

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та  
природокористування

Кафедра екології, технології захисту навколишнього середовища та  
лісового господарства

**05-02-510М**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни  
**«СУЧАСНІ АСПЕКТИ НАУКОВОЇ СПЕЦІАЛЬНОСТІ  
101 ЕКОЛОГІЯ»**

для здобувачів вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня,  
ступеня «Доктор філософії» за освітньо-науковою програмою  
«Екологія» спеціальності 101 «Екологія»  
галузі знань 10 «Природничі науки»  
денної і заочної форм навчання

Рекомендовано  
Науково-методичною радою  
з якості ННІАЗ  
Протокол № 12 від 04.02.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Сучасні аспекти наукової спеціальності 101 Екологія» для здобувачів вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня, ступеня «Доктор філософії» за освітньо-науковою програмою «Екологія» спеціальності 101 «Екологія» галузі знань 10 «Природничі науки» денної і заочної форм навчання [Електронне видання] / Ліхо О. А. – Рівне : НУВГП, 2025. – 23 с.

Укладач: Ліхо О. А., к.с.-г.н., професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

Відповідальний за випуск: Клименко М. О., д.с.-г.н., професор, завідувач кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

Керівник групи забезпечення спеціальності 101 «Екологія», д.б.н., професор

Бєдункова О. О.

© О. А. Ліхо, 2025  
© Національний університет водного господарства та природокористування, 2025

## ЗМІСТ

ВСТУП	4
ПРОЕКТУВАННЯ БІОЛОГІЧНО-ІНЖЕНЕРНОЇ СПОРУДИ	5
1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	6
2. ОСНОВНІ КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ БІС	12
3. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ БІС	14
4. ПРОЕКТУВАННЯ БІС	17
5. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ БІС	19
ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ	21
ЛІТЕРАТУРА	22
ДОДАТОК	23

## ВСТУП

Фіторе mediaція представляє собою комплекс керованих методів природного механізму очищення забруднених вод, ґрунтів, атмосферного повітря з використанням зелених рослин від органічних та неорганічних речовин.

Технології фіторе mediaції ґрунтуються на природних процесах, до яких залучені рослини та ризосферні мікроорганізми, які використовують різні забруднювачі для своєї життєдіяльності. При цьому використовуються фізіологічні механізми вищих водних рослин та мікроорганізмів ризосферної зони, таких як: транспірація, фотосинтез, метаболізм тощо. Біоценоз, що формується у ґрунтах, поверхневих і дренажних стічних водах, може вилучати з них та накопичувати неорганічні та органічні сполуки, стабілізувати та метаболізувати речовини.

Основним компонентом технологій фіторе mediaції є біоценози вищих водних рослин (ВВР). Ці рослини впливають на процес перерозподілу речовин, що надходять у водний об'єкт з прибережної території на розкладення решток органічних речовин. Вони поглинають із води розчинені біогенні елементи, у першу чергу азотовмісні сполуки, сприяють розвитку процесу мінералізації води, тим самим зменшуючи кормову базу ціанобактерій.

За призначенням, умовами розташування, конструктивними та технологічними особливостями споруди фіторе mediaції поділяють на: ботанічні (гідроботанічні) площадки, фільтраційні (інфільтраційні) басейни, біологічні ставки з посадками вищих водних рослин (ВВР), канали з ВВР, фітофільтраційні пристрої, штучні заболочені ділянки (штучне болото), біоплато. Загальним для цих споруд є наявність біогеоценозу вищих водних рослин, який безпосередньо або опосередковано впливає на формування біологічної складової процесів трансформації якості води (її очищення) і на інженерні характеристики споруд (окремі конструктивні елементи споруд, їх експлуатаційні параметри тощо).

Біологічно-інженерні споруди (БІС) відносяться до класу водоохоронних споруд, в яких використовуються технології фіторе mediaції. Відмінною особливістю функціонування БІС є агрегація процесів очищення, що характерні для взаємодії інфільтраційних вод з ґрунтами та процесів, що відбуваються у

біоценозі рослин. Перевагою БІС є висока технічна ефективність, низька енергоємність, малі експлуатаційні та капітальні витрати.

Технології фітореміністрації набувають все більшого застосування завдяки низькій вартості, можливості використання безпосередньо в районі забруднення та зменшення контакту забруднення з людиною та оточуючим середовищем.

## Практична робота

### ПРОЕКТУВАННЯ БІОЛОГІЧНО-ІНЖЕНЕРНОЇ СПОРУДИ

**Мета роботи:** запроектувати БІС на меліоративному каналі з метою покращення екологічного стану малої річки, яка є водоприймачем дренажно-скидних вод з меліоративної системи.

**Завдання:**

1. Встановити площу регулюючого басейну БІС.
3. Визначити необхідний час проходження дренажних вод через регулюючий басейн БІС для забезпечення їх очищення від забруднення.
3. Підібрати склад водного біоценозу.

Проектування БІС здійснюється за індивідуальними вихідними даними, наведеними у Додатку 1. Номер варіанту відповідає порядковому номеру, під яким здобувач представлений у списку групи в електронному журналі викладача.

