

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет  
природоохоронний  
Кафедра Водних  
біоресурсів  
та аквакультури

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ**  
**рівень вищої освіти: «спеціаліст»**

на тему: **ВПЛИВ ГЛОБАЛЬНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА**  
**СТАН БІОРЕСУРСІВ СВІТОВОГО ОКЕАНУ**

Виконала студентка 1 курсу групи ВБ-51  
спеціальності 7.09020101 Водні  
біоресурси

Гамаюн Маріанна Андріївна

Керівник ст.викл.

Бургаз Марина Іванівна

Консультант д.с-г.н., проф.

Шекк Павло Володимирович

Рецензент к.с-г.н., зав.навчально  
методичним кабінетом ХГМТ ОДЕКУ

Лянзберг Ольга Валеріївна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Природоохоронний

Кафедра Водних біоресурсів та аквакультури

Рівень вищої освіти спеціаліст

Спеціальність 7.09020101 Водні біоресурси

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Шекк Павло  
Володимирович,

Д.С.-Г.Н.,  
професор

« 08 » травня 2017 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

Гамаюн Маріанні Андріївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Вплив глобальних кліматичних змін на стан біоресурсів  
Світового океану

керівник проекту Бургаз Марина Іванівна, старший викладач,

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від  
“ ” 20 року №

2. Строк подання студентом проекту 14.06.2017  
р.

3. Вихідні дані до проекту Робота присвячена вивченню глобальних  
кліматичних змін клімату, а також впливу змін а стан біологічних ресурсів  
Світового океану.

Метою роботи став аналіз стану біологічних ресурсів Світового океану та  
вивчення впливу глобальних кліматичних змін на біоресурси.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які  
потрібно розробити) Для виконання роботи потрібно детально  
проаналізувати за літературними даними ступінь наукової розробки  
проблематики, оцінити існуючі методики досліджень.

Охарактеризувати глобальні кліматичні зміни та як виражається їх вплив на стан біологічних ресурсів Світового океану.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Обов'язковими рисунками є ті що ілюструють місце досліджень, графіки та таблиці, які характеризують ті чи інші показники, що використовуються для розрахунків та прогнозів необхідних для вирішення поставлених задач.

6. Консультанти розділів роботи

7. \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_ видачі \_\_\_\_\_ завдання \_\_\_\_\_ 08.05.2017  
р. \_\_\_\_\_

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	д.с-г.н., проф. Шекк П. В.	проф. Шекк П. В.	Гамаюн М.А.
Розділ 2	д.с-г.н., проф. Шекк П. В.	проф. Шекк П. В.	Гамаюн М.А.
Розділ 3	д.с-г.н., проф. Шекк П. В.	проф. Шекк П. В.	Гамаюн М.А.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Аналіз наукової літератури з досліджуваної теми. Написання першого розділу дипломного проекту	08.05.2017 – 18.05.2017	95	відм.
2	Аналіз методик дослідження. Вивчення наслідки глобальної зміни клімату. Написання другого розділу дипломного проекту	19.05.2017 – 28.05.2017	95	відм.
3	Рубіжна атестація виконання етапів дипломного проекту	29.05.2017 – 04.06.2017	95	відм.
4	Вивчення змін життєвих циклів і просторової локалізації водних організмів при підвищенні температури середовища. Написання третього розділу дипломного проекту	05.06.2017 – 10.06.2017	95	відм.
5	Аналіз та узагальнення отриманих результатів дослідження, написання сьомого розділу. Формулювання висновків за результатами дипломного проекту	10.06.2017 – 11.06.2017	95	відм.
6	Оформлення дипломного проекту	12.06.2017- 13.06.2017	95	відм.
7	Перевірка роботи науковим керівником, надання відгуку	14.06.2017	95	відм.
8	Перевірка роботи завідувачем кафедри	15.06.2017 – 16.06.2017	95	відм.
9	Надання рецензенту перевіреної на кафедрі роботи	17.06.2017	95	відм.
10	Попередній захист роботи на кафедрі	19.06.2017	95	відм.
11	Надання роботи до деканату	20.06.2017		
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		<b>95</b>	<b>відм</b>

Студент \_\_\_\_\_ Гамаюн М.А.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Бургаз М.І.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
<b>1</b> ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ .....	7
<b>1.1</b> Біоресурси Світового океану .....	11
<b>1.2</b> Світовий океан та глобальні зміни клімату .....	27
<b>2</b> НАСЛІДКИ ГЛОБАЛЬНОЇ ЗМІНИ КЛІМАТУ .....	46
<b>2.1</b> Вплив глобального потепління на середовище мешкання морських гідробіонтів .....	49
<b>2.2</b> Вплив підвищення температури середовища на водний склад біоти .....	59
<b>3</b> ЗМІНА ЖИТТЄВИХ ЦИКЛІВ І ПРОСТОРОВОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ВОДНИХ ОРГАНІЗМІВ ПРИ ПІДВИЩЕННІ ТЕМПЕРАТУРИ СЕРЕДОВИЩА .....	62
<b>3.1</b> Внутрішні водні екосистеми .....	66
<b>3.2</b> Морські і прибережні екосистеми .....	68
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	73

## ВСТУП

Води океанів займають більшу частину поверхні земної кулі, є домом для більш, ніж 200 тисяч видів живих організмів. Життя в океані поширене нерівномірно — тварини і рослини живуть на глибині, що не перевищує 200 м, так як ці глибини насичені киснем і світлом, що є необхідним для життєдіяльності живих організмів.

Одним з живих організмів, що мешкають в океані, є планктон. Розрізняють два види планктону: зоопланктон і фітопланктон. Фітопланктон складається з найдрібніших водоростей, зоопланктон — з маленьких рачків і найпростіших одноклітинних. Планктон є основним кормом для риб, яких в водах океанів мешкає велика кількість.

Крім риб, в океані живуть і ссавці, до яких належать тюлені, моржі, дельфіни і кити. Серед рослинності в океані поширені багато видів бурих і зелених водоростей. Бурі і червоні водорості ростуть на великій глибині — їм не потрібна велика кількість сонячного світла. Зелені водорості можна зустріти на прибережних територіях: сонце тут добре проникає крізь товщину глибини, що забезпечує процес фотосинтезу.

Води світового океану є глобальним сховищем сонячної енергії. Завдяки океанам в атмосфері відбувається циркуляція повітряних мас. Протягом одного дня сонячні промені при прямому впливі на океан, випаровують сотні тон океанічної води. Пара піднімається в атмосферу, утворюючи, таким чином, хмари. У нічний час поверхню материків дуже швидко остигає, в той час як вода океанів зберігає денне тепло, яке починає циркулювати в напрямку охолоджених територій. Океан не тільки зберігає тепло атмосфери, а й нагріває територію суші, пом'якшуючи при цьому клімат планети.[9]

Світовий океан — глобальний акумулятор сонячної енергії. Вдень Сонце нагріває планету, при цьому за одну хвилину сонячні промені випаровують на Землі мільярд тон води, витрачаючи колосальну кількість енергії. [10]

Клімат зазнає постійних змін, темпи яких, починаючи з останньої чверті ХХ століття, помітно збільшилися, тому проблема змін клімату висунулася в перший ряд глобальних викликів ХХІ століття і пріоритетів міжнародного порядку денного. Вона виходить за рамки чисто наукового питання і представляє комплексну міждисциплінарну проблему, що охоплює всі ключові аспекти сталого розвитку — екологічні, економічні та соціальні.[11]

На сьогоднішній день проблема зміни клімату є надзвичайно актуальною. Клімат на планеті стрімко змінюється, і заперечувати цього не береться жоден учений. У той же час, до зміни клімату, що відбувається природним шляхом, додалося і потепління. Зміна клімату є не простим підвищенням температури. Термін «глобальна зміна клімату» має набагато ширше значення — це перебудова всіх геосистем на планеті. І при цьому потепління — це всього лише один з його аспектів. Згідно з результатами спостережень, рівень Світового океану поступово підвищується, льодовики і вічна мерзлота тануть, опади випадають все більш нерівномірно, режим стоку річок змінюється. [12]

Глобальна зміна клімату і вироблення політики, спрямованої на запобігання її несприятливими наслідками, відносяться до числа найбільш гострих проблем сучасності. Їх особливої актуальності підтверджують висновки авторитетних фахівців, згідно з якими людство впритул наблизилося до порогових значень навантаження на навколишнє середовище, а також несприятливих тенденцій в кліматичній ситуації, свідками яких стає населення всієї земної кулі.[11]

## 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Світовий океан являє собою величезну комору різних природних ресурсів, які цілком можна порівняти з ресурсами земної суші.

