

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК

Для практичних робіт з навчальної дисципліни
**РИБНИЦТВО РОЗДІЛ «БІОЛОГІЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ
ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ»**

для студентів III-IV років навчання
денної та заочної форм навчання
рівня вищої освіти «Бакалавр»
спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура»
ОПП «Охорона, відтворення та раціональне використання
гідробіоресурсів»

Затверджено
на засіданні групи забезпечення спеціальності
Протокол № _____ від « ____ » _____ 2024р.
Голова групи _____ Шекк П.В.

Затверджено
на засіданні кафедри Водних біоресурсів
та аквакультури
Протокол № _____ від « ____ » _____ 2024р.
Завідувач кафедри _____ Бургаз М.І.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
Для практичних робіт з навчальної дисципліни
**РИБНИЦТВО РОЗДІЛ «БІОЛОГІЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ
ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ»**
для студентів III-IV років навчання
денної та заочної форм навчання
рівня вищої освіти «Бакалавр»
спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура»
ОПП «Охорона, відтворення та раціональне використання
гідробіоресурсів»

Затверджено
на засіданні групи
забезпечення спеціальності
Протокол № _____
від « ____ » _____ 2024р.

Збірник методичних вказівок для практичних робіт з навчальної дисципліни Рибництво Розділ «Біологічна продуктивність водних екосистем» для студентів III-IV років навчання денної та заочної форм навчання, РВО «Бакалавр», за спеціальністю 207 «Водні біоресурси та аквакультура», ОПП «Охорона, відтворення та раціональне використання гідробіоресурсів»./ Бургаз М.І., Лічна А.І.– Одеса, ОДЕКУ, 2024, 30 с.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1	
ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРВИННОЇ ПРОДУКЦІЇ ПЛАНКТОНУ СКЛЯНКОВИМ МЕТОДОМ. КИСНЕВА МОДИФІКАЦІЯ	5
<i>Питання для самоперевірки</i>	7
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2	
ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРВИННОЇ ПРОДУКЦІЇ СКЛЯНКОВИМ МЕТОДОМ. РАДІОВУГЛЕЦЕВА МОДИФІКАЦІЯ.	8
<i>Питання для самоперевірки</i>	10
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3	
ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРВИННОЇ ПРОДУКЦІЇ СКЛЯНКОВИМ МЕТОДОМ. РОЗРАХУНОК ПРОДУКЦІЇ ЗА ВМІСТОМ ХЛОРОФІЛУ <i>a</i> В ПЛАНКТОНІ	11
<i>Питання для самоперевірки</i>	13
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4	
ТЕМА: МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ МОРСЬКОГО ФІТОПЛАНКТОНУ. РОЗРАХУНОК ЧИСЕЛЬНОСТІ ФІТОПЛАНКТОНУ	14
<i>Питання для самоперевірки</i>	17
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5	
ТЕМА: УЧАСТЬ ВОДНИХ ОРГАНІЗМІВ В ПРОЦЕСАХ ТРАНСФОРМАЦІЇ І ДЕСТРУКЦІЇ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН У ВОДОЙМАХ.	18
<i>Питання для самоперевірки</i>	21
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6	
ТЕМА: ПРОДУКЦІЯ ГЕТЕРОТРОФНИХ БАКТЕРІЙ І ПРОСТИХ БАКТЕРІЙ ПЛАНКТОНУ	22
<i>Питання для самоперевірки</i>	25
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7	
ТЕМА: РОЗРАХУНОК ВТОРИННОЇ ПРОДУКЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ФІЗІОЛОГІЧНОГО МЕТОДУ	26
<i>Питання для самоперевірки</i>	29
ЛІТЕРАТУРА	30

ПЕРЕДМОВА

Збірник методичних вказівок для практичних робіт з навчальної дисципліни Рибництво Розділ «Біологічна продуктивність водних екосистем» за спеціальністю 207 «Водні біоресурси та аквакультура» призначені для студентів III-IV років навчання денної та заочної форм навчання рівня вищої освіти «Бакалавр». Збірник методичних вказівок для практичних робіт Рибництво Розділ «Біологічна продуктивність водних екосистем» складені відповідно з силлабусом навчальної дисципліни.

Вивчення дисципліни Рибництво Розділ «Біологічна продуктивність водних екосистем» спрямовано на дослідження первинної та вторинної продуктивності водойм, вміння розраховувати різними методами рибопродуктивність, визначати продукційні можливості водойм різного типу в залежності від стану їх кормової база, складу та чисельності іхтіофауни. Використовувати знання про структуру, функціональні характеристики (відтворення, чисельність, ріст, біомаса тощо) популяцій гідробіонтів; розраховувати первинну, вторинну та потенційну продукцію водойм, спрямовано формувати біопродуктивність за основними групами кормових ресурсів; проводити індикацію ступеня забруднення та оцінювання якості води і стану гідроекосистем за гідробіологічними показниками; характеризувати особливості життєдіяльності, біологічної продуктивності та системи охорони гідробіонтів континентальних водойм

Метою дисципліни є сформувати у студентів теоретичні знання про первинну продукцію, її утворення, роль та методи оцінки та вторинну продукцію водних екосистем, а також структурні і функціональні характеристики угруповань водних тварин, біотичний баланс водних екосистем.

В збірнику методичних вказівок наведено перелік тем практичних робіт, теоретичні питання, які необхідні для виконання кожної практичної роботи, завдання та питання для самоперевірки до кожної роботи для закріплення вивченого матеріалу.

У силлабусі дисципліни Рибництво Розділ «Біологічна продуктивність водних екосистем» наведені змістовні лекційні та практичні модулі, контрольні питання для захисту лекційних та практичних робіт та критерії оцінювання.

Ознайомитись з силлабусом можна за посиланням - <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/12915/>

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРВИННОЇ ПРОДУКЦІЇ ПЛАНКТОНУ СКЛЯНКОВИМ МЕТОДОМ. КИСНЕВА МОДИФІКАЦІЯ.

Мета роботи: ознайомитись з методикою визначення первинної продукції планктону склянковими методами, а саме за допомогою кисневої модифікації.

Матеріали та обладнання: методичні рекомендації, навчальна література.

Завдання. Згідно з варіантом вихідних даних розрахувати первинну продукцію планктону склянковим методом за допомогою кисневої модифікації.

Теоретичні питання

Для визначення первинної продукції планктону широкого поширення набув метод вимірювання швидкості фотосинтезу у воді, ув'язненій в спеціальні судини (склянки), в його кисневій і радіовуглецевій модифікаціях.

Киснева модифікація методу зазвичай застосовується при дослідженнях на озерах і водосховищах. Вона була запропонована Г. Г. Вінбергом в 1934 р. в результаті досліджень на озері Білому. На цьому озері 25 травня 1932 р. були вперше зроблені вимірювання фотосинтезу планктону методом склянок з метою отримання кількісного виразу швидкості утворення органічних речовин в цьому водоймищі або його первинній продукції. Ця робота відкрила цілу епоху в гідробіології і поклала початок планомірним продукційним дослідженням різних водоймищ.

В основі методу лежить визначення кисню у воді з водойми, поміщеній в склянки. Для спостереження використовують склянки з білого скла об'ємом 100—200 мл з притертими пробками, причому об'єм кожної склянки повинен бути точно відомий. При цьому третя частина всіх склянок повинна бути спеціально затемнена. Зазвичай для цього їх заздалегідь ретельно завертають в щільну світлонепроникну матерію, дерматин. Три склянки — *контрольну* (початкову), *світлу* (незатемнену) і *темну* — заповнюють водою з одного батометра, узятого з досліджуваної водойми. У контрольній склянці розчином хлористого магнію і їдкового лугу негайно «фіксують» розчинений у воді кисень для визначення початкового змісту кисню у воді. Заповнені водою темні і світлі склянки зазвичай поміщають у воду досліджуваної водойми на певний час. *Час експозиції* склянок найчастіше складає одну добу, оскільки за цей час проходять всі циклічні добові зміни умов у водоймі (освітленості, температури і так далі). В окремих випадках час експозиції може бути більше і менше діб. Після експозиції склянок в них фіксується розчинений у воді кисень. **Валову первинну продукцію (А)** за час експозиції склянок визначає по різниці вмісту кисню в світлій і темній склянках в кінці експозиції. По зменшенню вмісту розчиненого кисню у воді затемненої склянки, в порівнянні з початковим визначають швидкість

деструкції органічних речовин, пов'язаної з витратами на обмін організмів планктонного співтовариства (R). **Чиста первинна продукція** є різницею $A - R$. Чисту продукцію планктону слід відрізнити від чистої продукції фітопланктону, яка є валовим фотосинтезом за вирахуванням витрат кисню на дихання тільки фітопланктону. Остання величина не піддається прямому вимірюванню і найчастіше залишається невідомою або оцінюється непрямым чином. Зазвичай приймають, що витрати на дихання фітопланктону в середньому досягають 15—20 % валовій первинній продукції.