*Для здійснення розрахунку необхідно мати наступні вихідні дані:*

1. Дебіт дренажно-скидних вод ( $Q$ ), м<sup>3</sup>/добу;
2. Характер і концентрація забруднення ( $C_1, C_2$ );
3. Ступень очистки забруднення ( $\Delta C_1, \Delta C_2$ );
4. Характеристика фільтруючої товщі:
  - шар фільтруючої дренажної засипки  $m$ , м;
  - питома витрата  $q$ , м<sup>3</sup>/добу на 1н.м.;
5. Глибина води у басейні  $H$ , м;
6. Перевищення рівня води у регульованому колодязі  $h$ , м.

## 1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Під час роботи меліоративних систем, як осушувальних, так і зрошувальних гостро стоїть питання попередження забруднення водних об'єктів дренажно-скидними водами з їх територій. Дренажно-скидні води меліоративних систем, як правило, забруднені мінеральними та органічними речовинами. При інтенсивному застосуванні добрив та пестицидів їх забрудненість ще більше зростає. При скиданні дренажно-скидних вод у водні об'єкти спостерігається їх забруднення, погіршується якість води, що в свою чергу, впливає на стан водних екосистем, а в кінцевому підсумку – на здоров'я людей. Очистка чи повторне використання дренажно-скидних вод має певну специфіку і може обумовити виникнення ряду екологічних та економічних проблем. Одним із методів очистки дренажно-скидних вод з меліорованих земель є застосування спеціальних гідротехнічних споруд з використанням штучно створеного біоценозу з водних вищих рослин (ВВР), які називають біологічно-інженерними спорудами (БІС).

При проходженні дренажно-скидних вод у горизонтальній площі через зарості вищих водних рослин, а у вертикальній – через фільтруючу товщу піщаної засипки, яка насичена мікрофлорою і альгофлорою, відбувається очищення їх від забруднюючих речовин. Ступінь очистки скидних вод залежить від конструкційних особливостей БІС, складу ВВР та часу їх проходження через БІС. Площа БІС може становити від кількох десятків і сотень квадратних метрів до кількох гектарів.

БІС можуть застосовуватись для очистки дренажно-скидних вод у поєднанні з акумуляцією дренажних вод при наявності БІС у басейнах, ставках, озерах у холодний період року та подання води на очищення у БІС в теплий період року, після чого вона поступає або безпосередньо у водний об'єкт, або на повторне використання.

Підбір ВВР здійснюється з врахуванням кліматичних умов району проектування та еколого-біологічних особливостей водних рослин. Найчастіше у ролі біологічних фільтрів використовується: очерет звичайний (*Phragmites australis*), рогіз широколистий (*Typha latifolia* L.), та вузьколистий (*Typha angustifolia* L.), айр болотний (*Acorus calamus* L.), їжача голівка пряма (*Sparganium erectum*) та інші вологолюбиві рослини.

До найбільш поширених і використовуваних у БІС вищих водних рослин належить очерет звичайний (*Phragmites australis*). Це багаторічна злакова вологолюбна, солевитривала, блакитно-зелена рослина до 4 м заввишки з довгим повзучим надземним і підземним кореневищем, стебло пряmostояче, міцне, товсте (до 12 мм у діаметрі), голе, гладеньке, до верхівки обслинене. Листки (1 – 5 см завширшки) лінійно-ланцетні, плоскі, жорсткі, по краях жорстко шорсткі. Язичок у вигляді потовщеного валика з довгими волосками. Суцвіття – велика (до 40 см завдовжки) розлога волоть, з гостро шорсткими гілочками. Колоски (9 – 12 мм завдовжки) лінійно ланцетні, темно-буроваті, з фіолетовим відтінком 3 – 7 - квіткові, нижня квітка – тичинкова, решта двостатеві. Колоскові луски плівчасті, неоднакові загострені, коротші від квіткових. Нижня квіткова луска на верхівці витягнута в шиловидне вістря, яке в 2-3 рази довше за її довжину. Вісь колоска майже по всій довжині вкрита колосками. Цвіте в липні – вересні.

Харчова, технічна та кормова рослина. Надземна частина очерету містить цукор, каротин, целюлозу, та значну кількість аскорбінової кислоти, а кореневище – білок і крохмаль. Молоді пагони можна споживати в свіжому або вареному вигляді. З них готують вітамінні напої, а з кореневищ – сурогат кави.

Очерет цінується як будівельний матеріал. З нього можна виготовляти дошки, очеретино-бетонні та гіпсоволокнисті плити. Очеретом покривають дахи, з нього роблять стіни, тини, перегородки. Цінна сировина для целюлозно-паперової промисловості. Молоді рослини скошують на силос та сіно.

Очерет звичайний збагачує киснем не тільки воду, але й ґрунт і тим самим сприяє посиленню процесів окислення. Кисень циркулює в рослині по його пустих стеблах і проходить в корінні по повітряно-провідних паростках. Густе мичкувате коріння рослин, як своєрідний механічний фільтр затримує завислі у воді частинки і очищує від них воду.

