

## ЗАЯВА

Я, Оберемок Ян Юрійович  
(ПІБ повністю)  
Студент групи ВВ1922  
(шифр групи)  
Спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія  
(код та назва спеціальності)  
освітньої програми Водопостачання та водовідведення  
(наша освітньої програми)

освітнього ступеня підготовки **магістр**

заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:

### **Моделювання роботи біобасейну для приватного екопансіонату**

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання.

Прошу перевірити її на наявність академічного плагіату.

Я ознайоmlена з чинним «Порядком перевірки кваліфікаційних випускних робіт здобувачів вищої освіти на виявлення текстових та графічних запозичень засобами перевірки на плагіат», згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску випускної кваліфікаційної роботи до захисту.

Дата  
Керівник  
проф. Біляєв М.М.

Підпис  
Підпис



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ**

Кафедра «Гідравліка та водопостачання»

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_

(ПІБ)

20 \_\_\_\_ р. \_\_\_\_\_ «\_\_\_\_\_»

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
на здобуття ОС «магістр»

Галузь знань 19 «Архітектура та будівництво»

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Спеціалізація «Водопостачання та водовідведення»

Тема : «Модельовання роботи біобасейну для приватного екопансіонату»

Theme: «Simulation of the operation of the bio-pool for a private eco-boarding house»

Керівник дипломного проекту (роботи) д.т.н., проф. \_\_\_\_\_ Микола БІЛЯЄВ  
(підпис)

Нормоконтролер к.т.н., доц. \_\_\_\_\_ Віталій КОЗАЧИНА  
(підпис)

Студент групи \_\_\_\_\_ Ян ОБЕРЕМОК  
(підпис)

Student Yan OBEREMOK

Дніпро  
2021 р

<b>ЗМІСТ</b>	Стор.
Анотація.	
Вступ	
<b>РОЗДІЛ 1 НАТУРАЛЬНІ БАСЕЙНИ (ЕКО-БАСЕЙНИ) - ТЕХНОЛОГІЯ, КОНСТРУКЦІЯ БІО-БАСЕЙНУ</b>	
1.2 Переваги натуральних басейнів	
<b>РОЗДІЛ 2 ПРИКЛАД ПРОЕКТУВАННЯ БАСЕЙНУ, ТА РОЗРОБКА СТАНДАРТНО-ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ</b>	
2.1. Вимоги до ділянки	
2.2 Рекомендації для прокладки трубопроводу для басейну	
2.3 Проектування чаш басейну	
2.4 Приклади розрахунку басейнів	
2.5 Об'ємно-планувальні розрахунки	
2.6. Рекомендації до матеріалів при проектуванні басейну	
2.7. Склад проектної документації	
<b>РОЗДІЛ 3 БУДІВНИЦТВА БІО-БАСЕЙНУ</b>	
3.1. Основні етапи будівництва біо-басейну	
3.2. Догляд за біо-басейном	
<b>РОЗДІЛ 4 ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ В БАСЕЙНІ</b>	
4.1 Хлорування води	
4.2 Бромовання	
4.3 Знезараження за допомогою активного кисню	
4.4 Озонування	
4.5 Очистка води ультрафіолетом	
<b>РОЗДІЛ 5 ОБЛАДННЯ БІОБАСЕЙНУ В ЕКОПАНСІОНАТІ</b>	
5.2 Розподільне обладнання	
5.3 Пристрої для водовідведення чаші басейну	
5.4 Устаткування для нагрівання води	
5.5 Обладнання для освітлення	

РОЗДІЛ 6 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ПІДДОСЛІДНИХ ОРГАНІЗМІВ	
6.1. Клас молюски двостулкові (bivalvia)	
6.2. Ряд уніон іди (unionida)	
6.3 Родина перлівниці (unionidae) Беззубки (anodonta)	
РОЗДІЛ 7 ОПИС ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ	
7.1 Навколишні умови проведення фізичного експерименту	
7.2 Обладнання для фізичного експерименту	
7.3 Хід виконання фізичного експерименту	
7.4 Результати фізичного експерименту	
ВИСНОВКИ	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	

## АНОТАЦІЯ

Магістерська робота присвячена дослідженню процесу біологічної очистки вод в біобасейні для приватного пансіонату. Дослідження проведене на базі натурного експерименту, та за допомогою обчислювального експерименту на базі кафедри «Гідравліка та водопостачання» Українського державного університету науки і технологій. Отримані дані можуть бути використані для підвищення ефективності очистки води на станціях аерації .

**Мета роботи :** дослідження процесу біологічної очистки води в біобасейні.

**Об'єкт дослідження** – процес біологічної очистки .

**Предмет дослідження** – визначення ефективності роботи біобасейну .

**Методи дослідження** – лабораторний експеримент та математичне моделювання .

**Практичне значення одержаних результатів.** Отримані дані можуть бути використані для підвищення ефективності очистки води в екопансіонатах.

**Ключові слова :** очистка води, біобасейн, експеримент, математичне моделювання .

## SUMMARY

The master's thesis is devoted to the study of the process of biological water treatment in the bio-pool for a private boarding house. The study was conducted on the basis of a field experiment, and with the help of a computational experiment on the basis of the Department of Hydraulics and Water Supply of the Ukrainian State University of Science and Technology. The obtained data can be used to increase the efficiency of water purification at aeration stations.

**Purpose:** study of the process of biological water treatment in the bio-basin.

**The object of study** - the process of biological treatment.

The subject of research is to determine the efficiency of the bio-basin.

**Research methods** - laboratory experiment and mathematical modeling.

The practical significance of the results obtained. The obtained data can be used to increase the efficiency of water treatment in eco-boarding houses.

**Key words:** water purification, bio-pool, experiment, mathematical modeling.

## ВСТУП

Людина, яка насолоджується чистотою і прозорістю води під час літнього купання в морі, озері або річці, звичайно не задається питанням: а чому вода чиста? Насправді, у воді живе велика кількість організмів, кожний з яких, в числі інших відправлень, виділяє у воду екскременти; коли ці організми гинуть, вони у воді розкладаються, а вода проте залишається свіжіше (звичайно, якщо вона не отруєна скидами промислових підприємств). Очищення води ведуть багато організмів (губки, ракоподібні), але, мабуть, одна з основних груп тварин, якої ми зобов'язані чистотою води - це двостулкові молюски. Переважна більшість видів цієї групи за способом живлення - фільтратори: вони засмоктують воду, що містить органічні і мінеральні частинки, зважені у воді, дрібні планктонні організми, а виводять чисту профільтровану воду. Про ефективність роботи двостулкових молюсків дають представлення цифри: щільне скупчення мідій, що заселяють 1 м<sup>2</sup> площі дна, за добу здатне профільтрувати до 280 м<sup>3</sup> води. Мільярди живих насосів практично у всіх водоймищах нашої планети день і ніч фільтрують воду, повертаючи їй первинну чистоту. Оскільки двостулкові молюски одержують живлення і кисень для дихання тільки з води, сухопутних форм серед них немає. Вони заселили всі типи водоймищ - солоні і прісні, великі і малі, постійні і періодично висихаючі. Дрібні прісноводні горошинки іноді живуть навіть в заболочених ґрунтах. Двостулкові молюски зустрічаються на будь-яких глибинах, у всіх широтах і на всіх ґрунтах; деякі з них прикріплюються до каміння, скель і раковин інших молюсків; деякі тісно пов'язані з губками, ракоподібними, голкошкірими, багатощетинковими черв'яками; маленький молюск ентовальва живе навіть в стравоході голотурій. Хоча жити "повнокровним життям" поза водою двостулкові молюски не можуть, багато хто з них

здатний зберігати життєздатність без води протягом довгого часу: віргінська устриця - до 10 тижнів, мідії - до місяця. Абсолютний рекорд встановив австралійський прісноводий молюск *Velesunio ambiguus*, що мешкає в пересихаючих водоймищах: він прожив без води близько півтора років (498 діб). Загальне число видів двостулкових молюсків - близько 20 000. Велика частина їх населяє невеликі глибини в тропічних і субтропічних морях, їх багато і на коралових рифах. Різноманітність раковин дуже велика: гігантська трідакна може досягати довжини близько 1,5 м і мати масу до чверті тонни, а глибоководні морські мікрогломи або деякі прісноводні горошинки мають в довжину трохи більше 1 мм при масі в декілька міліграм. Для тропічних видів характерні дуже яскраві раковини, часто прикрашені шпильками, ребрами, лусками. Така різноманітність форми, розмірів і забарвлення раковин стало причиною того, що для позначення класу у різний час було запропоновано чотирнадцять назв. Ймовірно, іншого класу з такою великою кількістю назв немає.

## РОЗДІЛ 1 НАТУРАЛЬНІ БАСЕЙНИ (ЕКО-БАСЕЙНИ) - ТЕХНОЛОГІЯ, КОНСТРУКЦІЯ БІО-БАСЕЙНУ

Розглядається питання очистки води для екопансіонату «Козацьке село»(рис.1).

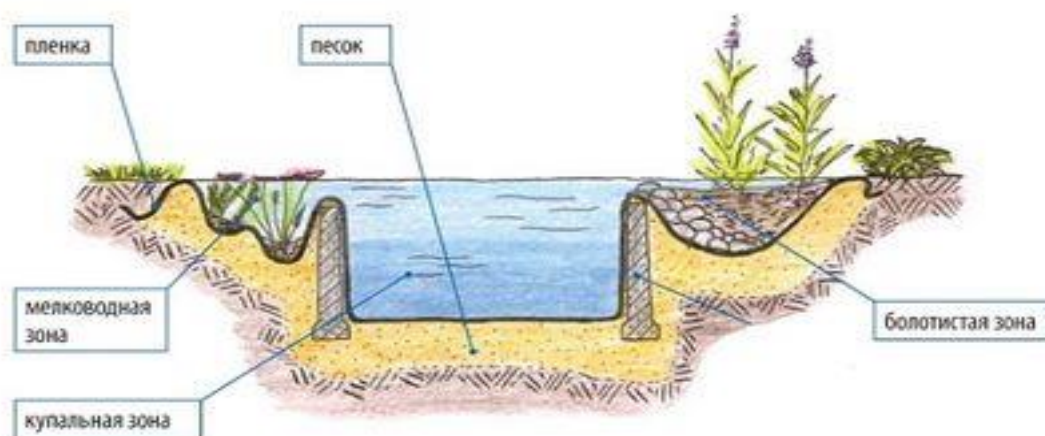
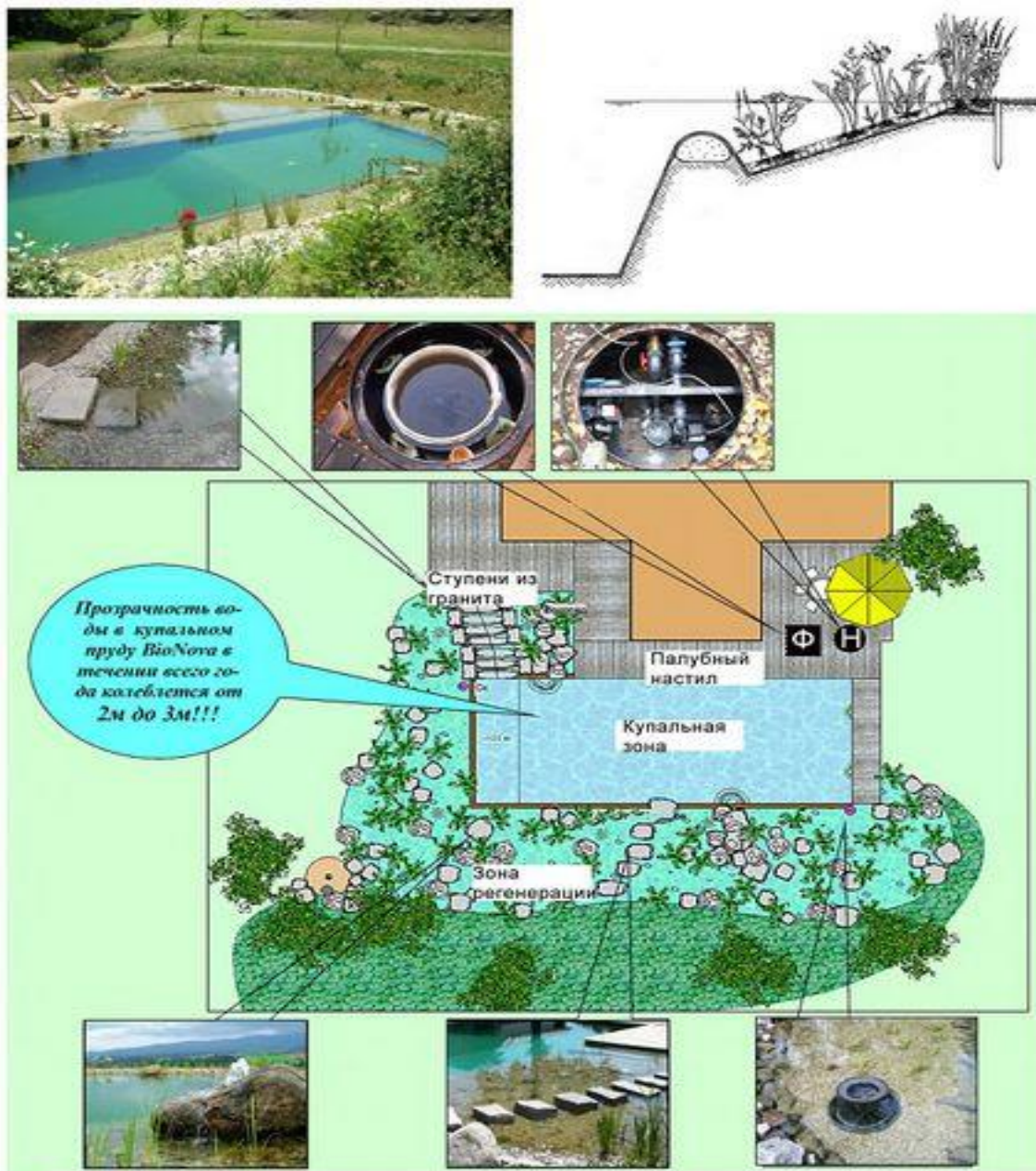


Рисунок 1 Вид біобасейну в екопансіонаті «Козацьке село»

Технологія пристрою натуральних басейнів існує всього лише 20 років, але, не дивлячись на молодий вік, дана технологія активно розвивається, особливо в передових країнах Західної Європи, таких як Німеччина, Швейцарія, Австрія, Фінляндія, Швеція і Норвегія. У країнах СНД, зокрема в Україні, дана технологія тільки починає поширюватися.

Конструкція натурального басейну сконструйована таким чином, щоб забезпечити повну або часткову природну очистку води у водоймі.

Весь басейн влаштовується так, щоб забезпечити повну і якісну гідроізоляцію від зовнішніх ґрунтових вод. В основному конструкція природного басейну складається з таких ділянок. (рис.1.1) [25]:



(<http://images-on-off.com/images/144/naturalniebasseynisestestvennoyochistkoy-836ee082.jpg>)

Рисунок 1.1 – Схема конструкції типового біо-басейну.

Ділянка великої глибини призначений для плавання. Плавальна зона може влаштовуватися довільної форми: круглої, овальної прямокутної, трикутної, у формі зірки і т.д. Для гарного естетичного вигляду плавальної зони застосовують сучасні оздоблювальні матеріали басейнів, наприклад мозаїка, спеціальна плівка або плитка, стандартні пластикові чаші та ін.

Біоплато - це ділянка мілководдя, призначений для регенерації (очищення) води, ще називається зоною регенерації. Мілководді засаджують рослинністю, яка бере активну участь в очищенні води, запобігають її зацвітання і перегрів. До таких рослин належать: очерет звичайний, гліцерил, латаття, кубушка, очерет, райграсф, спартіна, рогозу, німфея, ряска, молінія, сусак.

Також засівають екосистему басейну таким видом рослин, як оксигенаторами (поглинають вуглекислий газ і інші шкідливі речовини, насичують воду киснем). До таких рослин відносяться жовтець водний, роголістік(рис.1.2) [25]..



<http://images-on-off.com/images/144/naturalniebasseynisestestvennoyochistkoy-836ee082.jpg>

Рисунок 1.2- Види рослинності біо-басейну:

а) очерет звичайний; б) спартіна; в) латаття; г) очерет; д) сусак; е) жовтець водний; ж) німфея; з) калитка

На дні мілководдя укладають активний мул, який сам є очищувачем і служить будинком для багатьох живих організмів беруть активну участь в очищенні і знезараженні води.

Очищення води за допомогою активного мулу і рослинності полягає: в поглинанні шкідливих хімічних сполук (амоній  $\text{NH}_4$ . Аміак  $\text{NH}_3$ . Фосфати  $\text{PO}_4$ . Нітрати  $\text{NO}_3$ . Азот  $\text{NO}_2$ ), в зниженні рН водного середовища і виділення  $\text{O}_2$ . Ефективність біо-очищення води басейну безпосередньо залежить від розміру біоплато: чим воно більше, тим якісніше очищення води і тим менше доведеться встановлювати додаткових коштів очищення (наприклад, різні очисні фільтри, які мають високу вартість). При розмірі біоплато, який становить 40 ... 60% від загальної площі басейну немає необхідності в штучних методах очищення води, так як дана екосистема повністю очищає сама себе.

Натуральні басейни працюють за принципом циркуляції води між двома зонами: глибинної і мілководній. При великих розмірах натурального басейну (понад  $50\text{m}^2$ ) циркуляція води здійснюється природно за рахунок різниці температур води на мілководді і водою купального зони, так як на дрібній глибині вода набагато швидше прогрівається сонцем.

Переміщення забрудненої води з купального зони в зону біоплато проходить крізь активний мул, кореневу і лиственную системи рослин, що призводить до біологічного затримання і поглинання шкідливих речовин. Таким чином, здійснюється біологічна очистка води природним шляхом. При малій площі натурального басейну (менше 30 ... 50  $\text{m}^2$ ) для забезпечення циркуляції води встановлюють додатково систему примусової перекачування і фільтрації води.

В основному конструкція біоплато складається з наступних шарів:

- шар піску;
- геотекстиль;

- гідроізоляції;
- ґрунт і мул для рослинності;
- шар природного каменю, наприклад гальки і гравію;
- рослинність.

Біоплато може відділятися від інших частин натурального басейну за допомогою водопроникних або непроникних перегородок і з'єднуються тільки у верхній частині водойми. Існує умовний поділ натуральних басейнів. Залежно від розміру біоплато по відношенню до загальної площі басейну (рис.1.3) [25].



(<http://images-on-off.com/images/144/naturalniebasseynisestestvennoyochistkoy-836ee082.jpg>)

Рисунок 1.3 - Варіанти поділів купального зони і зони регенерації (біоплато)

## 1.2 Види натуральних басейнів

Розрізняють такі види натуральних басейнів:

- басейн без біоплато;
- басейн з дуже маленьким розміром біоплато (5 ... 15%);
- басейн з малим розміром біоплато (15 ... 25%);
- басейн із середнім розміром біоплато (30 ... 50%);
- басейн з великим розміром біоплато (40 ... 60%);
- басейн з дуже великим розміром біоплато (65 ... 70%).

### **Басейн без біоплато**

Вода в натуральних басейнах без біоплато очищається спеціальною системою біологічних фільтрів (рис.1.5). У такому басейні зона купання становить 100% загальної площі. Оптимальний розмір басейну без біоплато становить 20 ... 70 м<sup>2</sup>.

Недолік натурального басейну без зони регенерації є досить висока вартість експлуатації, так як необхідно застосовувати дорогі біофільтри для очищення води.



<http://images-on-off.com/images/144/naturalniebasseynisestestvennoyochistkoy-836ee082.jpg>

Рисунок 1.6 – Приклад басейну без біоплато

#### **Басейн з дуже маленьким розміром біоплато (5 ... 15%)**

Така конструкція оптимальна для басейнів загальною площею 50 ... 100 м<sup>2</sup>. (рис.1.7) [25].. У зв'язку з дуже малою площею біоплато, такий басейн потребує додаткової системи очищення за допомогою дорогих фільтрів. Недоліком натурального басейну з дуже маленьким розміром біоплато (5 ... 15%) є висока вартість експлуатації.



(<http://images-on-off.com/images/144/naturalniebasseynisestestvennoyochistkoy-836ee082.jpg>)

Рисунок 1.7 - Приклад басейну з дуже маленьким розміром біоплато (5-15%)

### **Басейн з малим розміром біоплато (15 ... 25%)**

Така конструкція оптимальна для басейнів загальною площею 25 ... 70 м<sup>2</sup>. фотоб. У зв'язку з відносно малою площею біоплато, такий басейн потребує додаткової очистки за допомогою фільтрів спрощеної конструкції. Такий басейн легко отримати при реконструкції та переобладнання традиційних басейнів.



(<http://images-on-off.com/images/144/naturalniebasseynisestestvennoyochistkoy-836ee082.jpg>)

Рисунок 1.8 – Приклад басейну з малим розміром біоплато (15-25%) [25].

### **Басейн із середнім розміром біоплато (30 ... 50%)**



(<http://images-on-off.com/images/144/naturalniebasseynisestestvennoyochistkoy-836ee082.jpg>)

Рисунок 1.9 – Приклад басейну із середнім розміром біоплато (30-50%)

### **Басейн з великим розміром біоплато (40 ... 60%)**

Оптимальний розмір басейну з 40 ... 60% біоплато влаштовують площею 15 ... 50 м<sup>2</sup> (рис. 1.10) [25]. Такий тип натурального басейну найбільш затребуваний, і дозволяє обмежуватися тільки природною очищенням води.