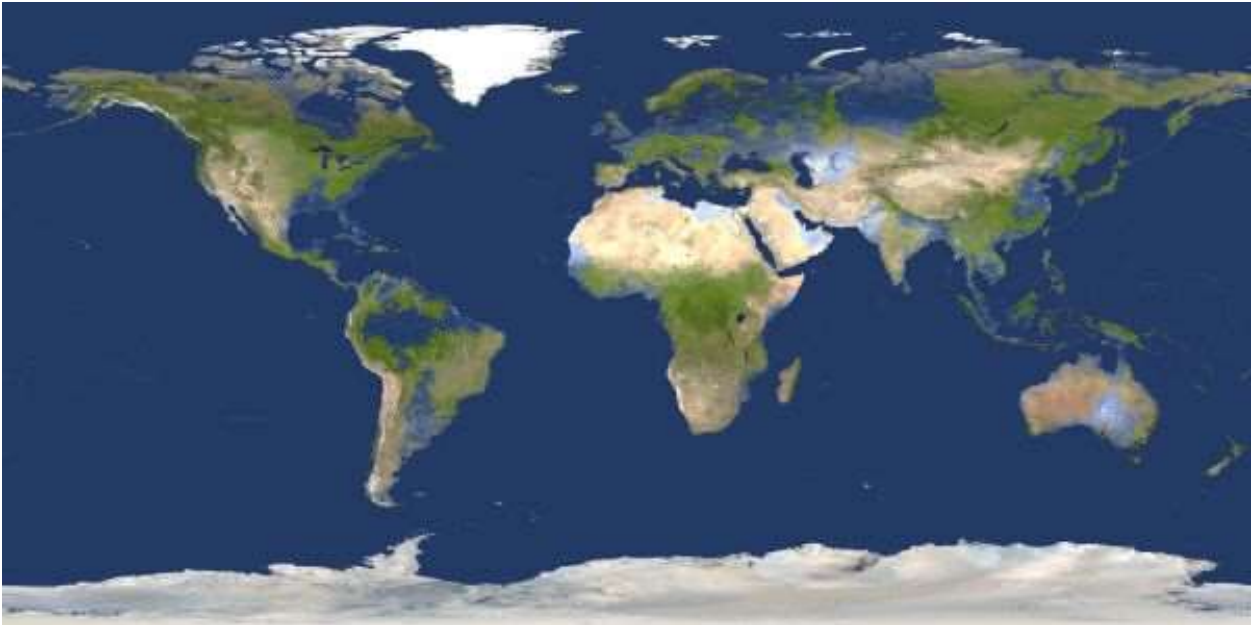


Рисунок 1.1 – Фізична карта Світового океану

Обсяг морської води становить 1370 млн. км<sup>3</sup> або 96,5% всієї гідросфери. На кожного жителя Землі припадає приблизно 270 млн. м<sup>3</sup> морської води. До того ж в морській воді міститься 75 хімічних елементів: кухонна сіль, магній, калій, бром, уран, золото. Морська вода служить також джерелом отримання йоду.





Рисунок 1.2 – Види ресурсів Світового океану

Світовий океан багатий мінеральними ресурсами, що видобуваються з його дна. Найбільше значення має нафта і газ, які добувають з континентального шельфу. Вони складають по вартості 90% всіх ресурсів, одержуваних сьогодні з морського дна. Морський видобуток нафти в загальному обсязі становить приблизно 1/3. Очікується, що до 2000 року половина всієї нафти, яка видобувається на Землі, буде мати морське походження. Значний видобуток нафти зараз ведеться в Перській затоці, в Північному морі, в Венесуельській затоці. Великий досвід в освоєнні підводних нафтогазових родовищ накопичений в Азербайджані (Каспійське море), США (Мексиканська затока і узбережжя Каліфорнії).[13]

Головним багатством глибоководного ложа океану є залізо-марганцеві конкреції, які містять до 30 різних металів. Вони були виявлені на дні

Світового океану ще в 70-х роках ХІХ століття англійським науково-дослідним судном «Челленджер». Найбільший обсяг залізо-марганцевої конкреції займають в Тихому океані (16 млн. км). Перший досвід видобутку конкрецій зробили США в районі Гавайських островів.

В Світовому океані наявний величезний потенціал енергетичних ресурсів. Найбільший прогрес досягнутий в області використання енергії припливів і відливів. Встановлено, що кращі можливості для створення великих приливних станцій є в 25 місцях Землі. Великі внутрішні ресурси приливної енергії мають наступні країни: Франція, Канада, Великобританія, Австралія, Аргентина, США, Росія. Кращі можливості цих країн пояснюються тим, що висота припливу тут досягає 10-15 м. Росія за потенційними запасами приливної енергії займає одне з перших місць в світі. Особливо великі вони на узбережжях Білого, Баренцева і Охотського морів. Сумарна енергія їх перевищує енергію, що виробляється сьогодні гідроелектростанціями країни. У деяких країнах світу розробляються проекти використання енергії хвиль і течій.

Обсяг всієї біомаси океану становить 35 млрд. тон, з неї на рибу доводиться 0,5 млрд. т. як і на суші, в Світовому океані є більш і менш продуктивні території. Вони охоплюють площі шельфу і периферійної частини океану. Найбільш продуктивними в світі є Норвезьке, Берингове, Охотське, Японське моря. Океанічні простори, що відрізняються низькою продуктивністю, займають майже 2/3 площі океану.[14]

Більше 85% біомаси, яку використовує людина, складають риби. Мізерна частка припадає на водорості. Завдяки рибі, молюскам, ракоподібним, виловленим в Світовому океані, людство на 20% забезпечує себе білками тваринного походження. Біомаса океану використовується також для отримання висококалорійної кормового борошна для тваринництва.

В останні роки в світі все більш широке поширення знаходить розведення деяких видів організмів на штучно створених морських

плантаціях. Ці промисли називаються марикультура. Розвиток марикультури має місце в Японії (устриці-перлової скойки), Китаї (устриці-перлової скойки), США (устриці і мідії), Франції (устриці), Австралії (устриці), Нідерландах (устриці, мідії), середземноморських країнах Європи (мідії). У Росії, в морях Далекého Сходу, вирощують морську капусту (ламінарію), морських гребінців.



Рисунок 1.3 — Значення Світового океану

Бурхливий розвиток техніки і технології призвело до залучення в господарський оборот ресурсів океану, а його проблеми набули глобального характеру. Цих проблем досить багато. Вони пов'язані із забрудненням океану, зниженням його біологічної продуктивності, освоєнням мінеральних і енергетичних ресурсів. Використання океану особливо збільшувалася за

останні роки, що різко підсилило навантаження на нього. Інтенсивна господарська діяльність призвела до зростаючого забруднення вод. Особливо згубно позначаються на екологічній обстановці в Світовому океані аварії нафтоналивних суден, бурових платформ, слив забрудненої нафтою води з суден. Особливо забруднені окраїни моря: Північне, Балтійське, Середземне і Перська затока.

Забруднюються води Світового океану і відходами промисловості, і побутовими відходами і сміттям. Сильне забруднення Світового океану знизило біологічну продуктивність океану. Наприклад, Азовське море сильно забруднено добривами з полів. В результаті рибопродуктивність цієї водойми помітно знизилася. У Балтійському морі сильні забруднення знищили будь-яке біологічне життя на 1/4 його акваторії.

Проблема Світового океану — це проблема майбутнього всієї цивілізації, так як від того, наскільки розумно людство їх дозволить, залежить і його майбутнє. Вирішення цих проблем вимагає узгоджених міжнародних заходів для координації використання океану. В останні роки прийнято ряд міжнародних угод, що обмежують забруднення вод океану. Однак економічні проблеми його настільки гострі, що необхідно переходити до більш кардинальних заходів, так як загибель Світового океану неминуче призведе до загибелі всієї планети.[15]

### **1.1 Біоресурси Світового океану**

Поняття про біологічні ресурси Світового океану можна трактувати в двох сенсах — ширшому і вузкому. У першому з них це все розмаїття тварин і рослин, що мешкають у морському й океанічному середовищі, в другому — лише та їх частина, що має промислове значення. Якщо дійсно мати на увазі можливі для використання людиною ресурси, то друге

трактування більш правильне. Однак в літературі частіше зустрічається оцінка сумарних біологічних ресурсів Світового океану.

Сумарну біомасу Світового океану різні джерела визначають з великими відмінностями, але найчастіше — в 35-40 млрд тон. Це означає, що біомаса Світового океану значно менше біомаси суші. Для неї характерно також інше співвідношення фітомаси (рослинні організми) і зоомаси(тваринні організми). На суші фітомаса перевищує зоомасу приблизно в 2000 разів, а в Світовому океані біомаса тварин перевершує біомасу рослин більш ніж в 18 разів. Без урахування людського втручання в природні процеси морські екосистеми, як і екосистеми суші, можуть підтримувати себе самі.

