернізації гребель, збудованих на всіх річках.

Для відновлення якості води малих річок та науково-практичного обґрунтування використання запропонованої біотехнології було розпочато дослідження щодо очищення води малої річки Капустянка, в руслі якої збудовано шламонакрпичувач.

Технологічна схема комплексу позамайданчикового шламовидалення являє собою наступну систему: промислові стоки по індивідуальних колекторах потрапляють у водозбірну ємкість в балці Капустянка, де освітлюються та усереднюються. Земснарядом по системі гідротранспорту шламів відкладення перекачуються в шламонакопичувач у балці Городисьька для постійного розміщення шламових відкладень й освітлення води. Зі шламонакопичувача на балці Городисьька освітлена вода плавкими насосними станціями по водоводу освітленої води подається у водозбірну ємкість в балці Капустянка, скидається в нижній б'єф і далі в р. Дніпро.

Водозбірна ємкість в балці Капустянка введена в експлуатацію в 1956 р. В балці протікає річка Капустянка – ліва притока річки Дніпро, та впадає в неї нижче Дніпровської гідроелектростанції.

Середній уклін балки Капустянка становить $0,006^\circ$, схили асиметричні, правий берег має більший ухил й розмежований системою балок та ярів. Санітарна зона навколо водозбірної ємкості становить 66 м.

В гідрологічному відношенні район водозбірної ємкості на балці Капустянка характеризується наявністю ґрунтових вод, агресивних по відношенню до бетону.

Основні технічні показники водозбірної ємкості:

- 1) клас капітальності споруди – II;
- 2) нормальний підпірний рівень – 62 м;
- 3) рівень мертвого об'єму – 62 м;

- 4) максимальний підпірний рівень – 63,5 м;
- 5) об'єм водозбірної ємкості при НПР – 10,55 млн м³;
- 6) площа дзеркала водозбірної ємкості при НПР – 48,2 га.

Для очищення стічних вод гідроспороди від нафтопродуктів та ПАР використовували штучний волокнистий носій «ВІЯ». Цей носій дає можливість іммобілізуватись на ньому певним видам мікроорганізмів, що мають високу деструктивну здатність щодо очищення води від нафтопродуктів. В аеробних умовах на штучній насадці мікроорганізми-деструктори інтенсивно розмножуються та розкладають нафтопродукти.

Перепад висот греблі шламонакопичувача та потенціальну енергію падаючого потоку води використали в 2018 р., побудувавши під греблею міні-ГЕС, після генератора якої вода виходила добре насичена киснем (рис. 9.2).



Рис. 9.2. Після міні-ГЕС промислові стічні води інтенсивно насичуються розчиненим киснем та потрапляють до р. Капустянка

Концентрація розчиненого кисню у воді річки коливалась у межах 7,67–8,10 мг О₂/дм³, концентрація нафтопродуктів була у межах 0,140–0,253 мг/дм³, водневий показник води у межах 7,70–7,74.

Сприятлива за концентрацією кисню та температурою, характеристика водного середовища дозволила використати її для встановлення біотехнологічної системи «ВІІ» нижче міні-ГЕС, та експериментально встановити можливість іммобілізації на волокнах «ВІІ» бактеріальної біоти, найпростіших та інших гідробіонтів при такій швидкості течії (2–2,5 м/с).

Спочатку фрагменти системи з «ВІЯми» монтували в окремому приміщенні (рис. 9.3).



Рис. 9.3. Монтаж іммобілізуючої системи для встановлення в руслі річки

Фрагменти розміром 1,5 м×0,75 м, виготовлені із капронової текстурованої нитки, закріплювалися до несучого фалу, діаметром 10 мм і довжиною 7 м. Прикріплення до фалу проводили прив'язуванням невеликим шматком «ВІІ», який частково відрізався від фрагмента. Далі вся ця система переносилася в річку і закріплювалася на одному і другому березі шляхом прив'язування фалу до штиря з арматури, забитого в ґрунт берега, або до металевої сітки, яка є частиною берегоукріплюючої системи.

Стационарні конструкції із штучним волокнистим носієм було змонтовано нижче міні-ГЕС, де після аерації води, вона відразу потрапляє до р. Капустянка.

У жовтні 2021 р. система була повністю змонтована. Ширина каналу – 5,5 м, довжина – 28 м (рис. 9.4, 9.5). Спостереження за системою та дослідження іммобілізації гідробіонтів на носії проводили протягом зими – осені 2022 р. та протягом всього 2023 р. (рис. 9.6).



Рис. 9.4. Встановлення та монтаж у р. Капустянка стаціонарних конструкцій із волокнистим носієм типу «ВІА»

Різнокольорові полотна «ВІІ» використовували для дослідження різниці у швидкості біообростання їх водними рослинами (рис. 9.5).



Рис. 9.5. Біоінженерні конструкції встановлені у водотік р. Капустянки після міні-гідроелектростанції



Рис. 9.6. Стан системи на квітень 2023 року

Волокнистий носій типу «ВІЯ» був встановлений в водотоці і закріплений капроновими фалами по обох берегах каналу.

Встановлено, що перифітон волокнистого носія «ВІЯ» річки Капустянка складався з 16 Нижчих ідентифікаційних таксонів (НІТ), які відносяться до 3 екологічних угруповань. Угрупування перифітону волокнистого носія складалось із найпростіших організмів, які були представлені 9 НІТ та багатоклітинних організмів (7 НІТ), що складають 56% та 44% таксономічного складу дослідженого зооценозу, відповідно.

Найбільшої кількості НІТ було представлено угруповання протістоперифітону (9 НІТ) до якого відносяться організми 3 систематичних груп (інфузорії, корененіжки, джгутикові). Мікрозооперифітон був представлений коловертками (3 НІТ) та нематодами (1 НІТ). Угрупування макрозооперифітону складалось з 4 НІТ. Олігохети були представлені 2 НІТ, червоногі моллюски – одним таксоном.

За час експозиції капронової насадки в річці Капустянка кількість НІТ, що складали угруповання перифітону волокнистого носія «ВІЯ» коливалась від 3 до 8. Найбільше таксономічне багатство й різноманіття організмів на волокнистому носієві було виявлено у серпні 2022 року.

За період дослідження перифітону волокнистого носія «ВІЯ» в умовах річки Капустянка, в його складі постійно були присутні представники тільки трьох систематичних груп – коловертки, олігохети, інфузорії з домінуванням останньої групи за кількістю НІТ. Постійно зустрічалися в угрупованні перифітону волокнистого носія у продовж його експозиції в умовах водотоку представники бделоїдних коловертток – *Rotaria rotatoria rotatoria* (Pallas).

В осінній період 2021 року щільність організмів

перифітону волокнистого носія коливалась від 846 тис. ос./м² до 25806 тис. ос./м². Щільність перифітонних організмів волокнистого носія в літній період 2022 року була дещо іншою та коливалась у меншому діапазоні у порівнянні із осінніми показниками (3667–13566 тис. ос./м²).

Біомаса перифітону волокнистого носія в осінній та літній періоди характеризувалась показниками які змінювались у певних межах – 1,99–21,67 г/м² та 5,86–55,28 г/м², відповідно. Максимальними показниками біомаси в угрупованні перифітону характеризувались олігохети – *Aeolosoma hemprichi* Ehrenberg, *Chaetogaster limnaei* K. von Baer та черевоногі молюски – *Costatella integra* (Haldeman).

Трофічна структура угруповань перифітону волокнистого носія «ВІЯ» була представлена 6 трофічними групами.

В угрупованні перифітону до бактеріо-детритофагів належали інфузорії та джгутикові, які були представлені 3 НІТ або 19% від загального складу виявлених НІТ перифітону. До бактеріо-альго-детритофагів належали коловертки, які були представлені 3 НІТ (19%). Хижаки були представлені 5 НІТ (максимальні значення) або 31%. Двома НІТ були представлені детритофаги так і омніфаги (разом 25%). Одним НІТ були представлені альгофаги (6%).

При біологічному очищенні води р. Капустянка від нафтопродуктів із використанням волокнистого носія «ВІЯ» було встановлено, що до очищення концентрація нафтопродуктів складала 0,25 мг/дм³, а після очищення – 0,231 мг/дм³. Ефективність очищення води водотоку від нафтопродуктів вдалося визначити тільки за осінній період 2021 року, вона була на рівні 10%.

Різницю в біорізноманітті іммобілізованих гідробіонтів в залежності від кольору носія не зафіксовано.

Домінантною водною рослинністю були нитчасті водорості, які почали бурхливо розвиватися на «ВІІ» з весни 2022 року. Найвища швидкість обростання і найбільша біомаса нитчастих водоростей (*Cladophora glomerata* (Linnaeus) Kutz) спостерігалася на червоному полотні.

Періодично скид води із щлямонакопичувача на міні-ГЕС припинявся з технічних причин (ремонтні роботи на гідроелектростанції). Термін відсутності протоку в каналі від 3-х до 5–7 діб. За цей період не відбувалося суттєвої зміни в складі іммобілізованого гідробіологічного угруповання. Система стійко переживала значне зниження кисню у воді протягом 2023 року (рис. 9.7).



Рис. 9.7. Біотехнологічна система під час відсутності протоку води у каналі

Загалом, після міні-ГЕС річка Капустянка має типову морфологію русла і берегів, характерні для малих річок півдня України (рис. 9.8).



Рис. 9.8. Річка Капустянка (права притока р. Суха Московка, що впадає в Дніпро в межах м. Запоріжжя)

9.2. Модернізація гребель на малих річках і перетворення їх локальні очисні споруди

Господарська діяльність людини призвела до значної вразливості екосистем великої частини річок України. Особливо потерпають малі річки, бо існує своя специфіка, викликана особливістю кліматичних умов, що швидко змінюються, та веденням сільського господарства й промисловості застарілими методами.

Вкрай екологічно вразливим є південно-східний регіон України, який має низький рівень забезпеченості водними ресурсами. Аналіз сучасних підходів до вивчення екологічного стану басейнів та якості поверхневих вод річок цього регіону показав, що найбільш деградованими є малі річки. Вони маловодні, часто пересихають, забруднені розчиненими органічними речовинами антропогенного походження, зокрема, отрутохімікатами, нітратами, фосфатами, нафтопродуктами, а до того ж максимально забудовані греблями, які додають ще цілий ряд негативних

впливів на стан якості води та, загалом, на гідробіоценози.

В Україні на 2020 рік нараховували більше 1100 гребель на малих річках. Саме тому виникає потреба у швидкому розв'язанні цих проблем за допомогою створеної біотехнології через інтенсифікацію процесів біологічного самоочищення води та відновлення її до питної якості, як головної мети. Для цього потрібно:

- здійснити модернізацію гребель з метою перетворення їх на локальні біотехнологічні системи очищення поверхневих вод;

- побудувати на найбільш забруднених малих річках України пристрої, прив'язані до модернізованих гребель, здатні відновити природний стан екосистем та відтворити питну якість води в них.

Кількість гребель на кожній малій річці досягає десятків, а на деяких річках їх є більше сотні. Такий ланцюг (каскад) гребель, модернізованих і перетворених на локальні очисні споруди, та розміщених у руслі річки від верхів'я до впадіння у велику річку, дасть ефект, що дорівнює поставленій меті: довести якість води в річках до питної.

Розроблені системи для модернізації гребель мають такі переваги:

- а. вперше греблі на малих і середніх річках можуть бути використані як локальні очисні споруди;

- б. біотехнологія дозволяє значно знизити концентрації біогенних елементів (N, P, C) у воді, та провести деструкцію більшості сполук органічно-синтетичної природи, незалежно від джерела потрапляння цих сполук у воду річок (з сільськогосподарських земель, з промислових, господарських або зливових стоків);

- в. не потребує примусової аерації та витрат електроенергії на неї;

- г. використано ефект збільшення різноманіття

гідробіонтів, закріплених на розділі 3-х фаз: твердої, рідкої, газоподібної;

д. у локальному просторі сконцентрована максимальна біомаса мікроорганізмів-деструкторів, інтенсивне насичення води киснем повітря, та реалізований принцип «біоконвеєра».

Загальна схема біотехнологічної системи (рис. 9.9), встановленої на модернізованій греблі, складається з трьох основних частин:

- 1) система плотиків вище греблі (верхній б'єф);
- 2) тіло греблі зі спускним коритом з «ВІЯми»;
- 3) система плотиків нижче греблі (нижній б'єф).

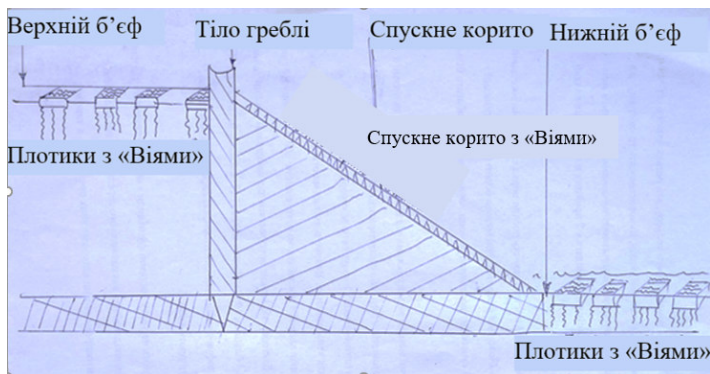


Рис. 9.9. Загальна схема модернізованої греблі під локальну очисну споруду

Існує три основних різних способи спуску води через греблі з верхнього до нижнього б'єфу:

- 1) через спускне корито по схилу тіла греблі (рис. 9.10, А, рис. 9.10, В);
- 2) скид води у вигляді «водоспаду» (рис. 9.10, Б);
- 3) через поглинаючий колодезь (рис. 9.12).

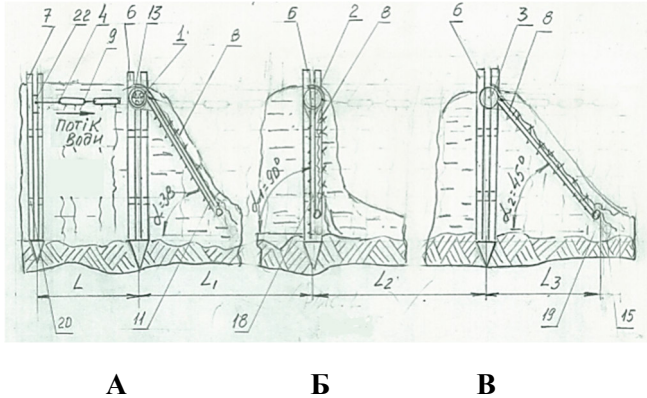


Рис. 9.10. Біотехнологія, що враховує різні варіанти скиду води через греблю: А – під кутом 38–40°, Б – «водоспад» під кутом 90°, В – під кутом 45°

Монтаж біотехнологічної системи очищення води починають із закріплення перед греблею системи плотиків з «ВІЯми». Кількість плотиків, що розміщуються вздовж греблі, залежить від ступеня забруднення води та довжини греблі (від 30 до 100 штук).

Наступна операція монтажу системи – це встановлення на схилі тіла греблі спускного корита з «ВІЯми» (рис. 9.11). Верхній край встановлюється на рівні поверхні води верхнього б'єфа. Висота верхньої кромки корита може регулюватися спеціальним механізмом.

В залежності від висоти греблі довжина корита може бути 5 м і більше. На вертикальних стінках корита, висота яких дорівнює 15 см, закріплюється кришка, яка запобігає потраплянню на поверхню війових волокон різних сторонніх предметів, та захищає матеріал корита від руйнуванні під дією УФ-променів, якщо воно виготовлено з пластику. Матеріалами для виготовлення корита можуть бути залізобетон та пластик, а також деревина, якщо гребля збудована на гірській річці.

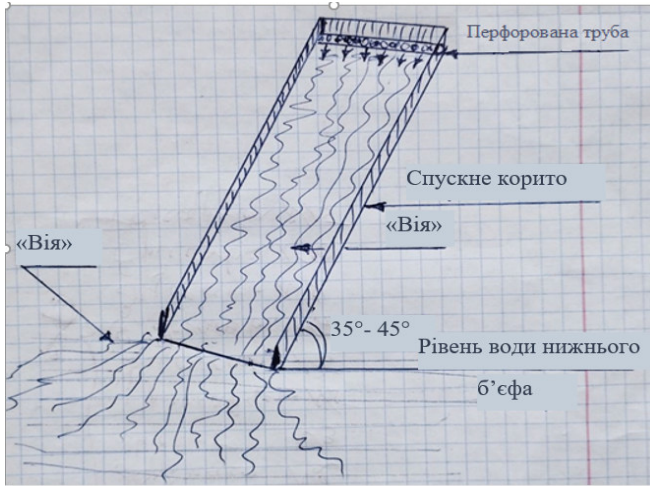


Рис. 9.11. Спускне корито

Вода з перфорованої труби розподіляється по ширині спускного корита повільно стікає крізь обросле біоплівкою завантаження («ВІА»), на якому, з часом, можуть рости вищі водні рослини (повітряно-водні макрофіти), які сприяють аерації води. Таке технологічне впровадження спускного корита дає можливість використовувати для очищення води розділ 3-х фаз: води (рідка фаза), площі корита і площі поверхні війових волокон (тверда фаза), і атмосферного повітря (газоподібна фаза). Як показано в роботах академіка Ю.П. Зайцева, на розділі 3-х фаз утворюється найбільше різноманіття різних організмів-гідробіонтів, що надає будь-якій екосистемі найбільшої стійкості проти впливу несприятливих зовнішніх чинників.

Нижня частина корита закріплюється в «підніжжі» схилу греблі. В нижній частині корита «ВІІ» закріплюються консольно так, щоб вони вільно плавали у воді нижнього б'єфу як показано на рис. 9.11, їх довжина до 1,5 м. За цими «ВІАми» монтується блок плотиків, аналогічний тому, що

встановлений вище греблі, але кількісне співвідношення плотиків нижнього і верхнього б'єфів повинно бути 3:1, оскільки насиченість води киснем під греблею вища.

