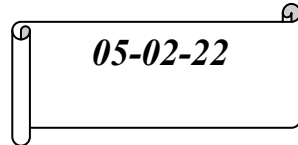




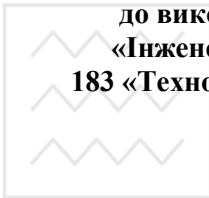
Національний університет
водного господарства
та природокористування

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО
ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Кафедра екології



05-02-22



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичних робіт з дисципліни
«Інженерія водна» для студентів спеціальності
183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Схвалено

науково-методичною
комісією за спеціальністю
183 «Технології захисту
навколишнього середовища»

Протокол № 2 від 18.10. 2016 р.

РІВНЕ – 2017



Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Інженерія водна» для студентів спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» /О.А. Ліхо - Рівне: НУВГП, 2016. - 16 с.

Упорядники: О.А. Ліхо, к.с.-г. наук, доцент;

Відповідальний за випуск: М.О.Клименко, доктор с.-г. наук, професор, завідувач кафедри екології.

ЗМІСТ

Вступ	3
1 Обґрунтування вибору БІС	3
2 Розрахунок параметрів БІС	6
3 Проектування БІС.	12
4 Приклад розрахунку	13
Література	16

© Ліхо О.А, 2017

© НУВГП, 2017



Вступ

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 викликати ряд екологічних та економічних проблем. Одним із методів очистки дренажно-скидних вод з меліорованих земель є застосування спеціальних гідротехнічних споруд з використанням штучно створеного біоценозу із 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 проходження їх через БІС. Площа БІС може становити від кількох десятків і сотень квадратних метрів до кількох гектарів.

1. Обґрунтування вибору БІС

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 вищих водних рослин (ВВР) здійснюється з врахуванням кліматичних умов району 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*

Л.), айр болотний (*Acorus calamus* L.), їжача голівка пряма (*Sparganium erectum*) і ніші вологолюбиві рослини.

Очерет звичайний – багаторічна злакова вологолюбна, солевитривала, блакитно-зелена рослина до 4 м. заввишки з довгим повзучим надземним і підземним кореневищем, стебло прямостояче, міцне, товсте (до 12мм у діаметрі), голе, гладеньке, до верхівки обліснене. 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 очерет 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 і 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 очищає від них воду.

Своїм глибоким корінням очерет поглинає з води і концентрує в масі свого тіла багато хімічних елементів – азот, фосфор, калій та інші. Один гектар заростей очерету може поглинути і акумулювати у своїй біомасі до 5 – 6 тон різних солей, в тому числі 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 сірчаної міді, кобальту хлористого, хрому азотнокислого не впливають на його життєдіяльність. Ступінь поглинання забруднюючих речовин вищими водними рослинами наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Кумуляція хімічних елементів гідрофітами

Види рослин	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
Очерет звичайний	Листя	32,8	1,40	4,84	2,28	11,4	0,093	0,575	18,5	3,5
	стебла	3,3	0,89	0,12	0,14	17,6	0,061	0,082	11,5	2,3
Рогіз вузьколистий	надводна	14,2	1,50	6,74	1,91	10,7	0,138	0,548	16,7	10,2
	підводна	5,2	0,81	8,96	1,47	10,6	0,065	0,199	12,8	3,2
Рдесник пронизанолистий	вся рослина	35,1	2,57	28,1	3,85	27,8	1,530	1,130	39,5	24,7
Лелешняк водяний	надводна	18,8	17,5	1,29	1,04	19,6	0,361	0,062	54,1	3,6
	підводна	6,0	1,88	0,15	0,28	14,0	0,314	0,446	10,8	9,2
Кладоформа	вся рослина	26,5	3,00	23,08	2,70	25,3	3,390	2,530	77,0	24,0

За період вегетації один гектар, зайнятий очеретом звичайним, може акумулювати на земній масі 1,2 т., кореневищах – 4,5 т. мінеральних солей (Таблиця 1.2).

Таблиця 1.2

Кумуляція солей очеретом звичайним (Кроткевич П.К.)

Мінеральні речовини	Кількість акумульованих речовин, кг/га		
	Наземною масою	кореневищами	всього
Кремній	827,1	2845	3672,1
Калій	113,8	745	858,8
Натрій	20,7	430	450,7
Сірка	97,2	180	277,2
Азот мінеральний	47,2	120	167,2
Фосфор	32,1	90	122,1
Кальцій	40,1	55	95,1
Магній	24,1	70	94,1

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 іонів важких металів – до 36-40%; від іонів кальцію, натрію, магнію – до 10-20%; від органічних домішок – 60- 80%.