Для біологічних ресурсів Світового океану характерні не тільки дуже великі розміри, але і виняткова розмаїтість. Води морів і океанів являють собою густонаселений світ безлічі живих організмів: від мікроскопічних бактерій до найбільших тварин на Землі — китів. На великих океанських просторах, від освітленій Сонцем поверхні до темного і холодного царства морських глибин, мешкає близько 200 тис. Видів тварин, в тому числі 20 тис. різних видів риб, 8 тис. видів ракоподібних, близько 50 тис. видів червононогих молюсків. У Світовому океані налічується також 10 тис. видів рослин.[16]

Життя в морі і на суші починається з впливу сонячного світла на зелені рослини. За оцінкою Д.Айзекса і дослідників Скріпсовського океанографічного інституту, з кожного мільйона фотонів сонячного світла, досягають поверхні Землі, тільки 90 фотонів включені в процес чистого виробництва основної їжі. Близько 50 з цих фотонів сприяють зростанню наземних рослин і тільки 40 — зростанню одноклітинних зелених морських рослин — фітопланктону. Таким чином, з усієї надходить на Землю сонячної енергії, тільки мізерно мала її частка забезпечує все живе на нашій планеті не тільки їжею, а й атмосферою, якою можна дихати.

Наземні та морські тварини виникли з одного і того ж джерела в результаті східного еволюційного розвитку і під впливом одних і тих же

законів природи. Але в ході еволюції, яка пішла різними шляхами в морі і на суші зважаючи різних фізико-хімічних умов існування живого (в морі умови більш одноманітні, ніж на суші), сьогодні ці дві системи живих організмів різко відмінні один від одного як за кількісним, так і видовим складом. [19]

Таблиця 1.1 — Порівняльний аналіз харчової продукції суші і океану в 1970 г (за даними ФАО)

Тип продуктів	Спосіб отримання	Отримано продуктів, млн. тон	
		На суші	З океану
Рослини	Збиральництво	100	0,7
	Вирощування	2247	0,2
Тварини	Полювання	27	60,7
	Розведення	518	0,6
Всього		2892	61,3
З них:	Морепродукти, перероблені в борошно		26,5
	Морепродукти, використовувані людиною		35,8

Загальний внесок океану в харчування людини становить всього близько 1%.

Слід врахувати, що статистичні дані можуть відображати тільки порядок і тенденцію видобутої продукції, так як тут в, основному, фігурує врахований вилов і видобуток. Кількість неврахованої продукції змінить ситуацію, але принципово співвідношення не зміниться.

Таблиця 1.2 — Первинна продуктивність різних екосистем (*Odum*, 1953)

Екосистеми	Річна продукція в перерахунку на органічний вуглець (т/км <sup>2</sup> )
Наземні:	
Європейський ліс	225
Степ	48
Пустеля	6
Поле з посівами зернових (штат Огайо)	862
Яблуневий сад, тільки дерева. Штат (Нью-Йорк)	526
Прісноводні:	
Озеро з жорсткою водою (Мендотта, штат Вісконсин)	480
Озеро з м'якою водою (Вебер, штат Вісконсин)	240
Озеро з заболоченими берегами (Седар , штат Міннесота)	111
Морські:	
Західна Атлантика (23° -41° пн.ш.)	320-530
Західна Атлантика, Банку Джорджес	560
Пролив Лонг-Айленд	600-1000

Таблиця 1.3 — Морський і прісноводний світовий улов в 1970 році (ФАО)

Екологічний тип	Млн. тон	% від загального
Пелагічні планктофаги		
Анчоуси	14419	
Оселедець	2784	
Інші	3947	
Всього	21150	34,0
демерсальні хижаки		
Тріска	3076	
Минтай	3057	
Інші	9067	
Всього	15200	24,4
Прохідні риби		
Пелагічні хижаки		
скумбрія	2887	
Тунці	1228	
Інші	3437	
Всього	7552	12,1
Несортована риба	9578	15,4
Сумарний морської улов риби	56420	90,7
Молюски	3300	
Ракоподібні	1620	
Всього молюсків і ракоподібних	4920	7,9
Морські рослини	870	1,4
Сумарний розмір видобутку морських продуктів	62210	100,0
Сумарний прісноводний улов	7067	
Сумарний світової улов	63900	



Гранична можливість світового улову риби з урахуванням ефективності використання коштів видобутку і продуктивності світового океану становить (за різними оцінками) 180-210 млн. тон на рік. Це всього 3% від 6000 млн. тон продуктів, необхідних, щоб забезпечити харчування населенню Землі в 8 млрд. чоловік.[18]

Таблиця 1.4 — Провінції океану залежно від рівня продуктивності  
(Ч. Дрейк, 1982)

Провінція	% від загальної площі океану	Площа, млн.км <sup>2</sup>	Середня продуктивність на од. площі (г С/м <sup>2</sup> /год)	Загальна продуктивність (млрд. т С/рік)
Відкритий океан	90	326	50	16,3
Прибережна зона	9,9	36	100	3,6
Райони апвелінг	0,1	0,36	300	0,1
Всього				20,0

Найбільш продуктивними є ділянки району апвелінг, що включають північні широти Світового Океану, західні та східні узбережжя материків.

Таблиця 1.5 — Річна первинна продуктивність великих наземних екосистем (*Duvigneaud, 1967*)

Параметри	Ліси	Агроекосистеми, пасовища	Степу	Пустелі	Льодовики	Всього
Площа, млн. км <sup>2</sup>	40.6	14.5	26.0	54.2	12.7	148.0
% від загальної площі	28	10	17	36	9	100
Фіксація вуглецю, т/га	3,0	2,5	1,5	0,1	0	
Чистий первинна продукція	7	6	4	1	0	
Загальна біомаса, млрд. тон	28,4	8,7	10,4	5,4	0	52,9
Калорійність, 10 <sup>16</sup> ккал	11,4	3,5	4,2	2,2	0	21,3

Цикл Життя в морі і на суші починається з впливу сонячного світла на зелені рослини. За оцінкою Д.Айзекса і дослідників Скріпсовській океанографічного інституту, з кожного мільйона фотонів сонячного світла, досягають поверхні Землі, тільки 90 фотонів включені в процес чистого виробництва основної їжі. Близько 50 з цих фотонів сприяють зростанню наземних рослин і тільки 40 — зростанню одноклітинних зелених морських рослин — фітопланктону. Таким чином, з усієї надходить на Землю сонячної енергії, тільки мізерно мала її частка забезпечує все живе на нашій планеті не тільки їжею, а й атмосферою, якою можна дихати.

Наземні та морські тварини виникли з одного і того ж джерела в результаті східного еволюційного розвитку і під впливом одних і тих же

законів природи. Але в ході еволюції, яка пішла різними шляхами в морі і на суші зважаючи різних фізико-хімічних умов існування живого (в море умови більш одноманітні, ніж на суші), сьогодні ці дві системи живих організмів різко відмінні один від одного як за кількісним, так і видовим складом.

Слід враховувати, що статистичні дані можуть відображати тільки порядок і тенденцію в видобутої продукції, так як тут в, основному, фігурує врахований вилов і видобуток. Кількість неврахованої продукції змінить ситуацію, але принципово співвідношення не зміниться.

Гранична можливість світового улову риби з урахуванням ефективності використання коштів видобутку і продуктивності світового океану становить (за різними оцінками) 180 - 210 млн. тон на рік. Це всього 3% від 6000 млн. тон продуктів, необхідних, щоб забезпечити харчування населенню Землі в 8 млрд. чоловік.

З вище наведених таблиць випливає, що темпи приросту продукції в окремих провінціях океану дуже великі, але загальна продуктивність суші значно перевершує ресурси Світового океану. З океану добувається щорічно більш 60 млн. тон морепродуктів, що становить всього близько 1% споживаної людиною їжі. Велику частину даних продуктів складає риба, що відноситься до трьох екологічних груп — пелагічним планктофагом, демерсальним хижакам, пелагічним хижакам. Найбільший улов забезпечують ті райони моря, які швидко заповнюють запаси біогенів, а риби відносяться до низького трофічного рівня (Дрейк, 1982). Велика частина улову видобувається в районах інтенсивного апвелінг біля берегів і прибережній зоні. [19]

Продуктивність біосфери за оцінкою Віттанера і Лайкеса (1970) — 164 млрд. тон сухої органічної речовини в рік. За оцінкою Дювен — 83 млрд. тон за рік: 30 — для океанів і 53 — для наземних біомів. Перше серйозне антропогенний потрясіння біосфери пов'язано із знищенням великих просторів лісових масивів вздовж морських узбереж і по долинах

річок з метою перетворення їх спочатку в пасовища, потім в поля сільгоспкультур. Тобто, зміна людиною біосфери відбувалося за схемою:

- лісові біоми (зниження чисельності і різноманітності великих тварин);
- пасовища (розширення лісостепової зони з підривом її біоценозів);
- поля сільгоспкультур (скорочення лісостепової зони, скорочення різноманітності і чисельності дрібних тварин, провокування розвитку комах, шкідників сільгоспкультур).

Хоча океан і покриває 70% загальної поверхні Землі, його внесок у виробництво чистої продукції становить лише 40%. Ліси, що займають лише 10% площі материків, дають майже половину загальної енергії. Проте, річна продуктивність океану і суші складається на користь світового океану. Відбувається виснаження океанічних ресурсів. Для людини океан був завжди символом безмежності. Різноманітність прибережної життя, фантастична щільність деяких популяцій риб, гігантські розміри морських хребетних створювали оманливе уявлення невичерпного багатства. Однак через легковажність і людську жадібність ресурси Світового Океану дуже швидко виснажуються.