(<http://images-on-off.com/images/144/naturalniebasseynisestestvennoyochistkoy-836ee082.jpg>)

Рисунок 1.10 – Приклад басейну з великим розміром біоплато (40-60%)

### **Басейн з дуже великим розміром біоплато (65 ... 70%)**

Це справжня екосистема, що дозволяє максимально очищати басейн, фото 9. Оптимальна площа такого типу басейну знаходиться в межах 30 ... 100 м<sup>2</sup>.



<http://images-on-off.com/images/144/naturalniebasseynisestestvennoyochistkoy-836ee082.jpg>

Рисунок 1.11 – Приклад басейну з дуже великим розміром біоплато (65-70%)

## 1.2 Переваги натуральних басейнів

1. Відсутність дорогого устаткування по знезараженню води в басейні. Немає необхідності в застосуванні штучних дорогих засобів очищення води за допомогою хімічних реагентів і очисних фільтрів.
2. В натуральний басейн можна вільно запускати рибу.
3. Вода в натуральних басейнах прогрівається набагато краще, що забезпечує більш комфортні умови купання. Температура води може досягати 28 ° С і більше.
4. Немає необхідності в періодичній заміні води.
5. Легкий догляд за басейном, немає необхідності в частій чищенні і митті.
6. Відносно невисока ціна будівництва в порівнянні з традиційним басейном, експлуатаційні витрати дуже низькі.
7. Постійно гарний естетичний вигляд природного басейну і ландшафту навколо нього. Власний натуральний басейн можна прикрасити різними методами і засобами:
  - глибинна підсвічування;
  - фонтани різної складності та конструкції;
  - штучні водоспади;
  - водяні млини, колеса.

Будівництво біо-басейну в порівнянні з басейном традиційної конструкції практично нічим не відрізняється.

## **РОЗДІЛ 2 ПРИКЛАД ПРОЕКТУВАННЯ БАСЕЙНУ, ТА РОЗРОБКА СТАНДАРТНО-ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ**

На специфіку виконання проектно-розрахункових робіт спочатку впливає цільове призначення та місце розташування штучної водної споруди. Це означає, що конструктивний підхід до проектування басейнів, біо-басейнів суспільних та частих, відкритих та закритих кардинально відрізняється.

Слід зауважити, що створення відкритого стаціонарного басейну є значною інвестицією та потребує компетентної реалізації. Найменші помилки у розрахунках можуть призвести до часткової або повної втрати експлуатаційних та естетичних якостей.

Також проектувальникам необхідно отримати від клієнта найбільш повний опис вимог, що висуваються до об'єкта, що створюється. Сюди відносяться:

- призначення штучної водойми (плавання, релакс, естетична функція);
- необхідність інтегрування з спорудами та спорудами;
- ймовірне місце розташування басейну;
- форма та глибина чаші.

При цьому слід врахувати, що чаша басейну повинна перебувати від межі ділянки мінімум на 3 м і у разі, коли її ємність перевищує 50 м<sup>3</sup>, необхідно отримувати дозвільний розпорядження у місцевих виконавчих органах. У цьому випадку проектна документація проходитиме експертну оцінку і, відповідно, якість її виконання має бути бездоганною.

## **2.1. Вимоги до ділянки**

Оскільки майданчик експлуатації басейну будемати високі вимоги в плані інфраструктурного забезпечення та санітарно-гігієнічних норм, то слід заздалегідь розрахувати відповідні можливості ділянки. Перед проектувальниками з цієї точки зору стоять дві основні завдання - облаштування під'їзних шляхів і створення деревно-чагарникових огорож. Треба зробити застереження, що проектування басейну на ділянці приватного будинку може обійтися і без окремих під'їздів для транспорту, і без щільних зелених насаджень. В інших випадках слід ще до початку будівельних робіт підготувати на ділянці лінії проїзду з капітальним покриттям. Доріжки можуть бути будь-якими в залежності від уподобань користувача. Що стосується насаджень, ними огорожується басейн по периметру, захищаючи від повітряних забруднень. Зазвичай для таких цілей вибираються хвойні породи.

## **2.2 Рекомендації для прокладки трубопроводу для басейну**

Щоб штучне водоймище не перетворилося на жабник, проектування басейнів обов'язково передбачає виконання креслень зі створення інженерних комунікацій - освітлення, водопідготовки та каналізації, також незайвим буде виконання системи підігріву води, оскільки це підвищить комфорт, а й значно збільшить період експлуатації. Закриття водної гладі тентом, керованим у напівавтоматичному режимі, дозволить захистити її від забруднення в період негоди та суттєво знизить навантаження на насосне обладнання та фільтри.

Обслуговування та утримання басейну неможливе безналежної роботи водопроводу. Проектувальники спочатку розраховують прокладку трубої інфраструктури з орієнтацією на оптимізацію функції насосного обладнання. У цій же частині продумується каналізаційна система. В обох випадках

повинні бути оцінені можливості подачі води і забезпечення стоку. Також здійснюється проектування вентиляції басейну, якщо розробляється об'єкт закритого типу, тобто в приміщенні. Втім, безпосередньо до обслуговування інфраструктури ванн тут мови не йде. Вентиляційні системи з розгалуженнями каналів організуються вже в самій будівлі, по загальним технічним вимогам

### **2.3 Проектування чаш басейну**

Будівництво басейну є одним найскладніших заходів в облаштуванні приватних будинків і спортивних комплексів. Наскільки якісно вдасться реалізувати дане спорудження, залежить не тільки від кваліфікації робочої бригади, а й від розробленого проекту, яким будівельники будуть керуватися. Складність технічних завдань для подібних об'єктів обумовлена необхідністю врахування багатьох факторів експлуатації і нюансів застосування різних будматеріалів. Як правило, проектування і будівництво басейнів виконує одна і та ж організація, але бувають і виключення. Більш того, якщо мова йде про невеликий за масштабом об'єкті з типовою конструкцією, то цілком можна реалізувати завдання своїми силами. Головне, щоб на руках був коректний і професійно складений проект.

Розробка проекту чаші – досить складний та відповідальний процес. Саме на стадії проектування визначаються такі важливі показники як необхідний обсяг земельних та бетонних робіт, номенклатура та витрата матеріалів, терміни будівництва, навантаження на основу тощо.

Проектування чаші басейну зазвичай складається із трьох етапів:

- 1-й етап – архітектурне проектування;
- 2-й етап – статичний розрахунок чаші басейну;
- 3-й етап – конструювання елементів чаші басейну.



- необхідна пропускна спроможність людей за зміну, кількість людей одночасно що у басейні.
- наявність та розташування технічного приміщення для обладнання, роздягальні, душових та інших підсобних приміщень.
- матеріал внутрішньої обробки чаші.

Крім того, одним з головних завдань, що вирішуються на стадії архітектурного проектування, є забезпечення гармонійного вписування басейну та аксесуарів, що використовуються разом з ним - гірок, водоспадів, фонтанів, освітлення, гідромасажу, протитечії, повітряних гейзерів, водяних гармат в існуючий інтер'єр, надання басейну архітектурної виразності та стилю.

**Статичний розрахунок чаші басейну**, здійснюється визначення внутрішніх зусиль в елементах чаші басейну від дії зовнішніх навантажень. Розрахунок чаші басейну виконує інженер-проектувальник.

Статичний розрахунок чаші басейну включає наступні стадії:

- вибір конструкції чаші басейну, а також матеріалів, з яких вона виготовлятиметься.
- вибір основи, на яку встановлюватиметься чаша басейну.
- сбор навантажень на елементи чаші.
- складання розрахункової схеми самої чаші, чи її елементів - залежить від конструкції чаші.
- виконання власне статичного розрахунку.

На першій стадії інженер-проектувальник, виходячи з необхідних форми та розмірів басейну, вибирає конструкцію чаші басейну, а також матеріали, з яких вона буде виготовлена. У кожному конкретному випадку при виборі варіанту виконання чаші визначальними є надійність, довговічність, естетичність, термін виготовлення, вартість і доступність матеріалів, що використовуються. В даний час, виходячи з перерахованих вище критеріїв, найбільш оптимальним конструктивним рішенням є чаша з монолітного залізобетону, проектування якої регламентується СНиП 2.03.01-84 \* Бетонні

та залізобетонні конструкції. Саме проектування залізобетонних чаш на сьогоднішній день є найбільш актуальним та затребуваним. Разом з тим, зараз широкого поширення набули збірні басейни завдяки своїй простоті та високій швидкості монтажу. Трапляються різні конструкції таких басейнів: зі збірних панелей, металевих листів і навіть надувні. Усіх їх поєднує одне - всі елементи таких басейнів фірмою-виробником вже розраховані та запроектовані на певні строго обумовлені умови будівництва та експлуатації. Таким чином, питання проектування чаші збірного басейну вирішується фірмою-виробником.

На наступній стадії статичного розрахунку проводиться визначення підстави, на яку встановлюватиметься чаша, і на яку передаватимуться навантаження від басейну. В якості основи можуть служити або ґрунт (наприклад, коли басейн виконаний зануреним у землю), або система колон, стін та міжповерхових перекриттів (наприклад, коли басейн знаходиться високо над землею, на якомусь поверсі будівлі). В якості ґрунтової основи переважно використовують скельні, гравілісті, піщані, супіщані, суглинні та глинисті ґрунти. У жодному разі не можна використовувати як підставу мулисті ґрунти, заторфовані ґрунти та ґрунти, оскільки вони під навантаженням можуть дати великі деформації та усадку. При виборі ґрунтової основи слід також приділяти особливу увагу таким факторам як: наявність та агресивність ґрунтових вод, глибина промерзання, пучність та просідання ґрунту. Як основа під басейн, що знаходиться високо над землею (на якому-небудь поверсі будівлі) зазвичай застосовуються залізобетонні або металеві перекриття, що спираються на несучі стіни або колони, при цьому зазначені конструкції також необхідно запроектувати з урахуванням навантаження, яке на них передається від басейну.

На третій стадії статичного розрахунку визначаються напрямок та величина навантажень, які діють на стінки, днище та основу чаші басейну від прилеглого ґрунту, води, людей, обладнання тощо. Збір навантажень здійснюється відповідно до СНиП 2.01.07-85 «Навантаження та впливу». Усі

навантаження слід розраховувати з урахуванням коефіцієнтів надійності, які також регламентуються зазначеним БНіПом.

Для будь-якого басейну можливі три варіанти навантажень:

- басейн заповнений водою, але не обсіпаний ґрунтом (стадія гідравлічних випробувань).
- басейн обсіпаний ґрунтом, але не заповнений водою (стадія зведення).
- басейн заповнений водою і обсіпаний ґрунтом (стадія експлуатації).

Чаша басейну розраховується на всі три варіанти навантажень, з яких для кожного елемента чаші виявляється найбільш несприятливий з погляду внутрішніх зусиль.

На четвертій стадії складається розрахункова схема чаші басейну або її окремих елементів. Тут слід зазначити, що ємнісні споруди належать до просторових конструкцій, при розрахунку яких необхідно враховувати спільну роботу дна та стін. При такому підході чашу зазвичай розраховують на комп'ютері з використанням методу кінцевих елементів (МКЕ) або методу кінцевих різниць (МКР). Розрахункова схема чаші представляється як просторова конструкція, стіни і дно якої складаються з певної кількості плоских чотирикутних, трикутних або циліндричних кінцевих елементів із заданими геометричними та фізичними характеристиками (довжина, ширина, товщина, модуль пружності, моменти інерції та інше). Однак для спрощення інженерних розрахунків несучу систему резервуарів часто розчленовують на окремі елементи (стіни, днище), розрахунок яких виконують окремо. Тоді, як розрахунок схеми стін зазвичай приймають - у прямокутних басейнах - пластину з трьома защемленими і однією вільною стороною, а в круглих у плані басейнах - циліндричну оболонку. Днища прямокутних і круглих у плані чаш у цьому випадку розраховуються як плити на пружній основі.

На п'ятій стадії виконується сам статичний розрахунок чаші басейну. Статичний розрахунок проводиться відповідно до діючих будівельних норм і правил з використанням методів будівельної механіки, опором матеріалів та теорії пружності. В результаті розрахунку визначаються внутрішні зусилля в

стінах, днищі, а також у вузлах сполучення і підбираються перерізи несучих елементів чаші, наприклад, товщину дна і стін, площу арматури і так далі. Підібрані перерізи елементів чаші повинні задовольняти нормативним вимогам щодо міцності, деформацій та тріщиностійкості (для залізобетонних конструкцій).

**Конструювання елементів** чаші басейну, поділяється на два розділи:

- конструювання несучих елементів чаші басейну (днища та стін).
- конструювання захисних, гідроізоляційних та оздоблювальних покриттів.

Конструювання стін і днища чаші полягає в оптимальній розстановці їх конструктивних елементів, наприклад - арматурних каркасів у залізобетонних чашах з точки зору прийнятої технології виготовлення, результатів розрахунку та відповідно до діючих будівельних норм і правил. Зокрема при конструюванні залізобетонної чаші слід враховувати такі нормативні показники, як: захисний шар бетону (відстань від грані арматури до найближчої грані бетонного перерізу), мінімальний та максимальний допустимий крок і діаметр арматурних стрижнів, мінімальний відсоток армування, довжина анкерування, мінімальний клас бетону морозостійкості, водонепроникності тощо. При конструюванні чаші необхідно враховувати розташування закладних елементів обладнання басейну. Всі закладні елементи (форсунки, скімери, донні сливи, прожектори та інше) встановлюються до бетонування в опалубку. У разі потреби у чаші басейну передбачаються температурні та деформаційні шви.

При конструюванні захисних, гідроізоляційних та оздоблювальних покриттів проводиться вибір конструкції гідроізоляції та оздоблювального покриття. Для надійного облицювання чаші басейну мозаїкою або керамічною плиткою оптимальне використання системних матеріалів. Це означає, що всі шари облицювання чаші – вирівнювальний, гідроізоляційний, клей, затирання – повинні бути однією фірмою виробника, що гарантує якість роботи матеріалів у басейні. За наявності високого рівня ґрунтових вод

може знадобитися розробка проекту дренажу або інших заходів з водозниження.

На етапі проектування басейну необхідно вибрати матеріал, яким виконуватиметься облицювання: плівка (лайнер), плитка або мозаїка. При проектуванні чаші, її габарити, довжина, ширина та глибина, а також конструктивні елементи (ширина та висота сходів, ширина борту) повинні максимально відповідати формату елементів облицювання, щоб скоротити кількість відходів та покращити естетичний вигляд кінцевого продукту.

За результатами розрахунку та конструювання розробляється робоча документація на чашу, яка включає в себе - опалубні креслення, схеми армування, креслення арматурних елементів, специфікації матеріалів та пояснювальну записку.

## 2.4 Приклади розрахунку басейнів

### *Басейн скімерного типу*

Початкові дані для проектування:

1. Тип басейну - індивідуальний
2. Розміри басейну в плані, м – 10x5
3. Глибина води в басейні, м – 1,5
4. Підігрів води - не проводиться.

### **Підбір фільтрувального і насосного устаткування.**

Порядок розрахунку наступний:

1. Визначаємо площу дзеркала басейну, м<sup>2</sup>

$$S = a \cdot b = 10 \cdot 5 = 50 \quad (2.1)$$

2. Об'єм басейну, м<sup>3</sup> складає

$$W = S \cdot h = 50 \cdot 1,5 = 75 \quad (2.2)$$

3. Обчислюємо продуктивність насоса і фільтрувальної установки, (м<sup>3</sup>/год)

$$Q=W/t=75/5=15 \quad (2.3)$$

де  $t$  – час обороту води, ч (прийнято рівним 5 ч).

Проводимо підбір насосного устаткування по каталогах фірм-виробників по витраті  $Q = 15 \text{ м}^3/\text{год}$  і натиску 10 м.

Підбираємо насос з каталога та обираємо фірми Kripsol (Іспанія) (рис.2.1) з наступними технічними характеристиками: продуктивність  $25 \text{ м}^3/\text{год}$ , натиск 9,8 м, потужність 0.84 кВт [1]. Насос обладнаний вбудованим механічним префільтром.



Рисунок 2.1 Насос фірми Kripsol.

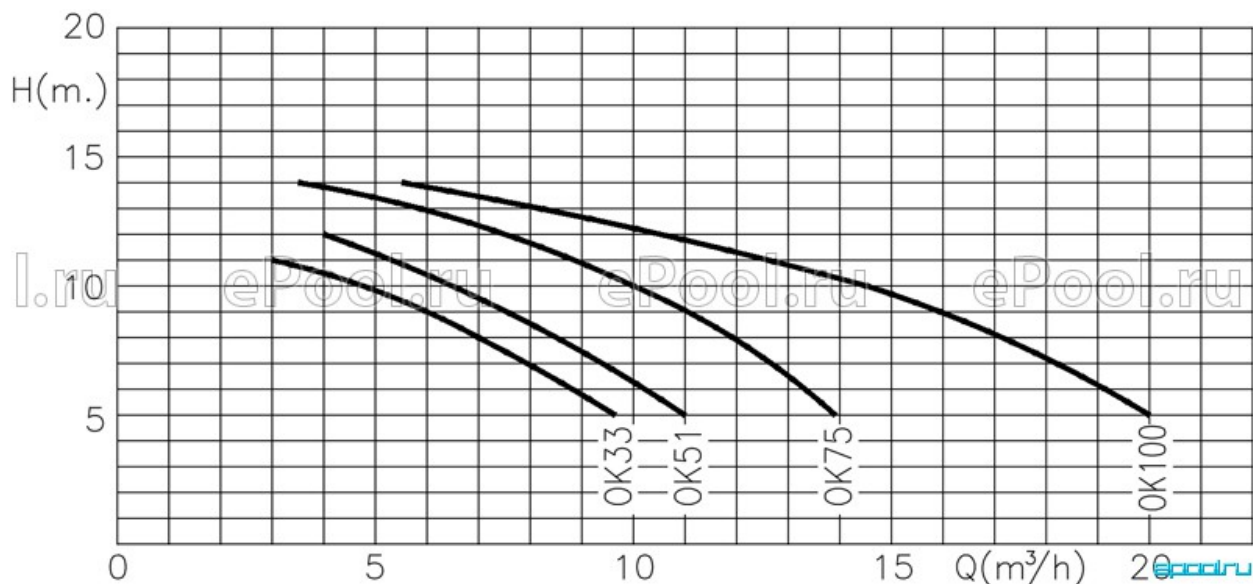


Рисунок 2.2. Визначаємо корисну площу фільтрування,  $\text{м}^2$

$$V \times F \times Q = 0,375 \quad (2.4)$$

де  $V$  – швидкість фільтрування, що приймається в межах 40-50 м/год (у даному

прикладі  $V=40$  м/год).

Проводимо підбір фільтру по каталогах фірм-виробників по продуктивності  $Q=15$  м<sup>3</sup>/год і  $D_p=690$  мм та приймаємо пісочний фільтр фірми Emaux (КНР) з поліестра з верхнім вентилям 40 мм,  $D=650$  мм,  $Q=15,6$  м<sup>3</sup>/год, маса піску 145 кг (рис.2.3). [1]



Рисунок 2.3. Пісочний фільтр фірми Emaux

## 2.5 Об'ємно-планувальні розрахунки

На етапі об'ємно-планувальні розрахунки визначаються параметри ванн. Зокрема, інженери і архітектори розраховують, якою буде глибина басейну, кут заокруглень дна, майданчик з відступом від краю ванни і загальні характеристики об'єкта. Важливо відзначити, що базовими є саме показники по довжині і ширині зони для купання. Залежно від схеми формування поздовжніх профілів басейну далі складається і план розташування решти інфраструктури. Крім того, норми проектування басейнів в частині об'ємно-планувальних робіт на увазі і розрахунок пропускної здатності об'єкта в залежності від обсягу ванни. При цьому універсальних моделей складання плану по цих даних немає, оскільки для кожного виду басейну передбачаються свої вимоги. Наприклад, навіть спортивні об'єкти значно розрізняються за параметрами місткості, які також

впливають і на пропускну здатність, і на експлуатаційні якості інфраструктурного забезпечення.

## **2.6. Рекомендації до матеріалів при проектуванні басейну**

Вибір будматеріалів залежить від типу конструкції. Очевидно, що для стаціонарного басейну слід підбирати більш міцні і надійні матеріали, ніж для збірних об'єктів. Проте, є і ряд загальних рекомендацій, за якими варто вибирати засоби обробки. Так, матеріал покриття лавок, обхідної доріжки, стін і дна бажано підбирати з моделей облицювання, піддається дезінфекції та очищення. Не завжди проектування басейну орієнтується на інтереси ергономічного властивості, але коли вони не суперечать базовим технічним нормам, допускається ухил в бік зручності експлуатації. Легкі в очищенні матеріали, в яких зберігається жорстка ізоляційна структура, є найкращим рішенням для оформлення ванни басейну. Але також не варто забувати про витратні допоміжних компонентах у вигляді ґрунтовки, затирання і тонування. Такі маси теж повинні відповідати вимогам герметичності, вологостійкості і міцності.

## **2.7. Склад проектної документації**

У кожному конкретному випадку кількісний перелік оформлених документів варіюється в залежності від масштабності та складності проекту. Але в загальному випадку до пакету проектно-конструкторської документації можуть входити:

1. Генеральний план, що детально розкриває розташування басейну в ландшафті, його форми та принципи облаштування;
2. Схема чаші, види, розрізи, креслення фундаменту, армування та опорних стінок;
3. Креслення інженерної обв'язки та створення комунікацій;
4. Специфікації матеріалів та кошторис витрат;
5. Пояснювальна записка.
6. На басейн може оформлятися ескізний та робочий проект.