Приклад розрахунку.

Початковий вміст кисню у воді ($O_{поч}$) складав 10,1 мг/л. За час добової експозиції склянок в озері вміст кисню в світлій склянці ($O_{св}$) зріс до 12,4 мг/л, а в темній ($O_{тм}$) знизилося до 8,2 мг/л.

Визначити:

1. Валову первинну продукцію.- A
2. Швидкість дихання планктонного співтовариства - R
3. Чисту продукцію - $A - R$

Звідси валова первинна продукція

$$A = O_{св} - O_{тм}$$

$$A = 12,4 - 8,2 = 4,2 \text{ мг О/(л·д)}$$

(Або 59,75 Дж/(л·д), або 2,9 міліграм Ов/(л·д), або 13,4 мг С/(л·д)); (при переведенні в інші одиниці вимірювання);

швидкість дихання планктонного співтовариства

$$R = O_{поч} - O_{тм}$$

$$R = 10,1 - 8,2 = 1,9 \text{ мг О/(л·д)};$$

чиста первинна продукція

$$A - R = O_{св} - O_{поч}$$

$$A - R = 12,4 - 10,1 = 2,3 \text{ мг О/(л·д)}.$$

Застосування кисневого методу в оліготрофних водах обмежене із-за його невисокої чутливості. Цей метод можна упевнено використовувати для водоймищ, зміст хлорофілу а у воді яких не менше 1 мг/м³.

Таблиця вихідних даних для розрахунків згідно індивідуального варіанту

Варіант	$O_{поч}$ (мг/м³)	$O_{св}$ (мг/л)	$O_{т.м}$ (мг/л)
1	2	3	4
1	10,2	12,5	8,1
2	11,3	13,2	9,6
3	11,6	14,1	9,4
4	12,1	14,7	10,1
5	9,8	11,2	7,6
6	10,9	13,0	10,1
7	11,7	13,5	10,6
8	12,4	14,2	12,1
9	13,4	15,5	11,6
10	14,6	16,1	13,1
11	13,3	15,9	12,3
12	10,6	12,8	8,4
13	10,9	12,5	9,6
14	10,8	12,5	8,1
15	11,6	13,2	9,4
16	11,3	14,1	9,6
17	12,1	14,1	8,3
18	10,8	12,1	10,6
19	12,9	13,5	10,1
20	11,3	13,2	10,1
21	10,4	12,2	8,6
22	13,5	16,2	12,4
23	14,3	15,5	11,1
24	12,9	13,5	10,5
25	11,6	13,0	12,1
26	13,4	14,6	9,8
27	12,5	13,8	10,4
28	10,7	12,2	8,7
29	12,3	13,4	11,6
30	13,8	15,8	12,9

Питання для самоперевірки

1. Що називається первинною продукцією?
2. У чому полягає суть поняття первинної продукції?
3. Які показники первинної продукції планктону вважаються найважливішими?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2. ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРВИННОЇ ПРОДУКЦІЇ СКЛЯНКОВИМ МЕТОДОМ. РАДІОВУГЛЕЦЕВА МОДИФІКАЦІЯ.

Мета роботи: ознайомитись з методикою визначення первинної продукції планктону склянковими методами, а саме за допомогою методу радіовуглецевої модифікації.

Матеріали та обладнання: методичні рекомендації, навчальна література.

Завдання. Згідно з варіантом вихідних даних розрахувати первинну продукцію планктону склянковим методом за допомогою методу радіовуглецевої модифікації.

Радіовуглецева модифікація склянкowego методу – вивчення первинної продукції планктону застосовується на оліготрофних водоймах, включаючи основні морські і океанічні води. Вперше ця модифікація була використана Стіман-Нільсеном в 1950 р. під час робіт данської морської експедиції на судні «Галатея».

Радіовуглецева модифікація зводиться до наступного. У пробу води вносять ізотоп вуглецю ^{14}C у вигляді карбонату або гідрокарбонату натрію з відомою радіоактивністю. Після деякої експозиції склянок воду з них фільтрують через мембранний фільтр і визначають на фільтрі радіоактивність кліток планктону.

Швидкість фотосинтезу (мг С/л) розраховується по формулі:

$$A = \left(\frac{r_d}{R_d} \right) C$$

де: C – вміст CO_2 у воді, (мг С / л);

r_d – радіоактивність планктону на фільтрі;

R_d – радіоактивність речовини, внесеної до склянки.

Радіовуглецева модифікація склянкowego методу майже на два порядки чутливіше за кисневу модифікацію. Це дозволяє використовувати її для спостережень за первинною продукцією оліготрофних водоймищ і на таких глибинах в продуктивніших водах, де фотосинтез по приросту кисню недоступний. Погрішність радіовуглецевої модифікації може бути пов'язана з наявністю так званої позаклітинної продукції, що не враховується стандартними методами, і руйнуванням кліток фітопланктону при фільтрації проб води через мембранні фільтри. **Позаклітинною** або **екстрацелюлярною** продукцією називають прижиттєве виділення клітками водоростей в зовнішнє середовище продуктів фотосинтезу.

Стандартні методи не здатні враховувати розчинені продукти фотосинтезу, що приводить до помилки від 1 до 50%. Продукція розчинених органічних речовин (РІВ), що ототожнюється часто з позаклітинною продукцією фітопланктону, в оліготрофних водах може бути співмірна з продукцією зваженої органічної речовини. Розроблені спеціальні методи

визначення позаклітинної продукції, достатньо детально викладені в роботі В. В. Бульона.

Одна із слабких сторін радіовуглецевої модифікації полягає в тому, що частина радіовуглецю, що асимілює, виділяється водоростями при диханні, не враховується. Тому за допомогою цієї модифікації набувають невизначених значень первинної продукції, які виявляються близькими до значень або чистої, або валової продукції.

Для **визначення валової первинної продукції** вимірюють швидкість фотосинтезу планктону на декількох горизонтах фотичної зони. Ця зона обмежена поверхнею води і глибиною, якою досягає 1 % сонячній радіації, що приходить, тобто завглибшки, рівною приблизно $2,5 S$ (S — прозорість води (м), зміряна за допомогою білого диска). Зазвичай спостереження за швидкістю фотосинтезу проводяться на горизонтах, відповідних глибинам, рівним $0,25 S$, $0,5 S$, $1 S$, $2 S$, $3 S$. Склянки з пробами прикріплюють за допомогою спеціальних пристосувань (штативів, затисків, гачків і тому подібне) до троса, який встановлюється у водоймі у вертикальному положенні. Системи кріплення повинні забезпечувати можливість швидкого і зручного прикріплення і зняття склянок.

Розрахунки первинної продукції під 1 м^2 поверхні водойми враховують швидкість фотосинтезу планктону на декількох горизонтах фотичної зони, вибраних відповідно до прозорості води.

Для визначення **«потенційного фотосинтезу»** за допомогою радіовуглецевої модифікації склянкового методу склянки можуть експонуватися поза водоймою в спеціальних акваріумах. Дані про потенційний фотосинтез дають можливість оцінити відносну продуктивність досліджуваних вод.