Своїм глибоким корінням очерет поглинає з води і концентрує в листях та стеблах хімічні елементи – азот, фосфор, калій та інші. Один гектар заростей очерету може поглинути і акумулювати у своїй біомасі до 5 – 6 тон різних солей, зокрема: калію – 859 кг/га, натрію - 451, кальцію – 95, магнію – 94, сірки – 277, мінерального азоту – 167, кремнію – 3672 кг/га. Крім того, дуже цінним є те, що очерет може здійснювати детоксикацію різних шкідливих сполук, а високі

концентрації аміаку, фенолу, свинцю азотнокислого, азотнокислої сірчаноокислої міді, кобальту хлористого, хрому азотнокислого не впливають на його життєдіяльність.

За період вегетації один гектар, зайнятий очеретом звичайним, може акумулювати в наземній частині рослини до 1,2 т, а кореневищах – до 4,5 т мінеральних солей (табл. 1).

Таблиця 1

Кумуляція мінеральних речовин очеретом звичайним  
(*Phragmites australis*)

Речовини	Кількість акумульованих речовин, г/м <sup>2</sup>		
	наземною частиною рослини	кореневищами	всього
Кремній	82,7	284,5	397,2
Калій	11,4	74,5	85,9
Натрій	2,1	43,0	45,1
Сірка	9,7	18,0	27,7
Азот	4,7	12,0	16,7
Фосфор	3,2	9,0	12,2
Кальцій	4,0	5,5	9,5
Магній	2,4	7,0	9,4

На підставі аналізу роботи діючих БІС, даних лабораторних досліджень і дослідно-промислових випробувань, а також літературних джерел, ступінь очищення може досягати:



- від іонів амонію – 81–82%;
- від нітрит-іонів – 92 – 99%;
- від нітрат-іонів – 86 – 96%;
- від сульфат-іонів – до 36 – 40%;
- від іонів кальцію, натрію, магнію – до 10 – 20%;
- від органічних домішок (за ХПК) – 60 – 80%.





Дані, що характеризують ступінь поглинання забруднюючих речовин окремими видами ВВР наведені в табл. 2.





Таблиця 2

## Кумуляція хімічних елементів гідрофітами

Види ВВР	Частина рослини	Вміст, г/кг сухої маси							Вміст сухої маси мг/кг	
		азот	фосфор	кальцій	магній	калій	залізо	марганець	цинк	мідь
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<p>Очерет звичайний</p>  <p><i>(Phragmites australis)</i></p>	листя	32,8	1,40	4,84	2,28	11,4	0,09	0,57	18,5	3,5
	стебла	3,3	0,89	0,12	0,14	17,6	0,06	0,08	11,5	2,3
<p>Рогіз вузьколистий</p>  <p><i>(Typha angustifolia L.)</i></p>	надводна	14,2	1,50	6,74	1,91	10,7	0,14	0,55	16,7	10,2
	підводна	5,2	0,81	8,96	1,47	10,6	0,07	0,2	12,8	3,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<p data-bbox="261 157 536 180">Рдесник пронизанолистий</p> <div data-bbox="199 210 319 441">  </div> <div data-bbox="411 216 673 435">  </div> <p data-bbox="255 476 544 498"><i>(Potamogeton perfoliatus)</i></p>	<p data-bbox="715 322 804 367">вся рослина</p>	35,1	2,57	28,1	3,85	27,8	1,53	1,13	39,5	24,7
<p data-bbox="300 535 501 557">Лепешняк великий</p> <div data-bbox="172 561 346 792">  </div> <div data-bbox="411 557 636 779">  </div> <p data-bbox="293 826 507 848"><i>(Glyceria maxima)</i></p>	<p data-bbox="708 611 804 633">надводна</p>	18,8	17,5	1,29	1,04	19,6	0,36	0,06	54,1	3,6
<p data-bbox="708 785 804 807">підводна</p>	6,0	1,88	0,15	0,28	14,0	0,31	0,45	10,8	9,2	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<p data-bbox="347 193 451 216">Кладофора</p> <div data-bbox="172 219 347 426">  </div> <div data-bbox="411 219 679 426">  </div> <p data-bbox="308 460 488 488"><i>(Cladophorales)</i></p>	<p data-bbox="719 344 799 389">вся рослина</p>	<p data-bbox="842 356 884 372">26,5</p>	<p data-bbox="916 356 957 372">3,00</p>	<p data-bbox="986 356 1027 372">23,1</p>	<p data-bbox="1058 356 1099 372">2,70</p>	<p data-bbox="1129 356 1171 372">25,3</p>	<p data-bbox="1201 356 1243 372">3,39</p>	<p data-bbox="1273 356 1315 372">2,5</p>	<p data-bbox="1345 356 1386 372">77,0</p>	<p data-bbox="1417 356 1458 372">24,0</p>

## 2. ОСНОВНІ КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ БІС

Усі види конструкцій БІС забезпечують рух потоку очищеної води у горизонтальній площині крізь зарості макрофітів і у вертикальній – через прикореневий шар ґрунтів, насичений мікрофлорою і альгофлорою. Площа БІС може становити від кількох десятків і сотень квадратних метрів до кількох гектарів. ВВР займають 100% акваторії споруд.