### РОЗДІЛ 3 БУДІВНИЦТВА БІО-БАСЕЙНУ

Саме будівництво біо-басейну мало відрізняється від створення традиційного плавального водойми. Так само риється котлован і далі або споруджується бетонна чаша, або встановлюється вже готова пластикова ванна (у випадку з біо-басейном вона буде з біо-пластика), або стінки і дно обкладають спеціальними панелями. Так само створюється система трубопроводів, забезпечена скімерів для забору і форсунками для викиду води, встановлюється водяний насос і система механічної фільтрації.

А ось далі - вам не запропонують встановити дороге знезаражувальне обладнання, бо цю роль в натуральному басейні грають флора і фауна, які не тільки очищають воду і підтримують її в здоровому стані, але і служать справжньою окрасою вашої ділянки, зоною релаксації і об'єктом естетичної насолоди.

Слід зауважити, що на сьогоднішній день, в країнах Європи успішно працює велика кількість не тільки приватних, а й громадських натуральних басейнів, причому їх розміри, часом, досягають розмірів цілого озера. Популярність таких водойм – неймовірна. Все більше і більше натуральних купальних зон створюється сьогодні при готелях, оздоровчих центрах, на курортах і в зонах масового відпочинку. А це означає, що суворі європейські санітарні організації визнають такі басейни абсолютно безпечними. При цьому фахівцям добре відомо, що використання інших безхлорних технологій в чистому вигляді для громадських басейнів, заборонено в більшості країн Європи.

І це буде, підкреслимо, саме здорове середовище, що не насичена отруйними випарами хлору і інших хімічних реагентів.

Ще важливо - біо-басейни, як правило, служать не тільки для плавання, але і для прикраси ландшафту, для створення більш прохолодною, вологою, здорового середовища, що особливо привабливо в спекотне посушливе час

року. І це буде, підкреслимо, саме здорове середовище, що не насичена отруйними випарами хлору і інших хімічних реагентів.

По суті натуральний басейн являє собою замкнуту і самостійну водну систему, що складається з двох і більше водойм різного розміру і глибини. Центральне місце займає, природно, велика і глибока плавальна частина, приблизно третю частину обсягу основної чаші становить допоміжна частина, призначена для фільтрації та знезараження води. Фахівці вважають, що для нормального і абсолютно безпечного функціонування біо-басейну, необхідно мінімум 50 м<sup>2</sup>.

При виборі ділянки слід також подбати про те, щоб він не розташовувався поблизу дерев, чия листя при попаданні на водну поверхню може сприяти розмноженню волокнистих водоростей, присутність яких в басейні зовсім небажано. І це, мабуть, єдина умова, яку можуть вам поставити будівельники натурального басейну, бо при створенні такого водойми, в першу чергу, враховується думка ландшафтного дизайнера, який візьметься вписати це водяне царство в композицію вашого саду.

На відміну від традиційного басейну, для створення його біо-побратима не потрібно ідеально рівної ділянки. Навпаки - природні нерівності, підйоми і западини, дозволять найефективніше використовувати систему перетікають одна в одну водойм, що створить додаткові можливості для очищення води і насичення її киснем.

### 3.1. Основні етапи будівництва біо-басейну

1. Побудова котловану згідно з проектною документацією;
2. Установка пластикової ванни, укладання залізобетонних плит, панелей і т.д. ;
3. Прокладання системи водопостачання та спуску води;
4. Установка системи циркуляції води в басейні,(установка водяного насоса (насос забезпечує циркуляцію води в басейні і, таким чином, збагачується вода киснем));
5. Установка системи механічної фільтрації води в басейні.

б. Насадження спеціальної рослинності та заселення живих організмів (риби в зоні біоплато та ін.).

Слід пам'ятати, що рівень забруднення води басейну залежить також від інтенсивності купання і кількості людей.

### 3.2. Догляд за біо-басейном

Догляд за біо-басейном полягає в періодичній очистці басейну:

- за допомогою водного пілососа - проводиться очищення дна водойми від забруднення;
- за допомогою щіток очищають бічні сторони басейну;
- незначний догляд за рослинністю басейну, що передбачає обрізка або - очищення від засохлих стебел або листів.

На сьогоднішній день, в країнах Європи успішно працює велика кількість не тільки приватних, а й громадських натуральних басейнів, причому їх розміри, часом, досягають розмірів цілого озера. Популярність таких водойм – неймовірна. Все більше і більше натуральних купальних зон створюється сьогодні при готелях, оздоровчих центрах, на курортах і в зонах масового відпочинку. А це означає, що суворі європейські санітарні організації визнають такі басейни абсолютно безпечними. При цьому фахівцям добре відомо, що використання інших безхлорних технологій в чистому вигляді для громадських басейнів, заборонено в більшості країн Європи.

І це буде, підкреслимо, саме здорове середовище, що не насичена отруйними випарами хлору і інших хімічних реагентів.

Ще важливо - біо-басейни, як правило, служать не тільки для плавання, але і для прикраси ландшафту, для створення більш прохолодною, вологою, здорового середовища, що особливо привабливо в спекотне посушливе час року. І це буде, підкреслимо, саме здорове середовище, що не насичена отруйними випарами хлору і інших хімічних реагентів.

По суті натуральний басейн являє собою замкнуту і самостійну водну систему, що складається з двох і більше водойм різного розміру і глибини. Центральне місце займає, природно, велика і глибока плавальна частина, приблизно третю частину обсягу основної чаші становить допоміжна частина, призначена для фільтрації та знезараження води. Фахівці вважають, що для нормального і абсолютно безпечного функціонування біо-басейну, необхідно мінімум 50 м<sup>2</sup>.

При виборі ділянки слід також подбати про те, щоб він не розташовувався поблизу дерев, чия листя при попаданні на водну поверхню може сприяти розмноженню волокнистих водоростей, присутність яких в басейні зовсім небажано. І це, мабуть, єдина умова, яку можуть вам поставити будівельники натурального басейну, бо при створенні такого водойми, в першу чергу, враховується думка ландшафтного дизайнера, який візьметься вписати це водяне царство в композицію вашого саду.

На відміну від традиційного басейну, для створення його біо-побратима не потрібно ідеально рівної ділянки. Навпаки - природні нерівності, підйоми і западини, дозволять найефективніше використовувати систему перетікають одна в одну водойм, що створить додаткові можливості для очищення води і насичення її киснем.

#### **РОЗДІЛ 4 ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ В БАСЕЙНІ**

**<https://bnv.ua/uk/2020/03/30/reagentni-metodi-znezarazhennja-vodi-v-basejni-vibiraemo-pravilno/>**

Методи знезараження води класифікуються за принципом дії на:

- фізичні або безреагентні, де знезараження відбувається завдяки впливу фізичних факторів (кип'ятіння, ультрафіолет, електроліз, зворотний осмос);
- хімічні або реагентні методи, при використанні яких в воду вносяться деякі реагенти (хлор, озон, неокиснювальні реагенти);

- комбіновані методи передбачають поєднання обох технологій, наприклад ультрафільтрації та хлорування.

На схемі нижче можна зрозуміти класифікацію методів знезараження детальніше.

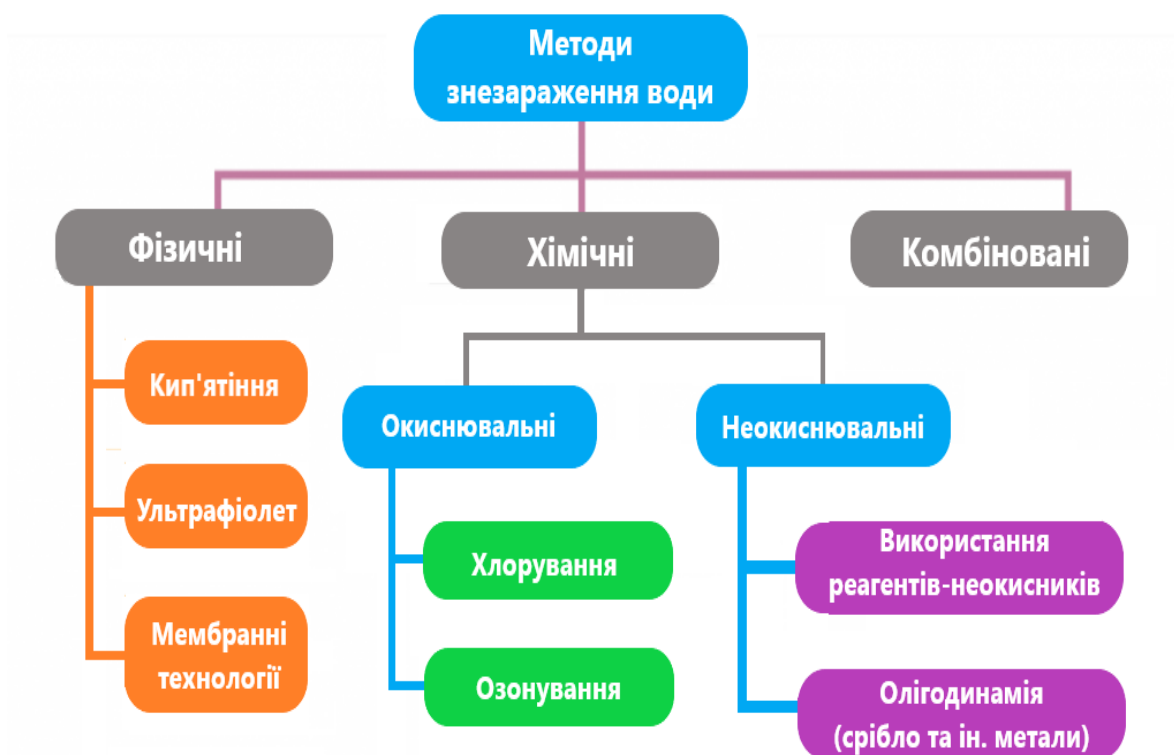


Рисунок 4.1- Схема методів знезараження води

Дезінфекція (знезараження) води – це знищення біологічно активних забруднювачів – мікроорганізмів, водоростей, бактерій, вірусів і продуктів їх життєдіяльності.

За способом впливу методи і технології знезараження поділяються на три групи: реагентні, безреагентні, комбіновані.

До першої групи належать:

- хлорування
- бромовання
- озонування

- використання кисневмісних реагентів.

До другої – методи обробки води під впливом фізичних дій:

- ультрафіолет
- ультразвук
- електроімпульси.

Третя група – це комбіновані методи, засновані на одночасному використанні реагентних і безреагентних методів.

Про вибір способу очищення води треба замислитися ще на етапі підбору самого басейну. Тут головними критеріями є цільове призначення басейну та побажання всіх членів сім'ї. Від того, як часто ви будете ним користуватися, чи буде він призначений для спортивного плавання, купання дітей або, головним чином, окрасою садиби. Крім того, схильність до алергій і чутливість шкіри істотно вплинуть на вибір реагентів. Розмір басейну і тип матеріалу, з якого виготовлена чаша, також мають різні параметри експлуатації, і, відповідно, вимоги до очищення.

**Реагентні способи знезараження** його відносять до самих ефективних способів очищення. До цієї групи відносяться: хлорування, бромовання, озонування, використання реагентів, що містять кисень.

Реагентне знезараження води, як ви здогадалися, полягає у внесенні в воду певних речовин. Ці сполуки діляться на дві групи:

- Окислювальні — руйнують клітинну структуру мікроорганізму шляхом його окислення, при цьому відновлюючись до менш активних сполук.
- Неокиснювальні — надають бактерицидну дію завдяки специфічним впливам на мікроорганізми, припиняючи їх розмноження.

Нижче ми поговоримо про основні методи знезараження, їх недоліки та переваги.

#### 4.1 Хлорування води

Хлор вважається одним з найефективніших способів знищення бактерій, грибків і вірусів. Випускається в гранулах, порошку, розчинах і таблетках. Якщо ви хочете точно знати, скільки хлорки додавати в воду, дивіться інструкцію до купленого препарату. Для кожного товару концентрація хлору індивідуальна, тому дотримуйтесь рекомендацій виробника про те, як правильно хлорувати воду в басейні відповідно до нормативів застосування засобу.

Цей метод полягає у внесенні в воду сполук, які містять активний хлор здатний окислювати мікроорганізми та органічні речовини.

Нижче наведемо основні хлорні дезінфектанти:

- Власне хлорна вода — має хороший дезінфікуючий ефект, легко дозується в воду. Недоліком є підвищені вимоги безпеки при зберіганні.
- Гіпохлорит натрію або кальцію сьогодні найпоширеніші дезінфікуючі реагенти. Виробляються в формі грануляту, який розчиняється у воді та дозується в рідкому вигляді. Їх зручно транспортувати, але при цьому вони не ефективні проти цист і при тривалому зберіганні знижується ефективність.
- Солі хлорізоціанурової кислоти, які використовуються переважно в технічних цілях для басейнів, ємностей, систем вторинного водопостачання, але іноді й для знезараження питної води в польових умовах. Препарати виробляються в формі таблеток, зручні для транспортування і зберігання, мають високу ефективність.
- Хлораміни використовуються на станціях централізованої водопідготовки, дозуються в воду в формі розчину. Перевагою даного методу є тривала післядія. Недоліками — більш виражений запах і нижча ефективність.
- Діоксид хлору — один з найсильніших хлорних окиснювачів, утворює замало побічних продуктів, але отримати його можна тільки в місці використання, тому не поширений в водопідготовці.
- Хлорне вапно (суміш гіпохлориту, хлориду і гідроксиду кальцію).

На сьогодні хлорування є найпоширенішим методом знезараження води. Це зумовлено високою ефективністю хлору стосовно 99% мікроорганізмів і його тривалою післядією. Це означає, що вода, яка подається в трубопровід, містить невелику кількість хлору. Він може окиснювати домішки, в тому числі мікроорганізми, хлор, органічні речовини, які викликають кольоровість води.

Чим небезпечний хлор для людини?

Тут варто говорити про два фактори, активний хлор, який викликає хлорний запах води з-під крана або в басейні, має властивості підсушувати шкіру і волосся, викликати подразнення слизових носа та очей. Але при цьому він швидко виділяється з води при відстоюванні та реальної небезпеки людині не несе.

Але є і приховані наслідки використання хлору, як дезинфектанта. Це утворення продуктів взаємодії хлору з органічними речовинами, які знаходяться в поверхневих водах, мікробіологічними обростаннями на поверхні трубопроводів. Ці сполуки називають "тригалометани" (вуглеводні, в яких один або кілька атомів заміщено хлором). Найпоширенішим забруднювачем вод є хлороформ (70 - 90% всіх тригалометанів).

Токсичність таких сполук має два механізми:

- беручи участь у метаболізмі, хлорорганіка сприяє виділенню токсикантів, що мають системну дію;
- в другому шляху взаємодії утворюються вільні радикали, які мають канцерогенну дію.

Дослідження, які багаторазово проводилися на територіях різних країн, показують кореляцію вживання для пиття хлорованої води з розвитком онкологічних захворювань шлунково-кишкового тракту.

Але проблема хлорорганіки успішно вирішується навіть завдяки найпростішим магістральним вугільним фільтрам.

Хлорування є найпоширенішим методом. Більше 90% громадських басейнів використовують саме цей метод або як основний, або в комбінації з безреагентними способами.

Перевагами хлорування є:

- відносна дешевизна і доступність;
- широкий спектр впливу на багато видів мікроорганізмів. Причому, на відміну від озонування, ультрафіолету і електролізу, не тільки сидить у воді, але і на стінках басейну;
- пролонговану дію.

До недоліків хлорування відносять:

- утворення токсичних сполук хлораміну і хлороформу;
- хлор не вбиває спороутворюючі мікроорганізми
- звикання до впливу хлору вимагає періодичного внесення «ударних доз».

На сьогоднішній день найбільш ефективними і безпечними є комбіновані методи, що дозволяють домогтися найкращих показників якості води і знизити рівень хлору.

## **4.2 Бромовання**

Бромовання – реагентний спосіб знезараження. Поряд з усіма перевагами хлорування, сполуки броду не токсичні, не подразнюють шкіру і слизові, і не мають запаху. За ефективністю спосіб займає проміжне положення між хлоруванням і активним киснем, тому для обсягу води в великих басейнах бродювання не буде ефективно. Через відносну дорожнечу цей метод успішно застосовується для знезараження невеликих приватних або СПА-басейнів.

## **4.3 Знезараження за допомогою активного кисню**

Знезараження за допомогою кисневмісного реагенту було у свій час дуже популярно в Європі. Це досить ефективний спосіб боротьби із згубною мікрофлорою, який при належних концентраціях не подразнює шкіру і не утворює токсичні сполуки. Однак, менша активність реагенту і властивість швидко розкладатися в воді вимагає більшої концентрації активного кисню. А це вже шкідливо. Тому на тлі більш дешевого і, у випадку з передозуванням, більш безпечного хлорування, для великих громадських басейнів метод не використовується. Для критих приватних басейнів з невеликим навантаженням – цілком доречний. При цьому, температура води не повинна перевищувати 28 ° С, інакше процес реакції сповільнюється.

#### **4.4 Озонування**

Озонування, по суті, еквівалентно багаторазово прискореній процедурі природного очищення води. Озон ефективно знищує спори, віруси і бактерії. Патогенні мікроорганізми знищуються їм в 15-20 разів швидше, а спорові форми бактерій в 300-600 разів швидше, ніж хлором. При озонуванні не утворюються хлораміни. Ні подразнення слизової і шкіри, не утворюються хлораміни, і неприємний запах. Передозування озону не є проблемою, так як після закінчення процесу озон перетворюється назад в кисень.

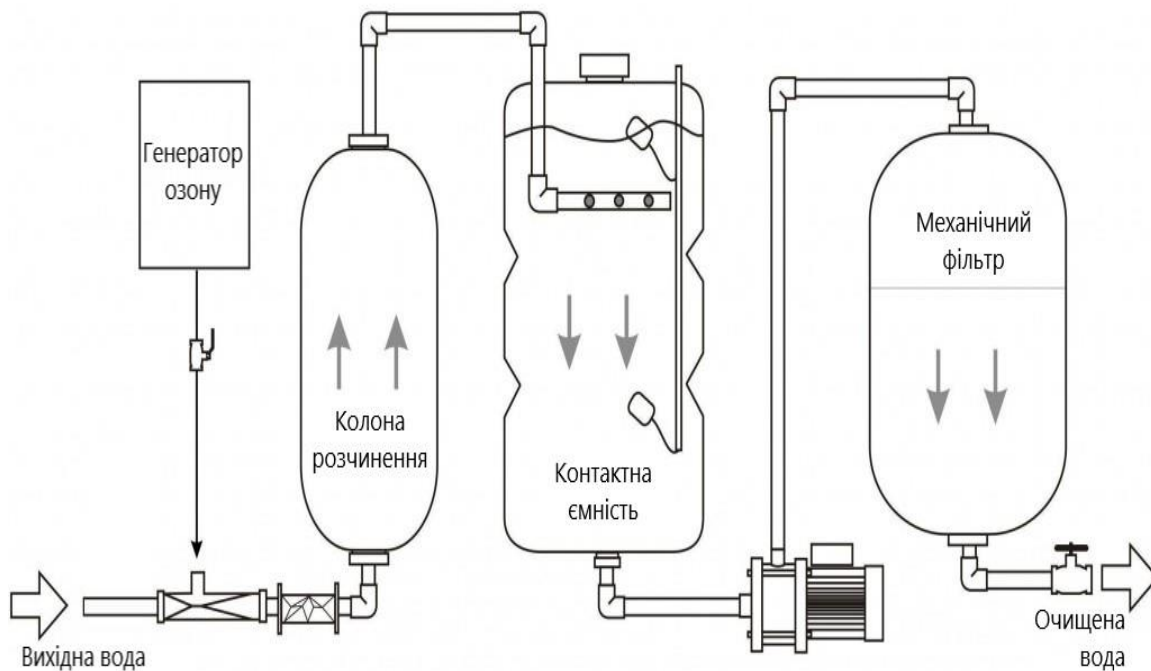
До недоліків озонування відноситься той факт, що стінки басейну не дезінфікуються і відсутня пролонгований ефект знезараження води. Озонування набагато дорожче традиційного хлорування і вимагає ретельного контролю з боку техніки безпеки, так як озон є вибухонебезпечним газом. Поряд з перерахованими вище особливостями можна зробити висновок, що саме комбінація хлорування і озонування дасть максимальний ефект: вода буде залишатися чистою і прозорою, а витрата хлору – мінімальним.



Рисунок 4.4 - Приклад схеми озонування води в басейні

Озон є сильним окислювачем. Він ефективний проти всіх мікроорганізмів та їх спор. Але при цьому не ефективний для видалення біоплівки, відповідно, не підходить для знезараження ємностей і басейнів.

Озон отримується безпосередньо в місці водопідготовки на спеціальних установках-озонаторах, які містять генератор озону, колону для розчинення та взаємодії його з водою і механічний фільтр для видалення окиснених частинок. На малюнку приведена схема процесу.



(<https://ecosoft.ua/ua/blog/tehnologii-obezzarazhivaniya-vody/>)

Рисунок 4.5- Схема очищення води озonom

Внаслідок взаємодії озону з водою утворюються альдегіди, кетони, органічні кислоти, які теж мають токсичну дію. Тому після озонування також необхідне використання фільтрів з активованим вугіллям.