За допомогою обох модифікацій склянкового методу зазвичай отримують наступні найважливіші характеристики первинної продукції:

- 1) добову швидкість фотосинтезу в 1 м^3 води у поверхні водоймища (A_s);
- 2) добову швидкість фотосинтезу в 1 м^3 на глибині з оптимальними світловими умовами (A_{opt}), причому часто ці два показники співпадають;
- 3) добовий фотосинтез під 1 м^2 поверхні водойми (UA); визначення цієї величини необхідне, наприклад, для порівняння енергії первинної продукції з енергією сонячної радіації, падаючої на поверхню водоймища;
- 4) кількість первинної продукції за сезон або за рік

Приклад розрахунку.

По радіоактивності планктону в темній склянці можна судити про значення темпової асиміляції CO_2 мікрофлорою і адсорбції $^{14}CO_2$ фільтрами. Концентрація діоксиду вуглецю і воді складає 20 мг C/л .

- 1) Отримати накопичену водоростями радіоактивність r_d
- 2) Розрахувати швидкість фотосинтезу A

У світлу і темну склянки внесли розчин $Na^{14}CO_3$ радіоактивністю 1 млн імп/хв (R_d). Після добової експозиції радіоактивність планктону в світлій склянці (r_{d1}) склала 20 тис. імп/хв, а в темній склянці (r_{d2}) – 2 тис. імп/хв. По радіоактивності планктону в темній склянці можна судити про значення темпової асиміляції CO_2 мікрофлорою і адсорбції $^{14}CO_2$ фільтрами. Концентрація діоксиду вуглецю і воді складає 20 мг С/л.

Враховуючи сказане, можна отримати, що **накопичена водоростями радіоактивність**

$$r_d = r_{d1} - r_{d2} = 20 \cdot 10^3 - 2 \cdot 10^3 = 18 \cdot 10^3 \text{ імп/хв}$$

швидкість фотосинтезу $A = 18 \cdot 10^3 / 10^6 \cdot 20 = 0,36 \text{ мг С/(л·д)}$.

Це еквівалентно 16,11 Дж/л, або 0,78 мг O_2 /л, або 1,12 мг O_2 /(л·д).

Таблиця вихідних даних для розрахунків згідно індивідуального варіанту

Варіант	r_{d2} імп/хв	r_{d1} імп/хв	$Na^{14}CO_3$ R_d імп/хв	Варіант	r_{d2} імп/хв	r_{d1} імп/хв	$Na^{14}CO_3$ R_d імп/хв
1	3000	30000	1000000	16	2000	40000	1000000
2	3000	20000	1000000	17	4000	20000	1000000
3	2000	10000	1000000	18	3000	50000	1000000
4	1000	40000	1000000	19	2000	30000	1000000
5	4000	30000	1000000	20	3000	40000	1000000
6	3000	10000	1000000	21	5000	30000	1000000
7	1000	20000	1000000	22	1000	10000	1000000
8	2000	40000	1000000	23	2000	50000	1000000
9	2000	30000	1000000	24	4000	30000	1000000
10	3000	30000	1000000	25	2000	20000	1000000
11	3000	20000	1000000	26	4000	50000	1000000
12	2000	20000	1000000	27	5000	20000	1000000
13	1000	30000	1000000	28	3000	30000	1000000
14	3000	20000	1000000	29	1000	40000	1000000
15	2000	10000	1000000	30	4000	40000	1000000

Питання для самоперевірки

1. У чому полягає поняття валової та чистої первинної продукції планктону?
2. Що собою уявляють автотрофні процеси в океані?
3. Які існують основні реакції фотосинтезу?
4. У чому полягає суть кисневої модифікації методу визначення первинної продукції?
5. У чому полягає суть радіовуглецевої модифікації методу визначення первинної продукції?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3.
ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРВИННОЇ ПРОДУКЦІЇ СКЛЯНКОВИМ МЕТОДОМ.
РОЗРАХУНОК ПРОДУКЦІЇ ЗА ВМІСТОМ ХЛОРОФІЛУ А В
ПЛАНКТОНІ.

Мета роботи: ознайомитись з методикою визначення первинної продукції планктону склянковими методами, визначення вмісту хлорофілу А в планктоні.

Матеріали та обладнання: методичні рекомендації, навчальна література.

Завдання. Згідно з варіантом вихідних даних розрахувати первинну продукцію планктону склянковим методом, визначення вмісту хлорофілу А в планктоні.

Визначення змісту хлорофілу в планктоні **дозволяє:**

- 1) виразити біомасу фітопланктону в абсолютних одиницях маси;
- 2) розрахувати значення первинної продукції планктону по концентрації хлорофілу, яка закономірно зв'язана із швидкістю утворення органічних речовин в процесі фотосинтезу.

Вперше зміст хлорофілу був визначений Е. М. Крепсом і Н. А. Вержбіцкой в 1930 р. при вивченні планктону Баренцева моря. В даний час визначення вмісту хлорофілу А в планктоні широко використовується при дослідженнях первинної продукції планктону в різних водоймах.

Суть методу полягає в тому, що тим або іншим способом екстрагують хлорофіл і концентрацію хлорофілу А визначають на спектрофотометрах або флуорометрах. Зазвичай фітопланктон з відомого об'єму води концентрують фільтруванням на мембранному фільтрі, висушують, а потім екстрагують з нього пігменти в певному об'ємі 90%-ного ацетону.

Рівняння для розрахунку кількості хлорофілу а, прийняте робочою групою ЮНЕСЬКО, має вигляд:

$$C_{\text{д\text{е}}} = (11.64 \cdot E_{663} - 2.16 \cdot E_{645} + 0.1 \cdot E_{630})v / VL$$

де $C_{\text{д\text{е}}}$ – концентрація хлорофілу а (мг/м³);

E_{663} , E_{645} , E_{630} – екстинкція (ослаблення світла) при довжині хвиль 663, 645, 630 нм відповідно;

v – об'єм екстракту (мл);

V – об'єм проби (л);

L – довжина світлового шляху в екстракті (см).

У значення, отримані в червоній частині спектру при вказаних значеннях екстинкції, слід вносити поправку, віднімаючи з них оптичну щільність екстракту на довжині хвилі 750 нм. Враховується неспецифічне

поглинання світла на цій довжині хвилі, пов'язане з каламутністю, різними суспензіями і тому подібне.

Для розрахунку первинної продукції за змістом хлорофілу в планктоні необхідно знати так зване *асиміляційне число*. **Асиміляційним числом** (АЧ) називають відношення всієї кількості хлорофілу A до швидкості фотосинтезу і виражається в міліграмах органічної речовини, синтезованої за 1 ч, на 1 міліграмі хлорофілу в умовах освітленості, до яких дана система пристосована. Асиміляційне число прийнято виражати в мг С/мг хлорофілу A за добу (САЧ) або годину. Деякі дослідники виражають його в одиницях маси кисню, що виділяється при фотосинтезі, або CO_2 , що асимілює в його процесі.

Максимальні значення АЧ для озер різних широт знаходяться в межах 3,2—33 мг О/(мг-ч), або 1 — 10 мг С/(мг-ч). **Середнє асиміляційне число** на глибині оптимального фотосинтезу залежить від трофічного статусу водойми і фізіологічного стану водоростей і рівний приблизно 2 мг С/(мг-ч). Вміст хлорофілу A (мг/м³) в озерах і водосховищах знаходиться в наступних межах: оліготрофні – 1, мезотрофні – 1—10, евтрофні – 10—100, високоевтрофні – 100.

Значення первинної продукції для шару води, де умови для фотосинтезу найбільш сприятливі, може бути отримано множенням значення змісту хлорофілу A на АЧ або САЧ. Оскільки нижче і вище за цей шар умови для фотосинтезу погіршуються, загальна продукція в стовпі води або на одиницю поверхні дзеркала водойми може бути розрахована тільки з урахуванням відхилення освітленості від оптимального значення на різних ділянках фотичної зони.

Приклад розрахунку.

1. Визначити концентрацію хлорофілу A .