*БІС складається з таких основних елементів:*

- огорожувальні дамби по периметру споруд (або тільки поперечна при розташуванні у верхів'ї балки) для створення басейну;
- фільтруюча товща ґрунту (штучна або природна);
- ВВР (очерет, рогіз, комиш та ін.);
- глухий колектор для забору води з дрен;
- горизонтальний трубчатий дренаж;
- трубопровід для відводу води з дренажу і подачі її у регульовальну споруду (подавальний трубопровід);
- споруда для подачі води у БІС;
- пристрій для заміру рівня води у басейні БІС;
- колектор для відводу вод, що пройшли очищення (відвідний трубопровід);
- пристрій для замірювання витрат води (вхідних і вихідних).

Окремі споруди і елементи БІС можуть мати різні конструктивні варіанти при безумовному виконанні свого функціонального призначення.

*Споруда для приймання з дренажної системи і подачі води у басейн* може бути виконана у вигляді лотка з залізобетонних плит по укусу, або у вигляді традиційної гирлової споруди. До цієї споруди має бути забезпечений підхід для відбору проб дренажних вод для аналізу.

*Басейн* – земляна споруда, яка виконується у напіввиїмці-напівнасіпу. При розташуваннях у верхів'ях балок, огорожувальні дамби по периметру, як правило, відсутні, споруджується тільки поперечна. Для недопущення перевантаження БІС, необхідно передбачати споруди для перехоплення і відведення поверхневого стоку у нижній б'єф БІС.

*Фільтруюча товщина ґрунту* (штучна або природна). Штучна фільтруюча засипка з піску виконується на всій площі басейну

товщиною 0,6 м. Гранулометричний склад фільтруючої засипки має бути несуюфозійним або слабосуюфозійним з коефіцієнтом неоднорідності, який менше або дорівнює 10 і коефіцієнтом фільтрації 1...5 м/добу.

*Вищі водні рослини* (очерет звичайний, рогіз широколистий і вузьколистий, айр болотний, їжача голівка пряма та ін.).

*Горизонтальний трубчатий дренаж.* На дно басейну укладаються поліетиленові труби. Вони обгортаються суцільною фільтрувальною обгорткою із штучних волокнистих матеріалів, що відповідають вимогам норм проектування дренажу на зрошувальних землях. В якості фільтрувального матеріалу, рекомендується трьох-шарове нетканоклеєне полотно товщиною 1,8 мм.

*Глухий колектор* для збору води з дрен, з керамічних або залізобетонних труб із глухих стиків.

*Трубопровід для відводу води* з дренажу і подачі її у регулювальну споруду (подавальний трубопровід) проектується із залізобетонних труб.

*Споруда для підтримання* необхідного рівня води у басейні (регулювальна споруда). Ця споруда може бути у вигляді колодязя, поділеного шандорами на 2 відсіки. Проектним і надійним способом для підтримання рівня води у басейні є застосування гумового рукава, який проектується до подавального трубопроводу.

*Пристрій для замірювання витрати вод на вході і виході із БІС.* Для цього БІС обладнується мірними рейками. Одна рейка встановлюється у басейні, друга – у регулювальній споруді. Якщо БІС працює у зимових умовах, мірна рейка басейну встановлюється в колодязі.

*Колектор для підводу вод,* що пройшли очищення (відвідний трубопровід), який виконується із залізобетонних труб.

У разі необхідності періодичних спостережень за роботою дрен рекомендується виводити по 2 – 3 дрени в оглядові колодязі, які будуються з уніфікованих труб діаметром 500 мм.

Противільтраційний екран передбачається у випадках, коли БІС розташовується на ґрунтах з високим коефіцієнтом фільтрації, що може призвести до втрати значних об'ємів дренажних вод, які надходять після процесу очистки, а також, коли умови потребують виключення або зниження фільтрації з БІС. Противільтраційний екран розміщують на дні басейну нижче дренажу.