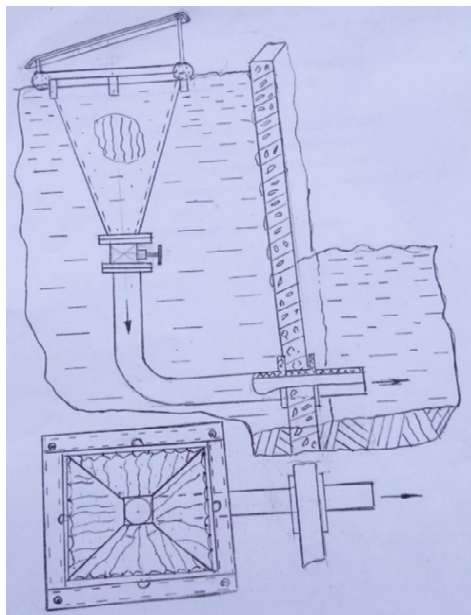


Рис. 9.12. Скид води через греблю шляхом поглинаючого колодязя

На всіх трапецеподібних площинах поглинаючого колодязя (рис. 9.13) монтуються «ВІІ» так, щоб вода з верхньої кромки колодязя проходила через всі «ВІІ» до горловини колодязя. Біля випускної труби (що виходить на нижній б'єф) також монтується система «ВІЙ» аналогічна тій, що спадає з нижньої кромки спускного корита (довжина 1–1,5 м).

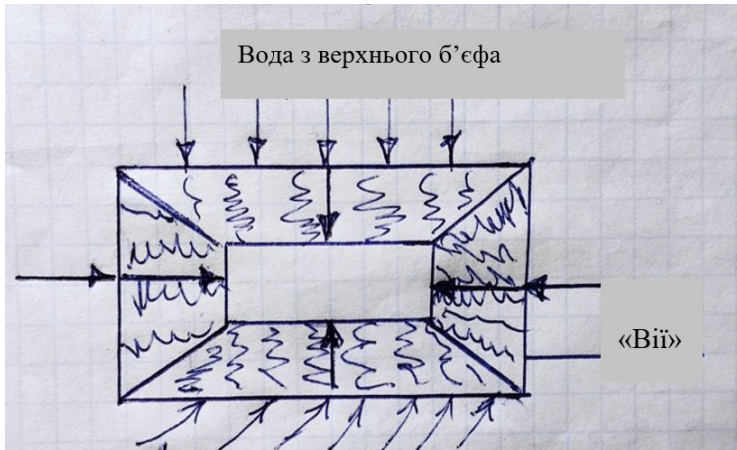


Рис. 9.13. Фрагмент поглинаючого колодзя

Найбільший ефект в очищенні води малої річки може бути досягнутий тільки при встановленні цих біотехнологічних пристроїв на всіх греблях річки, та при належному нагляді й обслуговуванні їх територіальними громадами. Глибина очищення води найбільша у весняно-осінній період (біля 6 місяців). В зимовий період швидкість деструкції органічних забруднювальних речовин, розчинених у воді, значно знижується.

9.3. Використання штучного носія «ВІА» в аеробних системах очищення води: аеротенках, біофільтрах, локальних біореакторах очистки промислових стічних вод: Кессенера, «Сімлекс», колонного вежного ерліфтного закритого типу

Професор П.І. Гвоздяк теоретично обґрунтував і практично довів доцільність та ефективність використання в біотехнологіях очищення стічних вод волокнистих носіїв з синтетичних (капронових) волокон типу «ВІА», «ДІА», «НАДІА» для іммобілізації гідробіонтів в очисних

спорудах.

Багаторічний досвід використання системи «ВІЯ» та отриманні позитивні результати за такими характеристиками, як збільшення швидкості очищення води, глибина очистки води, значне зменшення вільноплаваючої мікрофлори за рахунок іммобілізації її на носії, дозволило значно розширити використання цієї системи в різних традиційних біотехнологічних схемах очистки стічних і природних вод.

Сьогодні найбільший ефект очищення води досягається при використанні касет з «ВІЯми», які встановлюють в аеротенки (рис. 9.14, 9.15), локальні аеробні біореактори (рис. 9.16, 9.17), біофільтри (рис. 9.18).



Рис. 9.14. Монтаж касети з «ВІЯми» в канал аеротенку

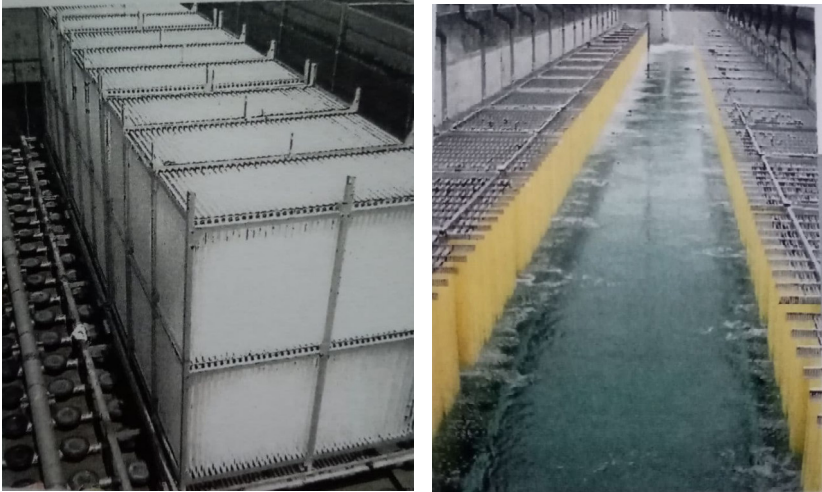


Рис. 9.15. Розміщення блоків касет зі штучних носіїв в каналі аеротенку



Рис. 9.16. Монтаж касети з «ВІЯми» в аеротенку ТзОВ «Світ шкіри» (м. Болехів)

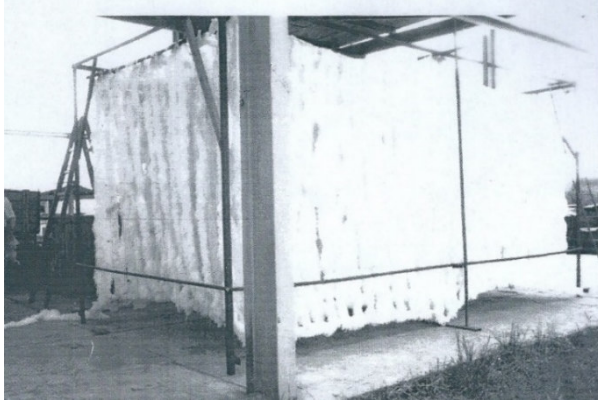


Рис. 9.17. Касета з «ВІЯми» для очищення води від діетиленгліколю і метанолу на Більче-Волицькій станції зберігання газу метану (Львівська область)



Рис. 9.18. «Вежа» (біофільтр) для очищення води від нафтопродуктів та іонів заліза (Чернігівський завод «Автомодель»)

Конструкція касети, розробленої фахівцями з очистки води під керівництвом професора П.І. Гвоздяка (рис. 9.19), дає можливість використовувати її як блочний елемент в аеротенках міських біологічних очисних станцій, так і в локальних аеротенках на промислових підприємствах.



Рис. 9.19. Збірка касети з «ВІАми»

Перевага використання таких касетних блоків полягає у значному зниженні дози активного мулу (рис. 9.20), зниженні затрат на аерацію завдяки локальній системі аерації (прив'язаній до кожної касети), збільшенні швидкості очистки води.

«ВІЮ» в касетних блоках використовують у вигляді тонкого капронового текстурованого полотна (ТУ 996990-89), прошитого за спеціальною технологією.



Рис. 9.20. Зменшення дози активного мулу при використанні «ВІІ» в аеротенках

Деякі технологічні особливості касетної системи П.І. Гвоздяка (рис. 9.20):

а) над блоком касети полотно з «ВІІ» звисає у вільному русі. При встановленні касети у біореактор верхній край полотна вільно плаває на поверхні і затримує бульбашки повітря, що подається знизу касети вздовж полотна. Бульбашки повітря затримуються вільноплаваючою «ВІСю», що призводить до максимального насичення води киснем;

б) полотна закріплені в касети не жорстко, а мають можливість здійснювати (під дією аерації) коливальні рухи амплітудою 2–3 см, що надає системі ряд переваг (для іммобілізованої біоти) порівняно з касетами, що пропонуються німецькою фірмою «J’A’GER» (рис. 9.21). В цих касетах використовується гофрована стрічка, жорстко натягнута між верхньою та нижньою площинами. Система немає вільноплаваючої над касетою «бахроми», яка дозволяє збільшити концентрацію розчиненого кисню у воді.

Використання «ВІІ» в традиційних аеробних біореакторах систем Кесенера, «Сімплекс» (рис. 9.22), Колонного вежного ерліфтного закритого типу (рис. 9.23) дає можливість утримувати значно більшу біомасу бактеріальної біоти (в 100-1000 разів) в зоні найбільшої насиченості води киснем, що значно скорочує час її очищення.



Рис. 9.21. Касети німецької фірми «J'A'GER»

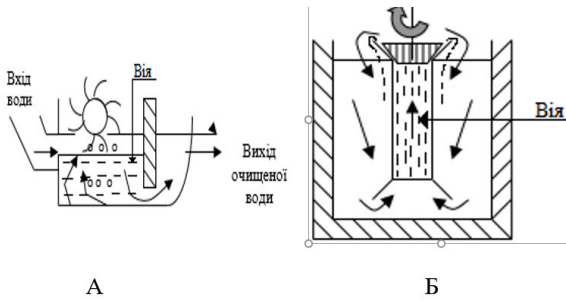


Рис. 9.22. Система Кессенера (А) та система «Сімплекс» (Б)

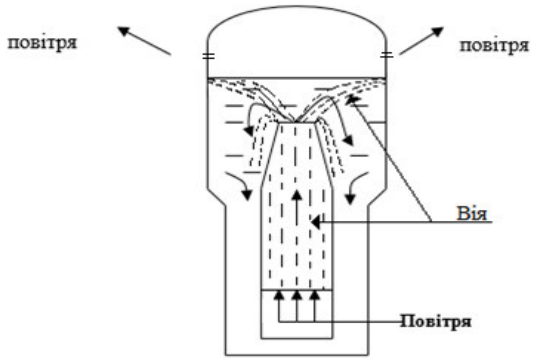


Рис. 9.23. Колонний вежний ерліфтний аератор

«ВІЯ», що встановлена в зоні інтенсивної аерації, виконує також роль системи, яка затримує бульбашки повітря в товщі води, і, відповідно, сприяє більшому насиченню води киснем.

В залежності від складу стічної води на поверхні вйових волокон іммобілізується специфічна мікрофлора, але серед домінантних родів бактерій майже завжди присутні роди *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Escherichia*, *Achromobacter*, а серед зооценозу протистоперифітону волокнистого носія – *Aspidisca*, *□oleps*, *□archesium*, *Stentor*, *Vorticella*.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Яку роль відіграють греблі на малих річках?
2. Які стаціонарні конструкції з волокнистими носіями типу «ВІЯ» були змонтовані на р. Капустянка?
3. Які представники систематичних груп постійно були присутні у перифітоні волокнистого носія «ВІЯ» р. Капустянка?
4. Охарактеризуйте схему біотехнологічної системи модернізованої греблі.
5. Назвіть скільки гребель функціонує на малих ріках України.
6. У чому полягає суть перетворення гребель на локальні очисні споруди?
7. Перерахуйте переваги систем для модернізації гребель на малих ріках України.
8. Охарактеризуйте різні види скиду води через греблю.

РОЗДІЛ 10. БІОПЛАТО ЯК ОЧИСНА СПОРУДА

10.1. Загальна характеристика біоплато

10.2. Визначення параметрів біоплато за переробною здатністю

Біоплато – це штучно створена водно-болотна екосистема для очищення стічних вод.

З будівельної точки зору біоплато – це земляна споруда (рідко залізобетонна), яка використовується у напіввиїмці-напівнасіпті або складається з неглибоких ставків, каналів, засаджених водними рослинами, через які протікають стічні води.

Робота біоплато заснована на біотичному очищенні стічних вод або забруднених вод, що базується на здатності організмів (бактеріями, мікроводоростями, мікроскопічними грибами, рослинами, безхребетними тваринами та найпростішими) в процесі їх життєдіяльності знешкоджувати розчинні та дисперсні хімічні та біологічні домішки, забруднювачі.

Біологічне очищення називають біоремедіацією (здіяна вся біота), фітомеліорацією (у процесі очищення домінують вищі рослини), ЕМ-технологіями (застосування асоціацій і комплексів мікроорганізмів).

10.1. Загальна характеристика біоплато

Біоплато створюють як повноцінну екосистему, яка має дві складові – абіотичну (вода, донні відклади з характерними для них фізико-хімічними властивостями) та біотичну, до якої входять організми різних рівнів (бактерії, рослини, тварини).

Ці складові тісно пов'язані між собою й суттєво впливають одна на одну. Цей вплив здійснюється через гідродинамічні, оптичні, термодинамічні, фізико-хімічні,

хімічні процеси та біологічні й біохімічні реакції за участю гідробіонтів.

Механізми процесу очищення стічних вод засвідчують, що: розчинені органічні сполуки зазнають аеробного й анаеробного мікробіологічного розкладання (піддаються деструкції); іони металів поглинаються рослинами, адсорбуються, приймають участь у катіонному обміні, зазнають мікробіологічного окислення; сполуки азоту піддаються мікробіологічній амоніфікації, нітрифікації, денітрифікації та випаровуванню аміаку; сполуки фосфору і калію поглинаються рослинами та бактеріями; нафтопродукти піддаються мікробному розкладанню.

Ефективна робота біоплато у значній мірі обумовлюється здатністю водних рослин очищати стічні води шляхом поглинання макро- та мікроелементів.

За даними досліджень установлено, що накопичення мінеральних речовин у відсотках на суху речовину становить: для очерету звичайного: азот – 2,17%, фосфор – 0,35%, калій – 1,7%, кальцій – 1,07%, манган – 0, %, натрій – 0,14%, хлор – 1,36%; для рогозу вузьколистого: азот – 2,58%, фосфор – 0,41%, калій – 0,19%, кальцій – 1,07%, манган – 0,15%, натрій – 0,51%, хлор – 1,2%; для очерету озерного: азот – 2,34%, фосфор – 0,39%, калій – 2,37%, кальцій – 0,89%, манган – 0,12%, натрій – 0,4%, хлор – 1,56%.

За інженерним проектуванням і з урахуванням гідравлічного розподілу потоків рідини розрізняють такі категорії споруд біоплато: поверхневі, горизонтальні інфільтраційні біоплато, вертикальні інфільтраційні біоплато, біоплато змішаного типу, руслові, берегові, наплавні.

Поверхневі біоплато. Поверхнєве біоплато схоже на створений природою заболочений ландшафт, коли стоки

прямують на поверхню споруди.

Переваги такого виду споруд є невеликі фінансові витрати на зведення, легкість в управлінні та низьке енергоспоживання. Але також є і недоліки: потреба у великих площах для спорудження системи, низьке гідравлічне навантаження, а, отже, недостатньо висока ефективність очищення.

Стічні води протікають через поверхневі біоплато (водно-болотні угіддя) й очищуються за участю процесів відстоювання, фільтрації, окислення, відновлення, адсорбції, осадження та поглинання біотою макро- та мікроелементів.

Поверхневі біоплато постійної або змінної глибини повністю або частково заселені рослинністю (зануреною, напівзануреною, плаваючою), можуть бути різного розміру – від кількох квадратних метрів до кількох квадратних кілометрів. Рівень води підтримується вище, ніж коренева матриця з ґрунту, піску або гравію, яка підтримує ріст рослин водно-болотних угідь, які можуть виживати в умовах постійного затоплення. Потік горизонтальний, але може проходити по окружному шляху від входу до виходу з дуже низькою швидкістю (рис. 10.1).

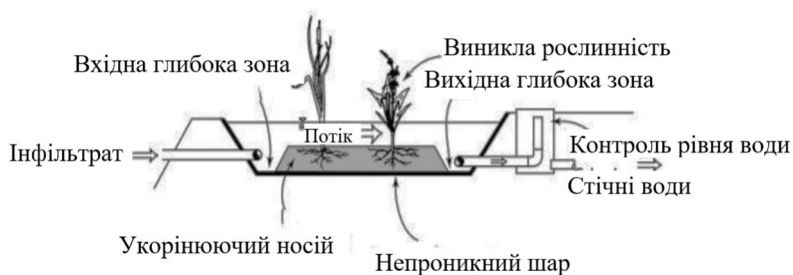


Рис. 10.1. Загальне зображення поверхневого біоплато

Поверхневі біоплато є майже винятковим вибором для очищення міських, сільськогосподарських і промислових

зливових вод через їх здатність справлятися з імпульсними потоками та зміною рівня води. Вони є частим вибором для очищення шахтних вод, а також для відновлення підземних вод та очищення фільтрату.

Водно-болотні угіддя з вільною поверхнею води (рис. 10.2) придатні для будь-якого клімату, навіть за умов покриття поверхні води льодом.



Рис. 10.2. Типове застосування водно-болотних угідь вільної поверхні для очищення міських стічних вод

Утворення льоду може гідравлічно перешкоджати зимовій експлуатації, а швидкість деяких процесів видалення нижча для холодної води, зокрема процесів перетворення азоту. Коли лід покриває відкриту воду, перенесення кисню з атмосфери зменшується, зменшуючи кисневозалежні процеси очищення. Інші процеси, такі як видалення завислих речовин, більш ефективні під льодом, ніж у літніх умовах.

Глибина течії обмежується максимальним рівнем, на якому бажаний вид рослин може постійно вижити в умовах затоплення. Верхня межа становить приблизно 60 см, але більшість систем розраховані на середню глибину близько 30 см.

Горизонтальні інфільтраційні біоплато. Водно-болотні угіддя горизонтального підземного потоку складаються з гравію або ґрунту, засадженого водно-болотною рослинністю. Як правило, призначені для

очищення первинних стоків, вторинної очистки побутових стічних вод і промислових стоків.

Водно-болотні угіддя з горизонтальним підземним потоком зазвичай складаються з вхідного трубопроводу, глиняної або синтетичної підкладки, фільтруючого середовища, рослинності, що з'являється, берм і вихідних трубопроводів із контролем рівня води. Вода утримується нижче поверхні шару, тече горизонтально від входу до виходу (рис. 10.3).