Першими жертвами повного знищення видів стали морські сирени, тюлені, китоподібні. Ми є свідками зникнення синього кита. Улов анчоусів до 1960 року становив менше двох млн. тон. Надалі темпи експлуатації рибних запасів стали стрімко зростати і в 1970 році максимальний улов склав 12,3 млн. тон. Це перевищило річний улов будь-якої держави Старого Світу і вдвічі перевищило улов всіх видів риби усіма країнами Північної і Центральної Америки. Перу перетворилася на провідну риболовну країну світу. Рибне борошно, приготовлена перуанцями, продавалася і продається зараз у всьому світі і використовується для поповнення кормів для домашньої птиці та різних видів домашньої худоби; риб'ячий жир йде на виготовлення маргарину, масляних фарб, губної помади і ряду інших виробів. У 1970 році виручка Перу від експорту продукції рибальства склала близько 340 млн. доларів США.[16]

Після лову 1970 року видобуток анчоусів скоротився вже в 1972 році майже в 5 разів. Для збереження біорізноманіття та продуктивності океану людство має зайнятися пильним вивченням його біоресурсів. За уявленнями Д. Айзекса, деякі вищі квіткові рослини, що живуть в солоних лиманах, здатні переносити високу концентрацію солі, знесолюючи морську воду за допомогою сонячної енергії. Він припускає, що можливо крихітна молекула ДНК, яка зберігає інформацію про цей процес і всіх його етапах, є для людини найціннішим з усіх біологічних ресурсів моря. Якби вдалося «прищепити» цю молекулу існуючим хлібним злакам, то можна було б вирощувати врожаї хлібів за допомогою поливу солоною морською водою і забути про засолення ґрунтів.



Рисунок 1.4 — Екологічні групи гідробіонтів

Штучний посів спеціально підібраних видів фіто-і зоопланктону з урахуванням морських течій дозволив би на потрібному рівні утримувати

пелагічне населення моря. У цьому сенсі можливості людини як творця можуть бути безмежні. Запорукою того, що людство зможе управляти процесами відтворення біоресурсів океану є усвідомлення того, що ці ресурси не безмежні. [16]

Виходячи зі способу життя і місцеперебування, всі, хто живе в Світовому океані організми зазвичай поділяють на три класи.

До першого класу, що володіє найбільшою біомасою і найбільшим різноманітністю видів, відносять планктон, який, в свою чергу, поділяють на фітопланктон і зоопланктон. Планктон поширений переважно в поверхневих горизонтах океанської товщі (до глибини 100-150 м), причому фітопланктон — головним чином дрібні одноклітинні водорості — служить кормом для багатьох видів зоопланктону, який за обсягом біомаси (20-25 млрд т) займає в Світовому океані перше місце.

До другого класу морських організмів відносять нектон. Він включає в себе всіх тварин, здатних самостійно пересуватися у водній товщі морів і океанів. Це риби, кити, дельфіни, моржі, тюлені, кальмари, креветки, восьминоги, черепахи та деякі інші види. Орієнтовна оцінка сумарної біомаси нектону — 1 млрд т, половина її припадає на риб.

Третій клас об'єднує морські організми, що живуть на дні океану або в донних відкладеннях — бентос. Як представники зообентосу можна назвати різні види двостулкових молюсків (мідії, устриці), ракоподібних (краби, омари, лангусти), голкошкірих (морські їжаки) та інших донних тварин. Фітобентос представлений різноманітними водоростями. За розмірами біомаси зообентосу (10 млрд тон) поступається лише зоопланктону.

Живі ресурси можуть відновлюватися природним і штучним шляхом. Біологічним ресурсам властива «рухливість» сировинної бази. Морські тварини на різних фазах свого життєвого циклу — нересту, відгодівлі та зимівлі — потребують різних умов середовища. У зв'язку з цим їм доводиться здійснювати відповідні міграції, які відбуваються як в горизонтальному, так і у вертикальному напрямках. Міграції можуть бути

сезонними або добовими. Морські біологічні ресурси та їх сировинна база непостійні. Це пов'язано з просторово-часовими змінами умов існування організмів. Сезонність зумовлює відповідно різні можливості і умови їх видобутку.[17]

Мінеральні ресурси Світового океану представлені різні корисні копалини і підрозділяються на потенційні і виявлені. До числа мінеральних ресурсів відносяться:

- нафту і газ, які приурочені до великих шельфам і континентального схилу;
- газогідрати. Запаси метану на океанських шельфах оцінюються в десятки трильйонів тон, що у багато разів перевищує запаси газу на суші. Потужність газо-гідратного шару становить кілька десятків метрів. Він поширений на глибині 200 м. Від поверхні дна;
- залізо-марганцеві конкреції і залізо-марганцеві корки. Найбільші скупчення знаходяться в глибоководних улоговинах Тихого океану. В даний час обговорюються проблеми їх видобутку;
- сульфідні руди, приурочені до підводних «курцям». Останні парагенетичних пов'язані з рифтами серединно-океанських хребтів і підняттямзадугових басейнів;
- металоносні опади і металоносні розсоли, що представляють собою руди марганцю, міді, поліметалів. Такого роду освіти виявлені на дні Червоного моря, в межах Східно-Тихоокеанського підняття, в області потрійного зчленування серединно-океанських хребтів в Індійському океані;
- фосфорити, поклади яких зустрічаються вздовж узбережжя океанів на глибинах 200-1500 м. Вони приурочені до глибокої частини шельфу і континентального схилу, але зустрічаються також в глибоководних улоговинах окраїнних морів;
- розсипних родовищ олова, золота, титану, циркону, рутилу. Вони приурочені до підводних дельт і поширені в межах шельфу;

- будівельні матеріали: галька, пісок і карбонати, ракуша.[18]

За винятком нафти і газу, а також розсипів і будівельних матеріалів, решта родовищ корисних копалин на дні Світового океану є потенційною сировиною ХХІ ст. В даний час розробляються проекти видобутку і подальшого збагачення корисних копалин Світового океану.

Сама морська вода є потенційним ресурсом для держав, розташованих на його берегах. З морської води видобувають ряд хімічних сполук, що знаходяться в розчиненому стані, а також отримують чисту воду шляхом її опріснення. Воду отримують і з айсбергів, що транспортуються з антарктичних регіонів. З морської води видобувають кухонну сіль, магній, сірку, а з устричних скупчень — карбонат кальцію.

Крім того, Світовий океан є джерелом отримання енергії. Він виробляє як кінетичну енергію в формі припливів, течій і хвиль, так і потенційну, пов'язану з різницею рівня поверхні океану в різних його частинах і теплової енергії, заснованої на різниці температур різних шарів Світового океану.

Географічне поширення біологічних ресурсів Світового океану (як і біологічних ресурсів суші) вкрай нерівномірне. В його межах досить чітко виділяються дуже високопродуктивні, середньої продуктивності, малопродуктивні і найменшпродуктивні області. Найбільший господарський інтерес представляють дві перші з них. Саме ці області мав на увазі В. І. Вернадський, коли писав про наявність у Світовому океані особливих згущення. Такі згущення життя пов'язані переважно з шельфовими зонами (рис. 1.5).