Планктон з 0,5 л озерної води ($V = 0,5$ л) був сконцентрований на мембранному фільтрі. Пігменти екстрагували в 5 мл ацетону ($v = 5$ мл). За допомогою спектрофотометра в кюветах довжиною 1 см були набуті наступних значень оптичної щільності екстракту: $E_{663} = 0,050$; $E_{645} = 0,030$; $E_{630} = 0,010$; $E_{750} = 0,002$. Після внесення поправок на екстинкцію (віднімаючи E_{750}) отримуємо:

$$C_{\text{фл}} = (11.64 \cdot 0.048 - 2.16 \cdot 0.028 + 0.1 \cdot 0.008) / 0.5 \cdot 1 = 5.28 \text{ мг/м}^3.$$

Таблиця вихідних даних для розрахунків згідно індивідуального варіанту

Варіант	E_{663}	E_{645}	E_{630}	Варіант	E_{663}	E_{645}	E_{630}
1	2	3	4	1	2	3	4
1	0,050	0,040	0,020	16	0,040	0,020	0,010
2	0,060	0,030	0,010	17	0,070	0,040	0,030
3	0,050	0,050	0,010	18	0,050	0,010	0,010
4	0,070	0,020	0,020	19	0,040	0,020	0,010
5	0,060	0,030	0,020	20	0,050	0,030	0,010
6	0,050	0,030	0,010	21	0,040	0,040	0,010
7	0,060	0,040	0,010	22	0,070	0,040	0,030
8	0,050	0,030	0,020	23	0,040	0,010	0,010
9	0,070	0,050	0,010	24	0,060	0,030	0,010
10	0,060	0,020	0,010	25	0,050	0,020	0,020
11	0,050	0,030	0,020	26	0,040	0,020	0,010
12	0,050	0,040	0,020	27	0,070	0,030	0,020
13	0,060	0,030	0,030	28	0,050	0,040	0,020
14	0,040	0,030	0,010	29	0,070	0,050	0,030
15	0,060	0,030	0,020	30	0,060	0,020	0,010

Питання для самоперевірки

1. У чому полягає суть визначення первинної продукції за вмістом хлорофілу в планктоні?
2. Що означає асиміляційне число?
3. У чому полягає суть швидкості фотосинтезу, та її залежність від первинної продукції?
4. Визначення яких параметрів передбачене обов'язковою програмою гідробіологічних досліджень;
5. Спостереження за якими показниками передбачає повна програма досліджень;
6. Як впливає освітленість та прозорість води на швидкість утворення первинної продукції;
7. Як температурні умови впливають на швидкість утворення первинної продукції.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4. МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ МОРСЬКОГО ФІТОПЛАНКТОНУ. РОЗРАХУНОК ЧИСЕЛЬНОСТІ ФІТОПЛАНКТОНУ (N(КЛ/Л)).

Мета роботи: ознайомитись з методикою вивчення морського фітопланктону.

Матеріали та обладнання: методичні рекомендації, навчальна література.

Завдання. Ознайомитись з методами вивчення морського фітопланктону. Згідно з варіантом вихідних даних розрахувати чисельність фітопланктону.

Термін «фітопланктон» відноситься до фотосинтезуючих мікроскопічних одноклітинних і колоніальних водоростей, що вільно знаходяться в товщі води і здійснюють фотосинтез завдяки використанню енергії сонячної радіації, проникаючої в поверхневі горизонти водойми. У морських водах найбільш масовими, такими, що викликають «цвітіння» води, є діатомові і перидинеєві водорості.

Фотосинтез – основний процес новоутворення органічної речовини у водоймах у формі біомаси хлорофилл-вмісних організмів рослинного царства. Органічна речовина кліток водоростей разом з їх виділеннями – початкове джерело живлення (перша ланка в харчовому ланцюзі) гетеротрофних організмів, що населяють водойму. Крім того, що виділяється при фотосинтезі у воді кисень надає великий вплив на багато фізико-хімічних властивостей природних вод, визначаючи умови життєдіяльності всіх організмів, що населяють водойму.

1. Реактиви і їх приготування

1. Розчин бікарбонату натрію ($NaHCO_3$). У 100 мл дистильованої води, готують насичений розчин $NaHCO_3$.
2. Формалін 40%-ний нейтралізований. У 40%-ний формалін по краплях при постійному перемішуванні додають розчин $NaHCO_3$ до появи нейтральної реакції (перевіряють лакмусовим папірцем). Наявність осідання у формаліні не допускається.
3. Розчин Люголя і оцетової кислоти. У темній склянці готують наступний розчин: 20 г KI + 200 мл дистильованої води + 10 г I_2 + 20 г CH_3COOH .

2. Способи відбору проб фітопланктону (батометри, планктонні сітки).

Проби фітопланктону відбирають на заданих станціях на стандартних гідрологічних горизонтах: 0, 10, 25, 50, 75, 100, 200, 300 м, включаючи шар температурного стрибка, а також рівні водної товщі під і над ним. Для водоймищ різного типу глибина нижнього горизонту міняється. У

мілководних водоймах – це максимальна глибина водойми. У глибоководних – це глибина фотичного шару, яка приблизно визначається по диску Секки.

Батометри. У практиці гідробіологічних досліджень для кількісного обліку фітопланктону найчастіше застосовуються батометри Нансена, Рутнера, Ван-Дорну і Кеммерера.

Проби води для дослідження фітопланктону в продуктивних водах відбирають об'ємом 0,5—1 л з кожного горизонту, в збіднених — по 2 л. Якщо передбачено також визначення складу пігментів, то воду для цих аналізів слід відбирати з одного батометра.

Планктонна сітка. Планктонна сітка призначена для тотального збору планктону при простяганні сітки через стовп води, що обловлюється. Така сітка складається з металевого кільця і пришитого до нього конічної форми мішка з так званого млинового газу. Сітка закінчується металевим стаканчиком, в якому збирається осад планктону при фільтрації води через мельничний газ.

Для збору фітопланктону рекомендується сітка Джеді (велика сітка Джеді – БСД) з шовкового сита № 62—77 або капронового сита № 70, призначена для вертикального облову горизонтів, що рекомендуються.

Сітку опускають з швидкістю не більше 1,2—1,5 м/с. При підході сітки до заданого горизонту визначають кут нахилу троса, виводять сітку на потрібний горизонт і починають підйом сітки з швидкістю не більше 0,7—0,8 м/с. На борту вміст сітки зливають в задалегідь приготовану для цієї мети банку з етикеткою, потім сітку із закритим краном знов опускають за борт так, щоб у воді знаходився лише газовий конус сіть піднімають і її вміст зливають в загальну пробу.

3. Кількісна обробка проб фітопланктону

(осадковий метод, метод фільтрації, метод центрифугування)

В даний час застосовують декілька способів концентрації фітопланктону: 1 – метод осадження; 2 – метод фільтрації; 3 – метод центрифугування.

Осадковий метод. Метод концентрації проби фітопланктону, що рекомендується, полягає в наступному: фіксовані проби відстоюють протягом 12—15 днів і більш (при об'ємі проби 1 л) в нерухомому стані, краще в затемненому місці, використовуючи для цієї мети скляну банку або циліндр. При меншому об'ємі проби час відстоювання може бути скорочене: для 200 мл – до 4 доб., для 100 мл – 48 ч, для 10 мл – 12 ч. За вказаний час переважна частина водоростей осідає на дно судини.

Після осадження планктону проби концентрують шляхом зливання по краплях середнього шару води при швидкості падіння рівня в пробі декілька меншою, ніж 3 см/ч, до об'єму 30—80 мл (з первинної проби об'ємом 0,5—1 л). Для цього використовують спеціально розроблений сифон В. Г. Богоровим.

Метод фільтрації, або метод мембранних фільтрів. Цей метод придатний для концентрації живого і зафіксованого фітопланктону. Проте

кращі результати отримують при попередній консервації планктону одним з фіксаторів. Об'єм фільтрованої проби може варіювати залежно від щільності планктону – від 1 до 200 мл на 1 см² поверхні фільтру. Тому попередній перегляд неконцентрованого живого матеріалу проби повинен передувати процедурі фільтрування.