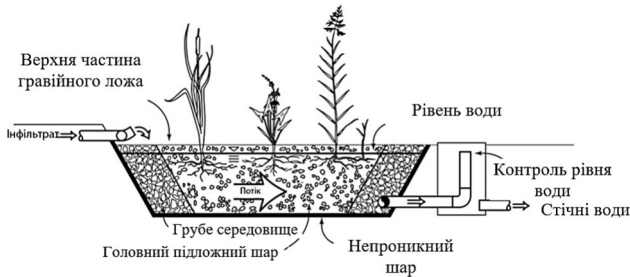


Рис. 10.3. Загальне зображення горизонтального біоплато

Опірна труба, розташована поза межами водно-болотного угіддя, контролює рівень води в гравійному середовищі. Вся грядка ізольована від навколишньої землі комбінацією пластикової підкладки та геотекстильної мембрани. Для вторинної очистки побутових стічних вод глибина гравію зазвичай становить 0,5–0,7 м, а рівень води тримається на 5–10 см нижче поверхні.

Переважаючими шляхами мікробіологічного видалення є анаеробні. При використанні для вторинної очистки побутових стічних вод горизонтальний потік, як правило, здатний видалити БПК₅ та зважені речовини (20 мг/л у стічних водах), але продуктивність окремих систем значною мірою залежить від концентрацій вхідних потоків. Ширина русла біоплато обмежується максимумом 25–30 м, щоб забезпечувати рівномірний розподіл потоку

стічних вод в одній комірці водно-болотних угідь.

Системи водно-болотних угідь з горизонтальним підземним потоком, як правило, дорожчі, ніж водно-болотні угіддя з вільним поверхневим потоком, хоча витрати на обслуговування залишаються низькими порівняно з альтернативними.

Вертикальні інфільтраційні біоплато. Піщано-гравійну грядку засаджують емерджентними макрофітами. Первинно очищені стічні води періодично завантажуються на поверхню фільтра, а велика кількість води від одноразового завантаження забезпечує хороший розподіл припливної води на поверхні. Вода просочується крізь субстрат, потім поступово стікає та збирається дренажною мережею біля основи фільтра. Між завантаженнями кисень знову надходить у поровий простір середовища, транспортуючи кисень у шар фільтра, щоб підтримувати аеробні мікробні процеси. Вся грядка ізольована від навколишньої землі комбінацією пластикової підкладки та геотекстильної мембрани.

В регіонах із дуже холодним кліматом вертикальні біоплато ізолюються шаром гравію або мульчі. У холодному кліматі, де замерзання являється проблемою, система розподілу також повинна повністю зливатися між дозами. Через сильні окислювальні умови у фільтруючому шарі водно-болотні угіддя з вертикальним потоком з періодичним навантаженням надзвичайно ефективні для видалення органічного вуглецю (БПК₅ або ХПК). Таким чином, водно-болотні угіддя з вертикальним потоком зазвичай використовуються для вторинної та третинної очистки побутових стічних вод. Водно-болотні угіддя з вертикальним потоком також використовуються для очищення фільтрату зі звалищ і стічних вод харчової промисловості, які часто містять високі рівні амонійного азоту та органічного вуглецю (більше сотень міліграмів на

літр), а також інших агропромислових стічних вод.

Існує кілька різновидів водно-болотних угідь із вертикальним потоком. Найпоширеніший тип використовує поверхнєве затоплення (імпульсне навантаження) пласта в однопрохідній конфігурації (рис. 10.4).

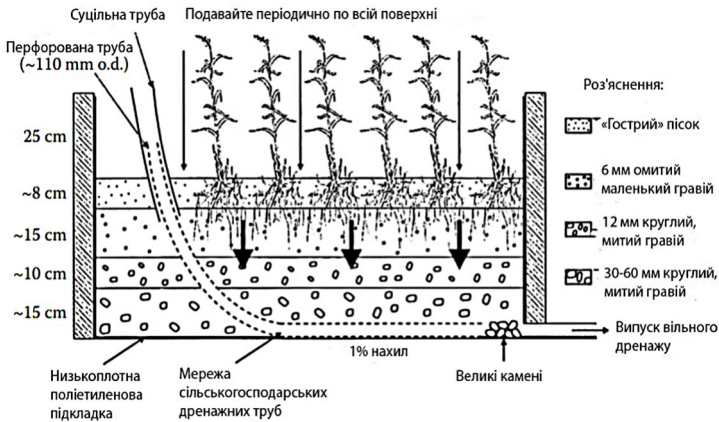


Рис. 10.4. Типова схема вертикального біоплато

Горизонтальні біоплато мають обмежену здатність окислювати аміак через обмежений перенесення кисню. Вертикальні біоплато були розроблені, щоб забезпечити більш високий рівень перенесення кисню, таким чином виробляючи нітрифіковані стоки. Здатність цих систем окислювати аміак призвела до їх використання в системах із більш високим вмістом аміаку, ніж у міських або побутових стічних водах.

Загалом забруднювачі, які розкладаються аеробно, легко видаляються за допомогою вертикальних біоплато з періодичним навантаженням. Для побутових та міських стічних вод органічні речовини (БПК₅ або ХПК) та аміачний азот видаляються в основному за допомогою аеробних мікробних процесів. Тверді речовини та патогенні

організми видаляються шляхом фізичної фільтрації. Ефективність обробки вертикального біоплато безпосередньо залежить від використовуваного фільтруючого матеріалу. Якщо використовується тонкий матеріал, час утримування стічної води у фільтрі довший, що часто дозволяє підвищити ефективність видалення.

Біоплато змішаного типу. Для досягнення більших показників очищення використовується комбінація різних типів біоплато. Вище названі види біоплато є пасивними очисними системами, які можуть працювати без зовнішнього джерела енергії (за винятком насосів, які можуть знадобитися для завантаження). Складовою змішаного типу біоплато є використання зовнішнього джерела енергії для підвищення аеробної потужності системи (наприклад, зворотно-поступальна операційна стратегія, рециркуляція стоків або примусова аерація) або специфічні фільтруючі середовища. На даний час більшість гібридних систем використовують комбінації горизонтальних і вертикальних проточних осередків водно-болотних угідь.

Також було розроблено альтернативне гібридне водно-болотне угіддя (рис. 10.5), що складається з горизонтального русла, за яким слідує вертикальні осередки водно-болотних угідь. Великий горизонтальний проточний шар розміщується спочатку для видалення органічних і зважених твердих речовин і забезпечення денітрифікації.

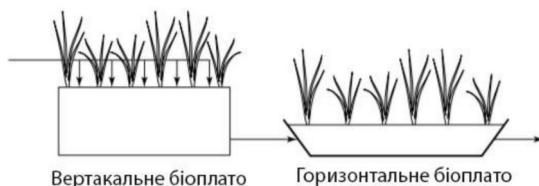


Рис. 10.5. Схема біоплато гібридного типу

Невеликий вертикальний проточний шар із імпульсним навантаженням призначений для подальшого видалення органіки та зважених речовин і нітрифікації аміаку до нітрату. Частина очищених стоків рециркулює назад до потоку, щоб сприяти денітрифікації в горизонтальному проточному руслі та покращити загальне видалення азоту.

На спорудах біоплато забезпечується очистка стічних вод по БПК_{повн} на 90–95% (до 5–6 мг/л), по ХПК 85–95%, по зваженим речовинам 95–99% (до 4–5 мг/л), по нафтопродуктам до 0–0,05 мг/л, по СПАР більше 85%, по мінералізації 20–99%, прозорість очищених вод досягає 30 см за Снелленом, за бактерелогічними показниками на 98–99%, повністю усувається запах і підвищується вміст розчиненого кисню, знижується вміст сполук азоту та фосфору на 35–60%.

10.2. Визначення параметрів біоплато за переробною здатністю

Поверхневі води часто не відповідають вимогам рибогосподарського призначення, несуть у собі ризики забруднення рибоводних ставів зависями, нафтопродуктами, органічними домішками та біогенами, токсичними та іншими домішками.

Для очищення та стабілізації якості поверхневих вод перед поданням їх на водообмін у рибоводні стави застосовують такі категорії споруд біоплато: руслові, берегові, наплавні, поверхневі, горизонтальні інфільтраційні, вертикальні інфільтраційні, біоплато змішаного типу.

Виникає потреба в облаштуванні руслових, берегових і наплавних біоплато. За даними Оксіюк О., Стольберг Ф. окислювальна потужність руслового біоплато становить $1,9 \cdot 10^{-4}$ г O₂/м³ с, яку, судячи з даних Гриба Й., при

застосуванні штучного волокнистого субстрату у вигляді касет можна повисити до $7,0 \cdot 10^{-4}$ г O_2/m^3 -с.

Виникає потреба набути здатностей вміти розраховувати потужність, параметри та переробну здатність біоплато (руслове, наплавне, інфільтраційне) для очищення та покращення якості води перед поданням її на водообмін у рибоводні стави (рис. 10.6).

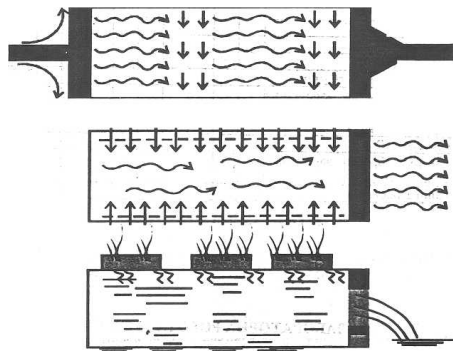


Рис. 8.6. Руслове, берегове та наплавне біоплато

Довжина руслового біоплато розраховується за формулою:

$$l_p = \frac{V}{f_{\text{БСК}}} [C_1 - C_2], \quad (10.1)$$

де V – швидкість течії води на біоплато, $0,005$ – $0,05$ m^3/c ;

f – переробна здатність біоплато;

C_1 та C_2 – відповідні значення домішок за БСК₅ на початку і в кінці біоплато.

Берегове біоплато

Берегове біоплато розраховується за формулою:

$$V \frac{dc}{dx} = -kC_i - f_i \frac{W_{\text{БВР}}}{W}, \quad (10.2)$$

де $W_{\text{ВВР}}$ – біомаса об'єму ВВР за двома берегами, яка розраховується за формулою:

$$W_{\text{ВВР}} = 2bhly, \quad (10.3)$$

де f_i – переробна здатність біоплато при швидкості руслового потоку 0,1 м/м, шириною зарослої ВВР смуги 1,0 м, глибині потоку 0,5 м проєктованому покриттю 100,0%, питомій вазі ВВР $\gamma = 0,2 \text{ кг/м}^3$.

$$f = 0,2 \cdot 1,0 \cdot 100,0 \cdot 0,5 \cdot 0,1 (= 1 \text{ кг}) = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ г O}_2/\text{м}^3\text{с},$$

Тобто 1 кг ВВР переробляє при русловому біоплато $9 \times 10^{-4} \text{ г O}_2/\text{м}^3\text{с}$ забруднень.

Тоді довжина руслового біоплато визначатиметься величиною органічних забруднень за БСК та масою ВВР.

Розрахунок площі наплавного біоплато

Для розрахунку наплавного біоплато використовується співвідношення:

$$W_{\text{ВВР}} = \eta_n b_n h_n l \gamma \rho, \quad (10.4)$$

де $W_{\text{ВВР}}$ – фітомаса ВВР, кг;

η_n – кількість контейнерів, шт;

b_n – ширина контейнера, м;

h_n – висота контейнера, м;

l – довжина контейнера, м;

γ – питомий об'єм ВВР у контейнері, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

ρ – питома вага ВВР, $\text{кг}/\text{м}^3$;

f – переробна здатність напливного біоплато, $\text{г O}_2/\text{м}^3\text{с}$.

Кількість контейнерів:

$$n = \frac{\rho}{f_{\text{БСК}}}, \quad (10.5)$$

де ρ – маса забруднень, що підлягає очищенню:

$$\rho = Q(C_1 - C_2), \quad (10.6)$$

де Q – витрати води, м³/с,

C_1 і C_2 – початкова та кінцева маса забруднень за БСК;

$f_{\text{БСК}}$ – переробка забруднень, $1,9 \cdot 10^{-4} \text{гO}_2/\text{м}^3\text{с}$ (при глибині 0,5 та $V=0,1$ м/с).

При зменшенні швидкості потоку зростає відповідно $f_{\text{БСК}}$ на такий же порядок.

Послідовність виконання розрахунків передбачає:

– визначити початкові і кінцеві значення органічних домішок C_1 і C_2 ;

– визначити витрати води;

– прийняти розрахункову швидкість потоку V ;

– визначити як об'ємну фітомасу, м³/м³;

– визначити морфологічні параметри біоплато та кількість касет (при наплавному біоплато).

Вихідні дані для розрахунків за варіантами представлено в табл. 10.1.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Яка споруда називається біоплато?
2. Які дві складові має біоплато?
3. У чому полягає суть механізму очищення стічних вод на біоплато?
4. Яку роль відіграють рослини в очищенні стічних вод на біоплато?
5. Охарактеризуйте категорії (види) біоплато.
6. Які біоплато облаштовують для очистки поверхневих вод малих річок?
7. Які біоплато облаштовують для подачі води у рибоводні стави?
8. Які біоплато облаштовують для очистки стічних вод з населених пунктів?

Таблиця 10.1

Вихідні дані для розрахунків за варіантами

№ з/п	Показники	Параметри, варіанти									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Витрата води, м ³ /с	10,0	5,0	3,0	1,0	2,0	4,0	1,0	20,	5,0	8,0
2.	Швидкість руслового потоку, м/с	0,1	0,05	0,15	0,1	0,1	0,03	0,1	0,2	0,05	0,20
3.	Маса забруднень г/м ³	10,0	20,0	30,0	40,0	20,0	30,0	15,0	20,0	30,0	40,0
4.	Глибина, м	1,0	0,5	1,5	1,01	0,85	0,8	1,0	20,	3,0	2,0
5.	Початкова концентрація органічної речовини, С ₂ , БСК, мгО ₂ /дм ³	15	20	10	20	30	15	10	20	30	10
6.	Кінцева (нормована), вміст органічної речовини, С ₂ , БСК, мгО ₂ /дм ³	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
7.	Р, питома вага ВВР, кг/м ³	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,4	0,3	0,2	0,15	0,2
8.	Питомий об'єм ВВР, м ³ /м ³	0,3	0,2	0,4	0,4	0,5	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
9.	Переробна здатність, гО ₂ /м ³ с	1,7·10 ⁻⁴	1,7·10 ⁻⁴	1,4·10 ⁻⁴	1,4·10 ⁻⁴	1,4·10 ⁻⁴	1,0·10 ⁻⁷	1,9·10 ⁻⁴	1,9·10 ⁻⁴	1,9·10 ⁻⁴	1,9·10 ⁻⁴

РОЗДІЛ 11. МАЛІ ОЧИСНІ СПОРУДИ

11.1. Установа Biotal (стандарт)

11.1.1. Загальна характеристика установки Biotal

11.1.2. Технічні дані установки Biotal

11.1.3. Розрахунок ефективності очистки стічних вод установкою Biotal

11.2. Установа Biolos (стандарт)

11.2.1. Загальна характеристика установки Biolos

11.2.2. Конструкція установки Biolos та принципи очищення побутових стоків

11.2.3. Переваги та особливості станцій біологічної очистки Biolos

11.3. Установа MakBoxBio

11.3.1. Загальна характеристика установки MakBoxBio

11.3.2. Конструкція установки MakBoxBio

11.4. Установа «Джерело»

11.4.1. Загальна характеристика установки «Джерело»

11.4.2. Конструкція установки «Джерело»

На даний час в Україні дуже поширене будівництво відносно невеликих житлових комплексів, містечок котеджного типу забудови, ресторанно-готельних комплексів, які у більшості випадків облаштовуються за межами міської забудови і, як наслідок, віддалені від існуючої каналізаційної мережі.

Відтак, виникає потреба формування технічного завдання на будівництво та експлуатацію малих очисних споруд (МОС). Ці споруди є важливою складовою інфраструктури для зменшення забруднення водних об'єктів, запобігання поширенню хвороб, забезпечення доступу до чистої питної води.

У країнах Євросоюзу малі очисні споруди поширені та експлуатуються досить широко, однак показники очищення малих обсягів стічних вод для цих споруд суттєво нижчі в порівнянні з вимогами в Україні, а саме за показниками:

- БСК5 – у 2 рази;
- ХСК – в 1,6 разів;
- ЗР – у 2,3 рази;
- азоту амонійного – у 4 рази;
- азоту нітратного – в 1,3 рази;
- фосфатів – у 3,4 рази.

11.1. Установа Biotal (стандарт)

11.1.1. Загальна характеристика установки Biotal

Установки «Biotal-T» (стандарт) відносяться до малих каналізаційних очисних споруд (МОС) продуктивністю від 1,5 до 10 м³ на добу. Установки призначені для очищення господарсько-побутових стічних вод (СВ) житлових і громадських будівель, стічних вод автозаправних станцій і невеликих промислових підприємств.

Особливістю малих каналізаційних очисних споруд є залповість надходження свіжих концентрованих стоків, можлива тривала відсутність припливу стічних вод, надходження з ними токсичних для мікроорганізмів активного мулу забруднень, зокрема синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) при пранні білизни, відсутність обслуговуючого персоналу, що обумовлює необхідність автоматизації роботи установок.

На відміну від традиційних каналізаційних очисних споруд великої продуктивності, де стічні води обробляються при їх спрямованому русі по окремих спорудах з початку в кінець технологічного ланцюга, на малих каналізаційних очисних спорудах всі цикли очищення проходять у одній споруді шляхом чергування в

ній умов – аерації, перемішування, відстоювання, відкачування очищених СВ і рециркуляції активного мулу.

Установка Biotal забезпечує високу ефективність очищення стоків, її робота повністю автоматизована. Установка обладнана вузлом затримання грубих нечистот, програмним модулем Mitsubishi (Японія), який забезпечує економію електроенергії, вибираючи оптимальний режим роботи установки в залежності від витрати СВ, що надходять. В установці також передбачено автоматичне видалення надлишкового активного мулу, який утворюється в процесі біологічного очищення СВ.

При виготовленні установок Biotal використовуються високоякісні матеріали та комплектуючі, що забезпечує довговічність і надійність роботи установок.