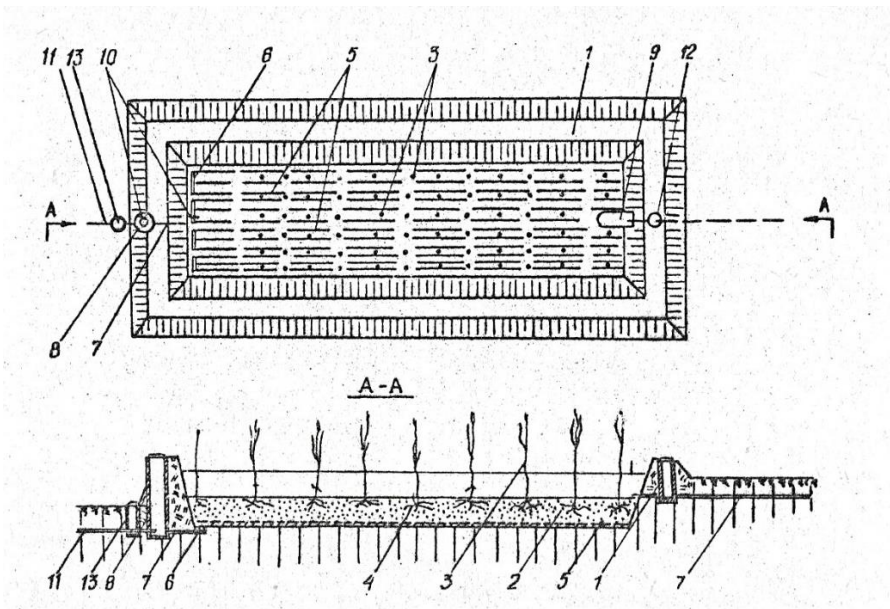


Рис. 1. Схема біологічно-інженерної споруди

**1** - дамба; **2** - фільтруюча товща; **3** - вищі водні рослини; **4** - кореневищна маса; **5** - дрена; **6** колектор; **7** - трубопровід подачі води; **8** - споруда для регулювання дебіту; **9** - споруда для подачі води у БІС; **10** - мірні рейки; **11** - відвідний трубопровід; **12, 13** - пристрої для вимірювання дебіту.

### 3. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ БІС

Основними параметрами БІС є їх розміри (довжина, ширина і відповідно площа), необхідний час контакту дренажних вод зі штучно створеним біогеоценозом, відстань між дремами і ємнісні характеристики.

1. Площа басейну БІС визначається за формулою:

$$F = \frac{Q \times t}{[K \times (H + m - h)]}, \text{ м}^2$$

де  $Q$  – дебіт дренажних вод, що подаються до БІС, м<sup>3</sup>/добу;  
 $K$  – умовний коефіцієнт фільтрації, який визначається за формулою:

$$K = \frac{m \times (4m + B)}{[4 \times T_k (H + m - h)]}$$

де  $H$  – глибина води в басейні БІС, м;

$H - 0,1 - 0,2$  м – рівень води після посадки кореневищ ВВР;  $0,6 - 0,8$  м – рівень води у весняно-літньо-осінній період (береться за розрахунковий);  $1,2 - 1,5$  м – рівень води в зимовий період;

$h$  – перевищення рівня води у регульовальному колодязі або зливній струмені над основою фільтруючої товщі, м. Залежить від властивостей фільтруючої засипки і регулюється у процесі наладки і експлуатації БІС. Розрахункове значення  $h = 0,1$  м;

$B$  – відстань між дренами, м. Відстань між дренами визначається залежно від гранулометричного складу фільтруючої засипки за графіком. (Рис. 2);

$m - 0,6 - 0,85$  м. (шар фільтруючої дренажної засипки  $0,4 - 0,6$  м + шар ґрунту з кореневищами макрофітів  $0,15$  м + шар піску для покриття  $- 0,1$  м).

$T_k$  – час контакту дренажних вод, які очищаються, з водним біоценозом БІС.

2. Час контакту визначається для всіх забруднюючих речовин за допомогою графіків (рис. 3, 4), залежно від необхідного ступеня очистки дренажно-скидних вод. При різних значеннях  $T_k$ , за розрахункове приймається найбільше.

Площа басейну встановлюється, виходячи із максимальної добової витрати дренажно-скидних вод. Якщо проектується не один, а декілька басейнів, розміщених каскадом, площа кожного встановлюється за концентрацією забруднення на вході і виході кожного басейну.

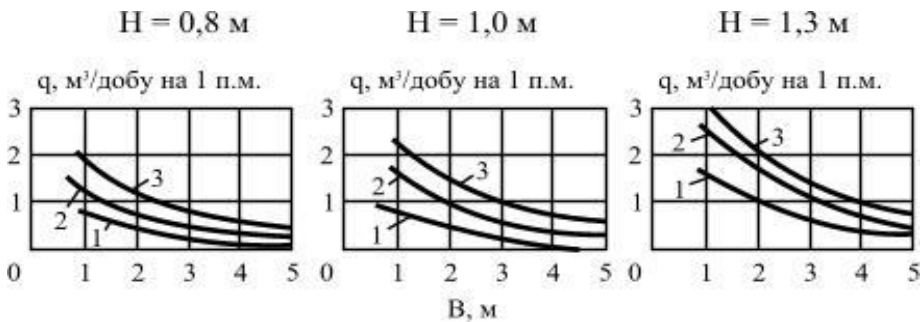


Рис. 2. Графіки для визначення відстані між дренами ( $B$ , м) для фільтруючої засипки з середньо- та дрібнозернистого піску:  
**1** -  $h=0,1 \text{ м}$ ; **2** -  $h=0,5 \text{ м}$ ; **3** -  $h=1,0 \text{ м}$