Переваги цього способу очищення води :

- висока ефективність стосовно всіх мікроорганізмів;
- відсутність тригалометанів, як продуктів взаємодії;
- видаляє сторонні смаки та запахи.

Недоліки цього способу очищення води:

- вимагає дорогого устаткування;
- підвищені вимоги до техніки безпеки та навчання персоналу;
- утворення вторинних продуктів, токсичних для людини.

#### 4.5 Очистка води ультрафіолетом

Ще з давніх-давен людство знає про корисну дію сонячних променів. Завдяки ультрафіолету, який є однією зі складових спектра УФ-випромінювання,

вони здатні руйнувати структуру тиміну в ДНК клітин мікроорганізмів. Внаслідок чого бактерії та віруси втрачають здатність до розмноження як у воді, так і в організмі людини.

Найпримітивнішим виконанням УФ-зnezараження води є SODIS-метод. Вода, очищена проціджуванням від великих механічних частинок розміром понад 50 мкм, заливається в пляшки з PET (поліетиленфталату), які розміщуються на поверхні під прямими сонячними променями. Головним недоліком даного методу є необхідність активного сонячного світла. Метод максимально ефективний в смузі між 35 градусами південної та північної широти, в таких широтах зnezараження займе близько шести годин. При зниженні інтенсивності сонячного світла зростає тривалість зnezараження.

Прилади для зnezараження води виробляються в формі циліндричних механічних трубок з випромінювачем в кварцовому рукаві. Вода надходить в корпус і тонким шаром обтікає рукав, внаслідок чого просвічується УФ-променями та зnezаражується. Довжина хвилі в більшості таких приладів близько 250 нм.

Сьогодні такі пристрої використовуються для превентивного зnezараження, як питної, так і господарсько-побутової води після систем комплексного очищення. Встановлення такого випромінювача запобігає заростанню трубопроводів, деталей фільтра, пральної машини тощо.

Переваги цього способу очищення води:

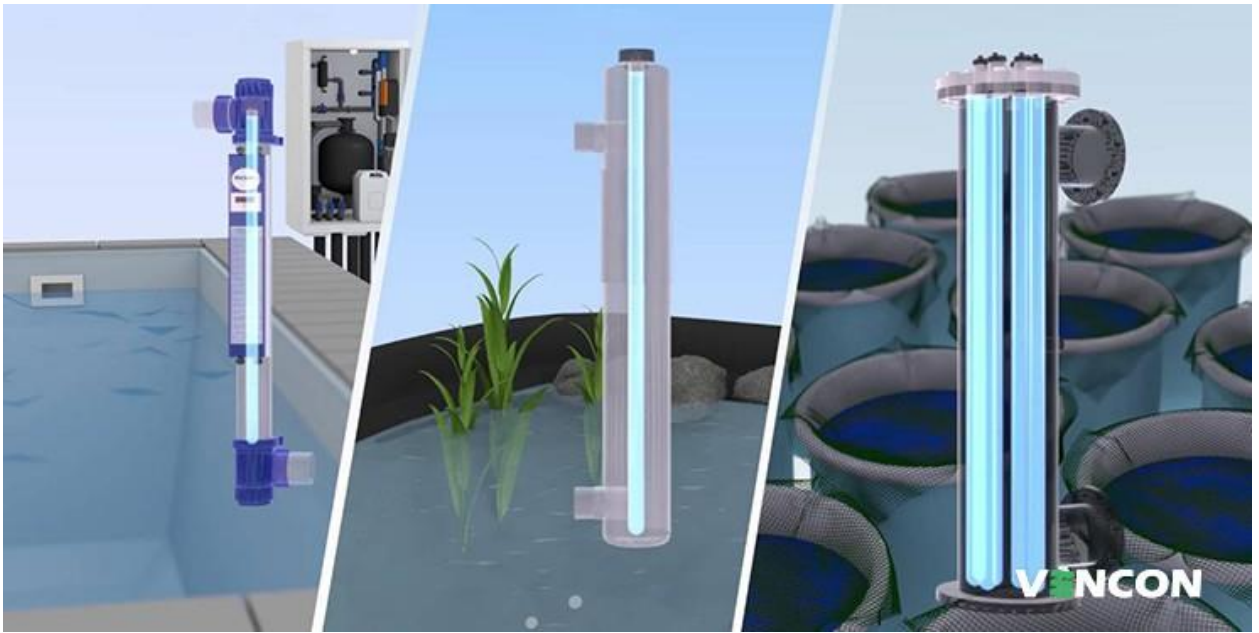
- метод простий у використанні;
- не вимагає громіздкого обладнання;
- відсутня необхідність в постійному дозуванні реагентів;
- не вносить в воду вторинне забруднення на відміну від дезінфекції реагентами;
- низьке енергоспоживання.

Недоліки цього способу очищення води:

- не ефективний щодо широкого спектра мікроорганізмів, для забруднених патогенами вод рекомендуються комбіновані методи;

- необхідна регулярна заміна випромінювача;
- вода перед пропусканням через прилад має бути очищена від механічних частинок, оскільки вони здатні знижувати ефективність методу на 50%;
- відсутність пролонгованої дії.

Обробка води ультрафіолетом. Ультрафіолетове знезараження вважається одним з найбільш прогресивних і безпечних методів дезінфекції води. Його ефективність обумовлена вираженими бактерицидними властивостями УФ-променів. Знезараження відбувається в спеціальній лампі – джерелі ультрафіолетових променів. УФ-вплив при цьому ніяк не позначається ні на структурі, ні на якості рідини. У воді після ультрафіолетовими фільтрами зберігається максимум корисних речовин. Багато експертів переконані в тому, що дезінфекція води ультрафіолетовим випромінюванням є найкращим способом підготовки питної води до використання. Серед основних переваг такого методу вони відзначають: простоту в обслуговуванні; знищення яєць гельмінтів, вірусів і бактерій, з якими не справляється хлорування; збереження органолептичних властивостей; мінімальні витрати на електроенергію; широку область застосування. Ультрафіолетовий метод обробки також не позбавлений недоліків. Так, наприклад, дезінфекція УФ-випромінюванням вимагає попереднього механічного очищення, для якого можуть знадобитися магістральні фільтри, а також фільтри для очищення питної води.



(<https://vencon.ua/ua/articles/metody-dezinfekcii-i-obezzarazhivaniya-vody>)

Рисунок 4.6 – Приклад схеми очищення води в басейні ультрафіолетом

## РОЗДІЛ 5 ОБЛАДННЯ БІОБАСЕЙНУ В ЕКОПАНСІОНАТІ

### 5.1 Класифікація обладнання басейнів

До обладнання басейну належать:

- канал для випливу;
- ілюмінатори для підсвічування води;
- переливні жолоби;
- трапи, пристрої для подачі води та для водовідведення.

Технологічне обладнання включає:

- Установки водопідготовки;
- Установки нагріву води;
- системи подачі, транспортування та розподілу води.

Технічне та технологічне обладнання в приміщеннях - питні фонтанчики, туалети, душові установки, обладнання лабораторії, лікарського кабінету, масажної та сушильної кімнат.

## 5.2 Розподільне обладнання

Пристрої для подачі та розподілу циркуляційної води складаються з магістрального трубопроводу, що подає воду від очисних споруд, розподільної мережі, обладнаної запірною арматурою та соплами, що подають. Гідравлічний розрахунок трубопроводів розподільної мережі та підбір діаметрів підводять та розподільних труб, виконують для швидкості руху води в них не більше 3 м/с, а у магістральних – не більше 2 м/с. Робочий напір у сопел, що подають, доцільно приймати не більше 2 м.

Рівномірність проходження потоку води передбачає рівні швидкості подачі води на всіх форсунках, що досягається уніфікацією перерізів подаючих трубопроводів і розташуванням їх в одній горизонтальній площині. Кількість форсунок безпосередньо пов'язана зі швидкістю води, що надходить у басейн, яка не повинна перевищувати 1,5-2 м/с та 0,5 м/с - у дрібних та небезпечних ділянках.

Застосовуються універсальні регульовані форсунки продуктивністю від 3,0 до 7,0 м<sup>3</sup>/год. Напрямок виходу струменя можна регулювати, повертаючи їх у будь-якому напрямку. Сопло викиду форсунки кріпиться до фланця невидимими шурупами. Існує кілька модифікацій: універсальна, для плівкових та плиткових басейнів. Вони можуть бути виготовлені з пластику та нержавіючої сталі. Різні види форсунок представлені на рисунку.

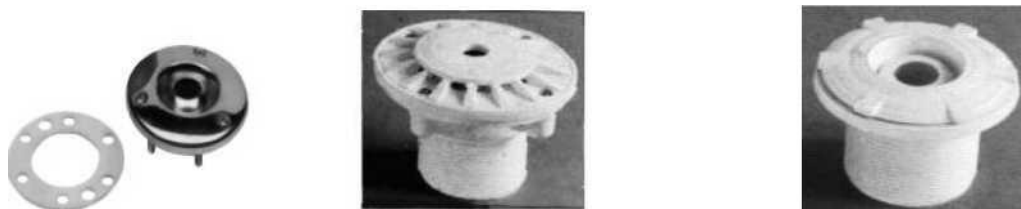


Рисунок 5.1 - Види форсунок:

а - універсальна форсунка із нержавіючої сталі;

б - форсунка донна із білого пластику;

в - універсальна форсунка із білого пластику.

### 5.3 Пристрої для водовідведення чаші басейну

Переміщення водної маси повинно забезпечувати постійне видалення брудної води через зливні труби (скімери, переливний жолоб) і надходження чистої води через труби, що подають (форсунки).

Скіммер являє собою порожнистий пластиковий або металевий бак, у нижній частині якого через різьбове з'єднання підключається труба магістралі водозабору. На бічній поверхні скімера є прямокутне приймальне вікно з плаваючою заслінкою. Через приймальне вікно з басейну в скіммер надходить вода і прямує в систему для подальшого очищення та нагрівання. Плаваюча заслінка призначена для відсікання нижніх шарів води та збирання з поверхні забруднення. Кожен скіммер забезпечений фільтром грубої очистки (сітчасте відерце), в яких затримуються найбільші забруднення, сміття.

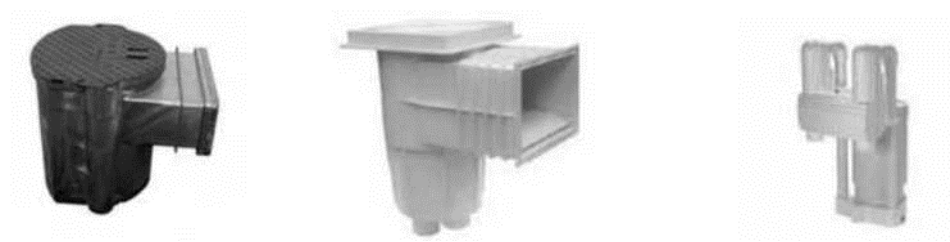


Рисунок 5.2 - Пристрої для збору води з поверхні ванни басейну :  
а - скіммер, що вбудовується з нержавіючої сталі; б - скіммер, що вбудовується з ПВХ; в - скіммер навісний із ПВХ

Випускні отвори зазвичай розміщують паралельно торцевій стінці ванни по одній лінії із забезпеченням ухилу дна. Відстань між випусками не повинна перевищувати 5 м, а від випуску до стіни ванни - 1 - 2,5 м. Випускні отвори перекриваються ґратами з нержавіючої сталі (рисунок 6). Діаметр отворів у решітках - не більше 12 мм, а загальна їх площа - в 1,5 - 2 рази більша за площу поперечного перерізу патрубку або відповідної труби випуску.

Розрахункову швидкість руху води у випускних отворах рекомендується приймати рівною 0,4 - 0,5 м/с



Рисунок 5.3 - Донний слив

а - універсальний донний трап із білого пластику; б - універсальний донний трап із нержавіючої сталі

#### 5.4 Устаткування для нагрівання води

Для нагрівання води басейну використовують або електронагрівачі, або теплообмінники.

При централізованому гарячому водопостачанні вода у ванні басейну підігрівається за допомогою водоводяних теплообмінників. Розрахунок теплообмінника проводиться, виходячи з необхідності досягнення швидкості нагрівання води в басейні на  $1^{\circ}\text{C}$  не швидше ніж протягом 4 годин. Така низька швидкість підігріву пов'язана з урахуванням коефіцієнтів теплового розширення матеріалів, з яких виготовлені чаші басейну, трубопроводи, фільтри та інші елементи системи. При такому дбайливому підігріві забезпечується довговічність системи загалом [13]. Схема пристрою водонагрівача представлена на рис. 5.4.

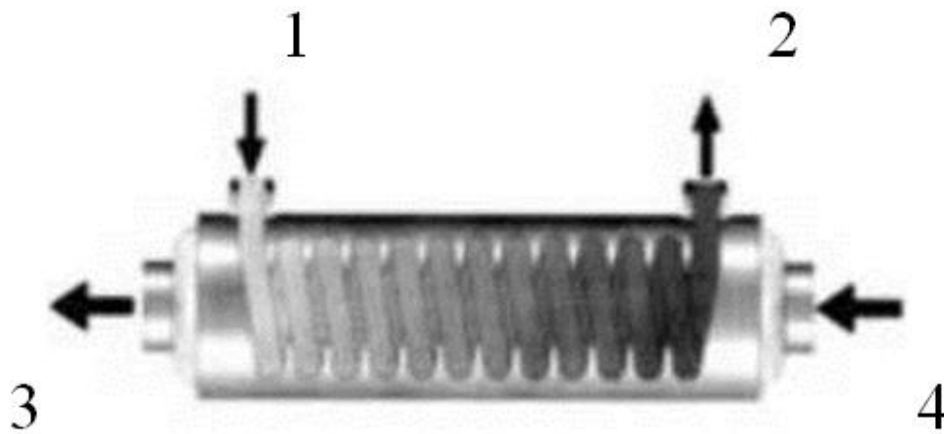


Рисунок 5.4 - Схема влаштування водонагрівача для басейнів  
 1-подача теплоносія; 2 - подача нагрітої води в басейн; 3 - повернення теплоносія; 4 - подача нагрітої води в басейн.

Коли немає можливості користуватись центральним теплоносієм, можна використовувати проточні водонагрівачі. Електронагрівач призначений для підігріву води, що протікає через нього. Для роботи електронагрівача необхідні: датчик температури в діапазоні від 0 ° С до +40 ° С з датчиком температури, реле максимальної температури (спрацьовує при перегріві нагрівача понад +60 ° С), реле протоки. Проточний водонагрівач представлений рисунком 5.5.



Рисунок 5.5- Проточний водонагрівач QWL

Основною функцією теплообмінника є підігрів циркуляційної води та підживлювальної води, що подається з водопроводу на покриття втрат води в процесі експлуатації, також враховується покриття втрат тепла в трубах, конвекція та випромінювання під час випаровування води у ванні басейну. Теплообмінник оснащений датчиком температури, захистом від перегріву і

керуючим блоком з виконавчим електромагнітним клапаном на гріючій воді з попереднім очищенням води грязьовим фільтром.

### 5.5 Обладнання для освітлення

Для створення ефективного виду в басейнах влаштовують підводні світильники приблизно 100 Вт на 30 м<sup>2</sup> площі басейну. Світильники розташовують на 70 см нижче поверхні води на бічних стінках басейнів таким чином, щоб світло від світильників не засліплювало під водою. Світильники приєднують до електричної мережі будівлі через понижуючі трансформатори. Робоча напруга, що подається від трансформатора, становить 12 Ст.



Рисунок 5.6- Проектори із бронзи

а – вбудований прожектор потужністю 300 Вт; б – вбудований прожектор потужністю 300 Вт; в – накладний прожектор потужністю 300 Вт

### 5.6 Труби та арматура

Як запірну арматуру для реагентного господарства найбільш доцільно використовувати фланцеві чавунні діафрагмові футеровані вентиля. Менш бажано застосування вінілплатових вентилів через їхню недостатню міцність і «прикипання» ущільнюючих поверхонь.

Технологічні трубопроводи водопроводу монтують із сталевих труб на зварюванні. Усі закладні частини у товщі стін та дна ванн слід виготовляти з

нержавіючої сталі. У приміщеннях з підвищеною вологістю доцільно виконувати приховане прокладання трубопроводів. Останнім часом технологічні трубопроводи монтується з розтрубних пластмасових труб, у яких стики ущільнюються гумовими кільцями, що натягуються на гладкий кінець труби. При використанні пластмасових труб з гладкою внутрішньою поверхнею в кілька разів збільшуються пропускна здатність та термін служби технологічних трубопроводів.

Для систем водопідготовки біобасейну для екопансіонату на першому етапі передбачаємо фільтрування з попереднім коагулюванням. Фільтри піщані нагрів здійснюватимемо теплообмінником.

Знезараження води здійснюється комбінованим методом із застосуванням хлорування та УФ-випромінювання

## **РОЗДІЛ 6 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ПІДДОСЛІДНИХ ОРГАНІЗМІВ**

### **6.1. Клас молюски двостулкові (bivalvia)**

В данній роботі пропонується здійснити очиску води в пансіонаті за допомогою молюсків. Найперше за часом і найвірніше по суті найменування "двостулкові" (Bivalvia) запропонував в 1758 р. Карл Лінней; серед інших

назв широко користувалися трьома: назва "безголови" (Acephala) дав Кювье в 1798 г.; "пластинчатозяберні" (Lamellibranchiata) - Бленвілль в 1814 г.; "сокироногі" (Pelecypoda) - Гольдфусс в 1820 р. Дві останні назви невірні по суті, оскільки не у всіх членів класу зябра мають пластинчасту будову і зовнішній вигляд ноги достатньо різноманітний - від плоскої лазальної до пальцевидної, лопатоподібної, а можлива і її відсутність. Термін "безголови" вірно відображає особливості, властиві всім представникам класу, але ліннеївське назва старша. Є і українська назва - черепашки.

Особливості будови тварин пов'язані з трьома обставинами: походженням, умовами існування і способом життя. Походження звичайно накладає певні рамки на межі мінливості. Наприклад, всі представники надряду первиннозяберних (Protobranchia) мають характерний замок, що складається з безлічі однакових зубчиків, і ногу з плоскою підшвою, а також дуже сильно розвинені навколоротові придатки - незалежно від того, на яких глибинах, на яких ґрунтах і в якому регіоні тварини мешкають. Умови існування часто сприяють виникненню певного забарвлення раковини, скульптури на її поверхні і, в деякій мірі, форми раковини. Спосіб життя позначається на багатьох особливостях організації тварин. Так, у тісно пов'язаних зі скелями двостулкових молюсків звичайно розвивається здатність свердлити твердий субстрат (екологічна група каменеточців і деревоточців). У нозі багатьох видів є особлива залоза, що виділяє так звані біссусні нитки (біссус), за допомогою яких молюски прикріплюються. Деякі види цементуються (прирастають) одній із стулочок до поверхні каміння. Водобмін в мантийній порожнині здійснюється звичайно за допомогою трубок (сифонів), сформованих краєм мантиї. Тому види, що прикріплюються до твердого субстрата або живуть на поверхні ґрунту, часто мають короткі сифони, а ті види, які закопуються в ґрунт, володіють дуже довгими сифонами, довжина яких може перевищувати довжину їх раковини. Товщина стінок раковини також звичайно пов'язана з умовами існування: глибоководні океанічні форми, а також молюски, що живуть в прісних

стоячих або слабкопроточних водах на м'яких ґрунтах, мають найчастіше тонкостінні раковини, іноді майже прозорі, як у маленьких гребінців пропеамуссиумів. Навпаки, видам, що мешкають в прибіжній зоні, на кам'янистих ґрунтах, на швидких перекочуваннях, властиві могутні твердостінні раковини. У комменсалів мантия нерідко обростає раковину, в результаті стулки стають дуже тонкими і мають схильність до редукції. Оскільки раковини двостулкових молюсків складаються по суті з "каменя" (карбонату кальцію), вони, як і раковини інших молюсків, добре зберігаються у викопному стані і служать важливим джерелом відомостей про природну обстановку в минулі геологічні епохи. Скупчення викопних раковин холодноводого молюска арктичної портландії (*Portlandia arctica*), що живе нині в арктичних морях, у відкладеннях Північної Європи указують на те, що цей регіон колись був зайнятий холодною, злегка опрісненою ділянкою мілководного так званого Йольдієвого моря. До речі, сама ця назва утворена від назви роду двостулкових молюсків йольдій, з якими раніше об'єднували рід портландії. Це море з холодноводною фауною, де головну роль виконувала арктична портландія, було пов'язано з періодом похолодання в післяльодовиковий час (близько 8-10 тис. років тому). Відкладення теплого Літторінового моря, що існувало пізніше (3-5 тис. років тому), характеризуються присутністю щодо тепловодних двостулкових молюсків, наприклад ісландської циприни (*Arctica islandica*), їстівної сердцевідки (*Cerastoderma edule*), шорсткої зірфеї (*Zirfaea crispata*). Нині ці види живуть в Північній Атлантиці, в найтепліших районах Баренцева і частково Білого морів, тоді як в епоху Літторінового моря вони просувалися далі на північ.