В результаті очищення стічних вод утворюється два продукти – технічна вода і надлишковий активний мул, які можна використовувати повторно (технічну воду – для крапельного зрошення, а надлишковий активний мул – як мінеральне добриво для ґрунту).

Очищені СВ можуть фільтруватися в ґрунт, скидатися в зливову каналізацію або в поверхневі джерела (струмки, річки, озера тощо). В процесі очищення стічних вод відсутні неприємні запахи, оскільки не виділяються метан і сірководень.

Всі елементи установки, які з часом можуть потребувати ремонту, можна замінити без зупинки процесу очищення стічних вод. Завдяки сучасним технічним рішенням, високій надійності та довговічності компонентів установка Biotal працює довго й ефективно, забезпечуючи якісну очистку стічних вод та економію електроенергії.

11.1.2. Технічні дані установки Biotal-T

Принципова технологічна (а) і планова (б) схема установки «Biotal-T» (стандарт) наведені на рис. 11.1.

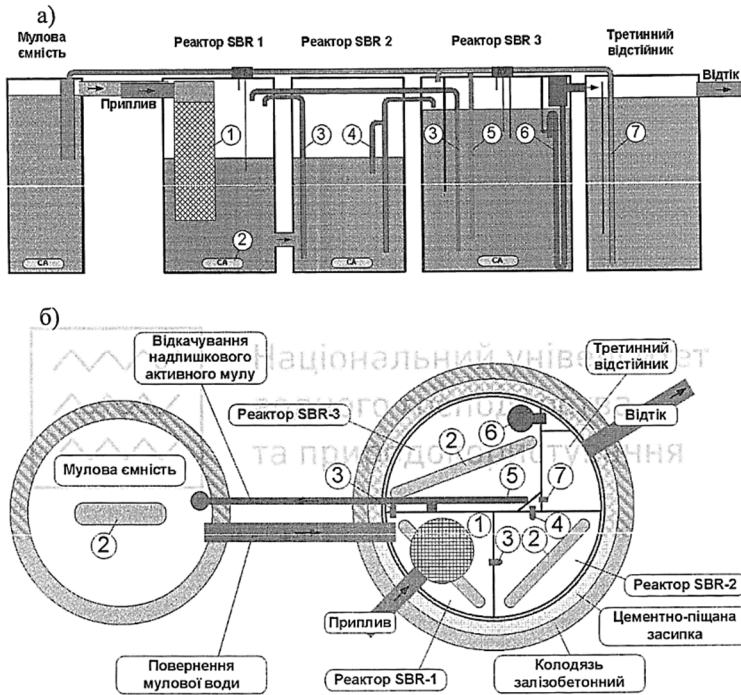


Рис. 11.1. Принципова технологічна (а) і планова (б) схема установки «Viotal-T» (стандарт):

1 – приймальна сітка; 2 – система аерації; 3 – ерліфт рециркуляційний; 4 – ерліфт реверсний; 5 – ерліфт відкачки надлишкового активного мулу; 6 – ерліфт сифонний; 7 – ерліфт відкачки осаду з третинного відстійника

Стічні води надходять в приймальню сітку 1, під якою встановлено аератор (патент) 2. Він одночасно з аерацією реактора SBR-1 проводить аерацію сітки, розбиваючи грубі нечистоти, що знаходяться в ній, і перешкоджає її забиванню. Вода, позбавлена грубих нечистот, стікає в реактор SBR-1, куди також подається ерліфтами 3 зворотний активний мул з реакторів SBR-2 і SBR-3 (патент).

В SBR-1 стічні води частково біологічно очищуються, піддаючись багаторазовим, циклічно повторюваним процесам аерації та перемішування при дефіциті повітря, завдяки чому тут також відбувається процес денітрифікації при наявності нітритів і нітратів, які надійшли зі зворотним активним мулом з SBR-2 і SBR-3, і легкоокислюваної органіки, що надходить із свіжими СВ.

Стічні води, що пройшли обробку в SBR-1, перетікають самопливом в SBR-2, куди також віддувається реверсними ерліфтами (патент) 4 при перекачуванні мулової суміші в SBR-3 піна, яка захищає SBR-3 від негативного впливу сапонатів. В SBR-2, аналогічно до SBR-1, мулова суміш піддається багаторазовим, що циклічно повторюються, процесам аерації та перемішування.

Частково очищені СВ з SBR-2 перекачуються реверсними ерліфтами 4 в SBR-3, створюючи при цьому акумулюючий об'єм для прийняття залпових скидів в SBR-1 і SBR-2. В SBR-3 відбувається окислення органіки, що важко окислюється, і нітрифікація. Тут мулова суміш піддається аерації з наступним відстоюванням.

Перед відкачуванням очищених стічних вод відбувається відкачування надлишкового активного мулу з SBR-3 в муловий колодязь і відкачування осаду з третинного відстійника в SBR-3. Мулова вода з мулового колодязя повертається в SBR-1.

Після завершення циклу відстоювання в SBR-3 і відкачки надлишкового активного мулу, проводиться відкачка очищених стічних вод з SBR-3 в третинний відстійник сифонним ерліфтом 6, а чиста вода з третинного відстійника надходить в каналізаційну мережу.

Корпуси установок, перегородки резервуарів і ерліфти виготовлені з високоякісного поліпропілену, що характеризується високою міцністю, стійкістю до агресивного середовища та малою масою.

Технічні параметри установок «Viotal-T» (стандарт) представлені в табл. 11.1.

Таблиця 11.1

Технічні параметри установок «Viotal-T» (стандарт)

Типо-розмір	Витрата, м ³ /добу	Розрахункова кількість мешканців, люд.	Діаметр установок, м	Висота установки, м	Діаметр з/б колодязя, м	Мінімальна глибина з/б колодязя, м
В-1,5	1,5	4	1,3	1,5	1,5	2,5
В-2	2,0	6	1,4	1,5	1,5	2,5
В-3	3,0	10	1,7	1,5	2,0	2,5
В-4	4,0	14	1,9	1,5	2,0	2,5
В-5	5,0	17	1,7	2,0	2,0	3,3
В-6	6,0	20	1,9	2,0	2,0	3,3
В-8	8,0	26	2,4	2,05	2,5	3,3
В-10	10,0	35	2,4	2,25	2,5	3,6

Установка комплектується блоком управління з автоматикою Mitsubishi (Японія) і компресорами Nitto (Японія), які розміщуються в існуючій будівлі, наприклад, в цокольному поверсі житлового будинку, в нежитловому будинку, обладнаному системами опалення і вентиляції тощо. Максимальна відстань від компресорів до установки – 20 м.

Можливі також варіанти розміщення блоку управління та компресорів у боксі-рекуператорі, який встановлюється безпосередньо над установкою (в перекритті колодязя), або поруч з нею.

До складу електроустаткування установок входять компресори і електромагнітні клапани (рис. 11.2).

Компресори призначені для подачі повітря в аераційні системи і ерліфти. Електромагнітні клапани призначені для регулювання подачі повітря. Усе електрообладнання підключено до автоматичного блоку управління, обладнаного контролером Mitsubishi (Японія).

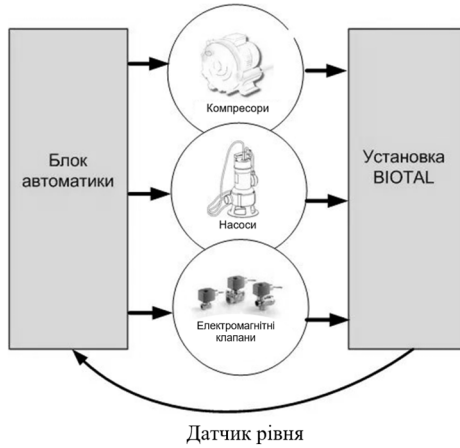


Рис. 11.2. Електроустаткування установок Biotal

Параметри компресора наведені в табл. 11.2.

Таблиця 11.2
Електричні характеристики компресорів установок
«Biotal-T» (стандарт)

Найменування електрообладнання	Напруга, В	Сила струму, А	Потужність, кВт	Рівень шуму, дБ	Вага, кг	Температура приміщення, °С	Відносна вологість повітря в приміщенні, %
Компресор Nitto LA-120	230		0,130	48	9,4	+5... +40	30...85

У табл. 11.3 наведені встановлена потужність електрообладнання та споживана потужність в різних режимах роботи.

З установками «Biotal-T» (стандарт) може поставлятися додаткове обладнання: вузол подачі стічних вод, бокс-рекуператор, насос для відкачування очищених СВ, насос-дозатор для подачі в контактний резервуар розчину гіпохлориту натрію, насос-дозатор для подачі коагулянту, що забезпечує видалення фосфору.

Таблиця 11.3

Параметри енергоспоживання установок «Viotal-T»
(стандарт)

Типорозмір	Встановлена потужність, кВт	Споживана потужність для режиму роботи			
		Нормальний	Економний		
			1-й	2-й	3-й
В-1,5	0,13	0,1	0,08	0,04	0,02
В-2	0,13	0,1	0,08	0,04	0,02
В-3	0,26	0,2	0,17	0,1	0,07
В-4	0,39	0,32	0,26	0,13	0,08
В-5	0,39	0,32	0,26	0,13	0,08
В-6	0,39	0,32	0,26	0,13	0,08
В-8	0,52	0,4	0,3	0,15	0,1
В-10	0,52	0,42	0,32	0,18	0,12

Вузол подачі СВ на установку Viotal складається з насоса марки Grundfos Unilift AP35B.50.06.IV, параметри якого вказано в табл. 11.4, і захисної сітки (рис. 11.3).

Таблиця 11.4

Параметри насоса Unilift AP35B.50.06.IV

Номінальна витрата, м ³ /добу	Номінальний напір, м	Напруга, В	Сила струму, А	Потужність, кВт	Рівень шуму, дБ	Вага, кг	Діаметр напірного патрубку, мм	Максимальне число запусків в час
15,0	3,0	220	4,6	0,35	70	10	50	30

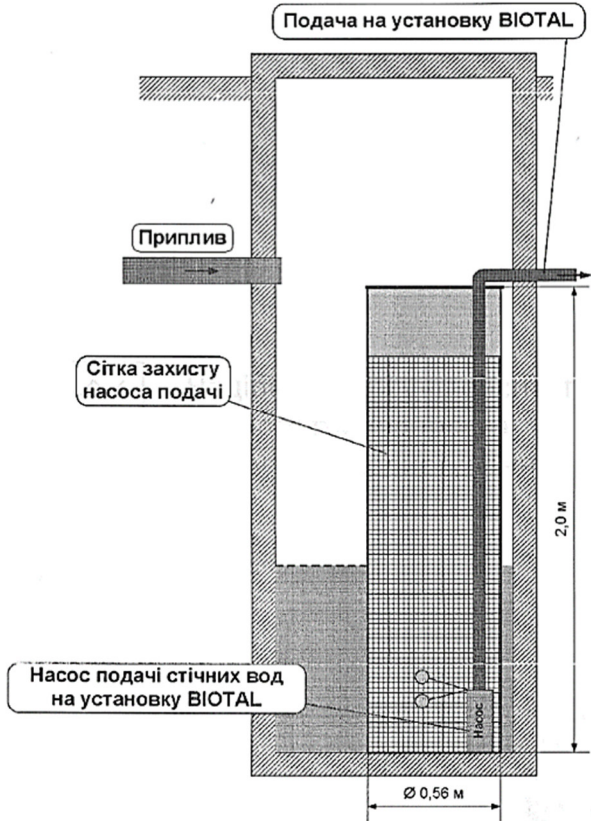


Рис. 11.3. Вузол подачі стічних вод на установку Biotal

Бокс-рекуператор

Бокс-рекуператор (рис. 11.4) – це поліпропіленова ємність, в якій встановлюються компресори та блок управління.

Бокс-рекуператор застосовується в тих випадках, коли немає можливості побудувати будівлю компресорної або розмістити компресори та блок управління в існуючій будівлі.

Розріз 1-1

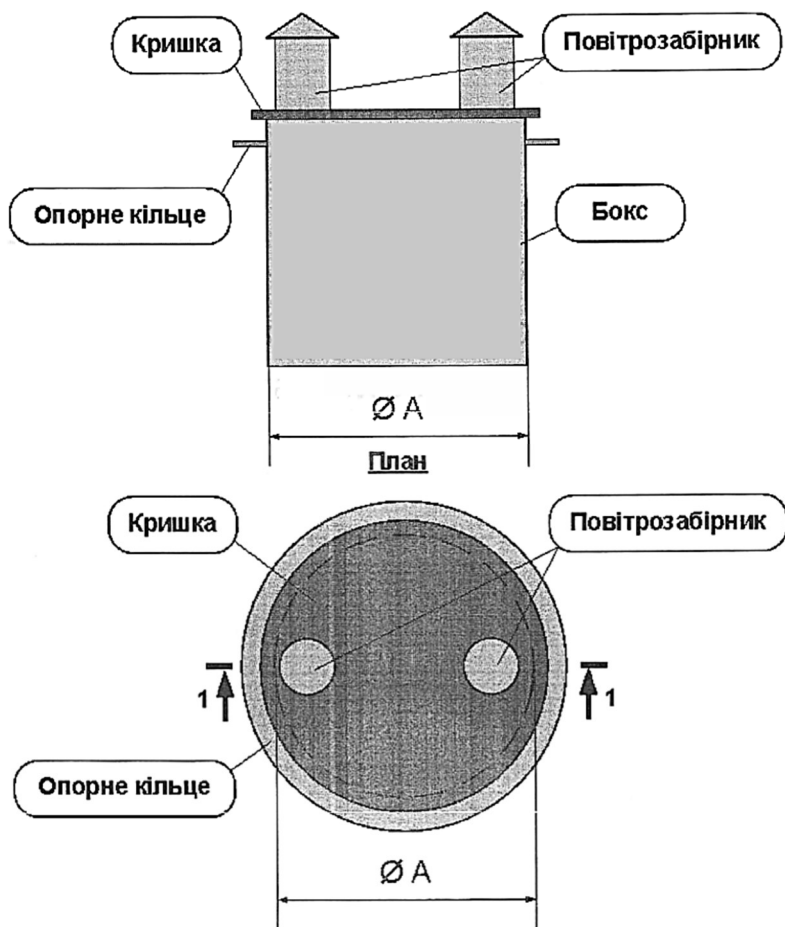


Рис. 11.4. Бокс-рекуператор

Установка Viotal (вид зверху) представлена на рис. 11.5.

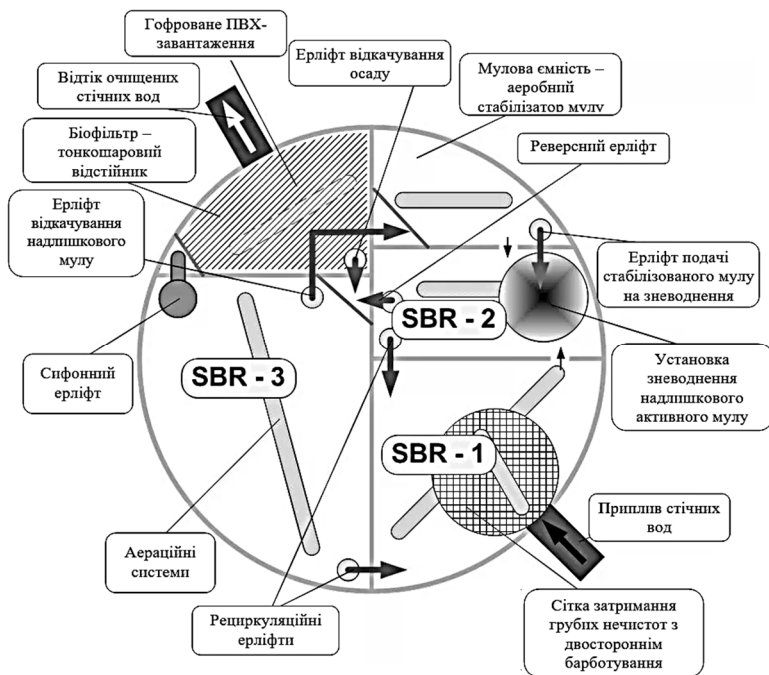


Рис. 11.5. Установа Biotal (вид зверху)

Очистка стічних вод на установці Biotal відбувається у такому порядку:

- 1) стічні води, що щойно надійшли на установку, попередньо оброблюються у приймальній камері-денітрифікаторі;
- 2) стічні води, що надійшли в установку у попередньому циклі, оброблюються у 1-му і 2-му реакторах SBR;
- 3) у 3-му реакторі SBR оброблюються стічні води, що надійшли на установку два цикли назад;
- 4) в біологічному фільтрі – тонкошаровому відстійнику оброблюються стічні води, що надійшли на

очистку три цикли назад;

5) в контактному резервуарі оброблюються стічні води, що надійшли на установку чотири цикли назад. Стічні води, що очищуються, під час цього процесу ступінчасто переміщуються від першого до останнього ступеня очистки МОС, шляхом періодичного гідравлічного сполучення цих ступенів з допомогою гідро-автоматичних пристроїв чи насосів.

Установка Biotal включає вісім зон обробки стічних вод:

- 1 – нержавіюча сітка, яка захищає насос подачі стоків з ПК-Д в SBR-1 від грубих нечистот;
- 2 – приймальна камера-денітрифікатор;
- 3 – реактор SBR першого ступеня;
- 4 – реактор SBR другого ступеня;
- 5 – реактор SBR третього ступеня;
- 6 – самопромивний аерований біологічний фільтр;
- 7 – тонкошаровий відстійник;
- 8 – контактний резервуар і дві зони обробки надлишкового активного мулу: аеробний стабілізатор надлишкового активного мулу та установка зневоднення.