БІС можуть бути запроектовані: штучними спеціальними; з використанням природних чи раніше побудованих об'єктів: раніше існуючої старорічищі; існуючих копаней, понижень; рекультиватії торфорозробок; мілководь водосховища (ставка); влаштування ставка біологічної очистки на провідному каналі; регулювання басейну насосної станції.

2. Розрахунок параметрів БІС

Об'єктом проектування є БІС на водопровідному меліоративному каналі. Після очищення дренажні води вони поступають у малу річку.

Для здійснення розрахунку необхідно мати наступні вихідні дані:

1. Дебіт дренажно-скидних вод (Q), м³/добу;
2. Характер і концентрація забруднення (C_1, C_2, \dots, C_n);

3.
4.

Ступень очистки забруднення ($\Delta C_1, \Delta C_2, \dots, \Delta C_n$);

Характеристика фільтруючої товщі:

- шар фільтруючої дренажної засипки m , м;
- питома витрата q , м³/добу на 1н.м.;
- 5. Глибина води у басейні - H , м;
- 6. Перевищення рівня води у регульованому колодязі h , м.

БІС складається з таких основних елементів:

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

Фільтруюча товщина ґрунту (штучна або природна). Штучна фільтруюча засипка з піску на всій площі басейну товщиною 0,6 м. Гранулометричний склад фільтруючої засипки має бути несуфозійним або слабосуфозійним з коефіцієнтом неоднорідності, який менше або дорівнює 10 і коефіцієнтом фільтрації 1...5 м/добу.

Вищі водні рослини (очерет звичайний, рогіз широколистяний і вузьколистяний, айр болотний, їжача голівка пряма і ін.).

Горизонтальний трубочастий дренаж. Укладаються на дно басейну поліетиленові труби. Труби обгортаються суцільною фільтрувальною обгорткою із штучних волокнистих матеріалів, що відповідають вимогам норм проектування дренажу на зрошувальних землях. Як фільтрувальний матеріал, рекомендується неткано-клеєне полотно товщиною 1,8 мм (3 шари).

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 регульовальну споруду (подавальний трубопровід) проектується із залізобетонних труб.

Споруда для підтримання потрібного рівня води у басейні (регульовальна споруда). Ця споруда може бути у вигляді колодязя, поділений шандрами на 2 відсіки. Проектним і надійним способом для підтримання рівня води у басейні є застосування рукава гумового, який проектується до подавального трубопроводу.

Споруда для подачі води у БІС може бути виконана у вигляді лотка із залізобетонних плит на укосі або у вигляді традиційної

гирлової споруди. До цієї споруди має бути забезпечений підхід для відбору проб дренажних вод на аналіз.

Пристрій для замірювання витрати вод на вході і виході із БІС.
Для цього БІС обладнується мірними рейками. Одна рейка