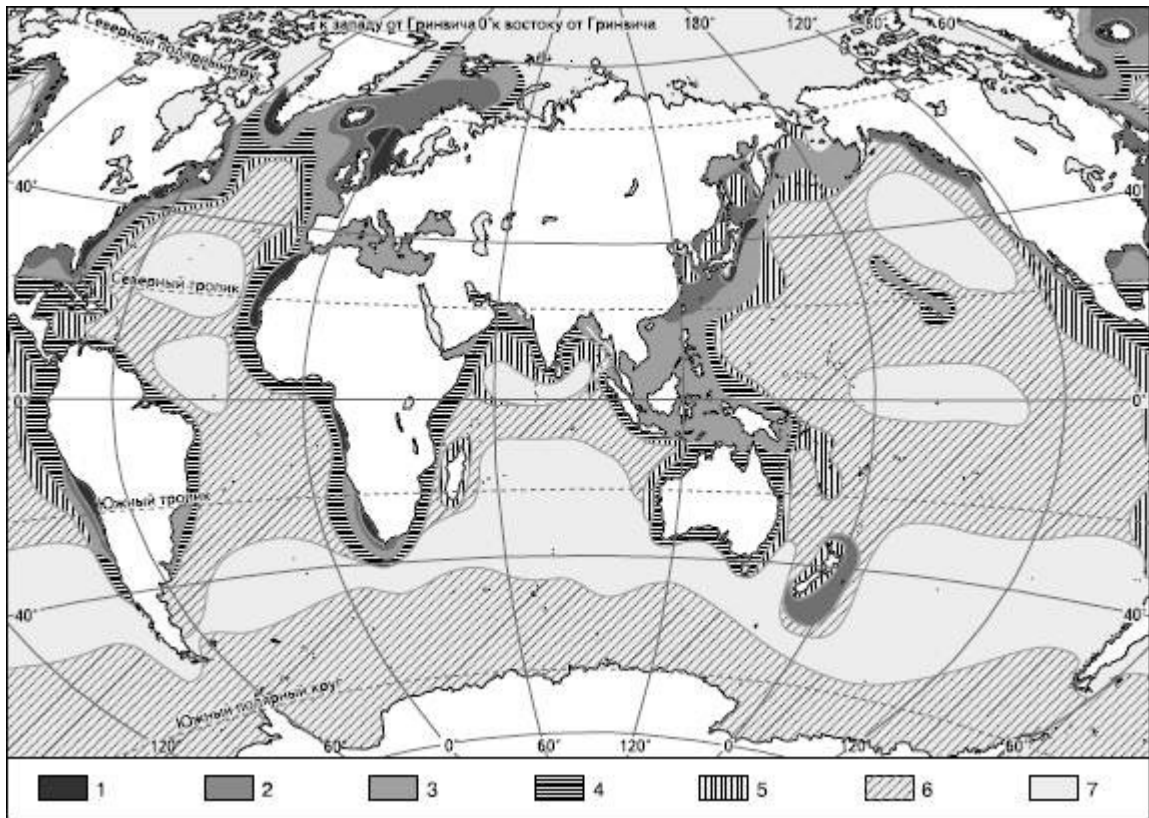


Рисунок 1.5 – Розподіл промислових видів гідробіонтів

Продуктивні області в Світовому океані можуть мати характер широтних поясів, що в значній мірі обумовлено неоднаковим розподілом сонячної енергії. Виділяють наступні природно-рибогосподарські пояси: арктичний і антарктичний (відповідно менше 1 і 15% площі океанського сектора), помірні пояси Північної і Південної півкуль (11 і 34%), тропічно-екваторіальний пояс (40%). Найбільше господарське значення з них має помірний пояс Північної півкулі.[17]

Для повнішої характеристики географічного поширення біологічних ресурсів великий інтерес представляє розподіл їх між окремими океанами Землі.

Перше місце і за загальним обсягом біомаси і по числу видів посідає Тихий океан. Це пояснюється в першу чергу величезними розмірами його акваторії і великою різноманітністю природних умов в її межах. Тваринний світ його за видовим складом в три-чотири рази багатше, ніж інших океанів.

Фактично тут представлені всі види живих організмів, що населяють Світовий океан. Тихий океан відрізняється від інших також високою біологічною продуктивністю, особливо в помірних і екваторіальному поясах. Але ще більш велика біологічна продуктивність в зоні шельфу: саме тут мешкає і нереститься переважна більшість тих морських тварин, які служать об'єктами промислу.

Дуже багаті і різноманітні також біологічні ресурси Атлантичного океану. Як і Тихий океан, він вирізняється високою середньою біологічною продуктивністю. Тварини населяють всю товщу його вод. У помірних і холодних водах мешкають великі морські ссавці (кити, ластоногі), оселедцеві, тріскові та інші види риб, ракоподібні. У тропічній частині океану кількість видів вимірюється вже не тисячами, а десятками тисяч. Різноманітні організми мешкають і в його глибоководних горизонтах в умовах величезного тиску, низьких температур і вічної пітьми. Щільність планктону найбільша між  $45^{\circ}$  і  $75^{\circ}$  обох півкуль. А в прибережних районах велике поширення мають морські водорості (макрофіти).

Значними біологічними ресурсами володіє також Індійський океан, але вивчені вони тут гірше і використовуються поки менше. Що ж стосується Північного Льодовитого океану, то переважна частина холодних і льодовитих вод Арктики несприятлива для розвитку життя і тому мало продуктивна. Лише в приатлантичній частині цього океану, в зоні впливу Гольфстріму, його біологічна продуктивність значно підвищується.

Потенціал Світового океану величезний, оскільки він — самий великий біотоп планети. Однак за видовою різноманітністю він значно поступається суші: лише 200 тисяч видів тварин і майже 20 тисяч видів рослин. Слід пам'ятати, що з 66 класів вільно живуть організмів тільки чотири класи хребетних (амфібії, рептилії, птахи та ссавці) і чотири класи членистоногих (первинно-трахейних, павукоподібні, багатоніжки і комахи) розвинулися поза моря.[16]

Загальна біомаса організмів Світового океану досягає 36 мільярдів тон, а первинна продуктивність (в основному за рахунок одноклітинних водоростей) — сотні мільярдів тон органічної речовини за рік.

Дефіцит продуктів харчування змушує звернутися до Світового океану. В останні 20 років значно збільшився рибальський флот і вдосконалилися засоби лову. Прирости улову досягали 1,5 мільйона тон на рік. У 2009 році вилов перевищив 70 мільйонів тон. Було вилучено (в мільйонах тон): морської риби 53,37, прохідної риби 3,1, прісноводної риби 8,79, молюсків 3,22, ракоподібних 1,68, інших тварин 0,12, рослин 0,92.

У 2008 році тільки анчоуса було виловлено 13 мільйонів тон. Однак в наступні роки улови анчоуса знизилися до 3-4 мільйонів тон на рік. Світовий улов в 2010 році вже склав 59,3 мільйона тон, в тому числі риби 52,3 млн тон. Із загального видобутку 1975 року виловлено (в мільйонах тон): з Тихого океану 30,4, Атлантичного океану 25,8, Індійського океану 3,1. З північних морів виловлена основна частина продукції 2010 року — 36,5 мільйона тон. Різко підвищився улов в Атлантиці, тут з'явилися японські тунцелова. Прийшов час регулювати масштаби лову.

Вважається, що зростаюча міць технічних засобів лову загрожує біоресурсам Світового океану. Дійсно, придонними тралами псуються риб'ячі пасовища. Більш інтенсивно виробляються й прибережні зони, на частку яких припадає 90 відсотків улову. Однак тривога про те, що кордон природної продуктивності Світового океану досягнутий, безпідставна. З другої половини ХХ століття щорічно видобувалося не менше 21 мільйона тон риби та інших продуктів, що тоді вважалося біологічним межею. Однак, судячи з розрахунків, з Світового океану можна витягати до 100 мільйонів тон.

Проте слід пам'ятати, що до 2030 року навіть при освоєнні пелагічних зон проблема постачання продуктами моря не буде вирішена. До того ж частина пелагічних риб (нототенія, мерланг, путасу, макрурус, аргентина, хек, зубан, крижана риба, вугільна риба) вже може бути включена в

«Червону книгу». Тому необхідно переорієнтуватися в області харчування, ширше впроваджувати в продукти біомасу криля, запаси якого в антарктичних водах величезні. В Японії давно вирощують на морських фермах рибу і молюски (понад 500 тисяч тон в рік), а в США в рік 350 тисяч тон молюсків. У Росії ведеться планове господарство на морських фермах Примор'я, Балтійського, Чорного та Азовського морів. Ставляться досліди в бухті Дальні Зеленці на Баренцевому морі.

Особливо високопродуктивними можуть виявитися внутрішні моря. Так, в Росії самою природою призначено для регульованого вирощування риби Біле море. Тут поставлено досвід заводського розведення сьомги і горбуші — цінних прохідних риб. Можливості тільки цим не вичерпані.[18]

## 1.2 Світовий океан та глобальні зміни клімату

Зміни клімату обумовлені змінами в земній атмосфері, процесами, що відбуваються в інших частинах Землі, таких як океани, льодовики, а також ефектами, супутніми діяльності людини. Зовнішні процеси, що формують клімат — це зміни сонячної радіації і орбіти Землі:

- зміна розмірів, рельєфу і взаємного розташування материків і океанів;
- зміна світимості сонця;
- зміни параметрів орбіти і осі Землі;
- зміна прозорості атмосфери і її складу в результаті змін вулканічної активності Землі;
- зміна концентрації парникових газів ( $\text{CO}_2$  і  $\text{CH}_4$ ) в атмосфері;
- зміна відбивної здатності поверхні Землі (альbedo);
- зміна кількості тепла, наявного в глибинах океану;
- зміна природного підшару Землі між ядром і земною корою, внаслідок відкачування нафти і газу.

Кліматичні зміни на Землі включають в себе наступне: погода — це щоденний стан атмосфери. Погода є хаотичною нелінійною динамічною системою. Клімат — це усереднений стан погоди і він передбачуваний. Клімат включає в себе такі показники, як середня температура, кількість опадів, кількість сонячних днів і інші змінні, які можуть бути виміряні в якомусь певному місці. Однак на Землі відбуваються і такі процеси, які можуть впливати на клімат.

Заледеніння: льодовики визнані одними з найбільш чутливих показників зміни клімату. Вони істотно збільшуються в розмірах під час охолодження клімату («Малі льодовикові періоди») і зменшуються під час потепління клімату. Льодовики ростуть і тануть через природні зміни і під впливом зовнішніх впливів. У минулому столітті льодовики не були спроможні регенерувати достатньо льоду протягом зим, щоб відновити втрати льоду під час літніх місяців.