11.1.3. Розрахунок ефективності очистки стічних вод установкою Biotal

В залежності від того, яка кількість забруднюючої речовини видаляється очисною спорудою, визначається ефективність очистки – один з найважливіших показників роботи очисних споруд. Розраховується цей показник так:

$$\begin{aligned} & \text{Ефективність за показником} \\ & = \frac{\text{вміст на вході} - \text{вміст на виході}}{\text{вміст на вході}} \times 100\%. \end{aligned} \quad (11.1)$$

Природно, що не всі забруднення стічних вод однаково ефективно розкладаються бактеріями активного

мулу і піддаються очищенню в установці. До прикладу, в установках Viotal з ефективністю 98% усуваються органічні забруднення, у зв'язку з чим знижується біологічне споживання кисню стічної води (БСК):

$$E_{\text{БСК}} = \frac{390 - 7}{390} \times 100\% = 98,2\% .$$

Мікроорганізми активного мулу в умовах аерації перетворюють органічні забруднення у вуглекислий газ і воду. Ефективність очистки стічних вод від суспензій на установках Viotal в середньому складає:

$$E_{\text{C}} = \frac{220 - 5}{220} \times 100\% = 97,7\% .$$

Видалення азоту в установках здійснюється завдяки послідовному протіканню процесів нітрифікації та денітрифікації.

Свіжа стічна вода, що потрапляє в установку, містить значну кількість органіки, яка в перших реакторах є основним субстратом для бактерій активного мулу. В другому та третьому реакторах органіки вже менше, і енергію для своєї життєдіяльності бактерії починають отримувати в процесі нітрифікації, окислюючи амонійний азот до нітритів і нітратів. Ці речовини, в свою чергу, також повинні видалятися зі стічної води, саме тому в установках Viotal забезпечується багатоконтурна рециркуляція активного мулу. Потрапляючи в приймальну камеру, насичений нітратами активний мул з SBR-3, в умовах дефіциту кисню (аноксидні умови) і наявності свіжої легкоокислювальної органіки починає процес денітрифікації:

$$E_{\text{NH}_4} = \frac{20 - 1}{20} \times 100\% = 95,0\% .$$

Фосфор також є біогенним елементом, тому разом із азотом до 50% фосфору засвоюється мікроорганізмами для побудови їх клітин. Фосфор теж накопичується ПП-бактеріями (так можна видалити ще до 10% фосфору зі стічної води).

Якщо до очищеної води ставляться суворі вимоги щодо вмісту фосфору або якщо концентрація фосфору на притоці вища передбаченої нормами приймання в каналізацію, необхідно встановити додатковий насос-дозатор (вихід для нього є в стандартному блоці автоматики Biotal). За допомогою цього насоса в контактний резервуар установки дозується коагулянт, який вступає в реакцію з фосфором, що міститься у воді, і зв'язує його, при цьому утворюється нерозчинне з'єднання, яке випадає в осад. Це дозволяє максимально усунути з очищеної стічної води не лише органічні забруднення й азотисті з'єднання, але й фосфор.

Утилізація очищених стічних вод

Недостатньо просто очистити воду. Очищена вода повинна ще й покинути установку, не заподіявши при цьому шкоди навколишньому середовищу. Таким чином, кожен власник очисної споруди повинен передбачити спосіб утилізації очищеної стічної води. Якщо якість води дозволяє, то можна організувати повторне використання очищеної стічної води в технічних цілях, що допоможе значно зменшити затрати води питної якості для таких цілей. Але часто необхідно передбачити скид води, наприклад, у водний об'єкт. Погодження такого скиду більшою мірою залежить від того, яку саме воду планується туди скидати. В цьому випадку, без перебільшення, вирішальним фактором буде те, яка ефективність очистки по кожному з показників, що нормуються.

Якою має бути якість води після очистки стічних вод установкою Biotal показано в табл. 11.5.

Таблиця 11.5

Якість води після очистки стічних вод установкою Biotal

	БСК5 мгО ₂ /л	ХСК мгО ₂ /л	NH ₄ , мг/л	Завислі речовини, мг/л	Колі- індекс
Господарсько- побутові стічні води	390	480	20	220	>100000
Вимоги до очистки на комунальних очисних	15	80	–	15	–
Якість води після установки Biotal	<12	<50	<1	<12	<1000
Установка Biotal з доочисткою	<6	<30	<1	<6	<1000

Для заповнення табл. 11.5 використовувались наступні нормативні документи: «Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами», затверджені постановою КМУ № 465 від 25 березня 1999 р.; СанПіН 4630-88 Санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення; Водний кодекс України.

З табл. 11.5 видно, що власнику дешевого септика буде доволі проблематично погодити скид у водойму з санітарними органами, адже вимоги до якості води дуже високі.

Тому необхідне облаштування високотехнологічних очисних споруд, наприклад, які працюють по технології Biotal.

Очисні споруди Biotal вже давно зарекомендували себе як ідеальне рішення питання очистки стічних вод, в чому можна перекопатись, ознайомившись з протоколами аналізів очищених стічних вод з діючих очисних споруд.

11.2. Установка Biolos (стандарт)

11.2.1. Загальна характеристика установки Biolos

Дані установки застосовуються для очищення стічних вод дач, котеджів, ресторанів, мініготелів і баз відпочинку, а також адміністративно-виробничих будівель.

Очисна станція Biolos (рис. 11.6) представляє собою поліпропіленовий циліндричний резервуар, розділений на 5 функціональних відсіків з устаткуванням. Станція монтується в залізобетонний колодязь відповідного діаметру (Ø1500 або 2000 мм).



Рис. 11.6. Очисна станція Biolos

Завдяки відсутності складних вузлів досягається максимальна надійність роботи станції при мінімальному обслуговуванні. Не потрібно додавання бактерій, а очищена вода (прозора і без запаху) може відводитися в підземний дренаж, стічну канаву або водойму.

11.2.2. Конструкція установки Biolos та принципи очищення побутових стоків

Станція Biolos має у своєму складі такі конструктивні елементи та вузли:

- відсік-усереднювач прийому стоків;
- вузол аеробного біоочищення;
- відсік для поділу води та біологічних домішок;
- відстійник;
- контейнер для очищеної води.

Забруднені води від конкретного об'єкта надходять трубами до приймального відсіку-усереднювача стоків. Цей вузол комплексу виконує важливу роль – «усереднює» каналізаційні стоки за концентрацією біозабруднень та їх загальною кількістю.

У вузол аеробного біоочищення стоки потрапляють через спеціальні фільтри, які утримують великі частинки сміття та жир. Тут відбувається процес взаємодії з киснем (окислення) більшої частини органіки, після чого рідина піддається нітрифікації. Щоб створити в цьому відсіку необхідні умови для якісної аерації, локальні очисні каналізаційні споруди комплектуються біологічними фільтрами, до яких «прикріплюється» аеробна мікрофлора. Таким чином виконується очищення основної маси водних забруднень. Необхідне для роботи аераторної системи повітря подається від компресора, який зазвичай монтується поряд зі станцією в герметичному блоці або розміщується у вузлі керування.

Після аератора стоки потрапляють у відстійник через спеціальні перегородки. При цьому мул та інші забруднення накопичуються в накопичувальному відсіку. Відстійник має конусну конструкцію, з нижньої частини якої постійно виконується «повернення» деякої кількості активного мулу у вузол аеробного очищення. Це необхідно для підтримки

концентрації аеробної мікрофлори на станції.

Із відстійника частина мулу переміщається також до першого відсіку усереднювача. Як тільки у відстійнику накопичується достатня маса мулу (кількість визначається індивідуально в процесі роботи), він витягується за допомогою занурювального насоса або спеціальною технікою асенізаторів для подальшої утилізації.

Після очищення води від зваженого мулу, вона переміщається у вузол чистої рідини. Звідси, виходячи з робочих умов, вода може витікати самопливом або перекачуватись насосами. Вона надходить через ґрунт у колодязь фільтрації, траншею і далі у будь-який водний об'єкт.

Конструкційно станції біоочищення Biolos мають вертикальне виконання для встановлення у колодязі. Кожен комплекс має свої особливості, розміри та продуктивність. Елементи конструкції розміщуються всередині колодязя у герметичному поліпропіленовому корпусі.

Установка та монтаж виконуються під землею, при цьому глибина розміщення станції Biolos багато в чому визначається глибиною, на якій розташовані трубопроводи, що підводять від об'єкта (рис. 11.7).

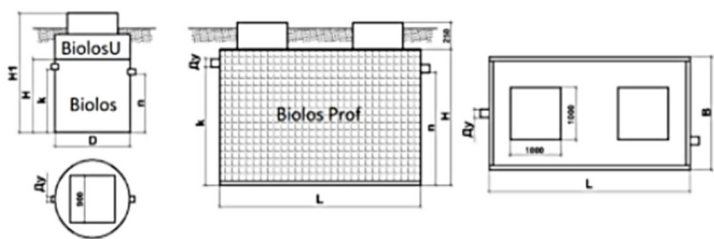


Рис. 11.7. Приклад розміщення станції Biolos

Глибини вхідної та вихідної труби для стандартних станцій залежать від глибини з/б колодязя (кількості з/б кілець). Габаритні розміри Biolos представлені в табл. 11.6.

Таблиця 11.6

Таблиця габаритних розмірів Biolos

Модель станції	Biolos-1	Biolos-1,5	Biolos-2	Biolos-3	Biolos-4	Biolos-5	Biolos-6
Продуктивність, м ³ /добу	1	1,5	2	3	4	5	6
Користувачі (середнє)	5	8	10	15	20	25	30
Робочий об'єм, л	2000	2600	3300	4500	5850	7000	8000
Об'єм посередника, л	350	500	635	950	1200	1500	1700
Електроенергія, Вт/год	60	80	126	138	155	210	245
Діаметр D, мм	1400	1600	1800	1800	1800	1900	1900
Висота H, мм	1500	1500	1500	2000	2500	2700	3000
Маса, кг	80	95	130	160	220	270	310
ДУ підключень, мм	110	110	110	110	160	160	160
Висота відведення труби n, мм	1300	1300	1300	1800	2300	2500	2800

Параметри очищення станцією Biolos представлені в табл. 11.7.

Таблиця 11.7

Таблиця параметрів очищення

Показник	БСК _{повн} мг/л	ГСК мг/л	NH ₄ мг/л	Завислі речовини
Вхід на очищення (господарсько-побутові стічні води)	375	480	20	325
Вихід із станції Biolos ECO	<12	<30	<1	<11
Вихід після блоку доочищення Biolos ECO	<3	<14	<0,5	<5
Нормативи до води рибно-господарських водойм	3	0	0,5	25%
Нормативи до води питних водойм	3	15	2	25%
Нормативи до води культурно-побутових водойм	6	30	2	25%
Нормативи до води на полив	30	80	5	50–60

11.2.3. Переваги та особливості станції біологічного очищення *Biolos*

1. Великий приймальний відсік (від 300 л для очисної на 1 м³/добу), що дозволяє прийняти залповий скид (наприклад ванни та пральної машини), а також слугує для затримки жиру та піску. Можлива додаткова комплектація корзиною затримки сміття.

2. Система аерації на основі EPDM-мембран Gummi Yaeger (Німеччина) та компресора Secoh (Японія), що є основою надійної та стабільної роботи очисної станції.

3. Аерований пластиковий біофільтр GEA (Польща), що дозволяє стабільно очищати стоки з високим вмістом миючих засобів (ПАР) та покращує параметри очищення.

4. Окремий великий відсік для накопичення надлишкового активного мулу – запобігає замуленню станції, вносу мулу в дренажну систему (як у більшості очисних станцій конкурентів), дозволяє обслуговувати станцію *Biolos* лише раз на рік.

5. Пристрій для видалення плаваючої біоплівки у вторинному відстійнику та волосяний фільтр покращують роботу станції та вторинного відстійника.

6. Можливість встановлення додаткового вбудованого блоку біофільтра доочищення разом з у/ф лампою знезараження дає можливість скидати очищену воду у водойми або використовувати на полив.

На рис. 11.8 представлена станція у залізобетонних кільцях та дренажна система.



*Рис. 11.8. Станція *Biolos* у залізобетонних кільцях та дренажна система*

11.3. Установка MakBoxBio

Очисні станції MakBoxBio – це поліпропіленові циліндричні резервуари, розділені на 5 функціональних відсіків (рис. 11.9).



Рис. 11.9. Очисна станція MakBoxBio (вид збоку)

Блок управління та компресор для подачі повітря встановлюється в герметичний поліпропіленовий бокс всередині з/б колодязя або за його межами. При необхідності може розміщуватися в нежитловому приміщенні, при цьому відстань від установки MakBoxBio до компресора повинна становити ≤ 20 м. Завдяки відсутності складних вузлів досягається максимальна надійність роботи станції при мінімальному обслуговуванні. Не потрібне додавання бактерій, а очищена вода (прозора та без запаху) може відводитися в підземний дренаж, стічну канаву або водойму.

11.3.1. Загальна характеристика установки MakBoxBio

Для зменшення капітальних витрат на будівництво

очисних споруд альтернативою є використання станції MakBoxBio без надставки. Станція монтується в залізобетонний колодязь діаметром від 1500 до 4000 мм в залежності від типу установки. Дана станція використовується тільки за умови низького рівня ґрунтових вод (рис. 11.10).



Рис. 11.10. Очисна станція MakBoxBio (вид зверху)

Очисна станція MakBoxBio використовується для монтажу в зелених зонах без додаткового бетонування.

До складу станції входить надставка висотою 500 мм з оглядовим квадратним люком висотою 300 мм і розміром 900×900 мм. Корпус станції має більшу товщину та посилюється додатковими ребрами жорсткості. Компресор знаходиться в окремому сухому відсіку під загальною кришкою.

Таку станцію можна монтувати в ґрунт без використання залізобетонних кілець та додаткового бетонування в зелених і пішохідних зонах. При монтажу в умовах високого рівня ґрунтових вод або значному заглибленні використовується стандартне з/б кільце пригрузу. Для збільшення висоти (заглиблення труби)

станції використовуються стандартні квадратні надставки (900×900×250 мм). Очисна станція встановлюється на відстані не менше 5 м від житлової будівлі.

Додаткове обладнання: корзина затримання сміття у приймальний відсік; блок доочищення з біофільтром та у/ф лампою знезараження; сигналізація аварійного рівня (світло-звукова або з GSM-модулем); блок з мішками для накопичення та зневоднення надлишкового мулу; повітряний вихідний фільтр.

Основними перевагами у порівнянні з іншими очисними станціями є:

- великий приймальний відсік (від 300 л для станції на 1 м³/добу), що дозволяє прийняти залповий скид, наприклад, ванни та пральної машини, а також слугує для затримки жиру та піску; можлива додаткова комплектація корзиною затримки сміття;

- система аерації на основі EPDM-мембран Gummi Yaeger (Німеччина) та компресора Secoh (Японія), що є основою надійної та стабільної роботи установки;

- аерований пластиковий біофільтр GEA (Польща), що дозволяє якісно очищати стоки з високим вмістом миючих засобів (ПАР) та покращує параметри очищення;

- окремий великий відсік для накопичення надлишкового активного мулу – запобігає замуленню станції, виносу мулу в дренажну систему та дозволяє обслуговувати станцію MakBoxBio лише 2 рази на рік за нормальних умов;

- пристрій видалення плаваючої біоплівки у вторинному відстійнику та волосяний фільтр покращують роботу станції;

- встановлення біофільтра доочищення та ультрафіолетової лампи знезараження дозволяє скидати очищену воду у відкриті водойми та використовувати її на полив.

11.3.2. Конструкція установки MakBoxВіо

На рис. 11.11–11.14 показано різні способи встановлення станції MakBoxВіо.



Рис. 11.11. Станція MakBoxВіо (посилена) з дренажним колодязем та трубою



Рис. 11.12. Станція MakBoxВіо у залізобетонних кільцях та дренажна система

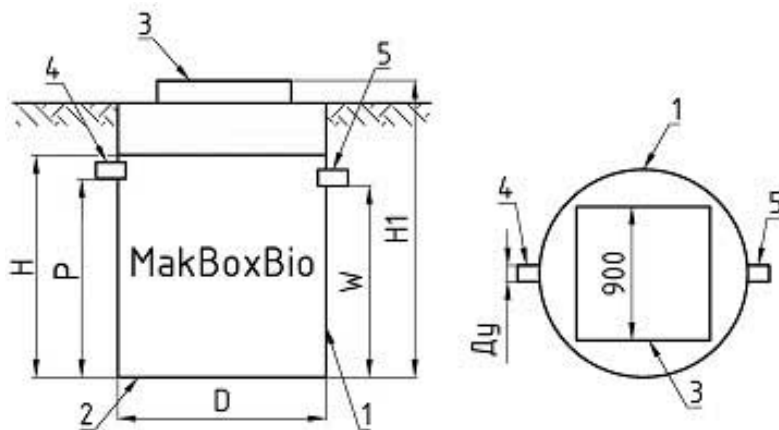


Рис. 11.13. Станція MakBoxВіо (посилена) при високому рівні ґрунтових вод



Рис. 11.14. Відведення очищеної води в водойму (з фільтром доочищення і у/ф лампою)

Будову та габаритні розміри установки MakBoxBio представлено на рис. 11.15 і в табл. 11.8.



*Рис. 11.15. Габаритні розміри (від 1 до 15 м³ на добу):
 1 – корпус; 2 – днище; 3 – кришка; 4 – вхідний патрубок;
 5 – вихідний патрубок; D – діаметр корпусу установки;
 H – робоча висота установки; P – висота підводу труби;
 W – висота відводу вихідного патрубку; H1 – загальна висота
 установки; Ду – діаметр підключень*

Таблиця 11.8

Таблиця габаритних розмірів МакВохВіо залежно від моделі станції

Модель станції	МакВохВіо-1	МакВохВіо-1,5	МакВохВіо-2	МакВохВіо-3	МакВохВіо-4	МакВохВіо-5	МакВохВіо-6	МакВохВіо-8	МакВохВіо-10	МакВохВіо-15
Продуктивність, м ³ /доба	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	15,0
Користувачі, к-сть чол.	5	8	10	15	20	25	30	40	50	75
Робочий об'єм, м ³	2	2,6	3,3	4,5	5,3	6,6	8,7	11,0	15,0	20,0
Електроенергія, Вт/год	50	80	130	170	240	240	270	480	540	1500
Діаметр, D мм	1400	1600	1800	1800	1800	2000	2300	2600	2600	3000
Висота робоча, H мм	1500	1500	1500	2000	2200	2200	2200	2300	3000	3000
В-га підводу труби, P мм	1350	1350	1350	1850	2050	2050	2050	2150	2850	2850
В-га відводу труби, W мм	1300	1300	1300	1800	2100	2100	2100	2100	2800	2800
Висота загальна, H1 мм	2200	2200	2200	2700	3000	3000	3000	3000	3700	3700
Маса МакВох, кг	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Діаметр підключень, Ду мм	110	110	110	110	110	110	110	110	160	160

11.4. Установа «Джерело»

11.4.1. Загальна характеристика установки «Джерело»

Господарсько-побутові і промислові стічні води в установці «Джерело» очищуються до необхідних параметрів в залежності від типу, складу та концентрації

стоків.