З найдавніших часів багато двостулкових молюсків використовувалися людиною в гастрономічних цілях. Їх раковини постійно зустрічаються в "кухонних купах" доісторичної людини, що жила по берегах водоймищ. У розкопках стоянок палеолітичної людини в Криму постійно знаходять безліч раковин мідій, устриць, гребінців і інших черепашок, яких промишляють і у наш час. М'ясо цих тварин не тільки смачне і легкозасвоюване: воно володіє

високою калорійністю і містить вітаміни А, В, С, D і ін., а також такі рідкісні в звичній їжі людини мікроелементи, як йод, залізо, цинк, мідь. М'ясо і раковини черепашок використовують для виготовлення домашньому птаху кормової муки і добрив, що додається в їжу. Зараз природні запаси найцінніших промислових молюсків в багатьох місцях виснажені або істотно підірвані; тому в багатьох країнах їх стали переселяти в нові райони, акліматизувати, а також розводити штучно. В даний час значно більше половини двостулкових молюсків, що видобуваються, одержують в результаті штучного розведення. Особливо велике значення має промисел різних черепашок в Японії, США, Кореї, Китаї, Індонезії, на Філіппінських і інших островах Тихого океану. У Японії, наприклад, видобувається близько 90 видів двостулкових молюсків, з яких приблизно два десятки видів мають велике промислове значення, а 10 видів розводять штучно. Більш всього (90%) черепашок видобувається в північній півкулі - в Тихому і Атлантичному океанах. Промисел прісноводних двостулкових складає лише декілька відсотків від світової добичі всіх молюсків. У нашій країні промислове значення мають головним чином приморський гребінець (*Patinopecten yessoensis*), декілька видів мідій (*Mytilus*), устриці (*Ostrea*), біла черепашка (*Spisula sachalinensis*), піщана черепашка (*Mya arenaria*), півники (*Tapes*, *Venerupis*). Двостулкових молюсків видобувають не тільки ради м'яса: їх раковини використовують як сировину для виробів з перламутру (перлівниці, північноамериканські лампсиліди, прісноводні і морські перлові скойки); нарешті їх промишляють ради перлів. Треба відмітити, що перлина з погляду зоолога і з погляду ювеліра - далеко не завжди одне і те ж. Перлина утворюється в раковині в тих випадках, коли між мантиєю і внутрішньою поверхнею раковини потрапляє яке-небудь стороннє тіло. Це може бути піщинка, шматочок тканин мантиї, дрібна тварина-паразит. Мантия, дратована стороннім тілом, починає шар за шаром виділяти в цьому місці перламутр. Так перлина росте, потім поступово відокремлюється від внутрішньої поверхні раковини (часто вона спочатку не сполучена з раковиною) і лежить

вільно. Щоб перлина мала ювелірну цінність, до неї пред'являються певні вимоги, пов'язані з її розміром, чистотою, забарвленням, правильністю форми. Ось такі "ювелірні" перлини в природі зустрічаються досить рідко. Проте в кінці минулого століття японський зоолог Міцукурі запропонував спосіб штучного вирощування перлів в морських перлових скойках. Цей спосіб, що застосовувався промисловцем Мікімото, полягав у тому, що в раковину молюска (у трирічному віці) підкладали шматочок перламутру півсферичної форми і приклеювали зсередини до стулки. Після того, як він покривався шарами перламутру, його вирізували разом з прилеглою ділянкою перламутрового шару раковини, за рахунок якого шляхом шліфовки доповнювали бракуючу половину перлини. У інших випадках кулясту перлину створювали склеюванням двох половинок. Оскільки обидва способи не давали повноцінних перлин, пізніше їх удосконалили: виточені на токарному верстаті перламутрові кульки об'язували ділянкою мантийного листка і такому вигляді трансплантували в трирічних молюсків. Такі перлові мішечки з штучними ядрами витримували в тілі черепашки протягом 7 років. "Мікімотовські" перлини з штучним ядром цінуються на 20-40% нижче за природних, оскільки вважаються менш міцними. Велике також непряме значення двостулкових молюсків для людини: черепашками, як вже з'ясували, харчуються багато риб, і зовсім не тільки карасі. Деякі види заслужили навіть назву "молюскоїдів", наприклад каспійська вобла. Райони, де разом з іншими донним безхребетними спостерігається масовий розвиток дрібних черепашок, служать місцями відгодівлі різних придонних промислових риб. Чималу роль двостулкові молюски грають в живленні всім відомих промислових камчатських "крабів". Зовнішній скелет (раковина) черепашок завжди складається з двох стулок. Форма і розмір правої і лівої стулок звичайно однакові, але нерідкі випадки, коли вони помітно розрізняються. Якщо в інших класах типу молюсків раковина в тій чи іншій мірі втрачається (пригадаємо морських і сухопутних слимаків з класу червоногих, більшість сучасних головоногих), то для двостулкових

раковина - неодмінний атрибут, і лише дуже рідко вона може сильно зменшуватися, але повністю не зникає ніколи. На спинній стороні тварини стулки з'єднуються еластичним тяжем-зв'язкою, або лігаментом. Для зручності подальшої розповіді візьмемо яку-небудь всім відому черепашку, хоча по ходу справи надаватимемо увагу і іншим видам. Як такий приклад орієнтуватимемося на беззубку, дуже звичну в поволі поточних і стоячих водоймищах нашої країни. Рід беззубок (Anodonta) відноситься до найбільшого з трьох що входять до складу класу надряду справжніх пластинчатозяберних. Перш за все належить з'ясувати, де у молюска передній кінець, а де задній. Передній кінець коротше і більш округлий, задній злегка звужений і відтягнутий. Точкою відліку служить верхівка - сама верхня роздута частина; це перший за часом утворення ділянка раковини. Якщо видно край ноги, що висунувся між стулками, то передній кінець легко визнається, оскільки нога направлена вперед. На задньому кінці між прочиненими стулками помітні два щілиноподібних отвори, розташовані один над іншим. Це сифони: Через нижній вода прямує в простір між стулками, через верхній видаляється назовні. Лігамент (зв'язка) добре видно на спинній стороні раковини; за рахунок пружинних властивостей лігаменту стулки при розслабленні м'язів-замикачів (аддукторів) автоматично прочиняються. Лігамент складається з волоконної рогоподібної речовини - конхіоліну. Коли аддуктори, скорочуючись, стягують стулки, волокна в нижній частині лігаменту стискаються, а у верхньому шарі - розтягуються, причому і ті і інші прагнуть через природну пружність повернутися до початкового стану. Саме тому у мертвих молюсків аддуктори розслаблені і стулки раковини завжди напіврозкриті. У членів інших груп лігамент може бути різною мірою занурений в простір між стулками, тому, залежно від ступеня занурення, прийнято говорити про зовнішній і внутрішній лігамент. Внутрішня поверхня спинного краю стулок у беззубки гладка, звідси назва молюска. Проте у більшій частині двостулкових для запобігання зсуву стулок однієї щодо іншої в площині стулення розвивається система (нерідко

дуже складна) виростів, горбиків і пластинок, що займають спинний (замковий) край раковини - так званий замок, окремі виступаючі елементи якого іменуються зубами. Замковим зубам однієї стулки відповідають поглиблення на іншій стулці. Деталі будови замку, число, форма і характер розташування зубів служать важливими систематичними ознаками і характерні для сімейства, роду, іноді і виду. Будова замка дає матеріал для розшифровки генеалогічних відносин між різними групами двостулкових молюсків. Поверхня раковини покрита органічним (конхіоліновим) шаром (іноді він зникає) - періостракумом, звичайно забарвленим. Роль періостракума полягає в захисті нижнього (вапняного) шару як від механічних пошкоджень, так і від хімічної корозії. Зокрема, в морі біля дна і в товщі ґрунту завдяки розкладанню органічної речовини і частково в результаті дихання водних тварин може накопичуватися вугільна кислота, розчинююча карбонат кальцію. Так, в Карському морі місцями зустрічаються зовсім м'які порожні раковини аstart, йольдїй і портландїй з розчиненою вапняною частиною раковини, від якої залишається непошкодженим тільки періостракум. Така ж картина спостерігається в деяких районах Балтійського моря. Можливо, ви звертали увагу на те, що раковини річкових беззубок або перлівниць роз'їдені біля верхівки. Чому саме біля верхівки? Тому, що це найстаріша частина раковини, на якій періостракум з часом "протерся" і місця, де вода дістала доступ до вапняного шару, починають руйнуватися через те, що вода має часто слабкокисло реакцію. Якщо у беззубки періостракум зіскоблити, під ним виявляється білий фарфоровидний, або призматичний, шар, що складається, як ми з'ясували, з карбонату кальцію. На поверхні його, як і на поверхні періостракума, добре помітна скульптура, яка найчастіше (як у беззубки) складається з тонких концентричних ліній. Проте скульптура може бути і дуже складною у вигляді ребер, радіальних потовщень, луск, шпильок, хвилястих ліній і т.д. Фарфоровидний шар складається з вапняних призм, розділених найтоншими конхіоліновими прошарками і розташованих перпендикулярно до поверхні раковини.

Внутрішній шар раковини - перламутровий; у багатьох двостулкових молюсків він відсутній. Цей шар складний найтоншими вапняними листоподібними лусками; завдяки прозорості кожної луски виникає інтерференція світла, яка і забезпечує характерний блиск і веселкові переливи перламутру. Найкрасивіший перламутр буває у тих молюсків, у яких товщина луск складає 0,4-0,6 мкм. Карбонат кальцію в раковині може бути у вигляді кальциту або арагоніта; у тропічних форм раковина містить більше арагоніта, а також досить багато стронцію. Кристалографічне вивчення складу раковин викопних молюсків дозволяє судити про температуру вод, в яких жили ці тварини. Всі шари раковини формуються за рахунок секреторної роботи краю мантиї, що підстилає стулки: тут є велике число одноклітинних залоз, що виділяють різні шари раковини. Одержуючи матеріал для споруди раковини через кров, ці залози, крім того, здатні і самостійно витягувати кальцій з води (ця здатність була встановлена шляхом експериментів з радіоактивним кальцієм). Лінійне зростання раковини відбувається шляхом наростання стулок по всьому вільному краю. При настанні несприятливих умов (взимку, при погіршенні живлення, при нестачі кисню і т. д.) зростання раковини може сильно сповільнюватися. Ці уповільнення зростання добре помітні на раковині беззубки у вигляді згущування ліній, проходячого паралель краю раковини: чим старше тварина, тим більше за такі згущування. По зимових кільцях - сезонних зупинках зростання раковини - іноді можна приблизно визначити вік молюска. Проте у жителів тропіків, де сезонні явища часто відсутні, такі кільця звичайно не утворюються. У наших прісноводних і морських видів, особливо мілководних, зимові перерви зростання є, тому річні кільця виражені звичайно цілком чітко. У міру збільшення довжини раковини відбувається і потовщення її стінок в результаті напластовування все нових вапняних елементів на внутрішній поверхні стулок. Стулки раковини сполучені аддукторами, один з яких розташований в передній частині тварини, а інший - в задній. Аддуктори дуже сильні: у живої беззубки легше зламати раковину,

ніж відкрити її, не перерізавши цих м'язів. У багатьох двостулкових молюсків виникає так звана анізоміарія ("різном'язовість"), коли один аддуктор розвинений краще за інше; анізоміарія є етапом розвитку мономіарії ("одном'язовістю"), при якій один з аддукторів зникає (наприклад, у морського гребінця). Редукція одного з аддукторів звичайно пов'язана з переходом або до прикріпленого способу життя, або до плаваючого, у будь-якому випадку з відмовою від традиційної спосіб пересування - повзання. Кожен аддуктор складається з двох частин; це розділення на два відділи краще всього помітно у мономіарних форм. Один з відділів (він звично більше за розміром) складається з поперечнополосатих мускульних волокон і здібний до швидких енергійних скорочень; м'язові волоки меншого відділу - гладкі. Відділи виконують різну роль: більший відділ забезпечує різке "ляскання" стулками (наприклад, при плаванні), а менший, хоча і скорочується повільніше, здатний розвивати тривале зусилля і утримує, коли в цьому є необхідність, стулки в зімкнутому стані. Якщо аддуктори молюска перерізані, стулки, розтягнуті лігаментом, самі прочиняються, і тоді можна бачити пару тонких напівпрозорих листків, що прикривають тіло зліва і справа, - мантию. Ці листки сполучені на спинній стороні, а їх вільні потовщені краї прикріплюються за допомогою невеликих мантийних м'язів до внутрішньої поверхні раковини уздовж країв стулок. Якщо відокремити край мантиї від раковини, можна помітити слід її прикріплення: це так звана мантийна лінія. Правий і лівий листки мантиї, зростаючись місцями, утворюють в задній частині два щілиноподібних отвори - сифони, облямованих короткими чутливими виростами. У молюсків, що закопуються в ґрунт, є довгі скоротні сифони. Місця прикріплення управляючих ними м'язів утворюють на внутрішній поверхні раковини відбиток (мантийний синус), за формою якого можна до певної міри судити про те, наскільки розвинені сифони. Як правило, чим глибше синус, тим довше сифони і, отже, тим глибше їх володарі здатні закопуватися в ґрунт. Встановлення таких залежностей (кореляцій) допомагає розгадати спосіб життя викопних форм.

На черевній стороні між правим і лівим листками мантиї у беззубки видається вперед велика клиновидної форми нога, направлена гострим кінцем вперед. Нога у беззубки дуже рухома (як і у багатьох інших видів, що ведуть активнорухомий спосіб життя). Якщо беззубку пустити в акваріум, через деякий час тварина заспокоюється, стулки трохи розходяться і показуються рожево-жовті краї мантиї, між якими висувається передній кінець ноги. Якщо молюска не турбувати, нога висовується далі (у крупних екземплярів на 4-5 см), занурюється в пісок, і тварина починає рухатися вперед або закопуватися в ґрунт переднім кінцем. Основну роль в закопуванні виконує нога. Спочатку занурена передня її частина заякорюється в товщі піску, потім мускулатура ноги різко скорочується, і тварина підтягається вперед. У водоймищах, де течія слабка, часто можна помітити борозни, залишені двостулковими молюсками при пересуванні.

Рухливість ноги двостулкових молюсків дуже велика, вона забезпечується узгодженими скороченнями груп м'язів, що мають різну орієнтацію (косу, подовжню, поперечну). Крім того, є декілька пар м'язів, що пов'язують ногу з внутрішньою поверхнею раковини. Місця прикріплення цих м'язів - відбитки - часто добре помітні поблизу спинного краю раковини. Як вже мовилося, у багатьох видів в нозі є біссусна залоза, що виділяє міцні біссусні нитки, за допомогою яких молюск прикріплюється до субстрату. У просторі, укладеному між мантийними листками і тілом, - в мантийній порожнині - розташовуються зябра, ротові лопаті, деякі органи чуття і відкриваються отвори задньої кишки, нирок і статевих залоз. Ротовий отвір поміщається в поглибленні позаду переднього аддуктора. Зябра займають задню частину мантийної порожнини. У первиннозяберних вони двоякопірні; у перетинкозяберних - видозмінюються в пластинку з отворами, лежачу горизонтально. У справжніх пластинчатозяберних, зокрема у беззубки, зябра влаштовані складніше. Візьміть лист паперу і складіть його навпіл уподовж. Місце перегину відповідатиме осі зябер, на якій вони підвішені. Потім кожену половину знов складете паралельно першому перегину так, щоб вийшла

"гармошка"; кожна половина "гармошки" відповідатиме напівзябрам - зовнішньої і внутрішньої. Кожна зяброва пластинка полягає з лав окремих ниток (філаментів), а кожна нитка відповідно утворює низхідне і висхідне коліна. У беззубки між нитками, що є сусідами, і між утворюваними ними колінами є з'єднання ("містки"); кожна напівзябра, таким чином, є гратчастою, складно продірявленою двошаровою пластинкою. Мантийна порожнина і зябра постійно омиваються струмом води. Цей струм створюється головним чином за рахунок роботи мікроскопічних вій епітелію, що покриває внутрішню поверхню мантиї, зябер, ротових лопатей і стінок тіла. Вода поступає в мантийну порожнину через нижній (ввідний, дихальний) сифон і потрапляє спочатку в її велику, нижню частину - дихальну камеру; потім проціджується крізь щілини в зябрах і йде у верхню частину мантийної порожнини - видихальну камеру, звідки і виводиться назовні через верхній (вивідний, анальний) сифон. Засмоктування води через нижній сифон відбувається за рахунок різниці в гідростатичному тиску в надзябрової і підзябрової камерах. У беззубки, як і у багатьох інших двостулкових моллюсків, вода поступає через задній кінець і виводиться через нього ж; такий струм можна назвати циркулярним або поворотним. Проте відомі випадки, коли вода поступає через передній кінець тіла, а виводиться через задній; такий струм іменується крізним. Крім війкового епітелію, у водообміні бере участь також мускулатура зябер, мантиї і сифонів. Струм води, поступаючий в мантийну порожнину, несе з собою частинки суспензії. Цей струм легко знайти, якщо покласти беззубку в судину з водою так, щоб вода злегка покривала раковину. Давши моллюску заспокоїтися, треба підсипати у воду у заднього кінця раковини який-небудь порошок, що залишається зваженим у воді (туш, кармін, сухі терті водорості). Тоді легко помітити, що крупинки порошку всмоктуються через нижній сифон всередину раковини і через деякий час викидаються назовні через верхній. Час від часу беззубка, часто без жодного зовнішнього подразнення, з силою закриває стулки і викидає назовні струмені води, разом обновляючи всю воду

в мантийній порожнині. Незабаром стулки знов прочиняються і поновлюється нормальна повільна циркуляція води. Вода, що поступає в мантийну порожнину, забезпечує молюска не тільки киснем для дихання, але і їжею. Оскільки двостулкові молюски позбавлені голови і пов'язаних з нею органів - глотки, слинних залоз, органів захоплення і пережовування їжі, більшість цих тварин, зокрема беззубка, харчується способом фільтрації, тобто фільтруючи і споживаючи зважені у воді органічні частинки, а також одноклітинні водорості, бактерії і дуже дрібних безхребетних тварин. За допомогою складного війкового механізму зябер і ротових лопатей черепашки спочатку "начорно" фільтрують всі придатні в їжу частинки, а потім відділяють неїстівну мінеральну суміш і дуже крупні для них органічні грудки. Слиз, що виділяється відповідними клітками, обволікає відсортовані харчові частинки, які прямують в харчові борозенки; розташовані у беззубки уздовж черевного краю напівзябер або у їх підстави. По цих борозенках, знову-таки за допомогою вій, їстівна суміш транспортується до ротових лопатей, де відбувається остаточне сортування частинок, після чого вони прямують до рота і заковтуються. Не дивлячись на такий строгий двоступеневий відбір, в шлунках двостулкових молюсків звичайно виявляються піщинки. Вони виконують ту ж роль, що і дрібні камінчики в зобу курячих птахів, які їх спеціально заковтують: вони сприяють перетиранню і подрібненню харчової грудки. Ті частинки, які були відсортовані як невідповідні для живлення, потрапляють в мантийну порожнину і віддаляються з вивідним струмом у вигляді так званих псевдофекалій. Як ми вже з'ясували, представники надряду первиннозяберних (нукулани портландії, батіспінули ін.) мають найбільш просто влаштовані двоякоперисті зябра - ктенідії. Ротові лопаті розвинені дуже сильно; кожна з них складається з двох листків і забезпечена довгим придатком, дуже рухомим і скорочуваним. Коли тварина активна, ці придатки висовуються між стулками в задньочеревній частині і збирають з дна органічні частинки (детрит). По черевній, або внутрішній, стороні

придатків проходить борозна - канал для транспортування зібраного матеріалу. Далі це матеріал потрапляє у вузький щілиноподібний простір між листками ротової лопаті. Звернені одна до іншої поверхні листків забезпечені чітко вираженими поперечними складками, на яких і відбувається сортування поступаючого детриту. Ктенідії ж служать тільки для дихання.