Фільтраційний метод концентрації фітопланктону особливо зручний при обробці проб з низьким змістом неорганічних солей і детриту, а також з малою щільністю організмів.

Метод центрифугування. Цей метод зазвичай застосовують для концентрації живого матеріалу проб, якщо початкова щільність природного фітопланктону достатньо низка і пряме мікроскопування вмісту вибірки затруднене. Після центрифугування в сконцентрованому матеріалі стає можливим облік джгутикових, війчастих і інших дрібних і ніжних форм.

Процедурна простота методу дозволяє рекомендувати його як стандартну операцію концентрації живого планктону у всіх випадках, коли є відповідна центрифуга. Для отримання оптимальної щільності зазвичай виявляється достатнім збільшити початкову щільність в сконцентрованому матеріалі в 10–50 разів. Цього досягають центрифугуванням 20–50 мл проби протягом 20–30 мін при 1000–1500 об/мін. Верхній шар води обережно видаляють сифоном (кінець якого зтягнутий газом) до об'єму, що становить 1/10–1/50 від початкового. Осад, що складається з живих клітин, ресуспензують (круговим помішуванням) в об'ємі води, що залишився, і суспензію кліток проглядають в камері.

Сконцентровані і законсервовані проби помічають новою етикеткою, на яку переносять основні відомості з польового журналу. Отримані таким чином проби слід зберігати щільно закупореними в прохолодному, затемненому місці.

$$N = \frac{\times \hat{e} \cdot V \hat{n} \hat{e}}{V \hat{e}},$$

де $\times \hat{e}$ – кількість водоростей (клітин) у пробі, шт;

V – об'єм змиву води для концентрування проби, мл;

$V \hat{n} \hat{e}$ – об'єм сконцентрованої проби, мл;

$V \hat{e}$ – об'єм камери для обробки проби, мл.

Приклад розрахунку.

V – об'єм змиву води для концентрування проби = 970 мл;

$V \hat{n} \hat{e}$ – об'єм сконцентрованої проби = 30 мл;

$\times \hat{e}$ – кількість водоростей (клітин) у пробі = 547 шт.;

$V \hat{e}$ – об'єм камери для обробки проби = 0,05 мл.

Таким чином, у 30 мл сконцентрованої проби, або 1 л (970+30 мл) не сконцентрованої чисельність клітин складає:

$$N = \frac{547 \cdot 30}{0.05} = 328.2 \cdot 10^3 \text{ кл/л.}$$

Таблиця вихідних даних для розрахунків згідно індивідуального варіанту

№ варіанта	V (мл)	Vñê (мл)	Vê (мл)	×ê (шт.)	№ варіанта	V (мл)	Vñê (мл)	Vê (мл)	×ê (шт.)
1	975	25	0,05	547	16	980	20	0,05	1024
2	950	50	0,1	628	17	970	30	0,05	794
3	965	35	0,05	984	18	960	40	0,1	523
4	980	20	0,1	1024	19	980	20	0,05	1023
5	970	30	0,05	794	20	975	20	0,1	825
6	960	40	0,1	523	21	950	30	0,05	974
7	975	25	0,05	1378	22	965	40	0,05	575
8	950	50	0,05	1123	23	980	25	0,05	598
9	965	35	0,05	825	24	970	50	0,05	623
10	980	20	0,05	974	25	960	35	0,05	678
11	970	30	0,05	575	26	975	20	0,1	786
12	960	40	0,1	598	27	950	30	0,05	1024
13	975	25	0,05	623	28	965	40	0,05	794
14	950	50	0,05	678	29	980	20	0,1	523
15	965	35	0,1	786	30	970	20	0,05	1023

Питання для самоперевірки

1. Органічна речовина кліток водоростей разом з їх виділеннями це
2. Що визначають за допомогою диску Секки?
3. Для чого використовується сітка Джеді
4. Які способи концентрації фітопланктону застосовують?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5. УЧАСТЬ ВОДНИХ ОРГАНІЗМІВ В ПРОЦЕСАХ ТРАНСФОРМАЦІЇ І ДЕСТРУКЦІЇ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН У ВОДОЙМАХ.

Мета роботи: ознайомитись з методикою трансформації і деструкції органічних речовин у водоймах.

Матеріали та обладнання: методичні рекомендації, навчальна література.

Завдання. Згідно з варіантом вихідних даних розрахувати витрати організмів на енергетичний обмін та інтенсивність обміну в залежності від маси для організмів при різних значеннях коефіцієнту a .

В процесі дихання тварини розсіюють в навколишній простір енергію, кількість якої еквівалентна спожитому ними кисню або деструкції певної кількості органічних речовин. Таким чином, знаючи швидкість обміну речовин у окремих особин і їх кількість, можна оцінити роботу, мінералізації популяції конкретних видів або співтовариств тварин

Швидкість споживання кисню тваринами — найбільш доступний показник швидкості обміну речовин (метаболізму) у них. Це особливо справедливо для гідробіонтів, оскільки вміст кисню у воді вимірюється порівняно простими методами, а результати, що одержують відрізняються достатньою точністю.

Розрахунок кількості розчиненого у воді кисню проводять за формулою:

$$O_2 = \frac{n \cdot 8 \cdot N \cdot 1000}{V},$$

де n — кількість гідросульфату, якій використано на титрування, мл;

8 — еквівалент кисню;

N — нормальність гідросульфату;

1000 — коефіцієнт для перерахунку результатів на 1 л;

V — кількість розчину, взятого на титрування, мл.

Якщо титрується не весь об'єм склянки, то формула перерахунку має вид:

$$O_2 = \frac{n \cdot 8 \cdot N \cdot 1000}{(V_1 - V_2)},$$

де V_1 — об'єм склянки, мл;

V_2 — об'єм реактивів для фіксації кисню, які були внесені у склянку, мл.

Швидкість споживання кисню тваринами — кількість кисню, спожитого однією особиною за одиницю часу (швидкість газообміну або швидкість обміну).

Швидкість обміну, віднесена до одиниці маси тіла тварини, називають **інтенсивністю обміну** або питомою швидкістю обміну.

Численними експериментальними дослідженнями для різних представників тваринного світу встановлена наявність статичної залежності між швидкістю або інтенсивністю обміну і масою тварин. Для всіх багатоклітинних пойкилотермних тварин, не дивлячись на відмінності в їх будові, способі життя, місці існування і дуже великий діапазон індивідуальних мас — від 1^5 до 10^5 г, - тобто для тварин, що відрізняються по масі тіла на 10 порядків величини, залежності швидкості споживання кисню від їх маси може бути передано рівнянням:

$$Q = aW^k$$

де Q – швидкість споживання кисню (мг O_2 /годину).

a – споживання кисню організмом маса якого дорівнює одиниці (мг, г, кг, тощо);

k – коефіцієнт, що показує як швидкості споживання кисню залежить від маси тварини;

W – маса тіла (мг, г, кг, тощо).

Приклад розрахунку.

Параметри (Q_1 , k) рівняння залежності швидкості споживання кисню від маси тіла деяких гідробіонтів (при температурі 20 °С)

Таблиця вихідних даних для розрахунків згідно індивідуального варіанту

№ варіанта	Гідробіонт	W мг/л	k
1	2	3	4
1	Infusoria	0,107	0,750
2	Rotatoria	0,0767	0,750
3	Oligochaeta	0,074	0,750
4	Crustacea	0,125	0,750
5	Bivalvia	0,066	0,750
6	Gastropoda	0,099	0,750

№ варіанта	Гідробіонт	W мг/л	k
7	прісноводі	0,084	0,750
8	Chironomidae	0,038	0,750
9	Pisces	0,307	0,750
10	Infusoria	0,066	0,750
11	Rotatoria	0,099	0,750
12	Oligochaeta	0,084	0,750
13	Crustacea	0,038	0,750
14	Bivalvia	0,307	0,750
15	Gastropoda	0,107	0,750
16	прісноводі	0,0767	0,750
17	Chironomidae	0,074	0,750
18	Pisces	0,125	0,750
19	Infusoria	0,074	0,750
20	Rotatoria	0,125	0,750
21	Oligochaeta	0,066	0,750
22	Crustacea	0,0767	0,750
23	Bivalvia	0,074	0,750
24	Gastropoda	0,125	0,750
25	прісноводі	0,099	0,750

Визначити витрати організмів на енергетичний обмін та інтенсивність обміну в залежності від маси для організмів при різних значеннях коефіцієнту a .