Господарсько-побутові стічні води в установці «Джерело» очищуються до наступних параметрів:

- БПК₅ < 10–15 мг/л;
- ХПК < 40–50 мг/л;
- завислі речовини < 10 мг/л;
- NH₄ < 0,3–0,4 мг/л.

Згідно цих параметрів у відповідності до законодавства України дозволяється скид очищених стічних вод до водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового призначення. При необхідності досягнення більш високих показників очищення установка «Джерело» може комплектуватися блоком доочищення.

Технологія, що використовується в установці «Джерело», дозволяє за рахунок гідробіонтів забезпечити майже 100% біологічну дезінфекцію мулу та стоків. При підвищених вимогах до очищених стічних вод очисні споруди комплектуються системами знезараження очищених стоків.

Вартість будівельно-монтажних робіт по влаштуванню очисних споруд «Джерело», в залежності від місцевих умов, додатково складає 20–30% від вартості установки.

Вартість шеф-монтажу установки «Джерело» складає 10% від вартості установки.

Вартість пусконаладжувальних робіт складає 5% від вартості установки.

Особливістю установки «Джерело» є можливість влаштувати очисні споруди в залізобетонних колодязях. При цьому купляти потрібно лише технологічну начинку без пластикових ємностей.

Вартість технологічної начинки без пластикових ємностей складає 60% від вартості установки.

11.4.2. Конструкція установки «Джерело»

Типовий ряд установок «Джерело» складається з первинного відстійника, каналізаційної насосної станції рівномірної подачі стоків, біотенка, вторинного відстійника, аеробного стабілізатора надлишкового мулу (рис. 11.16). Технологія очищення передбачає використання вільноплаваючих і прикріплених на синтетичній насадці гідробіонтів, чергування окислювальних і відновлювальних процесів, дрібнодисперсну аерацію, аеробно-анаеробну стабілізацію надлишкового мулу, автоматичне керування процесом очищення. Все це забезпечує стабільне і високоякісне очищення стічних вод.

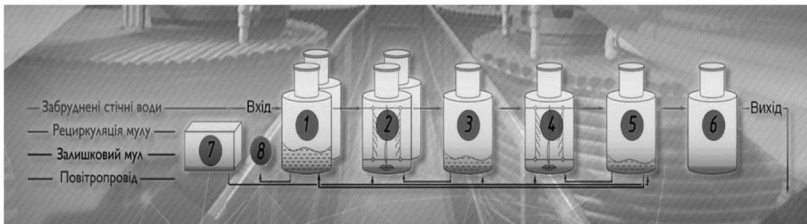


Рис. 11.16. Схема та принцип роботи ОС «Джерело»:
1 – первинний відстійник; 2 – біотенк 1-го ступеня;
3 – відстійник 2-го ступеня; 4 – біотенк 2-го ступеня;
5 – відстійник 2-го ступеня; 6 – блок знезараження;
7 – компресори, щит управління; 8 – утилізація осаду
(1–2 рази на рік)

Обслуговування установки «Джерело» зводиться до нагляду за обладнанням, яке працює в автоматичному режимі.

Завдяки використанню прикріплених гідробіонтів кількість надлишкового мулу зменшується в 5–10 разів у порівнянні з традиційними спорудами. Він накопичується в

первинному відстійнику або в резервуарі осаду й і раз на рік викачується асенізаційною машиною та використовуються як високоякісне добриво.

Основні переваги установки «Джерело»:

- низька вартість в порівнянні з аналогами;
- високий рівень очищення;
- висока стійкість до коливань навантажень;
- низькі експлуатаційні витрати;
- повна відсутність елементів, що піддаються корозії;
- мінімальні витрати на будівництво;
- відсутність запахів;
- простота обслуговування і надійність в роботі.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Для чого призначена установка Biotal?
2. Назвіть переваги використання установки Biotal для очищення стоків.
3. Куди можуть скидатися очищені стічні води установкою Biotal?
4. Охарактеризуйте принципову технологічну та планову схеми установки Biotal.
5. Надайте загальну характеристику установці Biolos.
6. Назвіть конструктивні елементи та вузли установки Biolos.
7. Надайте загальну характеристику установки MakBoxBio.
8. Назвіть конструктивні елементи установки «Джерело».

РОЗДІЛ 12. БІОМЕЛІОРАТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ БІЛОГО АМУРА ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ВІД ЗАРОСТЕЙ МАКРОФІТІВ

12.1. Водяна рослинність, її вплив на стан водних екосистем

12.2. Роль білого амура в очищенні водних об'єктів

Вища водяна рослинність є одним із основних компонентів біоценозу, відіграє важливу роль у загальному біологічному режимі водойми. Водяні рослини – це, перш за все, незамінний харчовий запас водойми, середовище життя найважливішої в кормовому відношенні літофільної фауни, субстрат для ікрокидання багатьох промислових риб, схованка та місце нагулу молоді риб. Макрофіти мають також позитивне значення в збагачуванні води киснем, захист берегів від ерозії та інше. Все це разом взяте говорить про необхідність збереження певної кількості цих рослин у водоймі. Загальновідомо, що розвиток м'якої підводної рослинності на 10–15% від загальної площі води вважається нормальним у рибогосподарських водоймах. Але понаднормовий розвиток макрофітів може нанести великий збиток ставовому господарству та рибицтву. В рибогосподарських водоймах інтенсивний розвиток рослинності викликає накопичення органічних решток і заболочування, погіршення гідрохімічного режиму, пригнічує розвиток планктонних і бентосних організмів, зменшує площу нагулу риби, що призводить в кінцевому результаті до зниження рибопродуктивності водойми.

Використано матеріали: Реабілітація порушених річкових та озерних систем (гідроекологія, іхтіоекологія, економіка, управління): лабораторний практикум / Й.В. Гриб, М.О. Клименко, В.В. Сондак, А.В. Гуцол, Д.Й. Войтишина, С.О. Мушит, О.М. Клименко, С.М. Шепелюк. Вінниця : ФОП Рогальська І.О., 2015. 424 с.

12.1. Водяна рослинність, її вплив на стан водних екосистем

Інтенсивне заростання водойм різного господарського призначення (охолоджувачі ТЕЦ, іригаційні водосховища, осушувальні та зрошувальні канали) різко знижують їх експлуатаційні характеристики. Розвиток вищої водяної рослинності в ставах-охолоджувачах теплових електростанцій порушує циркуляцію води, зменшуючи тим самим охолоджуючу властивість водойм, що призводить до аварійної ситуації електростанцій.

Негативний вплив заростання макрофітом і на функціонування іригаційних систем. Широко відомий факт масового розвитку водяної рослинності в такій масштабній водогосподарській споруді, як Каракумський канал в Туркменії у перші роки його експлуатації, (1957–1960 рр.), що призвело до порушення його функціонування.

Наслідком інтенсивного заростання каналу було зменшення швидкості течії води в ньому до 0,1–0,2 м/с (проектна 0,56 м/с) і зменшення в три рази пропускної здатності.

Високою інтенсивністю заростання характеризуються зрошувальні канали півдня України. Для найбільш типових за морфометрією та складом рослинності каналів характерним є заростання очеретом, що досягає висоти 2,0–4,5 м, біомасою до 4,0–5,5 кг/м² при густині заростання біля 40–60 стебел/м².

Характерною особливістю у групування цього типу є утворення за рахунок макрофітів свесерідних біофільтрів із рдестів, рясок, нитчастих водоростей, що через щільність заростання створюють значну перешкоду у водокористуванні. Швидкість течії таких каналів не перевищує 0,02 м/с, що є причиною їх інтенсивного замулювання та передчасного виходу із сільськогосподарського обороту. Для прикладу, значна

частина озер і каналів Шацького національного природного парку заростає рогозом і очеретом (до 80% водного дзеркала).

Із вищезгаданого видно, що боротьба із заростанням водойм різного господарського призначення залишається до сьогодні однією з актуальних проблем. Практика водного господарства та рибництва використовує різні методи боротьби з водною рослинністю: механічний, хімічний і біологічний.

В більшості країн світу дотепер широко практикуються механічні методи звільнення водойм від рослинності. Для викошування та вилучення макрофітів у різних країнах використовуються різноманітні механічні засоби від серпа до очеретокосилок найновіших конструкцій, але в нашому випадку застосування цих методів пов'язано з великими матеріальними затратами і в зв'язку з швидкою вегетацією водяних рослин є звичайно не досить ефективним. В силу трудоемності механічних методів боротьби із заростанням водойм в останні десятиліття велику увагу приділяють розробці хімічних методів подолання водяної рослинності. Зрозуміло, що в умовах заповідних територій цей метод є недопустимим (крім рибоводних господарств).

Проведено значну кількість досліджень використання різних гербіцидів (далапон, препарат 2,4-Д, арсенит натрію, сімазін та інші), відпрацьована технологія обробки водойм, визначена ефективність продукції та терміни внесення багатьох хімікатів.

Але необхідно відмітити, що позитивний в цілому спосіб масового застосування хімічних засобів для ліквідації заростей водойм рослинності в зарубіжних країнах (США, Індія, Ізраїль) показали в цей же час і побічну їх негативну дію на зоопланктон, донну фауну, риб, сільськогосподарські культури.

12.2. Роль білого амура в очищенні водних об'єктів

Найбільш перспективним шляхом у вирішенні проблеми боротьби із заростанням є застосування біологічних методів, а саме: інтродукція у водойми нових господарсько цінних рослиноїдних консументів, головним чином риб і амфібіонтів. У багатьох країнах досліджувались ефективність меліоративного використання різних фітофагів. Обнадійливі результати отриманні в дослідях з меліорації водойм за допомогою ламантинів в США, нутрії в Камеруні та Ізраїлі. В Україні проведенні результативні дослідження за використання як меліораторів рослиноїдних ссавців – ондатри та нутрії. Одним словом, напрямок досліджень із пошуком нових біомеліораторів водойм дуже різноманітний, але не один із перерахованих об'єктів у силу своїх біологічних особливостей не може забезпечити радикальне вирішення проблеми із заростанням водойм.

Особлива роль відводиться одній із рослиноїдних риб далекосхідного комплексу – білому амуру, високоефективному фітофагу, споживаючому фактично всі види водної флори. Новий об'єкт вирощування за своєю видовою специфікою відповідає всім вимогам, що висуваються до риб-меліораторів: широкий спектр живлення, збиткове споживання рослин, трофічна пластичність, стійкість до дефіциту кисню та постійним обловам, зимостійкість, швидкий ріст, високі товарні та смакові якості. Вселення в інтенсивно заростаючі водойми білого амура – безпосереднього споживача вищих рослин – створює задатки для значного збільшення рибопродукції з одиниці площі за рахунок прямої утилізації водної рослинності. Таким чином, перспективність меліоративного та рибогосподарського використання робить білого амура досить цінним об'єктом акліматизації.

Вивчення основних рис біології білого амура й особливостей його харчування необхідно для визначення

біологічно обумовлених нормативів посадки риб і розробки конкретних біотехнічних прийомів вирощування його з меліоративними цілями. Основним абіотичним фактором, який визначає границі можливого ареалу інтродукції білого амура у водойми країни, є температурний режим. Він починає харчуватися весною і перестає восени при температурі води $+10-12^{\circ}\text{C}$. Температурний оптимум живлення дещо вищий, ніж у коропа та знаходиться у межах $+20-30^{\circ}\text{C}$. За зимостійкістю нічим не поступається коропу та спокійно переносить витримування в умовах помірного клімату України (центральні райони, захід). Він порівняно невибагливий до дефіциту кисню (концентрацію розчиненого у воді кисню до $0,5\text{ мг/дм}^3$ можна рахувати гранично допустимою межею виживання).

В межах свого природного ареалу, а також при багатій рослинній підгодівлі в умовах ставового вирощування білий амур – виключно рослиноїдна риба. Відповідно найбільш поширеною в науковій літературі є думка, що перехід молоді від харчування зоопланктоном до споживання властивої йому їжі припадає на вік 30 діб при довжині малька до 3 см. Але аналіз багатьох спеціальних досліджень і спостережень показав, що час переходу на специфічне харчування визначається не тільки віком риби, але, і значною мірою, забезпеченням її на даному етапі тваринною їжею. Тому при інтенсивному розвитку у водоймі зоопланктону та бентосу, термін переходу білого амура до фітофагії може бути більш пізнім. Після переходу на споживання рослиноїдних кормів білий амур – макрофітофаг із широким харчовим спектром, що виключає практично всі види вітчизняної флори та більшість наземних рослин. Широкий спектр харчування цієї риби визначає її високу трофічну пластичність, тобто властивість порівняно легко переходити в несприятливих кормових умовах на нові корми. Це важлива із меліоративної точки

зору якість дозволяє використовувати його для очищення водойм з різним видовим складом зарослів, а також організовувати годівлю риби місцевими суходільними травами при вирощуванні його в рибних господарствах країни.

Як було відмічено вище, існує одностороння думка про високу меліоративну здібність амура при вирощуванні його в ставах та інших водоймах, але характерно, що при збитковості переважаючих кормів білий амур залишається вузьким фітофагом (нерідко монофагом) знаходячи при цьому чітко виражену вибірковість відношення до їжі.

В дослідженнях Вовка П.С. показано, що він споживає самі різноманітні рослини, що ростуть у наших внутрішніх водоймах. Нижче наведений їх перелік (без визначеної системи, за чергою відносною кращої живаності):

- рдесник гребінчастий (*Potamogeton pectinatus*),
- рдесник житновидний (*Potamogeton Filiformis* p.),
- рдесник маленький (*Potamogeton pusillus* L.),
- рдесник кучерявий (*Potamogeton crispus* L.),
- ряска мала (*Lemna minor* L.),
- ряска триборозенчаста (*Lemna trisulca* L.),
- багатокорінчак звичайний (*Spirodella polyrrhiza* L.),
- кушир занурений (*Ceratophyllum demersum* L.),
- елодея канадська (*Elodea Canadensis* Rich.),
- жабурник звичайний (*Hydrocharis morsus-ranae* L.),
- лепешняк напливаючий (*Glyceria fluitana* L.),
- гречка земноводна (*Polygonum amphybiun*),
- мятлик болотяний (*Palustris*),
- валіснерія (*Vallisneria spiralis*),
- осока волосиста (*Carex pilosa* Scop.),
- осока чорна (*Carex nigra* L.),
- осока берегова (*Carex riparia* Curt.),
- рогіз вузьколистий (*Tipha Angustifolia* L.),

- рогіз широколистий (*Tipha Latifolia* L.),
- стрілиця звичайна (*Sagitaria sagittiofolia* L.),
- частуха подорожникова (*Alisma plantago-aquatica* L.),
- хвощ (*Eguisetum fluviatile* L.),
- ситник пониклий (*Juncus inflexus* L.),
- череда трьох роздільна (*Bidens triportitus* L.),
- сусак зонтичний (*Butomus umbellatus* L.),
- пухирник звичайний (*Utricularia vulgaris* L.),
- комиш лісовий (*Scirpus silvaticus* L.),
- очерет звичайний (*Phragmites australis* Nrin.),
- їжакова голівка гілястовуса (*Sparganium ramosum* Huds.).

Активно білий амур споживає харові та деякі нитчасті водорості, природний мох, водяні злакові, молоді паростки очерету та ін.

При вирощуванні у ставах амур відмінно вживас суміші польових трав (злаки, конюшину, люцерну та інші при недостатчі природного корму).

За даними досліджень Верігіна Б.В., Виноградова В.К., ступінь поїдання їжі (у % від заданої маси) складає в досліді 90–100% для плаваючих і занурених рослин (рдест, ряска, хара) і тільки 29–67% для надводних макрофітів (манник водяний, очерет, лепеха та ін.). Група слабоспоживних амуром видів ВВР порівняно малочисельна, до неї відносяться рослини із твердим стеблом, а також отруйні рослини або з неприємним різким запахом (лютик отруйний, гірчак перцевий, м'ята польова та інші).

Розширення спектру живлення має місце в амура старшого віку, в раціон якого входить багато надводних макрофітів (очерет, комиш та ін.), що вказує на перспективу примінення цих вікових груп для очищення водойм,

зарослих мікрофітами з міцним кореневищем, боротьба з якими за допомогою інших засобів малоефективна.

Однак слід мати на увазі, що при проведенні меліоративних робіт з білим амуrom для раціонального використання кормових ресурсів водойм, а також при правильній організації годівлі риби необхідно знати не тільки якісні сторони харчування цього фітофагу, скільки визначення ряду кількісних параметрів потреби рибного корму в різних умовах вирощування і, в першу чергу добовий раціон кормових рослин, затрачених на одиницю приросту маси риби.

Порівняння матеріалів досліджень різних авторів показують, що інтенсивність живлення білого амура, виражена в добових раціонах кормових рослин (у % від маси риби), варіює в залежності від віку риби, умов утримання та годівлі (температурного режиму водойм, набору кормових трав, наявності у раціоні комбікормів) у дуже широких межах.

Про велику прожерливість риби можна судити за високими величинами кормових затрат – до 30–70 кг трави на 1 кг приросту риби, одержаних рядом досліджень при вирощуванні амура у зарослих водоймах. У водоймах із надлишковим рослинним кормом має місце збиткова потреба його рибою, тобто проходження значної частини їжі через кишківник у неперевереному стані (до 50,0–60,0%).

Слід також приймати до розрахунку велику кількість відходів, пов'язаних із харчовими звичками амура. Завдяки цим особливостям харчування амури здатні переробляти велику масу рослинної сировини, активно діючи на фітоценози водойм, що і є гарантією їх ефективного меліоративного використання.