Ефективність фільтруючого і сортуючого апаратів двостулкових моллюсків дуже висока. Так, мідії здатні фільтрувати частинки розміром від 40 до 1,5 мкм. Проте важчі, ніж органічні, мінеральні частинки навіть розміром 4-5 мкм, як правило, в рот не поступають. З суміші водоростей і пурпурних бактерій мідії витягують тільки водорості. Об'єм води, який може профільтрувати черепашка, залежить від її розміру, але загалом відносно дуже великий. Наприклад, звичайна устриця середніх розмірів за 1 г фільтрує до 10 л води, мідія (при оптимальній температурі) - до 5 л. Відносна швидкість фільтрації у памолоді звичайно вища, ніж у дорослих тварин: молоді особини морських гребінців за 1 г пропускають через мантийну порожнину 1 л води на 1 г власної маси, а крупні екземпляри - тільки 0,7 л. Травна система у двостулкових моллюсків влаштована так. За ротовим отвором слідує короткий стравохід, за яким розташовується мішковидний шлунок. Сюди відкриваються протоки травної залози (печінки), а на черевній стороні виступає кінець так званої кристалічної стеблинки. Середня кишка, що відходить від шлунку, у беззубок утворює 1-2 обороти, але у членів інших груп число оборотів кишки може досягати 11. Далі кишечник переходить на спинну сторону і, пронизавши стінку навколосерцевої сумки, проходить крізь шлуночок серця. Пройшовши уздовж спинного краю над заднім аддуктором, він закінчується анальним отвором поблизу внутрішнього отвору вивідного сифона. Відрізок травного тракту між навколосерцевою сумкою і анальним отвором іменується прямою або задньою кишкою. Кишковий тракт двостулкових моллюсків позбавлений м'язових волокон, і пересування вмісту відбувається завдяки вистилаючому кишечник війковому епітелію. Потрапивши в шлунок, частинки, що проковтнуть, за допомогою

спеціалізованих війкових ділянок розсортовуються на дрібні і крупні. Останні проходять в кишечник, а дрібні збираються у виступаючого кінця кристалічної стеблинки. Він поволі обертається, перемішуючи вміст шлунку. Кристалічна стеблинка утворюється в спеціалізованому відділі травного тракту і є склоподібним стрижнем драглистої речовини, що складається з білка типу глобуліну з адсорбованими в ньому ферментами (наприклад, амілазою), які сприяють перетравлюванню вуглеводів (крохмалю, глікогену). У слабкокислому середовищі шлунку верхній кінець кристалічної стеблинки поступово розчиняється і ферменти вивільнюються. Оброблені ферментами харчові частинки поступають з шлунку у вирости травної залози, що складаються з великого числа сліпих трубочок - дивертикулів. У дивертикулах не виробляються які-небудь травні ферменти, і названа залоза є орган внутрішньоклітинного (а не позаклітинного) перетравлення, а також всмоктування. Внутріклітинне перетравлення здійснюється в основному фагоцитуючими клітинами - амебоцитами. Вони в великій кількості зустрічаються не тільки в дивертикулах печінки, але також і в шлунку і середній кишці. Унікальний випадок спостерігається у видів сімейства солеміід з надряду первиннозяберних. В межах цього сімейства простежуються стадії поступової редукції травного апарату аж до повного його зникнення. Це не такі вже маленькі тварини (довжина раковини до 5 см), що мешкають переважно на невеликих глибинах і на м'яких ґрунтах. Вони роблять в ґрунті U-образні нірки, в яких і знаходяться майже постійно. У протилежність більшості первиннозяберних, їх зябра дуже сильно розвинені, займають велику площу і великий об'єм. Існує припущення, що зябра солеміід здатні адсорбувати з морської води вільні розчинені амінокислоти, за рахунок яких молюски харчуються; з цим і зв'язано зникнення у них травного тракту. У всіх двостулкових молюсків кровоносна система незамкнута: їх кров - гемолімфа - циркулює не тільки в кровоносних судинах, але і в просторах між органами, а також в сполучній тканині за системою синусів і лакун, позбавлених власних стінок. По судинах тече

переважно артеріальна кров, а венозна система має в цілому лакунарний характер. Циркуляція крові забезпечується скороченнями серця і, частково, мускулатури тіла. Серце у беззубки складається з шлуночку і пари передсердя і лежить в перикардальній порожнині (навколосерцевій сумці), розташованій на спинній стороні тіла. Перикардій (залишок вторинної порожнини тіла) є подовженим тонкостінним мішечком, наповненим гемолімфою. Шлуночок володіє могутніми м'язовими стінками і має вид мішка конічної або грушовидної форми, обернутого широким кінцем назад. Передсердя тонкостінні, напівпрозорі і мають звичайно трикутну форму, відкриваючись вершиною в шлуночок. На межі передсердя і шлуночку є невеликі півмісяцеві складки - клапани; проникні кров тільки в одному напрямі - з передсердя в шлуночок. Шлуночок, як ми вже знаємо, пронизаний задньою кишкою, але порожнину його повністю замкну і відокремлена від кишки власною стінкою. З шлуночку кров прямує до заднього кінця тіла через задню аорту, а до переднього кінця - через передню аорту. Обидві аорти розділяють далі на артерії, що забезпечують кров'ю всі органи тварини. З артеріальних судин гемолімфа потрапляє в систему лакун, віддає тканинам кисень і живильні речовини і збирається по синусах і лакунам у великий венозний синус, що лежить між нирками. Пройшовши звідси через венозну систему нирок, кров вливається в парні приносячі зяброві артерії, що йдуть уподовж підстави кожної зябра. З них венозна кров по приносячих зябрових судинах розтікається по капілярах зябер. Окислена в зябрах кров по виносячих судинах вливається в зяброві вени, а звідти - в передсердя. Сюди ж поступає і та частина крові, яка, минувши зябра і нирки, окислювалася в капілярах мантийних складок і по мантийних венах поступила в зовнішні зяброві вени. Мантия, володіючи сильно розгалуженою мережею кровоносних судин, також бере участь в газообміні. Той дивний факт, що у більшості двостулкових молюсків шлуночок серця пронизаний прямою кишкою, пояснюється особливостями їх ембріонального розвитку і пов'язаний з характером еволюції класу в цілому. У деяких нижчих

представників класу є не тільки два передсердя, але і два шлуночки, що лежать справа і зліва від кишки (наприклад, у арок); у інших непарний шлуночок лежить над кишкою (аномії, ліми); у третіх він лежить донизу від кишки (устриці, деякі перлові скойки). Ці факти говорять про те, що взаємне розташування кишки і серця в ході еволюції класу мінялося, і, головне, про те, що первинно у двостулкових молюсків було два шлуночки, які потім злилися (як у беззубки) і охоплюють кишку. Частота скорочень серця у черепашок невелика: від 15 до 30 ударів на 1 хв, що пов'язане з малорухливим способом життя. Для порівняння можна вказати, що у найрухоміших і активніших представників типу молюсків - головоногих - частота скорочень серця складає до 80 ударів на 1- хв. Кров двостулкових молюсків виконує всі функції, які вона виконує і у інших тварин (постачання тканин киснем і живильними речовинами, видалення продуктів азотного обміну і вуглекислого газу, підтримка іонного складу і осмотичного тиску); проте у двостулкових, як і у інших молюсків, їй належить і інша дуже важлива роль. Річ у тому, що черепашки не мають твердого внутрішнього скелета, і кров частково заповнює цей "недолік", виконуючи роль гідроскелета. Будь-який мускул для нормальної діяльності має потребу в наявності не менше ніж двох точок прикріплення, і просте розслаблення мускулатури нездійсненне, наприклад, забезпечити висунення (подовження) ноги або сифонів. Рідина, як відомо, практично нестискувана; нагнітання крові в рихлу тканину органів і викликає їх витягання. Від ступеня наповнення кров'ю стінок сифонів залежить не тільки ступінь їх подовження, але і їх здібність до складних рухів. При русі молюска м'яза ноги розслабляються, кров поступає по судинах в тканині цього органу - він подовжується. Скорочення мускулатури ноги "вичавлює" кров до інших органів - нога скорочується. Деякі черепашки здатні закопуватися дуже швидко. При цьому нога спочатку занурюється в ґрунт і кров втікає в неї, розширюючи кінець ноги (якщо підошва плоска, повзальна, то її краї приймають горизонтальне положення, заякорюючи ногу в ґрунті). Далі різко скорочуються м'язи, що

втягують ногу, а оскільки її кінець фіксований в ґрунті, то не нога втягується, а навпаки, раковина утискує передньо-черевним краєм в ґрунт. Повторення таких рухів веде до швидкого занурення молюска в рихлий або м'який ґрунт. Нагнітання необхідної для набухання ноги крові і її відтік регулюється м'язовим апаратом і так званим кеберовим органом, який є залізистим потовщенням передньої частини і передньобочкових сторін навколосерцевої сумки.

Як і всі тварини з незамкнутою кровоносною системою, черепашки мають відносно великий об'єм крові: до 60% об'єму тіла. У гемолімфі двостулкових молюсків досить багато формених елементів, серед яких є і еритроцити. Як дихальний пігмент може бути присутнім гемоглобін, тоді кров червона. Але набагато частіше дихальний пігмент представлений гемоціаніном, в якому іони заліза замінені іонами міді, і в цьому випадку кров має голубуватий колір. Види, що живуть в пересихаючих водоймищах, на морському березі в зоні заплеску або на літоралі і в інших подібних місцях, часто можуть довгий час жити при дуже малому вмісті кисню у воді або навіть при його відсутності. Так, піщана черепашка мія здатна жити в безкисневих умовах при 14°C до 8 днів, а при 0°C навіть декілька тижнів. Обмін речовин в такі періоди анаеробіозу різко знижується; при цьому молюски можуть одержувати кисень шляхом інтрамолекулярного дихання - гліколітичного розщеплювання вуглеводів і жирів. Під час відливу, наприклад, черепашки закривають стулки, невелику кількість кисню, те, що залишається у воді, що заповнює мантийну порожнину, швидко поглинається, і до наступного приливу молюски живуть за рахунок інтрамолекулярного дихання. При наступному приливі, коли тварини знов переходять до нормального дихання, інтенсивність споживання кисню спочатку різко підвищується, а потім входить в норму. Органами виділення у двостулкових молюсків служать нирки, які іменуються також боянусовими органами, їх внутрішні кінці відкриваються в перикардій, а зовнішні - в мантийну порожнину. У беззубки нирки мають вид пари зігнутих трубчастих мішечків чорного кольору. Один

кінець нирки із залізистими стінками є відділом виділення, а інший кінець, що має вид міхура, виконує роль накопичувальної камери, де збираються продукти обміну речовин, підлягаючі видаленню. Функцію виділення виконує і кеберів орган, в якому також накопичуються продукти обміну, потім вони поступають в перикардій, а звідти виводяться нирками (пригадаємо, що кеберів орган одночасно виконує роль регулятора гідростатичного тиску крові). Через відсутність голови і малорухливого способу життя нервова система двостулкових молюсків слабо концентрована і взагалі розвинена досить погано. У беззубки, наприклад, є всього три пари нервових вузлів - гангліїв. Пара головних, або церебральних, гангліїв розташовується над ротом і небагато позаду нього; друга пара - ножні, або педальні, ганглії - в тканинах ноги; третя пара - внутрішньостінні, або вісцелярні ганглії - позаду заднього аддуктора. Між першою і другою, а також між першою і третьою парами проходить по парі нервових стовбурів - коннектів, а кожен ганглії сполучений з парним йому ганглієм поперечними нервовими перемичками - коміссурами. Органи зору - очі традиційно пов'язують з наявністю голови. Раз немає голови, значить наче не повинно бути і очей. Проте у багатьох черепашок очі є, хоча розташовуються вони в найнесподіваніших місцях: на краю мантиї, в основі сифонів і навіть на зябрах (зяброві очі арок, аномій). Ці фоторецептори можуть бути просто скупченнями фоточутливих кліток, що пігментуються, але можуть досягати і великого ступеня складності, з кристаликом і сітківкою, наприклад мантийні очі гребінців або тридакн. Очі можуть бути численними (у гребінців - до 100) або локалізуватися на невеликій ділянці і в малому числі. Просторова орієнтація молюсків залежить від діяльності органів рівноваги - статоцистів. Вони розташовані у беззубки поблизу ножних гангліїв, у деяких інших видів на спинній стороні тіла. Статоцист - це втягування чутливого війкового епітелію, замкнуте або сполучається із зовнішнім середовищем (у останньому випадку орган рівноваги іноді називають статокріптом). Усередині статоциста є тверде мінеральне зерно (статоліт) або дрібні

піщинки (статоконії). Природно, краще всього розвинені органи рівноваги у тих молюсків, які ведуть рухомий спосіб життя. Статоліт або статоконії тиснуть на певні ділянки епітелію, посилаючи тим самим в центральну нервову систему сигнали про те, чи "правильно" орієнтований молюск. Якщо тварина займає неприродне для нього положення, імпульс від чутливого епітеліюстатоциста приводить в дію м'язовий апарат - і черепашка за допомогою ноги добивається правильної орієнтації тіла в просторі. Органи хімічного відчуття - осфрадії найчастіше представлені тими, що дрібними парними пігментуються і добре іннервовані групами чутливих клітин. Вони можуть розташовуватися в різних місцях - на нозі, у області зябер, сифонів, задньої кишки. У задній частині мантиї часто помітні потовщення крайової складки - сенсорні клапани, що беруть участь в контролі якості води, що поступає в мантийну порожнину. Такий контроль потрібен не тільки для того, щоб запобігти попаданню до зябер недоброякісної води: якщо в акваріум, де сидять активнофільтруючі черепашки, додати суспензію, що містить зрілі яйця або спермін цього ж вигляду, швидкість фільтрації різко падає. Більшість двостулкових молюсків роздільностатеві; є серед них і гермафродити. Деякі види, зокрема беззубка, будучи роздільностатевими, здатні переходити до гермафродитизму: у невеликих ізольованих водоймищах можуть зустрічатися окремі обоєстатеві особини і цілі покоління гермафродитів. В цьому випадку щоб уникнути самозапліднення спочатку формуються чоловічі статеві клітки - сперматозоїди, а потім жіночі - яйцеклітини. Парні, сильно розітнуті статеві залози (гонади) залягають в спинній частині ноги і вище - серед часточок травної залози і петель кишечника. Вивідні отвори гонад відкриваються в мантийну порожнину поряд з нирковими отворами. Лише у найпримітивніших форм протоки статевих залоз і нирок відкриваються загальним отвором. Самці від самок найчастіше зовні не відрізняються, але іноді (наприклад, у деяких крупних прісноводних молюсків) статевий диморфізм виражений, і часом настільки сильно, що самців і самок одного вигляду описували як різні види. Нерест і

розвиток памолоді у різних видів відбуваються по-різному. Майже всі морські форми, що мешкають на мілководдях, виметують яйця безпосередньо у воду, де і відбувається запліднення. Зустрічаються види, у яких яйця залишаються на зябрах материнської особини, сперматозоїди потрапляють в мантийну порожнину самки із струменем води і запліднення відбувається в організмі самки, де і протікають перші стадії розвитку памолоді (так звана зяброва вагітність). Якщо статеві продукти виметуються у воду, вони знаходяться в зваженому стані, рідше склеюються в грудки або прикріплюються до раковин, каміння, водоростей. Запліднені яйця, пройшовши стадії дроблення спірального типу, перетворюються на личинку, схожу з трохофорой багатощетинкових черв'яків (поліхет). Проте в ході ембріонального розвитку черепашок майже не виражений процес сегментації, такий характерний для поліхет. У личинок двостулкових молюсків є зачаток ноги і первинна раковина (продіссоконх), яка спочатку закладається у вигляді однієї пластинки, розташованої на спинній стороні личинки. Після ряду перетворень трохофора, у якій формуються вітрило (велум) - війковий тім'яний диск, двостулкова раковина і зачатки інших органів, перетворюється у велігер. Наявність вільноплаваючих личинок - трохофори і велігера - є важливою стадією в житті молюска, оскільки забезпечує можливість розселення; пригадаємо, що дорослі черепашки ведуть прикріпленій або малорухливий спосіб життя. Разом з тим личинкові стадії дуже чутливі до несприятливих умов, і лише висока плодючість двостулкових молюсків компенсує високу смертність їх личинок. Стадія плаваючої личинки у ряду морських холодноводних і, ймовірно, у більшості глибоководних видів дуже коротка або навіть зовсім втрачена. У останньому випадку число яєць дуже невелике, та зате вони великого розміру і забезпечені великою кількістю живильних речовин. Це трохи обмежує розселювальні можливості, та зате дозволяє памолоді розвиватися незалежно від наявності їжі в навколишньому середовищі. Крім того, на формування меншого числа яєць йде і менше енергії. Втрачена пелагічна личинка і у

більшості прісноводних черепашок, зокрема у беззубки. Яйця розвиваються в зябрах материнської особини, займаючи спеціалізовані виводкові камери (марзупії). Личинка у беззубок виглядає своєрідно і веде не менш своєрідний спосіб життя. Цілоком сформована личинка (глохидій) має двостулкову, широко розкривається раковину, забезпечену на кожній стулці довгим гострим зубом, направленим перпендикулярно площині стулення стулок. Раковина нагадує широко розкритий рот з двома зубами - поодинці на кожній щелепі. Коли мимо самки з дорослими глохидіями пропливає риба, беззубка різким струменем води викидає глохидієв назовні. Личинки, торкнувшись до зябер або плавників риби, різко закривають стулки і "вчіплюються" в господаря. Реагуючи на постійне роздратування, тканини риби в цьому місці розростаються, утворюють пухлину, яка повністю обростає личинку. З цієї миті глохидій починає харчуватися за рахунок риби, тобто стає паразитом. Цей період продовжується декілька тижнів (до двох місяців), після чого стінки пухлини розриваються і молодий цілоком сформований молюск падає на дно і переходить до самостійного життя. Для того, щоб глибше зрозуміти особливості класу двостулкових молюсків, треба спробувати уявити собі, як ці особливості могли виникнути. Поза сумнівом, що раковина - це орган, що зіграв ледве не основну роль в становленні типу молюсків; з деякими обмовками можна сказати, що раковина створила молюска. Безперечно також, що двостулкова раковина спочатку виникла від цільної сплющеної або ковпачковидної раковини якихось архаїчних форм (пригадаємо, що у личинок раковина закладається як непарна пластинка). Поштовхом до появи двостулкової раковини був перехід від життя на поверхні каміння до життя на м'якому ґрунті; адже м'який органічний ґрунт не початковий: він з'явився тільки після того, як з'явилися організми, що створили його. Найперші молюски, ймовірно, виникли тоді, коли органічний м'який мул був розвинений у водоймищах ще дуже слабо. Якщо тварині, що мешкає на твердій поверхні, достатньо для захисту прикритися зверху раковиною, то за життя на м'яких мулах необхідно прикрити тіло не тільки зверху, але і з

боків. Первинна сплюснена раковина зігнулася уподовж і розділилася потім на дві стулки, зв'язані на спині органічною частиною. Поперечна м'язова стрічка перетворюється на передній аддуктор, що стуляє стулки. Ці гіпотетичні "протодвостулки" повинні відрізнятись від сучасних двостулкових не менше ніж трьома особливостями організації. По-перше, вони мали голову зі всім супутнім апаратом (бо у предкових форм голова, безумовно, була). По-друге, вони володіли не двома, а одним аддуктором. По-третє, спинний край їх раковини був прямим і позбавленим верхівок (як у личинкових раковин сучасних форм). Такий спосіб захисту тіла, який є у двостулкових молюсків, звичайно, дуже ефективний: при зімкнутих стулках тварина захищена з усіх боків, і щоб її з'їсти, хижаку доводиться їсти його разом з раковиною, що під силу далеко не кожному. Проте за такий ефективний захист черепашкам довелося платити високу ціну: вони поплавилися головою в найпрямішому значенні слова. Для компенсації втрати голови разом з органами захоплення їжі з'явилася необхідність виникнення іншого апарату для тієї ж мети. Таким апаратом стали ротові лопаті, нерідко забезпечені додатками. Зникнення голови і поява ротових лопатей і привели кінець кінцем до перетворення тварин, результатом якого стали двостулкові молюски сучасного типу. Вище мовилося, що черепашки сформувалися в той час, коли з'явилися м'які мулисті ґрунти. Перші палеонтологічні знахідки датуються кембрійським періодом. У ранньокембрійських відкладеннях знайдений двостулковий молюск форділла (Fordilla); у шарах середнього і пізнього кембрію знайдені представники чотирьох родів, тобто вже у той час (більше 500 млн. років тому) фауна двостулкових була достатньо різноманітною. Отже, клас сформувався ще в докембрії. Деякі групи (мітіліди, кардіїди) найбільшої різноманітності досягли до тріаса - юри, різноманітність інших (уніоніди) протягом мезозою то збільшувалася, то зменшувалася, але в цілому можна говорити про те, що починаючи з кембрію різноманіття двостулкових молюсків збільшувалося і в даний час це обширна і процвітаюча група тварин. У різний час було запропоновано багато варіантів систематичної

структури класу. Як основоположні (діагностичних) ознаки використовували замкові зуби, число аддукторів, будову ноги і зябер. Зараз найбільш обґрунтованою виглядає система, згідно якої клас ділиться на три великі групи - надряди: первиннозяберні (Protobranchia), справжні пластинчатозяберні (Autobranchia) перетинчатозяберні (Septibranchia).

## **6.2. Ряд уніон іди (unionida)**

До ряду належать крупні прісноводні молюски, що мають збірну назву "наяди", такі, як наші звичні перлівниці, беззубки, прісноводні перлові скойки, далекосхідні кристарії, північноамериканські лампсиліди і багато інших. Деякі види наяд живуть також в солонуватій воді. Найбільша різноманітність наяд - в річкових системах Північної Америки, де число видів складає декілька сотень. Серед наяд є і сидячі форми, що прикріплюються, як устриці, однією стулкою до субстрата (колумбійські Mulleria, африканські Etheria, південноіндійські Pseudomulleria). Для представників ряду характерне більш менш сильний розвиток перламутрового шару раковини, наявність добре розвиненої сокироподібної або клиновидної ноги і зовнішнього лігаменту. Краї мантиї незрошені, сифони дуже короткі. Замкові зуби можуть бути відсутніми (наприклад, у беззубок), але переважно є дві групи зубів: горбоподібні кардинальні і пластинчасті латеральні. Перші розташовуються у області верхівок, другі витягнуті уздовж задньоспинного краю раковини (як у перловиц). Памолодь наяд розвивається усередині зябрових порожнин материнських особин. Ці порожнини (марзупії) виконують роль інкубатора, де формуються личинки - глохидії, які виходять у воду і закріплюються на зябрах і шкірі риб. На одній рибі може паразитувати величезне число глохидіїв: на зябрах одного окуня завдовжки близько 8 см було знайдено близько 400 глохидіїв. У деяких країнах наяд вживають в їжу; але головним чином їх використовують для відгодівлі свиней і домашнього птаха. З товстостінних раковин з добре розвиненим перламутровим шаром виготовляють різні вироби. Раніше з таких раковин робили перламутрові

гудзики, але тепер, у зв'язку з появою пластмас, раковини для цієї мети вживають рідко. Деякі прісноводні двостулкові молюски дають перли, хоча і досить дрібні, але високої якості. Останніми роками спостерігається катастрофічне збіднення фауни наяд у водоймищах Північної Америки, що пов'язане головним чином з промисловим забрудненням вод. На симпозіумі Союзу малакологів США, що відбувся в 1970 р. і спеціально присвяченому проблемі збереження рідкісних і знаходяться під загрозою зникнення молюсків, розмова йшла і про більш ніж 60 види наяд.