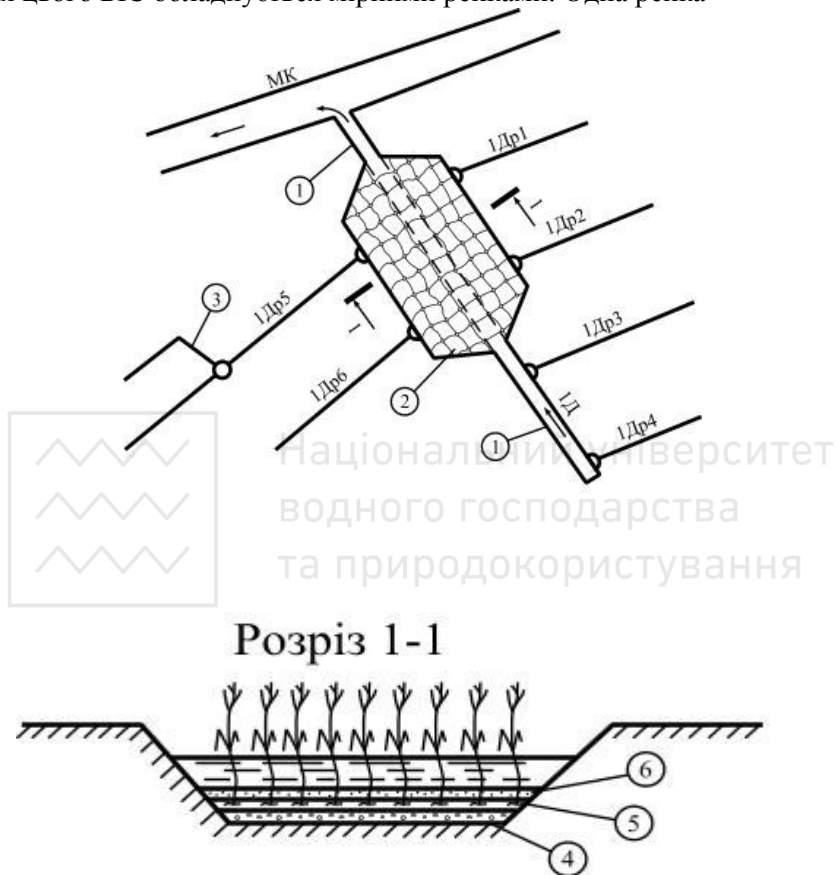


Рис.2.1. БІС на водопровідному каналі меліоративної системи
1 – водопровідний канал;
2 – БІС;
3 – дренаж;
4 – піщана підготовка;
5 – кореневий шар;
6 – шар піску.



встановлюється у басейні, друга – в регулювальній споруді. Якщо БІС працює у зимових умовах, то 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 дрени (по 2-3) в оглядові колодязі, які будуються з уніфікованих труб діаметром 500 мм.

При розрахунку БІС визначаються наступні параметри:

1. Геометричні розміри регулюючого басейну (ширину – B , м і довжину – L , м та площу – F , м²);
2. Необхідний час проходження дренажно-скидних вод через регулюючий басейн (T_K , діб);
3. Відстань між дренажами (B , м);
4. Склад штучного біоценозу ВВР.

Площа басейну БІС визначається за формулою:

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

де Q – дебіт дренажних вод, що подаються до БІС, м³/добу; K – умовний коефіцієнт фільтрації, який визначається за формулою:

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

де T_k – час контакту дренажних вод, які очищаються, з водним біоценозом БІС. Час контакту визначається для всіх забруднюючих речовин за допомогою графіків (рис. 2.3 та 2.4), залежно від необхідного ступеня очистки дренажно-скидних вод. При різних значеннях T_k , за розрахункове приймається найбільше.

H – глибина води в басейні БІС, м;

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

h – перевищення рівня води у регулювальному колодязі або зливній струмені (у випадку із зливальними рукавами) над основою фільтруючої товщі, м. Залежить від властивостей фільтруючої засипки

і регулюється у процесі наладки і експлуатації БІС. Розрахункове значення $h = 0,1$ м.

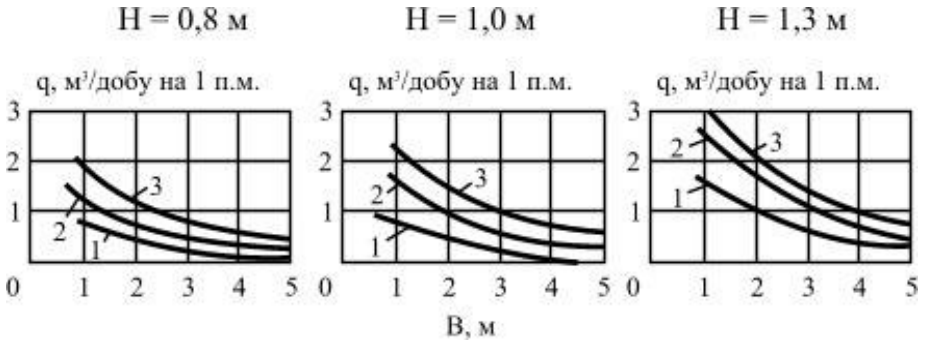


Рис.2.2. Графіки для визначення відстані між дренами (B): 1- $h=0,1$ м; 2- $h=0,5$ м; 3- $h=1,0$ м, для фільтрації засипки з середньо - та дрібнозернистого піску.