Найзначніші кліматичні процеси за останні кілька мільйонів років — це зміна гляціальних (льодовикових епох) і інтергляціальних (міжльодовикових) епох поточного льодовикового періоду, зумовлені змінами орбіти і осі Землі. Зміна стану континентальних льодів і коливання рівня моря в межах 130 метрів є в більшості регіонів ключовими наслідками зміни клімату.[1]

Мінливість Світового океану. У масштабі десятиліть кліматичні зміни можуть бути результатом взаємодії атмосфери та світового океану. Багато флуктуації клімату, включаючи найбільш відому південну осциляцію Ель-Ніньо, а також північноатлантичну і арктичну осциляції, відбуваються частково завдяки можливості світового океану акумулювати теплову енергію та переміщенню цієї енергії в різні частини океану. У більш тривалому масштабі в океанах відбувається термохаліна циркуляція, яка грає ключову роль в перерозподілі тепла і може значно впливати на клімат.

Кліматична пам'ять. У більш загальному аспекті мінливість кліматичної системи є формою гістерезису, тобто це означає, що даний стан клімату є не тільки наслідком впливу певних факторів, але також і всією історією його

стану. Наприклад, за десять років посухи озера частково висихають, рослини гинуть, і площа пустель збільшується. Ці умови викликають, в свою чергу, менш ясні дощі в наступні за посухою роки. Зміна клімату є саморегульованим процесом, оскільки навколишнє середовище реагує певним чином на зовнішні впливи, і, змінюючись, сама здатна впливати на клімат.

Розрізняють види некліматичних чинників та їх вплив на зміну клімату.

Парникові гази. Прийнято вважати, що парникові гази є головною причиною глобального потепління. Парникові гази мають також значення для розуміння кліматичної історії Землі. Згідно з дослідженнями, парниковий ефект, що виникає в результаті нагрівання атмосфери тепловою енергією, утримуваної парниковими газами, є ключовим процесом, який регулює температуру Землі.

Протягом останніх 500 млн років концентрація діоксиду вуглецю в атмосфері варіювалися від 200 до більш ніж 5000 чнм через вплив геологічних і біологічних процесів. Однак в 1999 році Вейзер та інші вчені показали, що протягом останніх десятків мільйонів років немає суворої кореляції між концентрацією парникових газів і зміною клімату і що більш важлива роль належить тектонічному руху літосферних плит. Пізніше Ройер та інші використовували кореляцію CO<sub>2</sub>— клімат, щоб вивести значення «чутливості клімату». Є кілька прикладів швидких змін концентрації парникових газів в земній атмосфері, що мають чітку кореляцію з сильним потеплінням.

Зростаючий рівень діоксиду вуглецю являється ще одною причиною глобального потепління, починаючи з 1950 року. Згідно з даними Міждержавної групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК) від 2007 року, концентрація CO<sub>2</sub> в атмосфері в 2005 році склала 379 чнм, в доіндустріальний період вона становила 280 чнм.[19]

Щоб запобігти різкому потеплінню в найближчі роки, концентрація вуглекислоти повинна бути знижена до рівня, що існував до індустріальної

епохи — до 350 частин на мільйон (0,035%) (зараз — 385 частин на мільйон і збільшується на 2 мільйонних частки (0,0002%) в рік, в основному через спалювання викопного палива і вирубування лісів).

Є скептичне ставлення до геоінженерних методів вилучення вуглекислоти з атмосфери, зокрема, до пропозицій поховання вуглекислого газу в тектонічних тріщинах або закачувати його в породи на океанському дні: вилучення 50 мільйонних часток газу за цією технологією коштуватиме, щонайменше, 20 трильйонів доларів.

Тектоніка літосферних плит.Протягом тривалих відрізків часу тектонічні рухи плит переміщують континенти, формують океани, створюють і руйнують гірські хребти, тобто створюють поверхню, на якій існує клімат. Недавні дослідження показують, що тектонічні рухи посилили умови останнього льодовикового періоду: близько 3 млн років тому північно-і південноамериканська плити зіткнулися, утворивши Панамський перешийок і закривши шляху для прямого змішування вод Атлантичного і Тихого океанів.

Сонячне випромінювання. Сонце є основним джерелом тепла в кліматичній системі. Сонячна енергія, перетворена на поверхні Землі в тепло, є невід'ємною складовою, що формує земний клімат. Якщо розглядати тривалий період часу, то в цих рамках Сонце стає яскравішим і виділяє більше енергії, так як розвивається згідно головної послідовності. Це повільний розвиток впливає і на земну атмосферу. Вважається, що на ранніх етапах історії Землі Сонце було занадто холодним для того, щоб вода на поверхні Землі була рідкої, що призвело до так званого «Парадоксу слабкого молодого Сонця».

На більш коротких часових відрізках також спостерігаються зміни сонячної активності: 11-річний сонячний цикл і більш тривалі модуляції. Однак 11-річний цикл виникнення і зникнення сонячних плям не відстежується явно в кліматологічних даних. Зміна сонячної активності вважається важливим фактором настання малого льодовикового періоду, а

також деяких потеплінь, які спостерігаються між 1900 і 1950 роками. Циклічна природа сонячної активності ще не до кінця вивчена; вона відрізняється від тих повільних змін, які супроводжують розвиток і старіння Сонця.[18]

Зміни орбіти. За своїм впливом на клімат зміни земної орбіти схожі з коливаннями сонячної активності, оскільки невеликі відхилення в положенні орбіти призводять до перерозподілу сонячного випромінювання на поверхні Землі. Такі зміни положення орбіти називаються циклами Міланковича, вони передбачувані з високою точністю, оскільки є результатом фізичної взаємодії Землі, її супутника Місяця та інших планет. Зміни орбіти вважаються головними причинами чергування гляціальних і інтергляціальних циклів останнього льодовикового періоду. Результатом прецесії земної орбіти є і менш масштабні зміни, такі як періодичне збільшення і зменшення площі пустелі Сахара.

Вулканізм. Одне сильне виверження вулкана здатне вплинути на клімат, викликавши похолодання тривалістю кілька років. Наприклад, виверження вулкана Пінатубо в 1991 році істотно вплинуло на клімат. Гігантські виверження, що формують найбільші магматичні провінції, трапляються лише кілька разів в сто мільйонів років, але вони впливають на клімат протягом мільйонів років і є причиною вимирання видів. Спочатку передбачалося, що причиною похолодання є викинута в атмосферу вулканічний пил, оскільки вона перешкоджає досягти поверхні Землі сонячного випромінювання. Однак вимірювання показують, що більша частина пилу осідає на поверхні Землі протягом шести місяців.[19]

Вулкани є також частиною геохімічного циклу вуглецю. Протягом багатьох геологічних періодів діоксид вуглецю вивільнявся з надр Землі в атмосферу, нейтралізуючи тим самим кількість  $\text{CO}_2$ , вилученого з атмосфери і пов'язаного осадовими породами та іншими геологічними поглиначами  $\text{CO}_2$ . Однак цей внесок не зрівняється за величиною з антропогенної емісією



оксида вуглецю, яка, за оцінками Геологічної служби Сполучених Штатів Америки, в 130 разів перевищує кількість  $\text{CO}_2$ , емітованої вулканами.

Антропогенний вплив на зміну клімату. Антропогенні чинники включають в себе діяльність людини, яка змінює навколишнє середовище і впливає на клімат. У деяких випадках причинно-наслідковий зв'язок пряма і недвозначна, як, наприклад, при впливі зрошення на температуру і вологість, в інших випадках цей зв'язок менш очевидна. Різні гіпотези впливу людини на клімат обговорювалися протягом багатьох років.

Головними проблемами сьогодні є: зростаюча через спалювання палива концентрація  $\text{CO}_2$  в атмосфері, аерозолі в атмосфері, що впливають на її охолодження, і цементна промисловість. Інші фактори, такі як землекористування, зменшення озонового шару, тваринництво і вирубка лісів, також впливають на клімат.[1]

Спалювання палива. Почавши рости під час промислової революції в 1850-х роках і поступово прискорюючись, споживання людством палива призвело до того, що концентрація  $\text{CO}_2$  в атмосфері зросла з  $\sim 280$  чнм до 380 чнм. При такому зростанні спроєктована на кінець 21-го століття концентрація становитиме понад 560 чнм. Відомо, що зараз рівень  $\text{CO}_2$  в атмосфері вище, ніж будь-коли за останні 750 000 років. Разом зі зростаючою концентрацією метану ці зміни віщують підвищення температури на 1.4-5.6°C в проміжку між 1990 і 2040 роками.

Антропогенні аерозолі, особливо сульфати, що викидаються при спалюванні палива, впливають на охолодження атмосфери. Вважають, що ця властивість є причиною відносного «плато» на графіку температур в середині ХХ століття.