### 6.3 Родина перлівниці (*unionidae*) Беззубки (*anodonta*)

На дні стоячих і поволі поточних водоймищ часто можна помітити крупних (від 8 до 20 см) двостулкових черепашок, що напівзарилися в ґрунт. Це беззубки (*Anodonta*), широко поширені усюди пластинчатозяберні молюски, або двостулки (клас *Lamellibranchiata*), що відносяться до сімейства *Unionidae*. У наших водах дуже поширена *Anodonta cygnea* L. (*A. mutabilis* Cless.).

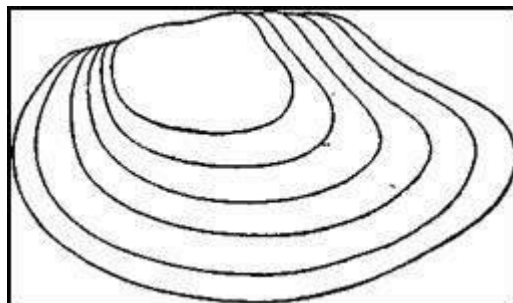


Рисунок 6.1 Загальний вигляд беззубки

Цей вид дійсно дуже мінливий, залежно від екологічних умов, і дає ряд морф, з яких назвемо наступні: Беззубка лебедина (*A. cygnea* L.) - найкрупніша зі всіх, яйцевидної форми, сильно роздута, 16-20 см в довжину. Беззубка риб'яча (*A. piscinalis* Nils.) - широка, незграбна, з гострим заднім краєм і майже прямим спинним, довжиною до 10 см.

Беззубка качина (*A. anatina* L.) - дрібна морфа, довжиною до см, що формою нагадує попередні .

Беззубка подовжена (*A. cellensis* Gm.) - дуже витягнута, причому задня частина утворює довгий вузький дзьоб довжиною 12-16 см.

Рідше зустрічається дрібний вигляд, що досягає не більш 7 см в довжину, беззубка гладка (*A. complanata* Rossm.) яйцевидної форми з тонкостінною стислою раковиною.

Виловити беззубку не коштує великих зусиль, особливо, якщо вода достатньо прозора і черепашок можна розрізнити з берега. Для лову потрібен сачок з достатньо міцним ободом, яким можна діяти, як граблями, розгрібаючи ґрунт і підхоплюючи в сачок тварин, що звільняються з піску і мула.

Перш за все розглянемо раковину беззубки. Вона складається з двох опуклих стулок, які, подібно міцним щитам, прикривають ніжне м'яке тіло моллюска, захищаючи його від знегод і небезпек. Стулки сполучені між собою замковою зв'язкою (на спинному краю раковини). Протилежний край називається черевним. Тупий округлий край раковини - її передній кінець; задній кінець - гостріший, подовжений. Зверху раковина буро-зеленого або буро-жовтого кольору; колір залежить від покриваючого її зовні рогової речовини. Якщо поскребти раковину ножем, неважко бачити, що темний роговий шар сходить, і під ним видно білу речовину - фарфоровий шар. Зсередини раковина вистилає блискучим шаром перламутру, який легко розглянути, знайшовши порожню стулку якої-небудь загиблої черепашки.

Спробуємо розкрити щільно замкнуті стулки. Це вдається не без труда, причому щілина, що утворилася, зараз же замикається знов. Стулки утримуються завдяки роботі сильних замикаючих м'язів на передньому і задньому кінцях раковини. При розкритті раковини впадає в очі мантия тварини - жовте слизисте вистилання, що покриває зсередини стулки раковини. Спостерігати рухи беззубки неважко, посадивши її в судину з водою і залишивши на деякий час у спокої.

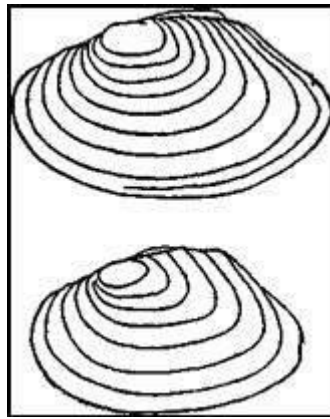


Рисунок 6.2. Беззубка гладка (*Anodonta complanata*) (вгорі); беззубка качина (*Anodonta anatina*) (внизу).

Через деякий час стулки поволі розкриваються, утворюючи щілину, через яку висовується м'який, жовтуватий, тупий відросток - нога молюска. За допомогою цього відростка молюск може закопуватися в пісок своїм переднім кінцем або ж поволі повзати по дну, залишаючи за собою на піску характерні борозни. Швидкість цього руху, проте, вельми незначна: навряд чи більше 20-30 см в годину.

Виставивши з ґрунту свій задній кінець, спокійно сидяча тварина відкриває на ньому дві короткі трубки, утворені краєм мантиї: ввідний сифон, з чорними краями бахром, через який вода поступає в зяброву порожнину молюска, омиваючи зябра, і вивідний сифон, через який витісняється відпрацьована вода.

Якщо насильницьки розтискати стулки спійманої беззубки і вставити між стулками клин (з палички або пробки), то в розкриту щілину можна бачити ніжні поперечно-покреслені зяброві пластинки буро-жовтого кольору, по парі з кожної сторони тіла. Можна, не обмежуючись вставкою клину, перерізувати за допомогою ножа замикаючі раковину м'язи в передньому і задньому кінці тіла. Тоді раковина абсолютно розкриється, і внутрішня будова молюска може бути розглянуте з великою зручністю.

Живлення беззубки відбувається одночасно і паралельно з її диханням, оскільки струм води, захоплюваний в зяброву порожнину, несе з собою дрібні зважені у воді живі істоти. Молюск заковтує їх, заганяючи в свій

ротівий отвір за допомогою м'яких виростів, які носять назву ротових лопатей і сидять в кількості двох пар на передньому кінці.

Досить часто зустрічаються зрілі самки, у яких зяброві пластинки значно роздуті. Це самки, несучі зародків, які розвиваються в порожнині зовнішньої зябра самки. Варто прорвати або зрізати таку зябру, як з отвору виступить густа коричнева маса, яка незброєному оку здається дрібнозернистою. Вона суцільно складається з живих личинок беззубки, так званих глохидій, розглянути яких можна тільки в мікроскоп.

Дозріваючи, глохидії виходять із зябрової порожнини самки, викидаються із струменем води з вивідного сифона і незабаром причіплюються до шкіри різних риб. Там вони обростають епітелієм і виявляються усередині особливих пухлин на тілі господаря, де живуть декілька тижнів, подібно паразитам, скоюючи своє подальше перетворення. Потім залишають господаря і падають на дно у вигляді крихітних беззубок, що вже сформувалися, здібних до самостійного життя.

### **Перлівниці (Unio)**

На беззубок дуже схожі перлівниці (Unio), які відрізняються подовженою і набагато більш товстостінною раковиною і присутністю зубців поблизу замкової зв'язки; цих зубців у беззубки немає (звідси і назва). Вони живуть переважно в текучій воді, у водоймищах з піщаним ґрунтом, тоді як беззубки звичайно поселяються в стоячих водах з мулистим ґрунтом.

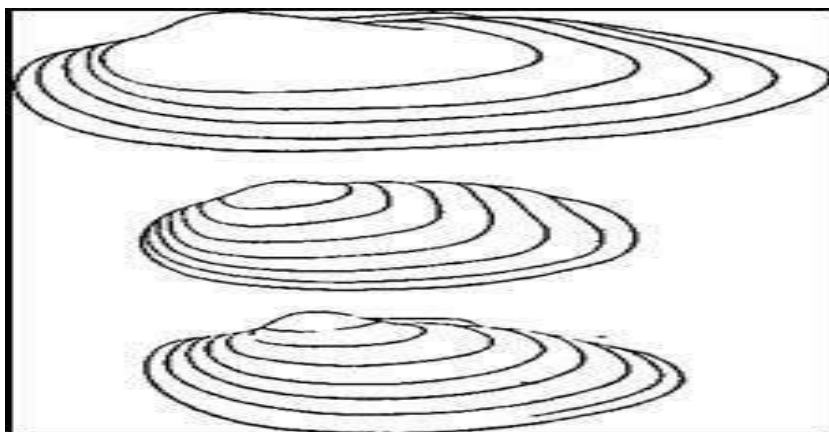


Рисунок 6.3. Перлівниця живописців (*Unio pictorum*), перлівниця товста (*Unio crassus*) і перлівниця роздута (*Unio tumidus*) (у порядку зменшення)

Перлівниця живописців (*Unio pictorum*). Видно річні дуги, вказуючі на 5-річний вік.

Вік, що наближається до 15 років, для цього вигляду є, мабуть, вже граничним. У зв'язку з промисловим використанням черепашок набуває значення і точне визначення їх віку по зовнішніх ознаках, що дає можливість стежити за їх темпами зростання, визначати швидкість росту в різних умовах і т.д. Із запропонованих різноманітних методів найнадійнішими залишаються два, взаємно один одного доповнюючі. Це, перш за все, рахунок смуг або дуг річного приросту. Річ у тому, що в зимовий період зростання раковини припиняється, що веде до утворення дугоподібного малюнка на зовнішній поверхні стулок. Число дуг відповідає числу років, прожитих молюском.

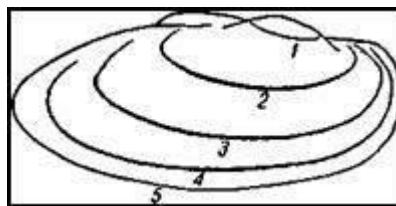


Рисунок 6.4. Порядок розташування вікових дуг

При рахунку дуг слід враховувати лише ті дуги, які опоясують всю стулку, а не представлені короткими відрізками, і які мають виступаючий скульптурний, злегка зморшкуватий, край. Дуги, позбавлені цієї ознаки, тобто гладкі, без виступаючих складок, не є річними дугами і повинні бути скинуті з рахунку.

Перлівниця живописців (*Unio pictorum*) з р. Оки. Вік - 5 років. Видно 3 дуги на мускульному полі. Інший спосіб визначення віку раковини перлівниці - рахунок дугоподібних нерівностей, помітних на відбитку переднього замикального мускула (на внутрішній стороні стулки, поблизу тупого кінця раковини).

Річ у тому, що при розгляді вказаного мускульного поля можна помітити на перламутровому шарі ряд дугоподібних нерівностей, як би ступінчастих напливів перламутру, розділених тонкими концентричними лініями. У дорослих перлівниць ці лінії виступають дуже виразно. Число років, прожитих моллюском, рівне числу ліній плюс два (див мал.). Цей метод рахунку доповнює і контролює перший, якщо межі вікових дуг недостатньо виразні.

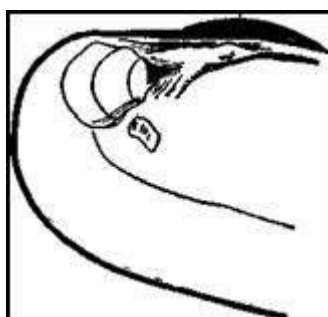


Рисунок 6.5. Метод контролю рахунку вікових дуг

## РОЗДІЛ 7 ОПИС ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

### 7.1 Навколишні умови проведення фізичного експерименту

Фізичний експеримент проводився на початку осені з третього вересня по шосте вересня 2021 року. Експерименти проводились на експериментальному обладнанні кафедри «Гідравліка та водопостачання» УДУНТa (рис.7.1.) На час проведення спостерігалися сталі погодні умови. Денна температура повітря коливалася в межах  $20 - 24^{\circ} \text{C}$ , нічна температура коливалася в межах  $18 - 20^{\circ} \text{C}$ . Температура води коливалася в межах  $18 - 22^{\circ} \text{C}$ . Ємності з молюсками були розміщені під навісом для запобігання різкого нагрівання води сонячними променями.



Рисунок 7.1 Проведення експериментальних досліджень  
При проведенні експерименту кожні 3 доби ми брали пробу води.

Дані заносились в таблицю. Опис піддослідних молюсків

Для проведення фізичного експерименту були відібрані тварини, що відносяться до класу Молюски двостулкові (Bivalvia) ряду Уніоніди (Unionida) родини Перлівниць (Unionidae), а саме **Беззубки** (Anodonta). Ці двостулкові густо населяють водойми з повільною течією та мулистим дном. Піддослідні екземпляри були відібрані в затоці річки Хорол на території санаторія ім. Гоголя в м. Миргороді. Після вилучення з мулу молюски промивалися у воді з тієї ж річки та вміщувались у ємність з тією ж водою. Зібрані особини сортувалися за розмірами та вагою і з них було сформовано п'ять приблизно однакових груп. У складі однієї групи приблизно відтворений габаритний та кількісний склад особин зібраних на 1 м<sup>2</sup> площі дна. Розміри та сумарна вага приведені нижче в таблицях. Також для наочності наведені фотографії першої групи.



Рисунок. 7.1 Беззубка №1



Рисунок. 7.3 Беззубка №3



Рисунок. 7.2. Беззубка №2



Рисунок. 7.4 Беззубка №4



Рисунок. 7.5 Беззубка №5



Рисунок. 7.8 Беззубка №8



Рисунок. 7.6. Беззубка №6

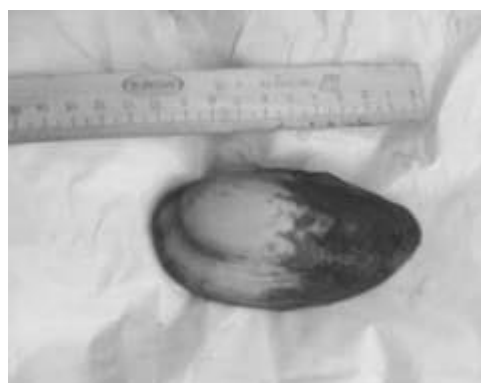


Рисунок. 7.9 Беззубка №9

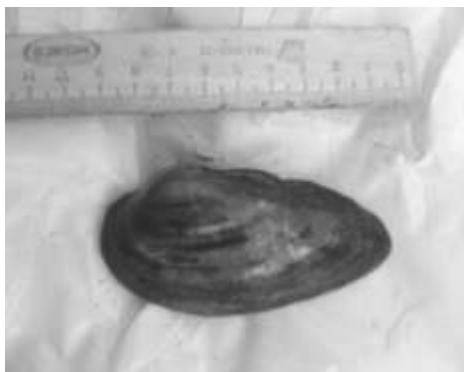


Рисунок. 7.7 Беззубка №7



Рисунок. 7.10 Беззубка №10

Таблиця 7.1 Довжина черепашки молюсків групи №1

Номер молюска	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10
Довжина черепашки	10,4	10,0	10,5	10,6	10,3	8,5	9,0	10,5	7,5	14,0

Сумарна вага групи – 1010 г

Таблиця 7.2 Довжина черепашки молюсків групи №2

Номер молюска	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10
Довжина черепашки	10,4	10,1	10,7	10,5	10,4	8,6	9,2	10,1	7,8	14,2

Сумарна вага групи – 1020 г

Таблиця 7.3 Довжина черепашки молюсків групи №3

Номер молюска	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10
Довжина черепашки	10,2	10,2	10,6	10,4	10,3	8,6	8,9	10,5	7,7	14,1

Сумарна вага групи – 990 г

Таблиця 7.4 Довжина черепашки молюсків групи №4

Номер молюска	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10
Довжина черепашки	10,4	10,0	10,5	10,3	10,3	8,5	9,4	10,5	7,5	13,9

Сумарна вага групи – 1010 г

Таблиця 7.5 Довжина черепашки молюсків групи №5

Номер молюска	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10
Довжина черепашки	10,5	10,2	10,5	10,6	10,3	8,5	9,0	10,5	7,5	14,3

Сумарна вага групи – 1000 г

### **7.3 Обладнання для фізичного експерименту**

Для проведення фізичного експерименту було взято п'ять однакових ємності об'ємом 12 дм<sup>3</sup>, конічної форми, виготовлених із пластика для побутового використання, не прозорі темного кольору. Для перевірки була взята вода з річки Оржиця поблизу м. Гребінка в місці штучного водоспаду з ціллю більшого збагачення води киснем.

### **7.4 Хід виконання фізичного експерименту**

03.09.21 р. о 8.00 ранку п'ять груп молюсків, приблизно однакового габаритного та вагового складу, були вміщені в п'ять однакових ємностей, в яких містилося по 10 дм<sup>3</sup> піддослідної води з р. Оржиця. Попередньо були відібрані проби для хімічного аналізу вихідної води. Протягом доби спостерігалася температура води і повітря.

04.09.21 р. о 8.00 ранку були відібрані проби для хімічного аналізу води по першій добі експерименту, протягом доби спостерігалася температура води і повітря. Аналогічні дії були проведені 05.09.21 р. та 06.09.21 р.

Після завершення експерименту 06.09.21 р. піддослідні молюски були поміщені у штучну водойму до отримання остаточних результатів фізичного експерименту.

## 7.5 Результати фізичного експерименту



Рисунок 7.11 Вода з екобасейну для експерименту

Результати фізичного експерименту були занесені в таблиці наведені нижче:

Таблиця 7.6 Результати лабораторних досліджень води з екобасейну група молюсків №1

Дата відбору проб	Примітки	Результати вимірювань				
		Водневий показник, рН	Нітрит-іони, мг/дм <sup>3</sup>	Нітрат-іони, мг/дм <sup>3</sup>	Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	БПК-5, мг/дм <sup>3</sup>
03.09.21	Початок експерименту	6,4	0,27	1,18	14,0	2,56
04.09.21	1-а доба	6,2	0,20	0,88	13,1	1,96

	експерименту					
05.09.21	2-а доба експерименту	6,1	0,09	0,46	11,8	1,28
06.09.21	3-я доба експерименту	6,0	<0,003	<0,44	10,2	0,64

Таблиця 7.7 Результати лабораторних досліджень води з екобасейну група молюсків №2

Дата відбору проб	Примітки	Результати вимірювань				
		Водневий показник, рН	Нітриг-іони, мг/дм <sup>3</sup>	Нітрат-іони, мг/дм <sup>3</sup>	Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	БПК-5, мг/дм <sup>3</sup>
03.09.21	Початок експерименту	6,4	0,27	1,18	14,0	2,56
04.09.21	1-а доба експерименту	6,1	0,19	0,86	13,2	1,95
05.09.21	2-а доба експерименту	6,1	0,09	0,47	11,3	1,26
06.09.21	3-я доба експерименту	6,0	<0,003	<0,44	10,5	0,63

Таблиця 7.8 Результати лабораторних досліджень води з екобасейну Оржиця група молюсків №3

Дата відбору проб	Примітки	Результати вимірювань				
		Водневий показник, рН	Нітриг-іони, мг/дм <sup>3</sup>	Нітрат-іони, мг/дм <sup>3</sup>	Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	БПК-5, мг/дм <sup>3</sup>
03.09.21	Початок експерименту	6,4	0,27	1,18	14,0	2,56
04.09.21	1-а доба експерименту	6,2	0,20	0,80	13,3	1,96
05.09.21	2-а доба експерименту	6,1	0,08	0,45	11,7	1,28
06.09.21	3-я доба експерименту	6,0	<0,003	<0,44	10,3	0,64

Таблиця 7.9 Результати лабораторних досліджень води з екобасейну група молюсків №4

Дата відбору проб	Примітки	Результати вимірювань				
		Водневий показник, рН	Нітрит-іони, мг/дм <sup>3</sup>	Нітрат-іони, мг/дм <sup>3</sup>	Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	БПК-5, мг/дм <sup>3</sup>
03.09.21	Початок експерименту	6,4	0,27	1,18	14,0	2,56
04.09.21	1-а доба експерименту	6,2	0,18	0,82	13,1	1,96
05.09.21	2-а доба експерименту	6,0	0,10	0,48	11,8	1,28
06.09.21	3-я доба експерименту	6,0	<0,003	<0,44	10,5	0,64

Таблиця 7.10 Результати лабораторних досліджень води з екобасейну група молюсків №5

Дата відбору проб	Примітки	Результати вимірювань				
		Водневий показник, рН	Нітрит-іони, мг/дм <sup>3</sup>	Нітрат-іони, мг/дм <sup>3</sup>	Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	БПК-5, мг/дм <sup>3</sup>
03.09.21	Початок експерименту	6,4	0,27	1,18	14,0	2,56
04.09.21	1-а доба експерименту	6,2	0,20	0,84	13,2	1,95
05.09.21	2-а доба експерименту	6,1	0,09	0,50	11,6	1,28
06.09.21	3-я доба експерименту	6,1	<0,003	<0,44	9,9	0,63

За табличними даними збудовані графіки зниження концентрації речовин (для прикладу взяті зважені речовини) у досліджуваній воді