№ варіант	a_1	a_2	a_3	№ варіант	a_1	a_2	a_3
1	0,594	0,264	2,9	16	0,594	0,264	2,9
2	0,426	0,299	1,7	17	0,426	0,299	1,7
3	0,623	0,381	1,9	18	0,623	0,381	1,9
4	0,874	0,298	1,98	19	0,874	0,298	1,98
5	0,756	0,366	2,3	20	0,756	0,366	2,3
6	0,874	0,298	1,98	21	0,874	0,298	1,98
7	0,623	0,381	1,9	22	0,623	0,381	1,9
8	0,426	0,299	1,7	23	0,426	0,299	1,7
9	0,594	0,264	2,9	24	0,756	0,366	2,3
10	0,874	0,298	1,98	25	0,874	0,298	1,98

№ варіант	a_1	a_2	a_3	№ варіант	a_1	a_2	a_3
11	0,756	0,366	2,3	26	0,623	0,381	1,9
12	0,874	0,298	1,98	27	0,426	0,299	1,7
13	0,623	0,381	1,9	28	0,594	0,264	2,9
14	0,426	0,299	1,7	29	0,623	0,381	1,9
15	0,594	0,264	2,9	30	0,756	0,366	2,3

Питання для самоперевірки

1. Що таке швидкість споживання кисню тваринами?
2. Що називають питомою швидкістю обміну?
3. Що можна оцінити знаючи швидкість обміну речовин?
4. Чи існує залежність між швидкістю або інтенсивністю обміну і масою тварин?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6. ПРОДУКЦІЯ ГЕТЕРОТРОФНИХ БАКТЕРІЙ І ПРОСТИХ БАКТЕРІЙ ПЛАНКТОНУ.

Мета роботи: ознайомитись з методикою розрахунку продукції гетеротрофних бактерій і простих бактерій планктону.

Матеріали та обладнання: методичні рекомендації, навчальна література.

Завдання. Згідно з варіантом вихідних даних розрахувати динаміку розмірно-вікового складу популяції. Ознайомитись з способом **Бойсен-Йенсена**

Способи розрахунку продукції популяцій враховують динаміку розмірно-вікового складу популяцій, а для багатоклітинних тварин, крім того, - особливості їх зросту і розвитку.

При розрахунку продукції популяції цих організмів враховують швидкість їх розмноження. Оскільки вони розмножуються простим діленням, в результаті якого з однієї материнської клітки утворюються дві дочірні, для визначення продукції популяції цих організмів необхідно уміти розраховувати час подвоєння чисельності їх клітин.

Інтенсивність розмноження бактерій планктону визначають за допомогою «прямого» методу, розробленого М. В. Івановим. Цей метод заснований на обліку змін чисельності (біомаси) бактерій за певний відрізок часу в двох ізольованих пробах води.

У одній пробі розмноження бактерій відбувається за відсутності зоопланктону, а в іншій — у присутності зоопланктону, тобто в ній відбувається розмноження бактерій і одночасне споживання їх тваринами планктону. Зоопланктон з першої проби віддаляється фільтруванням через газ № 49—70 або мембранний фільтр № 6. Зазвичай експеримент проводиться в склянках об'ємом 100 або 250 мл. На початку експерименту у воді цих склянок визначають початкову кількість бактерій, потім їх експонують у водоймі протягом 12 або 24 годин на тому ж горизонті, на якому були відібрані проби води. У евтрофних південних водоймах час експозиції скорочується до 8 годин.

Час подвоєння чисельності бактерій (швидкість генерації) розраховується по рівнянню

$$g = t \lg 2 / (\lg B_t - \lg B_0),$$

де g – час подвоєння чисельності бактерій (ч),

t – тривалість експозиції (ч),

B_0 – початкова концентрація бактерій у фільтрованій воді (10⁶ кл/мл),

B_t – кінцева концентрація бактерій в тій самій пробі.

Необхідно враховувати не тільки чисельність, але і біомасу бактерій. Для цього вимірюється об'єм кліток до і після постановки досвіду. Біомаса B (мг/л) бактерій визначається як твір їх чисельності в одиниці об'єму води N (10^6 кл/мл), середнього об'єму бактерійних кліток V (мкм³) і щільності бактерій, яка приймається рівній одиниці:

$$B = NV.$$

Розрахунок добового приросту бактерійної маси в цілому рекомендується проводити за часом, необхідному для подвоєння біомаси бактерій, по приведеній вище формулі, в якій B_0 і B_t є біомаси бактерій у фільтрованій воді.

Спосіб розрахунку продукції бактерій (P) за швидкістю розмноження, розроблений Д. З. Гак, враховує час їх генерації:

$$P = B \cdot \mu \cdot t$$

де B – середня біомаса бактерій;

μ – константа зросту;

t – час експозиції;

B розраховується по початковій і кінцевій концентраціях бактерій за час / у не фільтрованих пробах води: $B = (B_0 + B_t) / 2$.

За визначенням, константа зросту

$$\mu = \ln 2 \cdot g = 0.693 / g \cdot \text{год}^{-1} \quad \text{або} \quad 16,63 / g \cdot \text{дні}^{-1}.$$

Продукція популяцій інфузорії за одиницю часу (P) розраховується по формулі:

$$P = \tilde{N}_W N W$$

де N – середня чисельність популяції,

W – середня маса особини в популяції,

$\tilde{N}_W = \mu = \ln 2 \cdot g$ – питома швидкість розмноження або константа зросту.

Звідси

$$P = l / g \ln 2 N W.$$

У зв'язку з складністю отримання початкових даних для розрахунку продукції інфузорій по приведених рівняннях продукція цих тварин надійніше визначається за допомогою фізіологічного методу.

Продукція популяцій таких тваринних звичайно розраховується трьома способами. У основі перших двох лежить розрахунок продукції когорти, який веде свій початок від класичних досліджень Бойсен-Йенсена.

Спосіб Бойсен-Йенсена дає можливість визначення інтегральної продукції за тривалі відрізки часу. Бойсен-Йенсен розраховував продукцію популяцій масових видів донних тварин (головним чином дрібних двостулкових моллюсків і поліхет – кормових об'єктів камбали і вугра) в двох бухтах Лімфьорда (Данія). Біомаса на початку і кінці року, а також нове поповнення враховувалися їм безпосередньо по дночерпательних пробах. Продукція (P) популяції за рік була сумою приросту особин старших поколінь, врахованих на початку року, і приросту знов народжених особин. Продукція популяції за період часу (t_1, t_2) розраховується як:

$$P = (B_2 - B_1) + Ve$$

де $B_2 - B_1$ – різниця між кінцевою і початковою біомасами за період часу (t_1, t_2).

Таким періодом для тварин з великою тривалістю життя (крупні моллюски, риби і т. п.) може служити рік, для тварин, тривалість життя яких близька до року (наприклад, озерний бокоплав), – місяць. Біомаса особин, елімінованих за той же період Ve , визначається по зменшенню чисельності за цей період і середній масі елімінованих особин. Приймають, що зменшення чисельності за період (t_1, t_2) лінійне і що середня маса елімінованих особин рівна середній масі особин в популяції за той же період:

$$Ve = W(N_1 - N_2) = 1/2(W_2 + W_1)(N_1 - N_2).$$

Приріст біомаси за період ($t_1 \cdot t_2$) визначається як:

$$B_2 - B_1 = N_2 W_2 - N_1 W_1$$

Тоді з урахуванням всього сказаного вище рівняння (8.1), можна привести до вигляду:

$$P = V_2(W_0 - W_i)(N_i - N_2) = (W_2 - W_i)N$$

Найпростіше за допомогою цього способу розраховується продукція моноциклічних видів з тривалим періодом життя і коротким періодом нересту. Продукцію памолоді, що народилася в рік дослідження, і продукцію решти вікових класів розраховують окремо і підсумовують.