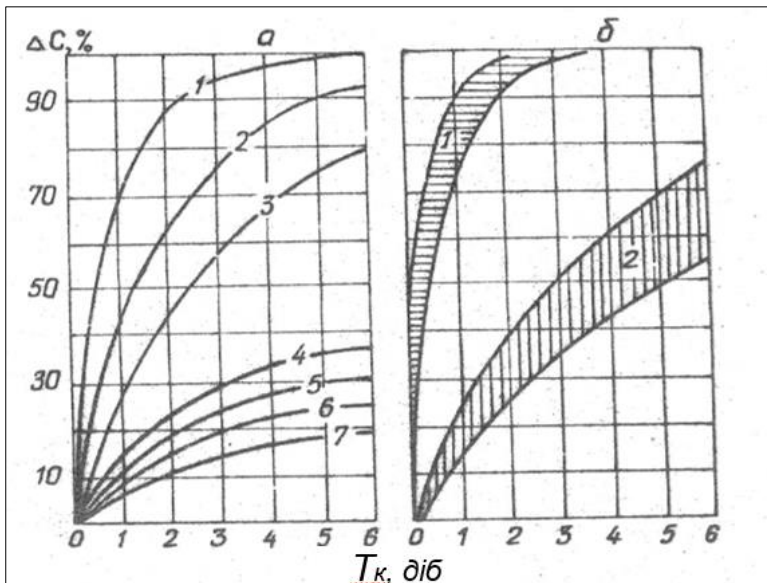


Рис. 3. Ефективність роботи БiС ( $\Delta C$ , %) залежно від часу контакту ( $T_k$ , дiб): **a** – межi застосування графіку: **1** – азот нітратний –  $10 - 200 \text{ мг/дц}^3$ ; **2** – азот амонійний –  $1 - 100 \text{ мг/дц}^3$ ; **3** – органічні речовини (за ХПК) –  $50 - 400 \text{ мг/дц}^3$ ; **4** – сульфати –  $500 - 3000 \text{ мг/дц}^3$ ; **5** – натрій – до  $500$



мг/дц<sup>3</sup>; **6** – магній – до 500 мг/дц<sup>3</sup>; **7** – кальцій – до 500 мг/дц<sup>3</sup>; **б** – з літературних даних: **1** – нафтопродукти; **2** – пестициди.

#### 4. ПРОЕКТУВАННЯ БІС

Конструкція БІС обумовлюється рельєфом місцевості, рівнем залягання ґрунтових вод, дебітом води, яка підлягатиме очищенню, якістю дренажних вод на вході у споруду, рівнем їх очищення.

При сильному розчленованому рельєфі місцевості та похилом більше 0,05 проектується схема БІС з дренажем в основі фільтруючої товщі. При цьому, якщо:

- дебіт дренажно-скидних вод  $> 0,1 \text{ м}^3/\text{с}^{-1}$  – влаштовується дренаж у вигляді шару гравію;
- дебіт дренажно-скидних вод  $< 0,1 \text{ м}^3/\text{с}^{-1}$  – влаштовується дренаж трубчатий будь-якого матеріалу з обгорткою захисно-фільтруючим матеріалом.

При розчленованому рельєфі місцевості з похилом 0,01 – 0,05 проектується дренаж в основі фільтруючої товщі, в основі або тілі огорожувальних дамб (у вигляді фільтруючих берм та ін.). При цьому, якщо:

- дебіт дренажно-скидних вод  $> 0,1 \text{ м}^3/\text{с}^{-1}$  – БІС влаштовується у вигляді басейну з густою мережею дрен в основі і геометричними розмірами з максимальною довжиною дамб, у тілі та основі яких також розміщується дренаж;
- дебіт дренажно-скидних вод  $< 0,1 \text{ м}^3/\text{с}^{-1}$  – БІС влаштовується у вигляді басейну з густою мережею дрен в основі споруди та тілі дамб.

При слабо розчленованому рельєфі місцевості з похилом не менше 0,01 дренаж розміщується по зовнішньому і внутрішньому контурах БІС або у товщі фільтруючих дамб. При цьому якщо:

- дебіт дренажно-скидних вод  $> 0,1 \text{ м}^3/\text{с}^{-1}$  – дренаж посилюється шаром гравію (у вигляді дренажних призм та ін.), а площа дренажу збільшується за рахунок розташування фільтруючих дамб у середині БІС;
- дебіт дренажно-скидних вод  $< 0,1 \text{ м}^3/\text{с}^{-1}$  – БІС виконується у вигляді каналу з дренажем по внутрішньому контуру або в основі дамб.

При близькому заляганні ґрунтових вод (1 – 2 м), рекомендується влаштувати закритий дренаж.

При проектуванні БІС в першу чергу вивчаються рельєфні, інженерно-геологічні, гідрогеологічні умови та фільтраційні властивості ґрунтів. Вибирається конструкція БІС, та склад ВВР. БІС повинні будуватися і вводиться в експлуатацію або разом із меліоративною системою, або перед їх будівництвом.