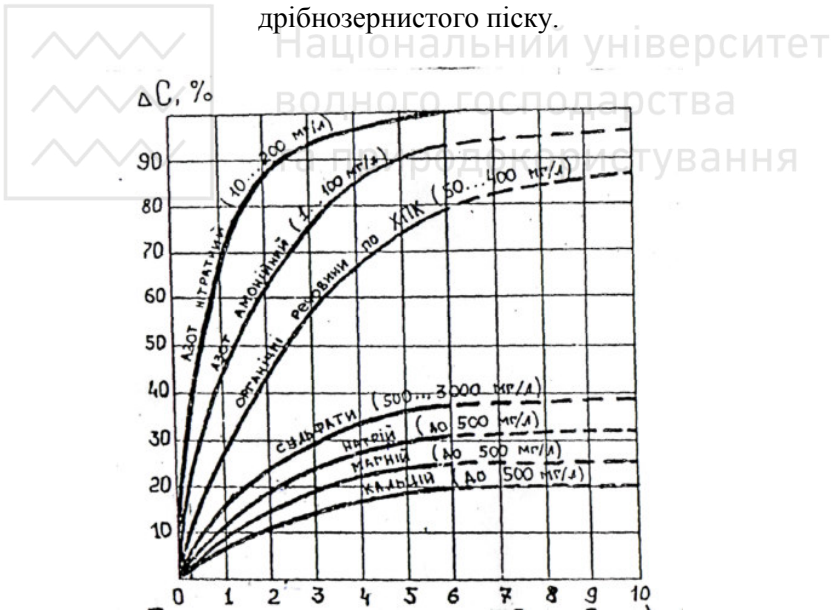


Рис 2.3. Ефективність роботи БІС ($\Delta C, \%$) залежно від часу контакту (T_k , діб) для деяких забруднень.

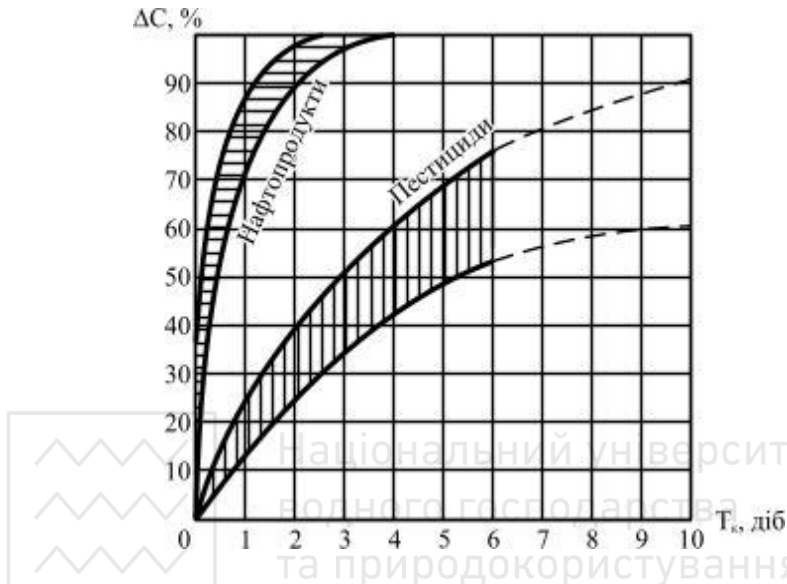


Рис.2.4. Ефективність роботи БІС (ΔC , %) залежно від часу контакту (T_k , діб) для нафтопродуктів та пестицидів

B – відстань між дренами, м (рис.2.2);

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

Площа басейну встановлюється, виходячи із максимальної добової витрати дренажно-скидних вод. Так на рисових системах максимальні об'єми дренажно-скидних вод спостерігається на початку вегетації рису, після сходів і скиду води з чеків для обробки їх гербіцидами.

Якщо проектується не один, а декілька басейнів, розміщених каскадом, площа кожного встановлюється за концентрацією забруднення на вході і виході кожного басейну.

Відстань між дренами визначається залежно від гранулометричного складу фільтруючої засипки за графіком.



3. Проектування БІС

Конструкція БІС визначається залежно від характеру рельєфу місцевості, глибини залягання рівня ґрунтових вод, дебіту води, яку очищають, також вхідного ступеня забруднення і вимоги рівня очистки.

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 більше $0,1 \text{ м}^3/\text{с}$, влаштовується дренаж у вигляді шару гравію;
- дебіт дренажно-скидних вод менше $0,1 \text{ м}^3/\text{с}$, 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 бERM та ін.). При цьому, якщо:

- дебіт дренажно-скидних вод більше $0,1 \text{ м}^3/\text{с}$, тоді влаштовується БІС у вигляді басейну з густою мережею дрен в основі і геометричними розмірами, що дозволяють добиватися максимальної довжини дамб, у тілі та основі яких також розміщується дренаж;
- дебіт дренажно-скидних вод менше $0,1 \text{ м}^3/\text{с}$, тоді влаштовується БІС у вигляді басейну з густою мережею дрен в основі споруди і тілі дамб.

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

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

При близькому заляганні ґрунтових вод (1-2 м), рекомендується влаштовувати 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 будівництвом меліоративних систем.