Як приклад розглянемо розрахунок продукції популяції моллюсків *Adacna vitrea*, що входять до складу північнокаспійського бентосу, який був виконаний Ф. Осадчих і Е. А. Яблонською.

Масове осадження памолоді адакни відбувається в червні і в подальші місяці продовжується з меншою інтенсивністю. Одночасно відбувається зменшення чисельності молюсків торішньої генерації. Вже в липні в результаті інтенсивного зросту особин молодого покоління, народжені в даному році, змішуються із залишком найбільш дрібних особин торішньої генерації, що приводить до збільшення чисельності всіх розмірних груп молюсків. Продукція популяції визначалася за способом Бойсен-Йенсена:

$$P = (B_2 - B) + Ve$$

де B – біомаса спаду популяції за травень–жовтень,

B_2 – біомаса популяції в жовтні,

Ve – біомаса популяції в квітні.

Розрахунок спаду за місяць проводився по рівнянню

$$N_1 - (N_2 - N_0) = En$$

де En – спад чисельності за місяць;

N_1 – загальна чисельність популяції в даному місяці;

N_2 – загальна чисельність популяції через місяць;

N_0 – чисельність памолоді, що знов народилася, протягом місяця.

Так, в травні популяція складалася з крупних молюсків покоління попереднього року, чисельність їх складала 120 тис. екз/га. У червні чисельність зросла до 2640 тис, при цьому памолодь покоління даного року складала 2595,1 тис. екз/га. Залишок молюсків покоління попереднього року в червні склав 44,9 тис. екз/га. Таким чином, спад молюсків покоління попереднього року з червня по жовтень досяг 75,1 тис. екз/га.

За даними про чисельність розмірних груп і середню масу молюсків різної довжини розраховувалися біомаса всієї популяції, середня маса особини в популяції і середня маса молюсків будь-яких розмірних груп.

Питання для самоперевірки

1. Що враховують при розрахунку продукції популяції організмів?
2. Інтенсивність розмноження бактерій планктону визначають
3. Розрахунок добового приросту бактерійної маси в цілому рекомендується проводити за ?
4. Яку можливість дає спосіб Бойсен-Йенсена ?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7. РОЗРАХУНОК ВТОРИННОЇ ПРОДУКЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ФІЗІОЛОГІЧНОГО МЕТОДУ

Мета : ознайомитись з методикою розрахунку вторинної продукції за допомогою фізіологічного методу

Матеріал та обладнання. Таблиці коефіцієнту K_2 , споживання кисню Q_1 млО/год, r та кількості калорій на 1г тіла для водних тварин.

Завдання. Оволодіти методикою постанови розрахунку вторинної продукції за вегетаційний сезон та знаходження P/V – коефіцієнтів водних тварин фізіологічним методом.

Оцінка продукції водних тварин за допомогою фізіологічного методу можлива, коли відомі витрати тварин на обмін (R) та співвідношення цих витрат з продукцією. Це співвідношення визначається коефіцієнтом K_2 використання асимільованої їжі на ріст

$$0,284 = R \frac{0,4}{(1-0,4)} R = 0,422 / м^3 K_2 = \frac{P}{(P+R)}$$

З даного співвідношення отримуємо: $P = R \frac{K_2}{(1-K_2)}$

Значення K_2 для водних тварин коливається від 0,26 до 0,4 та має фіксоване табличне значення для кожної групи тварин. Так, для коловерток та гіллястовусих ракоподібних $K_2=0,4$, для веслоногих ракоподібних та велігерів $K_2=0,3$. Трофічний коефіцієнт $K_1 = Q_1 / Q$, де Q_1 – енергія утвореної у організмі речовини (енергія приросту), Q – енергія споживаної їжі. $K_2 = Q_1 / (Q - Q_2)$, где Q_2 – енергія незасвоєної частини їжі.

Таким чином, для розрахунку вторинної продукції потрібно розрахувати витрати тварин на обмін. Найбільш доступним показником витрат тварин на обмін є швидкість споживання тваринами кисню. Помножуючи кількість споживаного гідро біонтом кисню на оксикалорійний коефіцієнт, отримуємо кількість енергії, яка розсіюється у процесі дихання. Вінберг та Хеммінгсен показали, що для всіх тварин незалежно від їх будови, ваги та оточуючого середовища є залежність маси тіла від швидкості споживання кисню, яка виражається рівнянням:

$$Q = Q_1 W^r,$$

де Q – швидкість споживання кисню (мл/год) при температурі 20°C, Q_1 – споживання кисню твариною масою, рівній одиниці, W – маса тіла, г, r – константа.

Вивчення численими дослідниками швидкості обміну у різних гідробіонтів дозволило виявити параметри рівнянь, які відображають швидкість споживання кисню тварин від їх маси (табл. 2).

Таблиця 2. параметри рівнянь залежності швидкості споживання кисню від ваги тіла для груп прісноводного зоопланктону при температурі 20⁰С.

Гідробіонт	Q ₁ млО/год
Infusoria	0,107
Rotatoria	0,106
Bivalvia	0,066
Crustacea (Cladocera)	0,143
Crustacea (Copepoda)	0,2

За допомогою оксикалорійного коефіцієнту тварин, від величини споживаного кисню можливо перейти до кількості калорій, яке тварина розсіює. Цей коефіцієнт у середньому дорівнює 4,86. Знаючи, скільки калорій приходить на 1г тіла гідробіонтів, розраховують масу органічної речовини, що розсіюється особиною гідробіонту певної маси за годину при температурі 20⁰С. Так, на 1г тіла коловерток та веслоногих ракоподібних приходить 550 калорій, а велігерів та гіллястовусих ракоподібних – 600 калорій. За допомогою рівняння

$$P = R \frac{K_2}{(1 - K_2)},$$

переходимо до величини продукції, яку утворює гідробіонт певної маси за годину при температурі 20⁰С. Надалі помножимо знайдене значення на кількість особин і таким чином знаходимо кількість органічної речовини, яке продукує популяція водних тварин за годину при температурі 20⁰С. Помножуючи останній показник на 24 переходимо від продукції тварини за годину до добової продукції. Так як кількість діб впродовж вегетаційного сезону на Україні у середньому дорівнює 210, помножимо значення добової продукції на 210 і знаходимо вторинну продукцію за вегетаційний сезон.

Для реальної оцінки вторинної продукції необхідно враховувати температуру, при якій мешкає популяція, тому більш коректно розраховувати спочатку місячну продукцію, помножуючи значення добової продукції на 30, а потім знаходити значення продукції кожного з 7 місяців окремо, виходячи з

співвідношення $\frac{P_2}{P_1} = 2.25^{(20-T)/10}$ де P₁ – продукція при середньомісячній температурі, P₂ – продукція при температурі 20⁰С, T – значення середньомісячної температури

При розрахунку продукції зоопланктону в цілому застосовують рівняння:

$$\Pi = \Pi_m - P_x + \Pi_x,$$

де Π – продукція зоопланктону, Π_m – продукція мирного зоопланктону, P – раціон хижого зоопланктону, Π_x – продукція хижого зоопланктону.

Алгоритм розрахунку раціону хижого зоопланктону містить тиж самі етапи, що й мирного, крім переходу від витрат на обмін до продукції за

рівнянням $P = R \frac{K_2}{(1 - K_2)},$

Продукція хижих коловерток включає продукцію родів *Biralpus*, *Eosphora*, *Encentrum*, половину продукції родів *Asplanchna* та *Synchaeta*. Продукція хижих веслоногих ракоподібних включає продукцію родів *Acanthocyclops*, *Macroscyclops*, *Ectocyclops*, *Heteroscope*. Продукція хижих гіллястовусих ракоподібних включає продукцію родів *Cercopagis*, *Evadne*, *Polyphemus*, *Corniger*, *Leptodora*

Приклад розрахунку продукції зоопланктону фізіологічним методом:

При обробці проби зоопланктону поверхневого шару водної товщі Запорізького водосховища у вересні було встановлено, що при середній температурі води 17°C, чисельність мирних коловерток складала 48168 екз/м³, біомаса – 68,9 мг/м³. Чисельність хижих коловерток складала 7414 екз/м³, біомаса – 46,7 мг/м³. Чисельність мирних веслоногих ракоподібних складала 20854 екз/м³, біомаса – 116,6 мг/м³. Чисельність хижих веслоногих ракоподібних складала 872 екз/м³, біомаса – 19,1 мг/м³. Чисельність мирних гіллястовусих ракоподібних складала 78704 екз/м³, біомаса – 230,9 мг/м³. Чисельність хижих гіллястовусих ракоподібних складала 2215 екз/м³, біомаса – 26,2 мг/м³. Чисельність велігерів складала 3611 екз/м³, біомаса – 5,8 мг/м³.