БІС проектується обов'язково із резервними потужностями, які необхідні для роботи БІС в період ремонтних робіт чи посадки ВВР в основній споруді. Резервні БІС можуть проектуються за різними варіантами. Спільними для них є обов'язкова наявність не менше двох розташованих поряд БІС, працюючих у паралельному і взаємопов'язаному режимі, зокрема, як окремий паралельний основний басейн, що розділений на окремі відсіки. Вибір варіанту визначається, в першу чергу, топографічними умовами. Резервні споруди мають працювати самостійно, вимоги до них аналогічні тим, що висуюються до основних.

У разі необхідності зменшення капітальних затрат на будівництво БІС, або з інших причин, вимоги до якості очищених дренажно-скидних вод можуть знижуватися при відповідному зменшенні часу контакту стічних вод. Площа басейну в цьому випадку розраховується для двох режимів БІС:

- штатного режиму, коли працюють всі споруди для забезпечення необхідного ступеня очистки;
- режиму, коли певна, обґрунтована проектом кількість споруд, відключається, а потік подається на інші споруди, які працюють за більш низькими, регламентованими вимогами до вмісту у воді інгредієнтів після її очищення.

За проектне приймається більше з двох значень площі БІС, отриманих в результаті відповідних розрахунків.

Резервні споруди можуть працювати періодично (тільки на час відключення головних) або постійно, одночасно з усіма, із збільшенням проти розрахованого, часом контакту дренажних вод з гідро біоценозом.

Одним з головних елементів БІС є ВВР. Очерет звичайний (*Phragmites australis*) є найбільш екологічно прийнятним в умовах України. Як матеріал для посадки використовується кореневищна маса, яку відбирають в існуючих заростях очерету разом із ґрунтом до

глибини 0,2 м. Грунт разом з кореневищами перевозиться і рівномірним шаром укладається по дну басейну.

Нормальний розвиток висаджених кореневищ очерету потребує наявності у басейні БІС шару води 0,1 – 0,2 м протягом 1 – 2 місяців. За цей період формується біогеоценоз, спроможний включитися у роботу БІС. Однак від початку формування штучного біогеоценозу і до пуску споруди на проектну потужність необхідно, як правило, 1 – 2 повних цикли вегетаційного розвитку ВВР.

## 5. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

*Завдання.* Запроектувати БІС на меліоративному каналі з метою покращення екологічного стану малої річки, яка є водоприймачем дренажно-скидних вод з меліоративної системи.

Для цього необхідно визначити час проходження дренажних вод через регулюючий басейн БІС для забезпечення їх очищення від азоту нітратного на 55 % ( $\Delta C_1$ ) і від органічних речовин на 70% ( $\Delta C_2$ ), підібрати склад водного біоценозу та встановити геометричні розміри регулюючого басейну БІС.

*Вихідні дані:*

- дебіт дренажно-скидних вод –  $Q = 52 \text{ м}^3/\text{добу}$ ;
- шар фільтруючої дренажної засипки –  $m = 0,6 \text{ м}$ ;
- питома витрата -  $q = 0,5 \text{ м}^3/\text{добу}$  на 1 п. м.;
- глибина води у басейні БІС –  $H = 0,8 \text{ м}$ ;
- перевищення рівня води у регульованому колодязі  $h = 0,1 \text{ м}$ .

*Розрахунок:*

1. Визначаємо умовний коефіцієнт фільтрації за формулою:

$$K = \frac{m \times (4m + B)}{[4 \times T_k (H + m - h)]}$$

$$K = \frac{0,6 \times (4 \times 0,6 + 1,5)}{[4 \times 2,5(0,8 + 0,6 - 0,1)]} = 0,18$$

Відстань між дренами ( $B$ , м) визначаємо за графіком (рис. 2).

Час контакту дренажних вод зі штучним біоценозом ( $T_K$ ), який необхідний для забезпечення необхідного ступеня очищення дренажних вод від азоту нітратного та органічних речовин ( $\Delta C_1$  та  $\Delta C_2$ ) встановлюємо за графіком (рис. 3).

Для розрахунку приймаємо найбільше з двох значень.

2. Площу басейну БІС розраховуємо за формулою

$$F = \frac{Q \times t}{[K \times (H + m - h)]}, \text{ м}^2$$

$$F = \frac{52 \times 0,6}{[0,18 \times (0,8 + 0,6 - 0,1)]} = 133 \text{ м}^2$$

3. Наводимо схему БІС і вказуємо основні розміри (рис. 5).

4. Для забезпечення необхідного рівня очистки дренажних вод з меліоративної системи від азоту нітратного на 55 % та від органічних речовин на 70% пропонується такий склад водного біоценозу: очерет звичайний (*Phragmites australis*) та рогіз вузьколистий (*Typha angustifolia* L.).