Виробництво цементу є інтенсивним джерелом викидів  $\text{CO}_2$ . Діоксид вуглецю утворюється, коли карбонат кальцію ( $\text{CaCO}_3$ ) нагрівають, щоб отримати інгредієнт цементу оксид кальцію ( $\text{CaO}$  або негашене вапно). Виробництво цементу є причиною приблизно 5% викидів  $\text{CO}_2$  індустриальних процесів (енергетичний та промисловий сектори). При замішуванні цементу

ту ж кількість  $\text{CO}_2$  поглинається з атмосфери при протіканні зворотної реакції  $\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$ . Тому виробництво і споживання цементу змінює тільки локальні концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері, не змінюючи середнє значення.

Істотний вплив на клімат робить землекористування. Зрошення, вирубка лісів і сільське господарство докорінно змінюють навколишнє середовище. Наприклад, на зрошуваних території змінюється водний баланс. Землекористування може змінити альбедо окремо взятій території, оскільки втрачає нормальний стан підстильної поверхні і тим самим кількість сонячного випромінювання.[1]

Згідно зі звітом Організації Об'єднаних націй «Довга тінь скотарства» від 2006 року худобу є причиною 18% викидів парникових газів в світі. Це включає в себе і зміни в землекористуванні, тобто вирубку лісу під пасовища. У тропічних лісах Амазонки 70% вирубки лісів проводиться під пасовища, що послужило основною причиною, чому Продовольча і сільськогосподарська організація ООН (FAO) в сільськогосподарському звіті за 2006 рік включила землекористування в сферу впливу скотарства. На додаток до викидів  $\text{CO}_2$ , скотарство є причиною викиду 65% оксиду азоту і 37% метану, що мають антропогенне походження.

Цей показник був переглянутий в 2009 році двома вченими з *WorldwatchInstitute*: вони оцінили внесок тваринництва в викиди парникових газів в 81% загальносвітового. Вплив на клімат всіх факторів, як природних, так і антропогенних, виражається єдиної величиною — радіаційним прогріванням атмосфери в  $\text{Вт/м}^2$ .

Виверження вулканів, зледеніння, дрейф континентів і зміщення полюсів Землі — потужні природні процеси, що впливають на клімат Землі. У масштабі декількох років вулкани можуть грати головну роль. В результаті виверження вулкана Пінатубо в 1991 року на Філіппінах на висоту 35 км було закинуто стільки попелу, що середній рівень сонячної радіації знизився на  $2,5 \text{ Вт/м}^2$ . Однак ці зміни не є довгостроковими, частинки відносно

швидко осідають вниз. У масштабі тисячоліть визначальним клімат процесом буде, ймовірно, повільний рух від одного льодовикового періоду до наступного.

У першу чергу, підвищення температур призведе до деякого підвищення рівня моря та зміни поверхневої та глибинної циркуляції вод океану, що вплине на розподіл і обсяг поживних речовин, біологічну продуктивність. Збільшений обсяг океанських вод і високі температури будуть сприяти накопиченню карбонатів, що призведе до більш посиленого вилученню з атмосфери вуглекислого газу.[18]

Зміна рівня океану залежить від гідрометеорологічних чинників, що впливають на випаровуваність і кількість атмосферних опадів, а також від додаткового припливу вод, що виникають при таненні покривних і гірських льодовиків, стоку вод з континентальних просторів. Крім гідрометеорологічних чинників на рівень Світового океану впливають тектонічний фактор, що визначає форму та обсяг ложа Світового океану, і екзогенні чинники, зокрема геоморфологічні процеси, до яких відносяться акумуляція наносів в гирлах річок, естуаріях, лиманах і затоках або ерозія берегів. Спостереження за останнє сторіччя зростання рівня океану до 25 см — це результат спільного впливу всіх трьох факторів.

Від зміни рівня Світового океану постраждає більше половини людства. Тому до існуючих проблем кліматичні зміни дадуть нові, які відіб'ються на приморських територіях. Ці проблеми весь час збільшуються під антропогенним навантаженням на прибережні системи, багато з яких в даний час знаходяться в стані особливого ризику. Особливо в тяжкому становищі перебувають мангрові системи, що представляють собою засолонених прибережні болота, коралові рифи і атоли, а також системи річкових дельт і естуаріїв.

Зростання рівня Світового океану з супутнім збільшенням частоти і сили штормових нагонів, викликаних посиленням тропічних циклонів, призведе до затоплення низько розташованих приморських територій, руйнування

берегів та берегових споруд, викличе зміна швидкості і обсягу акумуляції і змінить умови транспортування уламкового матеріалу і розчинених речовин. Все це може привести до непередбачуваних наслідків. Згідно з прогнозними оцінок, в першу чергу, постраждають острова і плоскі узбережжя, на яких розташовуються багато великих міст і міські агломерації. При цьому треба враховувати, що при настанні масштабних повеней вірогідні значні міграції населення з серйозними соціально-економічними та політичними наслідками.

Глобальні зміни клімату Землі є однією з критичних проблем сучасної цивілізації. Вони проявляються в збільшенні середньорічної глобально-середньої температури атмосфери, посиленні просторових і часових коливань кліматичних параметрів (температури, атмосферного тиску, швидкості вітру, вологості, опадів, сезонності). Значення кліматичних параметрів визначаються процесами в кліматичній системі, що складається з океанів, атмосфери, суші, біоти і людської цивілізації як окремої підсистеми. Всі теплові та динамічні процеси в кліматичній системі є проявом її енергії, головна частина якої міститься не в середніх значеннях, а в просторово-часових дисперсіях кліматичних параметрів. Основними є дві проблеми:

- джерела енергії для зміни клімату як просторово-часового розподілу кліматичних параметрів;
- механізми зміни цього розподілу.

Головним джерелом енергії в кліматичній системі Землі є випромінювання Сонця — ділянка спектра, що включає видиму і ближню інфрачервону області. Найприроднішим вирішенням проблеми представляється зміна світимості Сонця, але воно виявилось недостатнім для пояснення спостережуваних змін теплового балансу планети (особливо потепління в другій половині ХХ століття) як через малість коливань світимості Сонця (коливання сонячної постійної близько 0,1%), так і через відсутність в світності трендів, які спостерігаються в тепловому балансі Землі.[19]

В кліматичній системі Землі безперервно відбуваються взаємні перетворення теплової і механічної енергії, акумуляція енергії в органічній речовині, але в нульовому наближенні можна розглядати температуру як істотну характеристику енергетичного стану системи. На дисперсію розподілу температури крім коливань сонячної постійної можуть впливати:

- зміни ступеня нерівномірності (плямистості) розподілу тепла по поверхні Землі;
- зміни амплітуди просторово-часових коливань теплового балансу поверхні.

У кліматичній системі Землі обидва ці фактори взаємопов'язані і працюють практично одночасно. Більшість досліджень проблеми клімату було направлено на вивчення змін глобального теплового балансу в зв'язку зі змінами властивостей атмосфери під впливом різних факторів (парникові гази, сонячна активність, космічні промені) і в зв'язку з процесами взаємодії між океаном і атмосферою. Отримані в цих напрямках корисні результати недостатні як з точки зору енергетики і характеристик кліматичного процесу в минулому, так і з точки зору його можливого прогнозування.

Океан і тепловий баланс планети. Перш за все оцінимо, наскільки велика роль океану в тепловому балансі Землі і його зміну. В роботі наведені дані про зміну змісту тепла (в одиницях  $10^{22}$  J) в океані (14,2), в атмосфері (0,5) і на континентах (0,76) в 1961-2003 рр. при глобальну зміну 15,9. Це означає, що на океан припадає близько 90% від глобальної зміни вмісту тепла. При цьому воно в 28,4 рази більше, ніж в атмосфері, і в 18,4 рази більше, ніж на континентах. Аналогічні величини в 1993-2003 рр. склали 8,11 для океану, 0,20 для атмосфери і 0,18 для континентів. Отримуємо зміну вмісту тепла за цей період в океані більше атмосферного в 40,5 рази і більше континентального в 45 разів. Таким чином, середня щорічна швидкість накопичення тепла в 1993-2003 рр. була більше, ніж в 1961-2003 рр., в 3 рази для океану, в 2,1 для атмосфери і в 1,23 рази для континентів.[1]

З наведених співвідношень випливає діагноз: океан перегрітий по відношенню до атмосфери і континентах, і цей процес йшов з прискоренням в останніх десятиліттях. Наслідки такого процесу:

- збільшення випаровування з океанів і термічних контрастів океан-суша;
- збільшення інтенсивності циркуляції атмосфери і особливо збільшення енергії циклонів, що харчуються енергією океану.

Якщо врахувати, що кінетична енергія атмосфери як мінімум на порядок менше її теплової енергії (з урахуванням енергії, отриманої з океану в процесі випаровування), то ясно, що динаміка атмосфери буде найчутливішим до збільшення її тепло- і вологовмісту і контрастів тепловмісту суші і океану. Збільшення випаровування з океанів призводить до перенасичення атмосфери водяною парою. Перенасичена атмосфера при збільшених контрастах океан-суша не зможе далеко переносити надмірну воду і буде критикувати проливними дощами головним чином на околиці материків, залишаючи безводними величезні віддалені від океанів території. А це не тільки посухи на полях, а й зменшення водозбору і наповнення річок і озер.