1. Знаходимо продукцію мирних коловерток. Середня маса однієї коловертки дорівнює 0,00143 мг чи 1,43·10⁻⁶г. Коловертка цієї маси споживає: $Q = 0,106W^{0,796} = 2,36 \cdot 10^{-6}$ мл кисню за 1 годину при температурі 20°C, що відповідає розсіюванню коловерткою $R = 2,36 \cdot 10^{-6} \cdot 4,86 = 1,147 \cdot 10^{-5}$ калорій енергії або $1,147 \cdot 10^{-5} / 550 = 2,08 \cdot 10^{-8}$ г органічної речовини. Продукція коловертки за 1 годину при температурі 20°C дорівнює

$$P = 2,08 \cdot 10^{-8} \frac{0,4}{(1-0,4)} = 1,4 \cdot 10^{-8} \text{ органічної речовини. Загальна продукція мирних}$$

коловерток дорівнює $1,4 \cdot 10^{-8} \text{ г} \cdot 48168 = 6,73 \cdot 10^{-4} \text{ г/м}^3$. Помножуючи це значення на, 24 та на 30, знаходимо продукцію мирних коловерток за вересень при температурі 20°C, це складає 0,485г/м³. Враховуючи, що температура води впродовж місяця у середньому дорівнювала 17°C,

отримуємо наступне співвідношення $\frac{0,485}{P_1} = 2,25^{(20-17)/10}$. де $P_1 = \frac{0,485}{2,5^{0,3}} = 0,382 / \text{м}^3$

2. Аналогічним чином знаходимо, що продукція хижих коловерток дорівнює 0,28г/м³

3. Раціон хижих коловерток розраховуємо через співвідношення $0,284 = R \frac{0,4}{(1-0,4)}$ $R = 0,422 / \text{м}^3$

4. Загальна продукція коловерток дорівнює: $\Pi = 0,38 + 0,42 + 0,28 = 0,24 \text{ г/м}^3$. Таким чином, P/B – коефіцієнт відношення продукції до біомаси коловерток за вересень складає $0,24 / 0,11 = 2,1$.

5. Згідно описаному алгоритму знаходимо продукцію мирних веслоногих ракоподібних, враховуючи табличні коефіцієнти Q1, r, K2 та кількість калорій на 1г тіла веслоногих ракоподібних: $\Pi_m = 0,74 \text{ г/м}^3$.

6. Продукція хижих веслоногих ракоподібних дорівнює 0,09г/м³, а раціон 0,21г/м³. Таким чином, загальна продукція веслоногих ракоподібних

за вересень складає $P=0,74-0,21+0,09=0,62\text{г/м}^3$, а P/V –коефіцієнт веслоногих ракоподібних = 4,6

7. Розраховуємо продукцію мирних гіллястовусих ракоподібних за вересень: $P_m=1,24\text{г/м}^3$, продукція хижих видів дорівнює $P_x=0,11\text{г/м}^3$, а раціон $R_x=0,16\text{г/м}^3$. Загальна продукція гіллястовусих ракоподібних складає $P=1,24-0,16+0,11=1,19\text{г/м}^3$, а P/V – коефіцієнт гіллястовусих ракоподібних = 4,6.

8. Велігери дрейсен є цілком мирною групою прісноводного зоопланктону. Таким чином, їх продукція відповідає продукції мирних форм і для велігерів дрейсен продукція за вересень $P=P_m=0,03\text{г/м}^3$.

9. Загальна продукція зоопланктону складається з продукції його груп: $P=0,24+0,62+1,19+0,03=2,08\text{ г/м}^3$. Загальний P/V –коефіцієнт зоопланктону Запорізького водосховища за вересень виявився 4,05. Для отримання значення продукції зоопланктону за вегетаційний сезон, потрібно аналогічним чином розрахувати продукцію за інші 7 місяців сезону. Так, при продукції зоопланктону за квітень $0,11\text{ г/м}^3$, за травень $0,27\text{ г/м}^3$, за червень $1,64\text{ г/м}^3$, за липень $3,11\text{ г/м}^3$, за серпень $2,55\text{ г/м}^3$, за жовтень $0,18\text{ г/м}^3$, загальна продукція зоопланктону за вегетаційний сезон дорівнює $9,94\text{ г/м}^3$. При середній біомасі зоопланктону Запорізького водосховища за вегетаційний сезон $0,27\text{ г/м}^3$, P/V – коефіцієнт зоопланктону за сезон буде дорівнювати 36,8.

Питання для самоперевірки

1. Що позначає P/V – коефіцієнт водних тварин?
2. Яке рівняння застосовують при розрахунку продукції зоопланктонному ценозу?
3. Якою залежністю пов'язані витрати на обмін R та продукція P водних тварин?
4. Яким чином враховують температуру, при котрій існує популяція водних тварин?
5. Які роди відносяться до хижих коловерток?
6. Які роди відносяться до хижих веслоногих ракоподібних?
7. Які роди відносяться до хижих гіллястовусих ракоподібних?
8. Впродовж якого терміну продовжується вегетаційний сезон на Україні

ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Бургаз М.І., Лічна А.І. Рибицтво Розділ Біологічна продуктивність водних екосистем: конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2024. 80с
2. Шекк П.В., Торгонська О.А.. Біопродуктивність водних екосистем та методи її оцінки. Конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2009. 75 с.
3. Тучковенко О.А., Крюкова М.І. Біопродуктивність водних екосистем та методи її оцінки. Методичні вказівки. Одеса, ОДЕКУ, 2009. 45 с.
4. М.Г. Сербов, О.А. Тучковенко, Т.І. Матвієнко, О.М. Соборова, К.І. Безик, А.І. Лічна; за ред. П.В. Шекка, М.І. Бургаз: «Перспективи рибогосподарського використання лиманів північно-західного Причорномор'я»: Монографія. монографія. Житомир :ТОВ «505», 2021. 218с
5. www.library-odeku.16mb.com
6. eprints.library.odeku.edu.ua

Додаткова

1. Хижняк М.І. Методичний посібник для спеціальності 207 «водні біоресурси та аквакультура». Центр учбової літератури., 2017. 224с.
2. Хижняк М.І., Кражан С.А., Рудик-Леуська Н.Я. Кутіщев П.С. Біопродуктивність водних екосистем [Посібник) / М.І. Хижняк, С.Л. Кражан, Н.Я. Рудик-Леуська, П.С. Кутіщев Київ: Центр учбової літератури, 2020. 461 с.
3. Кражан С.А., Хижняк М.І. Природна кормова база рибогосподарських водойм. Навчальний посібник / С.А. Кражан, М.І. Хижняк Херсон: Олді плюс. 2013. 330

Навчальне електронне видання

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
для практичних робіт з навчальної дисципліни
РИБНИЦТВО РОЗДІЛ «БІОЛОГІЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ВОДНИХ
ЕКОСИСТЕМ»

для студентів III, IV років навчання денної та заочної форм навчання
РВО «Бакалавр»

Спеціальність: 207 Водні біоресурси та аквакультура
ОПП «Охорона, відтворення та раціональне використання гідробіоресурсів»

Укладачі: к.б.н, доцент Бургаз Марина Іванівна

Асистент Лічна Анастасія Іванівна

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул. Львівська, 15