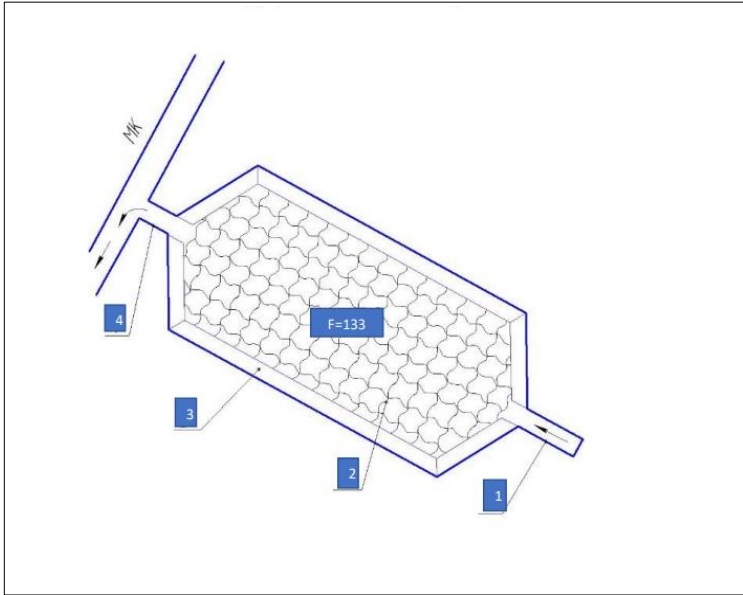


Рис. 5. Біс на меліоративному каналі

1- трубопровід подачі води на БіС; 2- басейн БіС зі штучним біогеоценозом; 3 – дамба з відкосами; 4 – відвідний трубопровід

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. На чому базується технологія фітореMediaції?
2. Дайте визначення фітореMediaції.
3. В чому полягає принцип роботи БіС?
4. Яку роль відіграють ВВР в спорудах фітореMediaції?
4. Які види ВВР є найбільш ефективними в процесах очищення стічних вод?
5. Від чого залежить час контакту стічних вод з водним біоценозом?
6. Які вихідні дані необхідні для проектування БіС?
7. Що таке БіС?
8. Якими чинниками обумовлюється вибір конструкції БіС?

## ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-75:2013. «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування». Київ : Мінрегіон України. 2013. 223 с. URL: <https://tehnadzor.cc/ru/pages/dbn-v-2-5-75-2013-kanalizaciya-narujnye-seti-i-soorujeniya-osnovnye-polojeniya-proektirovaniya.php>
2. Ліхо О. А., Вознюк Н. М., Турчина К. П., Брежицька О. А. Використання біотехнологій на водоймі гідропарку в м. Рівне. *Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки* : зб. наук. праць. Рівне : НУВГП, 2019. Вип. 1(85). С. 32–43. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/16637>
3. Саблій Л. А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод : монографія. Рівне : НУВГП, 2013. 291 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/1703>
4. Завацький С. В., Котельчук Л. С., Котельчук А. Л. Біоінженерні споруди для очищення стічних вод малої продуктивності. *Чернігівський науковий часопис Чернігівського державного інституту економіки і управління. Сер. 2 : Техніка і природа*. 2012. Вип. 1. С. 57–63. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Chnch\\_tekh\\_2012\\_1\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Chnch_tekh_2012_1_9)
5. Саблій Л. А., Кононцев С. В., Бунчак О. М., Жукова В. С. Обладнання та проектування в біоенергетиці та водоочищенні і управління безпекою праці підручник. 2-ге вид., допов. і перероб. Рівне : НУВГП, 2018. 377 с.

**ДОДАТОК 1**  
Таблиця 1.1

Вихідні дані для проектування БІС

№ зп	Показники	Варіанти														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Дебіт дренажно-свидних вод (Q), м <sup>3</sup> /добу	52	64	70	83	89	56	62	78	85	49	59	65	77	90	51
2	* Характер забруднення (C <sub>1</sub> / C <sub>2</sub> ):	1/3	2/4	3/5	4/6	5/7	6/8	8/2	7/1	6/3	5/4	2/7	6/5	7/3	8/4	4/1
3	Ступінь очистки забруднення (ΔC <sub>1</sub> / ΔC <sub>2</sub> , )	55/70	60/30	60/20	20/20	20/90	15/50	40/80	70/90	20/80	15/35	70/90	20/15	80/60	40/30	25/80
4	Шар фільтруючої дренажної засипки m, м	0,6	0,8	0,55	0,65	0,7	0,75	0,60	0,85	0,65	0,8	0,7	0,55	0,8	0,65	0,75
5	Питома витрата q, м <sup>3</sup> /добу на 1п.м.	0,5	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	1,0	2,5	1,0	1,5	1,0	0,5	1,5	2,0
6	Глибина води у басейні - H, м	0,8	1,0	0,8	1,3	0,8	1,3	1,0	0,8	1,3	1,0	0,8	1,3	1,0	0,8	1,3
7	Перевищення рівня води у регульованому колодязі h, м	0,1	0,5	1,0	0,5	0,5	1,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5	1,0	0,1	0,5	1,0

\* 1 – азот нітратний; 2 – азот амонійний; 3 – органічні речовини; 4 – сульфати; 5 – магній; 6 – кальцій; 7 – нафтопродукти; 8 – пестициди