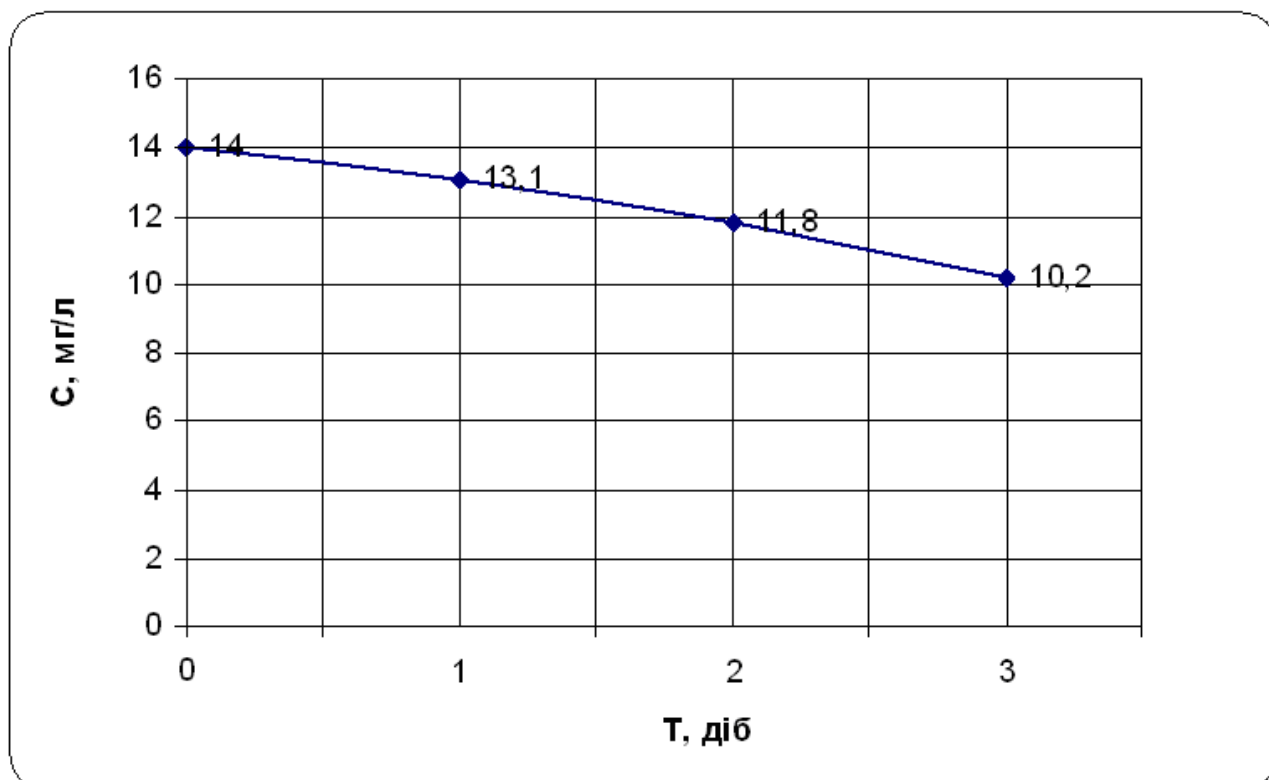


Рисунок 7.12 Графік зниження концентрації завислих речовин у воді із групою молюсків №1

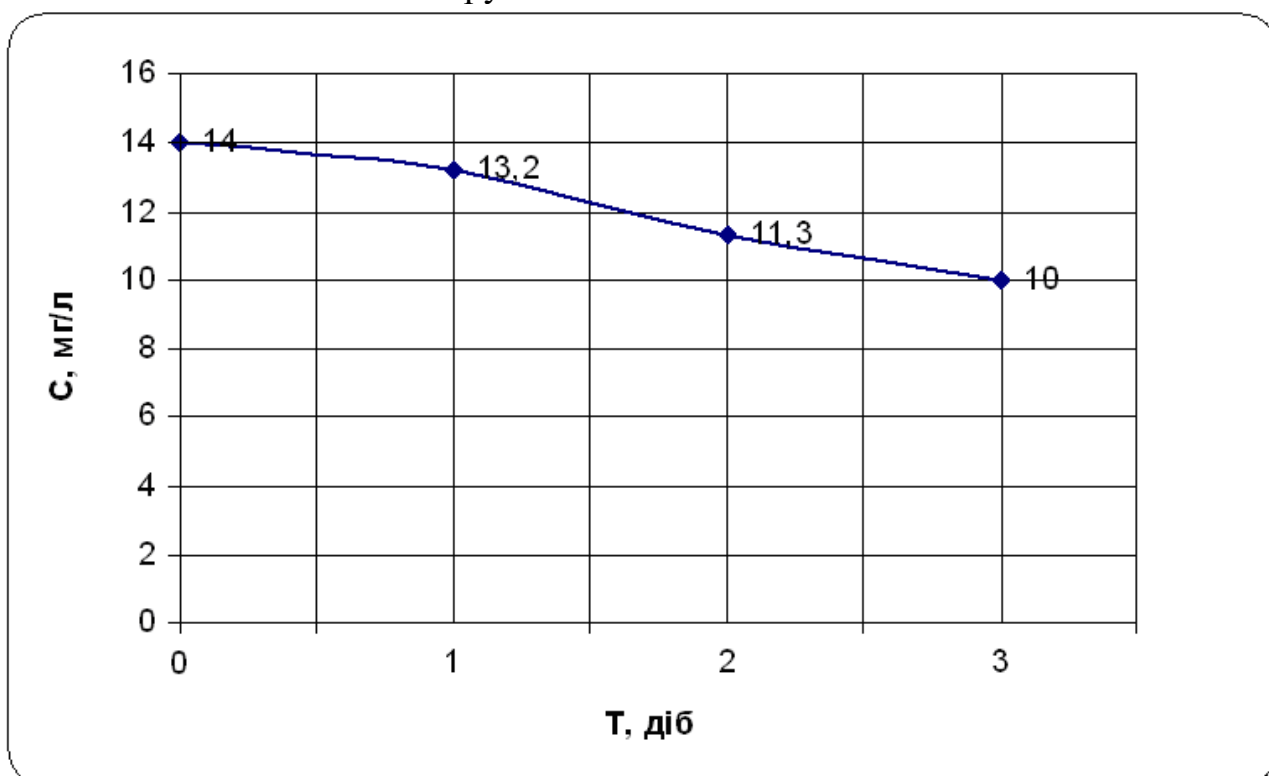


Рисунок 7.13 Графік зниження концентрації завислих речовин у воді із групою молюсків №2

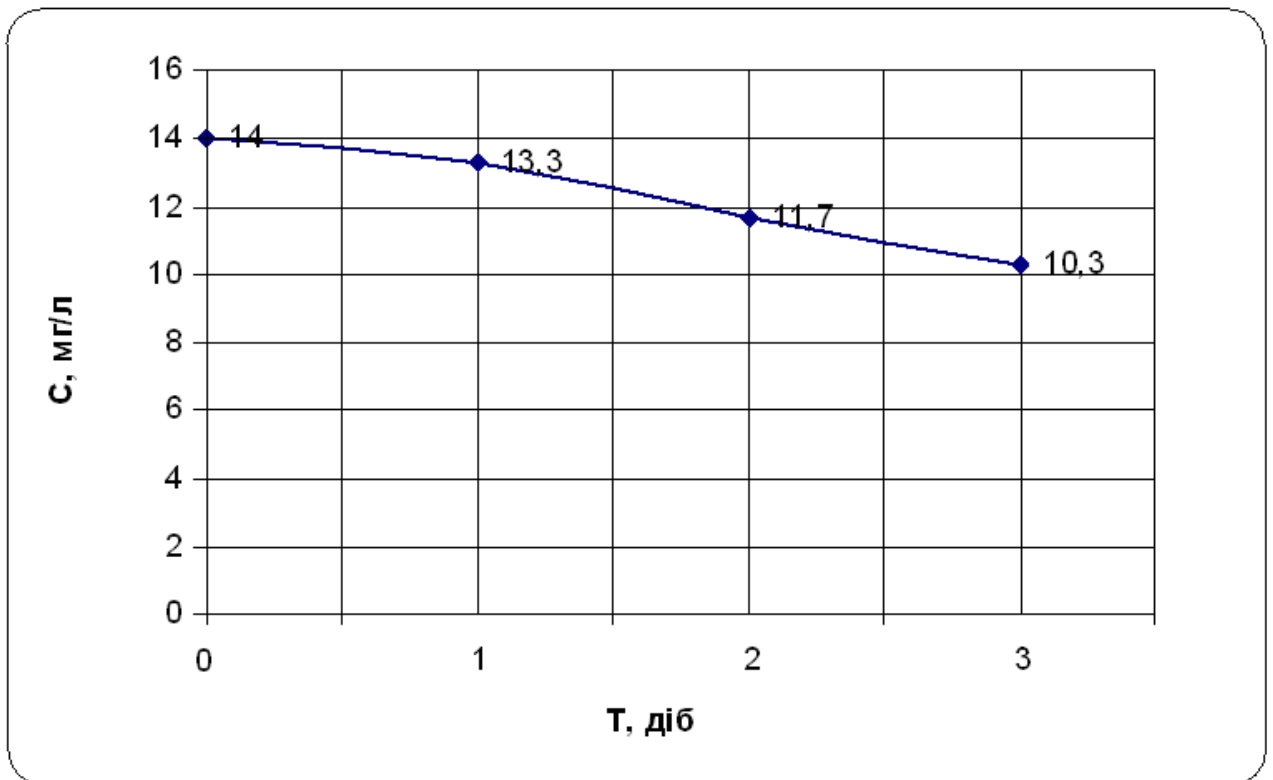


Рисунок 7.14 Графік зниження концентрації завислих речовин у воді із групою молюсків №3

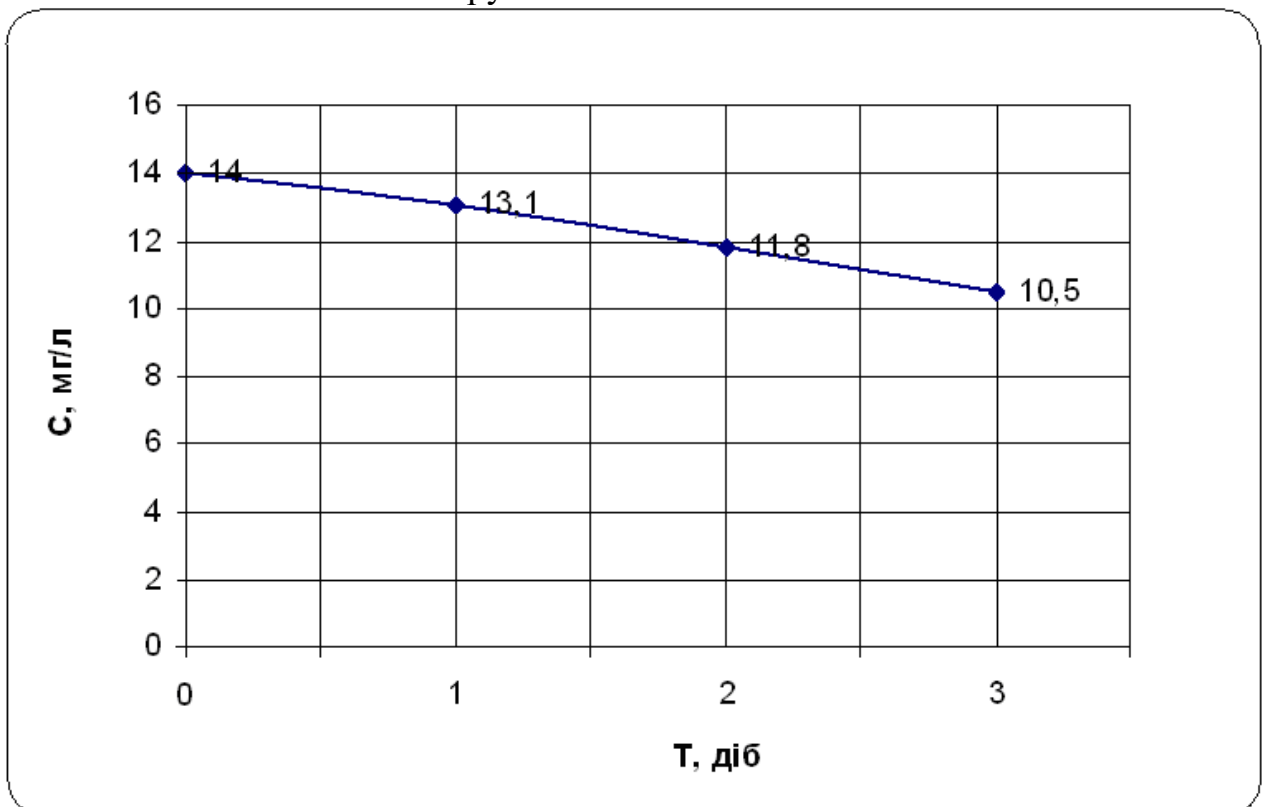


Рисунок 7.15 Графік зниження концентрації завислих речовин у воді із групою молюсків №4

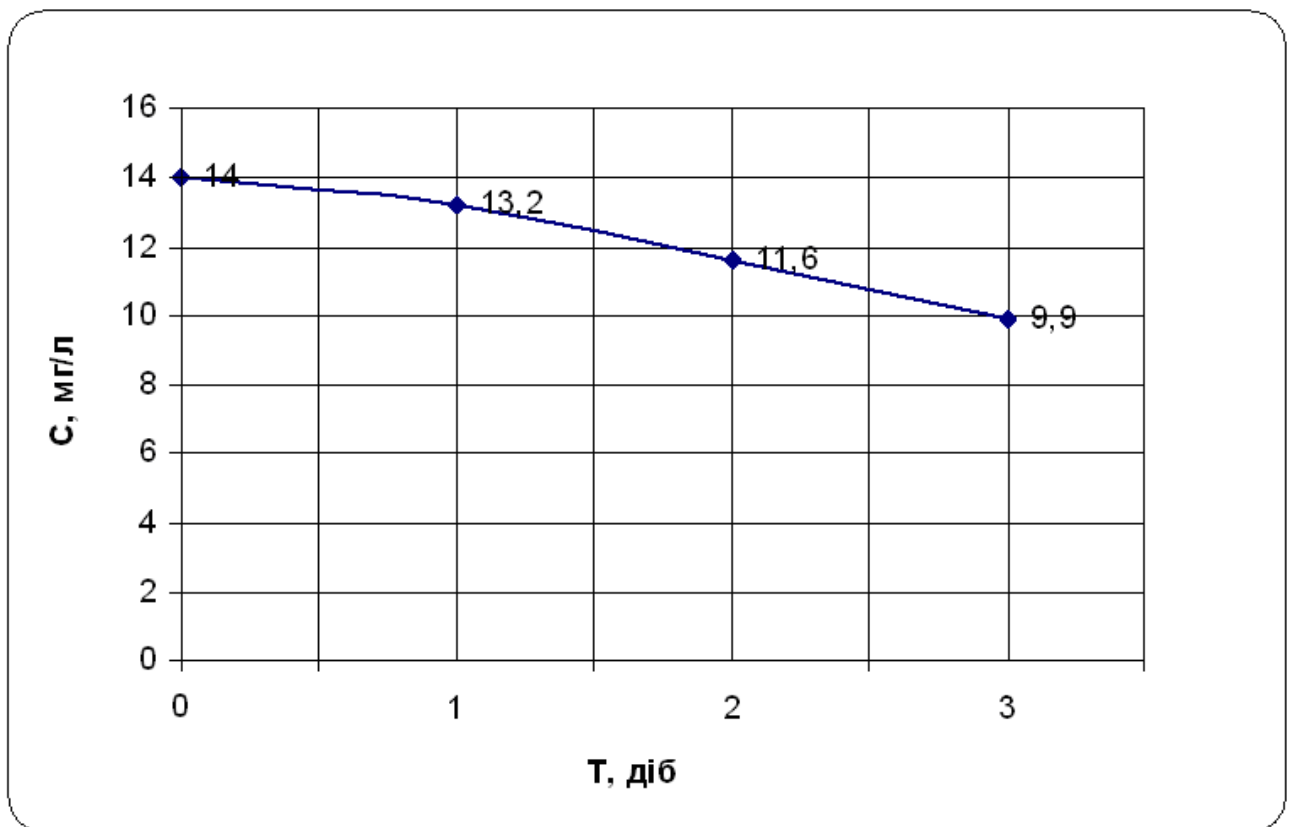


Рисунок 7.16 Графік зниження концентрації завислих речовин у воді із групою молюсків №5  
 На основі аналізу результатів фізичного експерименту була запропонована лінійна модель прогнозу концентрації завислих речовин при використанні гідро біонтів – беззубок.

Модель має вигляд:

$$C = -2T + C_n \quad (7.1)$$

Де C – концентрація зважених речовин у воді, мг/л;

T – час, діб;

C<sub>n</sub> – початкова концентрація зважених речовин у воді

За допомогою цієї моделі можна виконувати «пілотні» прогнозні розрахунки процесу очищення води. Але необхідно відзначити, що модель потрібно удосконалити, щоб врахувати різну кількість гідро біонтів, які

можуть бути використані для очищення води а також їхній вік та погодні умови

## ВИСНОВКИ

1. Зроблений аналітичний огляд наукових публікацій присвячених проблемі очистки води за допомогою гідробіонтів. Аналіз показав, що найбільш часто використовуються беззубки для очищення води у водоймах з мулистим дном, тому в магістерській роботі були проведені дослідження по ефективності використання цих гідро біонтів для очистки води.
2. Був проведений фізичний експеримент за допомогою якого було визначено ефективність очистки води від зважених речовин, нітрит та нітрат-іонів за допомогою гідробіонтів. Експеримент показав, що протягом трьох діб вода була очищена до показників нижчих за нормативні
3. На основі результатів фізичного моделювання запропонована математична модель, яка дозволяє виконувати експрес-прогноз ступеню очистки води за допомогою беззубок.
4. Отриманні данні можуть бути використанні для оптимізації очистки води в екопансіонаті.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ю. Одум, Экология, М, Мир, 1986
2. Н.А. Березин, Гидробиология, М, Легкая и пищевая промышленность, 1984.
3. Загрязнение и самоочищение реки Оки, ред. В.И. Жадин. М, Наука, 1964.
4. Е.Б. Райков, М. Н. Римский - Корсаков Зоологические экскурсии. М, Торпикал, 1994.
5. Жизнь животных 2 том, ред. Л.А, Зенкевич, М, Просвещение, 1968.
6. Растения и животные, М, Мир, 1991.
7. Майр Э. Принципы зоологической систематики. – М.: Мир, 1971. – 454 с.
8. Мороз С.А. Історія біосфери Землі. – В 2-х тт. – Київ: Заповіт, 1996
9. Доля М.М., Покозій Й.Т. Практикум із зоології. К.: Урожай, 1996. -143 с.
10. Слюсарев А.О, Жукова С.В., Біологія. – К.: Вища шк., 1992. –422 с
11. Ковальчук Г.В. Зоологія з основами екології. Суми: Університетська книга, 2003. – 592с.
12. Сенік А.Ф., Кулаківська О.П. Зоологія з основами екології. К.: Урожай, 2000. – 288 с.
13. Доля М.М., Покозій Й.Т. Практикум із зоології. К.: Урожай, 1996. -143 с.
14. Кузнецов Б.А., Чернов А.З., Катанова Л.Н. Курс зоологии. –М.: Агропромиздат, 1989. –380 с.
13. Лукин Е.И. Зоология. – М.: Агропромиздат, 1989. – 384 с.
14. Веселов Е.Л., Кузнецова О.Н. Практикум по зоологии. – М.: Высш. шк., 1979. – 240с.
15. Ковальчук Г.В. Зоологія з основами екології. К.: Вища шк., 1988. – 296 с.
16. Мазурмович Б.М., Коваль В.П. Практикум із зоології безхребетних. –К.: Вища шк., 1977. –232 с
17. Корнеев О.П., Бабенко Л.О. і ін. Практикум із зоології хордових. К.: Київський університет, 1967. – 223 с.
18. Догель В.А. Зоология беспозвоночных. М.: Высш. Шк., 1981. – 559с.

19. Наумов Н.П., Карташев Н.Н. Зоология позвоночных. М.: Высш. Шк., 1979. Т.1-2, 331. – 271 с.
20. Матвеев Б.С. и др. Курс зоологии. М.: Высш. Шк. 1968. Т.1-2, 481, 473 с.
21. Хадорн Э., Венер Р. Общая зоология позвоночных. – М.: Мир, 1989. – 523 с.
22. Соколов В.Е. и др. Жизнь животных. М.: Просвещение, 1983-1989. Т.І-VII. 447, 448, 463, 575, 399, 527, 558 с.
23. Маляревская А.Я. Биохимические механизмы адаптации гидробионтов к токсическим веществам // Гидробиол. журнал. 1985, Т. 21 №3. С.70-82
24. Карнаухов В.Н. Роль моллюсков с высоким содержанием каротиноидов в охране водной среды от загрязнения. Пущино. 1978. 78с.
- 25.<http://images-onoff.com/images/144/naturalniebasseynisestestvennoyochistkoy-836ee082.jpg>).
- 26.ДСанПіН №383 (186/1940) «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання»
- 27.ДЕРЖАВНІ САНІТАРНІ ПРАВИЛА І НОРМИ Проектування, будівництво та експлуатація плавальних басейнів на морських і річкових суднах"
- 28.<https://bnv.ua/uk/2020/03/30/reagentni-metodi-znezarazhennja-vodi-v-basejni-vibiraemo-pravilno/>
- 29.Справочное пособие к СНиП 2.08.02 - 89\* Проектирование бассейнов [Текст] —М.: Стройиздат, 1991. - 42 с.
30. Василенко О.А, Епоян С.М, Водовідведення та очистка стічних вод міста.Київ, 2012- 540с.