БІС проектується обов'язково із резервними потужностями, які необхідні для роботи БІС в період ремонтних робіт чи посадки ВВР в основній споруді. Резервні БІС проектуються за різними варіантами, 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.

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. Площі басейну в цьому випадку розраховується для двох режимів БІС:

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

За проектно 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.

4. Приклад розрахунку

Завдання

Запроектувати біологічно-інженерну споруду (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 % (ΔC_1) і від органічних речовин на 70% (ΔC_2), підібрати склад водного біоценозу та встановити геометричні розміри регулюючого басейну БІС.

Вихідні дані:

Дебіт дренажно-скидних вод – $Q = 42 \text{ м}^3/\text{добу}$;

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:



$$K = \frac{m(4m + B)}{[4T_k(H + m + h)]}$$
$$K = \frac{0,6(4 \times 0,6 + 1,5)}{[4 \times 2,5(0,8 + 0,6 + 0,1)]} = 0,16$$

Відстань між дренами (B , м) визначаємо за графіком (рис 2.2). Час контакту дренажних вод зі штучним біоценозом (T_k), який необхідний для забезпечення необхідного ступеня очищення дренажних вод від азоту нітратного та органічних речовин (ΔC_1 та ΔC_2) встановлюємо за графіком (рис. 2.3). Для розрахунку приймаємо найбільше з двох значень.

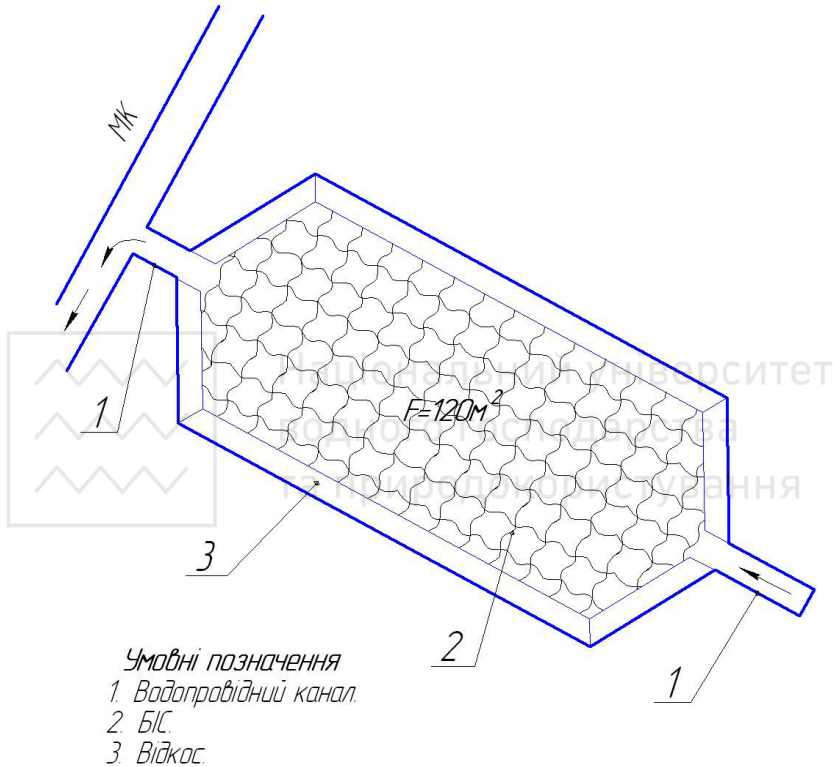
2. Площу басейну БІС розраховуємо за формулою

$$F = \frac{Q \times m}{[K(H + m - h)]}$$
$$F = \frac{52 \times 0,6}{[0,16(0,8 + 0,6 - 0,1)]} = 120 \text{ м}^2$$



3. Наводимо схему БІС і вказуємо основні геометричні розміри.

Біоінженерна споруда



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



Література

1. Посібник до застосування водоохоронних біоінженерних споруд (БІС) для очищення немінералізованих забруднених вод сільськогосподарського виробництва України. – Харків, 1993. – 16 с.
2. Малі річки України / Під ред. А.В. Яцика. К.: Урожай, 1991. – 293 с.
3. Гриб Й.В., Клименко М.О. та ін. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем: (гідрохімія, гідробіологія, гідрологія, управління). – Рівне, 1999. – 347 с.
4. Фильчагов Л.П., Полищук В.В. Возрождение малых рек. – К.: Урожай, 1989. – 184 с.