В той же час накопичений виробничий досвід спільного вирощування рослиноїдних риб і коропа в

ставових господарствах і багаточисельні досліді з годівлі амура в рибних ставах показують, що затрати зелених кормів не перевищують в цих умовах 12–24 кг на 1 кг приросту білого амура. Зменшення кормових затрат можна розцінювати в цьому випадку як показник недостатньої забезпеченості риби внесеною в стави рослинністю, а також поїдання амуром штучних кормів, призначених для коропа. Дякуючи широким можливостям пристосування до нових умов проживання, білий амур при вселенні у водойми із обмеженим рослинним ресурсом стає всеїдною рибою, переходячи на невластиву йому їжу, та вступає при цьому в конкурентні кормові відносини з місцевими видами риб.

Практика перших років вирощування білого амура й аналіз характеру його харчових взаємовідносин із основним об'ємом ставового рибництва – коропових – показали великі перспективи цього виду в ставовому господарстві. Стало відомо, що білий амур, інтенсивно споживаючи макрофіти, здатний за короткий термін підірвати свою кормову базу. Це стало причиною того, що в більшості ставових господарств, особливо в південних районах, не виправдане збільшення щільності посадки амура практично призвело до знищення заростей у ставах. Крім цього виявилось, що в умовах нерегулярної годівлі білий амур – виключно рослиноїдна риба в межах свого природного ареалу – в силу високої трофічної пластичності легко переходить на вимушену їжу, конкуруючи з місцевими видами риб, що веде до появи нових, трофічних взаємовідносин у водоймах (Кубрак І.Ф., 1973).

Отриманий виробничий досвід показав, що білий амур у товарному рибництві повинен використовуватися як допоміжний об'єкт біологічної меліорації ставів у випадку їх заросту. Хоча слід зауважити, що в китайській полікультурі білий амур займає традиційно важливе місце, складаючи не рідко до 50% всієї маси вирощеної риби а

його продукція користується великим попитом (Виноградов В.К., 1975).

Щодо впливу амура на екосистеми ставових господарств, то, не дивлячись на різницю результатів досліджень, видно, що він є одним із найбільш активних їх складових, що впливає на динаміку гідробіологічного та гідрохімічного режимів. Відомо, що при надлишковій годівлі амура у водоймах (так і при великій масі водяної рослинності) накопичується велика кількість відходів (в більшій кількості перетравлених подрібнених залишків рослин) і харчових залишків, які, в свою чергу, є додатковим добривом і сприяють підтримці постійно високого рівня первинної продукції та розвитку комової бази риб-зоофітів. Відрізняючою особливістю заселених амуром водойм є також закономірне зменшення продукції фітофільної фауни та скорочення її участі в живленні місцевих риб (Золотова З.К., Вовк П.С., 1974).

Основний напрямок при вирощуванні білого амура рибними господарствами на першому етапі був направлений на використання його для ліквідації заростей у різних господарських водоймах: озерах, каналах зрошувальних систем, водоймах-охолоджувачах, рисових чеках та ін. Специфіка цих водойм така, що тут ставилося за мету швидке та більш повне знищення рослинності. І, оскільки вплив меліоратора на їх біологічний режим у даному випадку не мав безпосереднього значення, для оздоровлення водойм були використанні щільні посадки білого амура, що в повній мірі показало його видові особливості високоінтенсивного фітофага й дали найбільш переконливі наслідки його меліоративної ролі (щільність посадки 50–100 особин на гектар водного дзеркала).

Ефективність меліоративного використання білого амура вперше була показана в згаданому досліді з очищення від рослинності Каракумського каналу. За

даними Алієва Д.С. (1960–1961 рр.), після випуску 246 тис. мальків білого амура за кожний період вегетації із каналу утилізувалось біля 10–15 тис. т. фітомаси макрофітів, що призвело протягом декількох років до очищення від заростей 850 км русла та водної поверхні прилеглих водосховищ.

Позитивний дослід використання білого амура в меліоративних цілях був підтверджений пізніше на прикладі колекторно-дренажної мережі зрошувальних оазисів Туркменістану й іригаційних систем Узбекистану. Так, при зарибленні Каршинського магістрального каналу та одного із колекторів в Каршинському степу при посадці 140–160 шт. білого амура і 40 шт. білого товстолобика на 1 км довжини каналів призвело уже через рік до зниження їх заростання на 80%.

В Україні результативні роботи зі знищення або сповільнення розвитку вищої водної рослинності за допомогою білого амура були проведені українськими дослідниками на каналах Дніпро-Кривий Ріг, Сіверський Донець-Донбас і в деяких резервних водосховищах Донецької області. Запропоновані на основі багатолітніх спостережень орієнтовні норми посадки широко варіювали в залежності від інтенсивності та характеру заростання каналів, терміну випуску риб і їх індивідуальної ваги, тиску хижаків і багатьох інших факторів. Так, при зарибленні каналів, зарослих м'якою рослинністю і наявністю хижих риб, для забезпечення повного меліоративного ефекту протягом 2–3 років була рекомендована посадка білого амура в кількості 100–120 шт. на 1 га заростей.

На території України, на ріках Дніпро, Дністер, Сіверський Донець, Південний Буг є біля 1 млн га водосховищ і біля 10 тис. га водойм-охолоджувачів. Попередні дослідження Черкаського, Донецького, Харківського рибокомбінатів з організації пасовищних

господарств із полікультурного коропа, товстолобиків і білого амура на мілководдях водосховищ і лиманів показали можливість значного підвищення рибопродуктивності – до 1–3 т/га. Сумарний запас мікрофітів у водосховищах Дніпровського каскаду за даними Інституту гідробіології НАН України, оцінюється величиною біля 1185 тис. т. в Київському, приблизно по 205 тис. т в Дніпропетровському та Каховському і 61 тис. т. у Канівському водосховищах.

Санітарні функції білим амуром можуть бути успішно реалізовані у водоймах із прогресуючим розвитком повітряно-водної рослинності, що призводить до погіршення умов нересту (як у випадку з цінними напівпрохідними рибами Каспія у водоймах Дагестану або посилення ролі малопродуктивних видів риби (гірчака, верховодки в деяких із Дніпровських водосховищ).

Меліоративними здібностями білого амура широко займалися вчені різних країн. Так, за даними Кончица В.В., у Білорусії протяжність іригаційних і осушливих систем (довжина 1,5 см) складає в середньому більше 16 тис. км, в тому числі сприятливих для рибництва – 14,3 тис. км. В результаті отримання значної маси біогенних елементів із прилеглих сільськогосподарських полів канали сильно евтрофіковані, інтенсивно заростають надводною та підводною рослинністю. Для боротьби із їх заростанням кожного року використовуються значні трудові та матеріальні ресурси. В цей же час досліді показали, що у меліоративних каналах можна вирощувати товарну рибу по екстенсивній технології. Вирощування білого амура в іригаційних і осушувальних каналах дасть можливість їх очищати від заростання макрофітами без застосування хімічних і механічних засобів.

Цікавий експеримент був проведений спеціалістами Білоруського інституту рибного господарства й Ореським

МУОС Мінської області по вирощуванню білого амура у меліоративних каналах площею біля 6 га. 20 квітня було посаджено 2000 екземплярів дворічок білого амура середньою вагою 214 г зі щільністю посадки 330 екз/га. До кінця вересня вага дворічок білого амура збільшилася в 3,7–5,6 раз і досягла маси 800–1200 г.

10 км меліоративного каналу було повністю очищено білим амуром від підводної та надводної рослинності. В результаті вирощування білого амура, окрім товарної продукції, одержана значна економія за рахунок того, що відпала необхідність в механічному очищенні каналу від заростання водною рослинністю. Отриманий прибуток у чотири рази перевищив затрати на всі заходи, пов'язані із зарибленням. Таким чином була показана можливість вирощування товарної риби по екстенсивній технології в меліоративних каналах.

Англійські вчені використовували меліоративні здібності білого амура в ставах для вирощування водяних лілій, досліджували вплив білого амура на чисельність підводної рослинності. Досліди були проведені у відгороджених ділянках ставу, куди садили два екземпляри білого амура на 100 м² вагою більше 200 г. Було доведено, що білий амур ефективно виїдає м'яку підводну рослинність, що сприяє прискоренню росту водяних лілій. Встановлено, що при зниженні маси підводної рослинності слід зменшувати кратність посадки білого амура для виключення негативного впливу білого амура на лілії.

За відомостями минулих років, білий амур ввійшов до складу іхтіофауни середньоазіатських річок і штучних водосховищ цього регіону, став звичайним у виловах затоки Аралу, низов'ях р. Урал, Кубанських лиманів і в прибережній зоні Азовського моря, ввійшов із Кучурганського лиману в р. Дністер. Згідно спостережень за міченими рибами в Іванківському водосховищі білий

амур здатний подолати в тижневий термін відстань більше 60 км.

Питанню розселення білого амура по природніх водоймах була приділена увага в США. Показники швидкості міграції дорослих особин білого амура (в середньому 32,7 км до 71 км за 4-місячний термін досліду) були отримані американськими вченими за допомогою радіоміток в системі р. Теннессі. Враховуючи небезпеку саморозмноження білого амура, в США були розпочаті роботи по створенню генетично стерильних форм методом штучної поліплоїдії.

Перші партії триплоїдів білого амура були одержані в 1983 р. З метою їх прискореного впровадження в практику рибництва у деяких американських штатах були розроблені цільові програми з вивчення особливостей адаптації триплоїдів, їх темпів росту й оптимальної щільності посадки в різних за кліматичними умовами водоймах. Дослідження були проведені в 4 озерах штату Техас і озері Джексон, оз. Сендстоун, Ловер-клуб Ловер-олд. Площа заростань складала 10–40%. У водойми триплоїдів амура висадили при щільності 7,0 особин на 1 га, що дозволило повністю знищити зарослі наяди *Najasquadolunesis* і в значній мірі редукувати кількість роголисника *Eratophyllum demersum*.

Таким чином акліматизаційні роботи з білим амуром, які проводилися в нашій країні та в країнах Зарубіжжя виявили широкі адаптаційні можливості цього виду в регіональному аспекті та високу ефективність його біомеліоративного застосування у водоймах різного господарського призначення.

Введення білого амура в ставову культуру сприяло підвищенню рибопродуктивності та раціональному використанню кормових ресурсів ставів при їх інтенсивному заростанні.

Аналіз досліджень із впровадження білого амура як елемента вирощування риб у полікультурі та засобу боротьби з вищою водною рослинністю показав, що найбільш широке використання вивчалось протягом перших років і були направленні, головним чином, на вирішення однієї мети – звільнення від біоперешкод у технічних водоймах і водотоках різних напрямків господарського використання. Саме на цій основі були отримані перші репрезентативні матеріали норм зариблення в залежності від кліматичних районів. Одночасно були зібрані багаточисельні біологічні дані, які характеризують темпи росту та видову специфіку білого амура як високоінтенсивного фітофага.

На теперішньому етапі досліджень, із виходом білого амура на великі водосховища та природні водойми, особливе значення надається визначенню залежностей між популяцією риб і водною рослинністю в різних за біопродукційними можливостями екосистем.

В цей же час спеціальних і системних спостережень за зміною параметрів екосистем вселення під дією білого амура до теперішнього часу практично не проводились. І проблема наслідків впровадження білого амура в іхтіофауну водосховищ і природних водойм озера-річного типу, а також динаміки його чисельності та створення нагульних стад залишається найбільш не вирішеною.

Є дані щодо успішного використання меліоративних характеристик білого амура щодо заростів ВВР у Чернігівському облводгоспі, а також результати науководослідних робіт щодо поселення білого амура в ізольовані евтрофовані озера (що бажано для старіючих озер ШНПП) і магістральні канали меліоративних систем.

Кількість необхідного посадкового матеріалу білого амура можна розрахувати за формулою 12.1, використовуючи дані з табл. 12.1.

Таблиця 12.1

Вихідні дані для підрахунку кількості необхідного
посадкового матеріалу

Вихідні дані	Варіант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Площа ставу, га	10	20	30	50	100	10	200	100	50	25
Заростання, %	20	30	40	35	30	50	50	40	20	50
Біомаса ВВР, т/га	4	6	8	5	6	10	10	20	5	20
Корм. коеф. зарибку 1 +	54	55	55	45	50	55	50	45	50	50
Корм. коеф. зарибку 2+	65	60	60	55	60	65	60	55	60	60

Формула для підрахунку:

$$X = \frac{S + F \times 100}{(M_1 + M_2) \times p}, \quad (12.1)$$

де X – кількість необхідного посадкового матеріалу, екз.; S – площа ставу, га; F – рибопродуктивність, кг/га; M_2 – маса кінцевого продукту, кг; M_1 – маса посадкового матеріалу, кг; p – відсоток виходу кінцевої продукції, %.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Яку роль відіграє водяна рослинність у водоймі?
2. У чому полягає позитивна роль водяної рослинності?
3. Перерахуйте приклади негативної ролі рослинності у водних об'єктах.
4. Які засоби боротьби з водяною рослинністю Ви знаєте?
5. Чи доцільно застосовувати гербіциди для знищення водяної рослинності у водних об'єктах?
6. Які біологічні методи застосовують для регулювання заростання водних об'єктів водяною рослинністю?
7. Для чого потрібно здійснювати пошук нових біомеліораторів?
8. Як розраховують щільність посадки 2- та річного зарибку білого амура?

ПРИКЛАДИ ТЕСТІВ

1. Поняття «технологія» – це:

- 1) наука переробки сировини;
- 2) наука про способи та процеси виробництва сировини, матеріалів, виробів у виробничій та послуг у невиробничій сферах;
- 3) поняття про дії переробки сільськогосподарської продукції;
- 4) поняття про процеси, що протікають виробничій та невиробничій сферах;
- 5) наука про дії виробництва предметів споживання промисловістю.

2. Типовий класичний біофільтр:

- 1) залізобетонна ємність, заповнена насінним завантаженням;
- 2) будь-якої форми ємність, заповнена завантаженням, через яку пропускаються стічні води;
- 3) кругла чи прямокутна в плані ємність з несправжнім дном, в яку вміщено завантаження, а стічна вода після просочення через завантаження рециркулюється через нього для повторного її очищення;
- 4) ємність, заповнена завантаженням для очистки стічних вод;
- 5) пристрій для очистки стічних вод.

3. Мочари як споруда:

- 1) гідротехнічна споруда для очистки стічних вод;
- 2) інженерна земляна споруда з гравійним завантаженням, розміщеним невеликою товщиною (до 1 м) на надійній гідроізоляції з синтетичної плівки;
- 3) споруда, заповнена завантаженням, через яку

пропускаються стічні води;

- 4) різновид біофільтра;
- 5) інженерна земляна споруда з гравійним завантаженням (до 1 м), на якому ростуть вищі водяні рослини на надійній гідроізоляції з синтетичної плівки з можливістю подачі до неї забруднених стічних вод та водовідведення очищених.

4. Які носії використовуються для іммобілізації мікроорганізмів?

- 1) прості та дешеві носії;
- 2) не розчинені у воді;
- 3) інертні, не розчинені у воді носії (насадки), якими заповнюють об'єм очисної споруди, утворюючи велику поверхню для прикріплення та утримання біомаси мікроорганізмів;
- 4) не розчинені у воді носії, синтетичні за походженням;
- 5) будь які волокнисті носії.

5. Які носії мають перевагу у біотехнологіях?

- 1) носій для іммобілізації повинен мати малу питому поверхню;
- 2) носій для іммобілізації повинен мінімально утримувати активний мул;
- 3) носій для іммобілізації повинен збільшувати концентрацію та віку мулу, збільшувати концентрації активної біомаси, мати велику поверхню адсорбції, високу стійкість до мікробної деструкції;
- 4) носій для іммобілізації повинен мати малу вартість;
- 5) носій для іммобілізації повинен бути інертним по відношенню до забруднювачів.

ГЛОСАРІЙ

АБСОРБЦІЯ (absorptio) – вибіркове поглинання речовини з газового або рідкого середовища усім об'ємом твердого тіла або рідини.

АДСОРБЦІЯ (adsorption) – процес поглинання речовин із газоподібного середовища або розчину поверхневим шаром рідини або твердого тіла (адсорбента); здатність речовин притягувати і закріплювати на поверхні своїх частинок молекули газів парів та розчинних речовин.

БЕЗПОВОРОТНЕ ВОДОСПОЖИВАННЯ (irretrievable consumption of water) – втрати води при її використанні в промисловості, комунальному та сільському господарстві.

БІОГЕННІ РЕЧОВИНИ (biogenic matters) – речовини, які беруть найактивнішу участь у життєдіяльності водних організмів (іони азоту, фосфору, кремнію, заліза, кисень та вуглець).

БІОХІМІЧНЕ СПОЖИВАННЯ КИСНЮ (БСК) (biochemical necessity in oxygenium) – споживання у воді кисню органічними речовинами.

ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД (requirements to the intemalss of surface-water) – це вимоги до тих властивостей води, які визначають придатність її для потреб того чи іншого виду водокористування.

ВОДА (water) – хімічна сполука водню (11,11%) з киснем (88,89%).

ВОДНІ РЕСУРСИ (waters resources) – це всі води гідросфери, тобто води річок, озер, каналів, водойм, морів й океанів, підземні води, ґрунтова волога, вода (льоди) гірських і полярних льодовиків, водяні пари атмосфери.

ВОДНИЙ БАЛАНС (water balance) – це взаємозв'язок, що характеризує природні процеси водного господарства у всьому басейні річки щодо його компонентів (опади, випаровування, наземні і підземні стоки).

ВОДНИЙ КАДАСТР (water cadastre) – систематизоване зведення відомостей про водні ресурси країни.

ВОДОКОРИСТУВАННЯ (use by water) – використання водних ресурсів без вилучання їх з водних об'єктів.

ГІДРОСФЕРА (hydrosphere) – водна оболонка Землі, до складу якої входять океани, моря та континентальні водні маси, сніговий покрив і льодовики.

ГРАНИЧНО ДОПУСТИМІ ВИКИДИ У ВОДНІ ОБ'ЄКТИ (maximum-possible extrass in waters objects) – максимальна кількість речовин у стічних водах, яка допускається для скидання в даному пункті водного об'єкта за одиницю часу не порушуючи норму якості води у заданому створі.

ГРАНИЧНО ДОПУСТИМІ КОНЦЕНТРАЦІЇ (ГДК) РЕЧОВИН У ВОДНИХ ОБ'ЄКТАХ (maximum-possible concentrations of matters in waters objects) – концентрація речовин у воді, вище якої вода стає непридатною для одного або декількох видів водокористування.

ЕВТРОФІКАЦІЯ ВОД (eutrophication) – підвищення біологічної продуктивності водних об'єктів внаслідок накопичення у воді біогенних речовин під дією антропогенних або природних факторів.

ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД (contamination of surface water) – зміна складу або властивостей води під впливом виробничої діяльності та побутових умов населення.

ЗАМКНЕНИЙ ЦИКЛ ВОДОКОРИСТУВАННЯ (reserved cycle by the use by water) – багаторазове використання води в одному і тому ж виробничому процесі без скидання стічних вод у водні об'єкти.

ЗВОРОТНЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ (reverse water supply) – система подачі води на виробничі потреби, при якій відпрацьована вода після очищення, охолодження і обробки знову подається у виробництво.

ЗНЕЗАРАЖЕННЯ СТІЧНИХ ВОД (ДЕЗІНФЕКЦІЯ) (disinfection) – знищення патогенних мікробів, які містяться у стічних водах, і усунення небезпеки зараження водних об'єктів.

ПРИГАЦІЯ (ЗРОШЕННЯ) (irrigation) – підведення води

на поля, що відчувають нестачу вологи, і збільшення її запасів у шарі ґрунту, де перебувають коріння рослин, з метою збільшення родючості ґрунту.

КОЛООБІГ ВОДИ В ПРИРОДІ (rotation of water in nature) – взаємопов'язані, які ніколи не припиняються в природі, процеси випаровування, конденсації, утворення хмар, випадання з них опадів і стоків.

ЛІД (ice) – вода в твердому стані густиною $0,8 \text{ г/см}^3$, джерело поповнення ресурсів прісної води.

ОБМЕЖЕНІСТЬ ВОДНИХ РЕСУРСІВ (narrow-mindedness of waters resources) – дефіцит води внаслідок бурхливого розвитку промисловості та нерівномірного розподілення водних ресурсів за територією.

ОПРІСНЕННЯ СОЛОНИХ ВОД (desaltation of salt waters) – комплекс технічних заходів для пониження мінералізації солоних вод до рівня, який дозволяє використання їх для питних, технічних і сільськогосподарських потреб.

ОХОРОНА ВОДНИХ РЕСУРСІВ (guard of waters resources) – система юридичних, організаційних, економічних, технічних і меліоративних заходів, спрямованих на попередження і усунення наслідків забруднення і виснаження вод.

ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД (flows waters treatment) – очищення промислових і міських стічних вод від забруднювальних речовин.

ПОВЕРХНЕВІ ВОДИ (superficial water) – це води, які постійно або тимчасово перебувають на земній поверхні у формі різних водних об'єктів.

ПІДЗЕМНЕ ЗАКАЧУВАННЯ СТИЧНИХ ВОД (underground begin-ning to swing of flows waters) – видалення вод з поверхні в глибокі водоносні горизонти, порожнини і смності.

РАЦІОНАЛЬНЕ ВОДОКОРИСТУВАННЯ (rational use of water) – широкий діапазон заходів, спрямованих як на зменшення забору свіжої води промисловими, комунальними,

сільськогосподарськими та іншими об'єктами, так і на технологічно оправдане зменшення загальних витрат води в процесі виробництва.

САМООЧИЩЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОД (self-wiping of natural waters) – сукупність всіх природних процесів у забруднених водах, спрямованих на відновлення первинних властивостей і складу води.

СТАВКИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД (ponds for flows waters treatment) – біологічні ставки, що займають проміжне положення.

між природними водними об'єктами і штучними спорудами для очищення стічних вод.

СТІЧНІ ВОДИ (flows water) – побутові, промислові, забрудненні відходами промисловості води, які відводяться з території населених пунктів і промислових об'єктів через каналізацію.

ТЕРМІЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ (thermal contamination of water) – надмірне підвищення температури води водних об'єктів.

УТИЛІЗАЦІЯ СТІЧНИХ ВОД (utilization of flows waters) – використання в народному господарстві речовин, які забруднюють стічні води і є небезпечними в санітарному відношенні, проте є цінними продуктами.

ШАХТНІ ВОДИ (mines water) – це води, які утворилися внаслідок припливу підземних вод при добуванні корисних копалин.

СЛОВНИК

А

Аерація – природне або штучне надходження повітря в яке-небудь середовище (воду, ґрунт і т. п.).

Анаероби – організми, здатні існувати в безкисневому середовищі. До них належать деякі види бактерій, дріжджів найпростіших, червів. Якщо присутність кисню є токсичною для клітин, такі мікроорганізми називають облигатними анаеробами.

Б

Бентос – сукупність організмів, які населяють дно водоймищ. Розрізняють фітобентос і зообентос.

Біологічне очищення стічних вод – один із найбільш поширених методів очистки побутових і промислових стоків за допомогою мікроорганізмів, які нейтралізують забруднювачі органічного походження.

Біотоп – ділянка суходолу чи водойми з однотипними умовами рельєфу, клімату та інших абіотичних факторів, яку займає певний біоценоз.

Біоценоз (від грец. *bios* – життя, *koynos* – загальний) – сукупність усіх живих організмів екосистеми (продуцентів, консументів, редуцентів), які взаємодіють між собою за допомогою трофічних або просторових зв'язків і населяють один і той самий біотоп.

В

Водна екосистема – екосистема, в структурі та функціонуванні якої серед абіотичних факторів головна роль належить воді. Всі організми використовують воду як середовище існування.

З

Зообентос – сукупність тварин, що мешкають на дні морських і прісних водойм, куди не проникає сонячне

світло (наприклад, лежачі на дні двостулкові та членистоногі молюски).

Зоопланктон – сукупність тварин, що населяють товщу води морських і прісних водойм і не здатні протистояти перенесенню течіями. Зоопланктон – складова планктону.

М

Мезосапробні організми – організми, які мешкають у помірно забруднених органічними речовинами водойм. Сприяють їх біологічному очищенню. Це є біоіндикаторами якості води. До мезосапробних організмів належать численні бактерії, гриби, водорості, молюски, ракоподібні, деякі комахи, окремі види прісноводних риб.

Мікроорганізми – найдрібніші організми, які можна розрізнити тільки під мікроскопом. До мікроорганізмів належать представники різних тварин органічного світу – бактерії, гриби, дріжджі, мікроскопічні водорості та найпростіші.

Мул – донні відклади різного складу, щільності, та походження; при нагромадженні великого шару річкового чи озерного мулу проходить заболочення місцевості, що в майбутньому може призвести до утворення боліт – надмірно зволжених ділянок.

Н

Нітрати – це солі й ефіри азотної кислоти HNO_3 . Нітрати органічного походження (солі) – кристалічні речовини, неорганічного – рідини. Нітрати – сильні окисники, добре розчиняються у воді. Застосовуються у вигляді у вигляді добрив і у виробництві вибухових речовин. Надмірне застосування мінеральних добрив для вирощування сільськогосподарської продукції призводить до підвищеного вмісту нітратів у харчових продуктах. Це, в свою чергу, призводить до захворювань людини і тварин.

Механізм дії нітратів полягає в окисленні гемоглобіну в крові, що викликає пригнічення дихальної діяльності та головний біль.

Нітрити – це солі й ефіри азотистої кислоти HNO_2 . Мають окисні та відновні властивості. В разі потрапляння в організм у підвищених концентраціях мають більшу отруйну дію, ніж нітрати. Крім того, вони можуть мати канцерогенну дію.

Нітрифікація – процес біологічного перетворення азотоутримуючих сполук, що містяться у ґрунті, за допомогою бактерій-нітрифікаторів у форми (нітрити і нітрати), які засвоюються вищими рослинами. Нітрифікація проходить у два етапи: на першому амоній окислюється до нітриту, на другому – до нітрату. Нітрифікація – основний шляху творення нітратів природним шляхом, відіграє основну роль у кругообігу азоту в біосфері. Свідчить про завершення процесу мінералізації в екосистемі.

П

Поля фільтрації – спеціально влаштовані території для біологічного очищення стічних вод від забруднення.

Полютант (*забруднюю, забруднювач*) – будь-який забруднювач як природний, так і хімічний. Зазвичай мається на увазі антропогенний комунальний, промисловий або сільськогосподарський забруднювач.

С

Самоочищення середовища – природне руйнування забрудника в середовищі (воді, ґрунті, атмосфері тощо) внаслідок природних фізичних, хімічних і біологічних процесів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Белан А. Е. Технологія водопостачання. К. : Наукова думка, 1985. 263 с.
2. Беліченко Ю. П., Дращнер Б. М., Чередніченко В. М. Захист водних ресурсів. К. : «Будівельник», 1990. 94 с.
3. Филипчук В. Л., Клименко М. О., Ткачук К. К., Проценко С. Б., Радовенчик В. М., Залеський І. І. Промислова екологія : навч. посіб. ; за ред. В. Л. Филипчука. Рівне : НУВГП, 2013. 495 с.
4. Білецький А. А. Організація і технологія будівельних робіт: навч. посіб. для студ. напряму «Водні ресурси» вищ. навч. закл. Рівне : НУВГП, 2007. 202 с.
5. Загальна гідрологія : підручник для студ. геогр., геол. і гідромереор. ф-тів вищ. закл. освіти / С. С. Левківський та ін. ; ред. С. М. Лисогор. К. : Фітосоціоцентр, 2000. 264 с.
6. Реабілітація порушених річкових та озерних систем (гідроекологія, іхтіоекологія, економіка, управління) : лабораторний практикум / Й. В. Гриб, М. О. Клименко, В. В. Сондак, А. В. Гуцол, Д. Й. Войтишина, С. О. Мушит, О. М. Клименко, С. М. Шепелюк. Вінниця : ФОП Рогальська І.О., 2015. 424 с.
7. Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисципліни «Особливості водопостачання і водовідведення промислових підприємств» для студентів 5–6 курсів денної та заочної форм навчання спеціальності 7.092601 «Водопостачання та водовідведення». Харків : ХНАМГ, 2007. 70 с.
8. Гребенюк В. Д. Електродіаліз. К. : «Техніка», 1976. 160 с.
9. Журба М. Г. Очистка води на зернистих фільтрах. Львів : «Вища школа», 1980. 195 с.
10. Кирилюк М. І. Водний баланс і якісний стан водних ресурсів Українських Карпат : навч. посіб. / Чернівецький національний ун-т ім. Юрія Федьковича.

- Чернівці : Рута, 2008. 246 с.
11. Костюк В. И., Карнаух Г. С. Очистка сточных вод машиностроительных предприятий. К. : «Техника», 1990. 120 с.
 12. Мацнев А. І. Водовідведення на промислових підприємствах. Львів : «Вища школа», 1986. 198 с.
 13. Василенко О. А., Литвиненко Л. Л., Квартенко О. М. Рациональне використання та охорона водних ресурсів : навч. посіб. для студ. напряму «Водні ресурси» ВНЗ. Рівне : НУВГТІ, 2007. 245 с.
 14. Мацнев А. І. Примінення флотації для очистки стічних вод. К. : «Будівельник», 1975. 58 с.
 15. Левківський С. С., Падун М. М. Рациональне використання і охорона водних ресурсів : підруч. для студ. вищ. навч закл. К. : Либідь, 2006. 280 с.
 16. Гвоздяк П. За принципом біоконвеєра. *Вісник НАН України*. 2003. № 3. С. 29–36.
 17. Крот Ю. Г. Использование высших водных растений в биотехнологиях очистки поверхностных и сточных вод. *Гидробиол. журн.* 2006. № 1. Т. 42. С. 47–57.
 18. Гриб И. В. Формирование биообрастаний на искусственных субстратах систем третичной доочистки сточных вод. *Гидробиол. журн.* 2005. № 3. Т. 41. С. 15–28.
 19. Рильський О. Ф., Домбровський К. О. Роль зануреної рослинності *Zannichellia palustris* L. та організмів перифітону в біологічному очищенні малих річок. *Навколишнє природне середовище – 2007: актуальні проблеми екології та гідрометеорології; інтеграція освіти і науки* : мат. другої міжнародної науково-технічної конференції присвяченій 75 річчю Одеського державного екологічного університету (м. Одеса, 26–28 вересня 2007 р.). Одеса, 2007. С. 260.
 20. Рильський О. Ф., Домбровський К. О., Гвоздяк П. І., Капітан О. О. Біосорбція комплексу важких металів

- біоплівкою. *Zannichellia palustris* : доповіді НАН України. 2009. № 3. С. 188–191.
21. Гвоздяк П. Актуальні питання біологічного очищення води. *Ойкумена*. 1992. № 5–6. С. 58–70.
 22. Гвоздяк П. І. 50 запитань і 49 відповідей з нової біотехнології очистки води. Київ : Знання, 1990. 28 с.
 23. Заварзин Г. А. Индивидуализм и системный анализ – два подхода к эволюции. *Природа*. 1999. № 1. С. 23–34.
 24. Іншина Н. М. Біотехнологія : навч. посіб. Суми : Видавництво СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2009. 172 с.
 25. Домбровський К. О., Кирилах О. І., Гурський А. О. Зооперифітон штучного субстрату типу «ВІЯ» річки Мокра Московка в межах міста Запоріжжя. *Фундаментальні та прикладні дослідження в біології* : матеріали І міжнарод. наук. конф. студентів, аспірантів та молодих учених (23–26 лютого 2009 р., м. Донецьк). 2009. Т. 1. С. 311–312.
 26. Запольський А. К., Мішкова-Клименко Н. А., Астрелін І. М., Брик М. Т., Гвоздяк П. І., Князькова Т. В. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод : підручник. Київ : Лібра, 2000. 552 с.
 27. Гвоздяк П. И., Глоба Л. И. Очистка сточных вод в аэротенках. *Химия и технология воды*. 1998. № 1. Т. 20. С. 61–69.
 28. Грегірчак Н. М., Антонюк М. М. Імобілізовані ферменти і клітини в біотехнології : конспект лекцій для студ. спец. 8.05140101 «Промислова біотехнологія» ден. та заоч. форм навч. Київ : НУХТ, 2011. 59 с.
 29. Саблій Л. А., Жукова В. С. Очищення стічних вод від сполук азоту. *Науковий вісник будівництва*. Х. : ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2011. Вип. 63. С. 431–435.
 30. ДБН В.2.5–75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Київ :

- Мінрегіон України, 2013. 214 с.
31. Гвоздяк П. И., Могилевич Н. Ф., Любченко О. А. Очистка сточных вод от неорганических соединений азота иммобилизованными микроорганизмами. *Мікробіологічний журнал*. 1994. № 4. Т. 56. С. 54–55.
 32. Гвоздяк П. І. Спущання активного мулу: хто винен і що робити? *Вода і водоочисні технології*. 2006. № 3. С. 38–44.
 33. Глоба Л. И., Гвоздяк П. И., Загорная Н. Б., Никовская Г. Н., Федорик С. М., Яблонская Л. И. Очистка природной воды гидробионтами, закрепленными на волокнистых насадках. *Химия и технология воды*. 1992. № 1. Т. 14. С. 63–67.
 34. Гвоздяк П. І. Біохімія води. Біотехнологія води (автомонографія). Київ : Видавничий дім «Києво-Могилянська академія», 2019. 228 с.
 35. Рожков І. М. Нітрати як медико-біологічна проблема сучасного суспільства. *Фальцфейнівські читання : матеріали IV Міжнародної конференції*. Херсон : Терра, 2005. С. 96–99.
 36. Охорона навколишнього середовища від забруднення нафтопродуктами : навч. посіб. / О. В. Шестопапов та ін. ; ред. О. В. Шестопапов. Національний технічний ун-т «Харківський політехнічний ін-т». Харків : НТУ «ХПІ», 2015. 116 с.
 37. Dombrovskiy K. O., Gvozdyak P. I. Biological afterpurification of industrial Sewage from hexamethylene diamine using Periphyton communities on the «VIYa» fibrous carrier and on the root system of *Eichhornia crassipes*. *Hydrobiol. Journal*. 2018. Vol. 54. № 4. P. 63–71.
 38. Спосіб аеробного біологічного очищення стічних вод : пат. 97747 Україна: (51) МПК С02F 3/02 (2006.01). № а201014394; заявл. 01.12.2010; опубл. 12.03.2012, Бюл. № 5. 4 с.

39. Подгорский В. С., Ногина Т. М., Думанская Т. У., Остапчук О. Н. Изменение состава парафинафтеневой фракции углеводородов при биологической очистке воды от нефти. *Химия и технология воды*. 2015. № 6. Т. 37. С. 555–563.
40. Домбровський К. О., Югіна А. М. Гідробіоценоз штучного волокнистого носія в технології очищення промислових стоків. *Актуальні питання біології екології та хімії*. 2018. № 1. Т. 15. С. 52–66.
41. Пристрій для біологічного очищення води малих річок : заявка на винахід МПК (2006) E02B 15/00 C02F 3/00 C02F 3/02 (2006.01) C02F 3/10 (2006.01). № a202106193. заявл. 03.11.2021; опубл. 16.02.2022, Бюл. № 7.
42. Зайцев Ю. П. Створення «дерева нових знань» у галузі біології та екології моря. *Вісник НАН України*. 2017. № 4. С. 61–72.
43. Зайцев Ю. П. Сообщество микроорганизмов поровых вод песчаных пляжей Черного моря. *Факты и гипотезы. Микробиология і біотехнологія*. 2008. № 2. С. 8–19.
44. Носій для іммобілізації мікроорганізмів і трофічного утримування рухливих форм гідробіонтів : заявка на винахід МПК C02F 3/06 (2023.01). № a202004479. заявл. 17.07.2020; опубл. 19.01.2022, Бюл. № 3.

Навчальне видання

*Клименко Микола Олександрович
Рильський Олександр Федорович
Варжель Ольга Валентинівна
Домбровський Костянтин Олександрович
Петруша Юлія Юрївна*

ЕКОТЕХНОЛОГІЇ ОЧИСТКИ СТИЧНИХ ВОД

Навчальний посібник

Технічний редактор

Галина Сімчук

Підписано до друку 21.06.2024 р. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Ум.-друк. арк. 13,3. Обл.-вид. арк. 13,9.
Тираж 100 прим. Зам. № 5645.

*Видавець і виготовлювач
Національний університет
водного господарства та природокористування
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028.*

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції РВ № 31 від 26.04.2005 р.*