Крім того, що океан займає більше 70% поверхні Землі, альbedo (відбивна здатність) водної поверхні в середньому в 3 рази менше альbedo суші. Різке зменшення зеленої маси і урбанізація призвели до збільшення альbedo поверхні суші і зменшення частки сонячної енергії, запасеної в органічній речовині. Оскільки на суші немає систем, які могли б накопичувати, перерозподіляти в часі і просторі і протягом довгого часу віддавати теплову енергію атмосфері (річний прогрів суші в середньому на 1 м ліквідується вже на початку холодного сезону), то значного накопичення теплової енергії на суші не відбувається.

В океані, як і на суші, значна частина сонячної енергії запасється у вигляді органічної речовини. Але на відміну від суші, завдяки прозорості води і розсіювання на зважених частках, світло проникає до глибин 100-150 м в чистих водах і до 15-20 м у водах середніх широт з великою

концентрацією планктону. Основна частина сонячної енергії йде на нагрів шару води, товщина і вміст теплоти якого залежать:

- від інтенсивності вертикального перемішування;
- від прозорості води, яка залежить від концентрації планктону та інших суспензій. У цій останній залежності міститься ключ до проблеми впливу екосистем океану на коливання клімату.

Існує принципова відмінність між факторами вертикального перемішування і концентрації фітопланктону. Перемішування визначається внутрішніми, сформованими до цього моменту процесами в кліматичній системі, а на характеристики планктону діють не тільки внутрішньо-системні чинники, а й незалежні від них мінливі в часі характеристики сонячної еманации. Це означає, що проникає в океан сонячна енергія сама змінює якісно і кількісно умови свого проникнення і збереження як в органічній речовині, так і в структурі поля щільності океанських вод.[19]

При високій концентрації первинних продуцентів збільшується частка енергії на фотосинтез, прогрівається тільки тонкий поверхневий шар і збільшується частка йде з води довгохвильової радіації. Теплообмін з атмосферою досить швидко зменшує різницю температур вода-повітря і потоки тепла і пара в атмосферу. У той же час при низькій концентрації органічної речовини короткохвильова сонячна радіація (менше 550 нм) проникає набагато глибше. За оцінками, даними в роботі, це може призводити до підвищення температури на  $0,5^{\circ}\text{C}$  на рік на глибині 100 м і на  $0,07^{\circ}\text{C}$  на рік на глибині 200 м. В масштабі десятиліть це дуже великий радіаційний нагрів, який в нерухомому океані приводив би до дуже великим горизонтальним градієнтам теплозапасів верхнього шару океану.

Насправді завдяки багатомасштабного вертикальному і горизонтальному перемішування, наявності зон конвергенції і дивергенції і глибоководної циркуляції сонячна енергія запасується на всіх глибинах всередині океану («скам'яніла» енергія), переноситься течіями на різних глибинах, впливаючи на просторово-часову структуру поля щільності, а тим самим і на структуру

самих течій. І головне: ця енергія в інших місцях і зі зрушеннями в часі повертається в тепло- і водообмін з атмосферою, змінюючи просторово-часову структуру і величину теплового балансу Землі навіть при кількісно незмінною світності Сонця.[20]

Природно, викладені причинно-наслідкові зв'язки описують тільки частину процесів, що відбуваються, так як вплив геострофічних течій, вертикальної циркуляції в зонах конвергенції-дивергенції і виникають внаслідок енергообміну вода-повітря флуктуацій в циркуляції атмосфери і відповідних дрейфовий течіях призводить до складного і мінливого в часі розподілу температури. Але ці зв'язки є первинними і необхідними для розуміння глобальної закономірності: чим менше органічної речовини в океані, тим більше накопичення теплової енергії та формування енергетичних контрастів в кліматичній системі і, як наслідок, «надмірної» дисперсії всіх кліматичних параметрів. Дисперсія кліматичних і екосистемних параметрів необхідна для нормального функціонування і взаємодії цих систем, але існує певний інтервал комфортності, оптимальності для біоти Землі, поза яким дисперсію можна охарактеризувати як «надмірну». Таким чином, будь-які чинники, що змінюють характеристики океанічної біоти, повинні бути вивчені не тільки заради неї самої, а й для розуміння і коректного моделювання кліматичних процесів.

Які основні види і механізми сонячних ефектів на екосистеми Землі, які можуть бути значущими для глобального клімату? Їх умовно можна поділити на прямі і непрямі. Хоча головний первинний продуцент фітопланктон, що впливає на акумуляцію тепла в океані, чутливий до зміни температури, глобальна середня зміна температури океану за рахунок коливань світимості Сонця занадто мала, щоб впливати на біомасу фітопланктону. Найбільш явний прямий ефект на фітопланктон надає ультрафіолетова радіація в діапазоні 280-400 нм. Ушкоджує ефект ультрафіолету на живі організми відомий давно і є об'єктом багатьох досліджень в медицині. У складних гетеротрофних організмів існують різні системи захисту від надлишкового



ультрафіолету, але фітопланктон за своєю природою не може існувати без сонячного світла і тому є найбільш схильним до дії ультрафіолету.[21]

Рятувальними засобами фітопланктону є активні вертикальні переміщення (гравітаксис і фототаксис), а також екранують пігменти і системи фотовідновлення. У різних видів ФП наявність і ефективність цих захисних засобів сильно розрізняються залежно від фізичних, хімічних і гідробіологічних параметрів середовища. Звідси можливість не тільки глобального пригнічення фотосинтезу всіх видів фітопланктону, але також якісної і кількісної перебудови структури спільнот та їх просторово-часового розподілу.

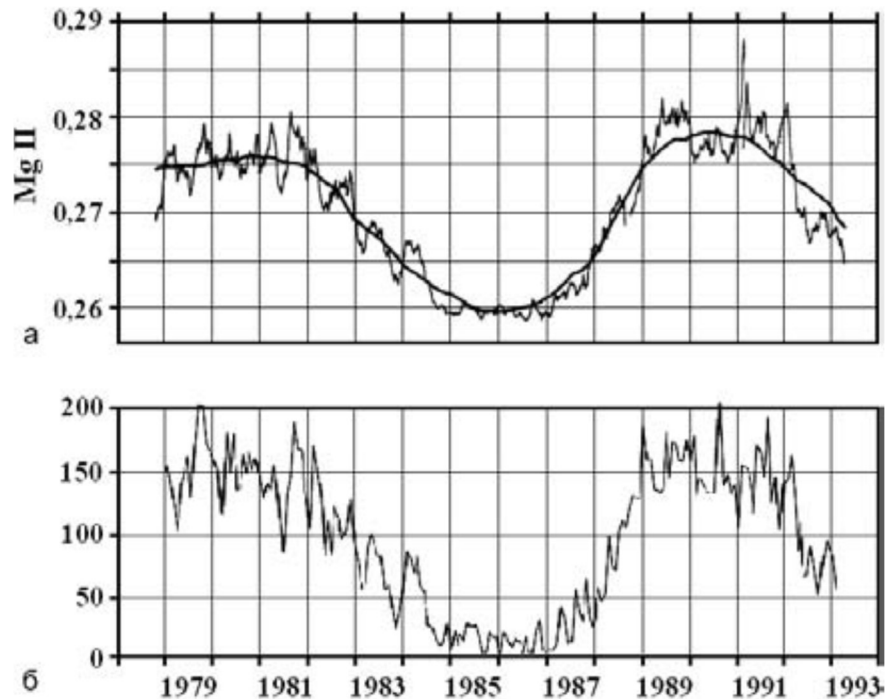


Рисунок 1.6 — Індекс мінливості УФ-радіації (а) і числа Вольфа (б)

Флуктуації ультрафіолету — радіації, що змінюють структуру співтовариства і створюють переваги для окремих видів, можуть привести до інтенсивного цвітіння стійких до ультрафіолету видів на великих акваторіях, і сонячна енергія, концентруючись в тонкому шарі, буде екстремально нагрівати воду і прилеглу атмосферу. У такій ситуації можуть виникати

аномальні просторові розподіли температури води і тиску атмосфери, характерні для явища Ель-Ніньо, яке може бути не тільки причиною, але і результатом специфічного цвітіння, викликаного флуктуаціями сонячної активності.

Зміни сонячної активності традиційно пов'язують з сонячними плямами. Оскільки обговорювалися вище ефекти були обумовлені ультрафіолетовою радіацією, важливо переконатися, що ці явища тісно пов'язані. На рисунку 1.6 (а) показані коливання індексу мінливості УФ-радіації в смузі 220-310 нм протягом 14 років, отримані середні добові коливання на інтервалі 27 діб.

Колівання числа Вольфа кількості сонячних плям. Легко бачити, що ці ряди пов'язані практично лінійною залежністю, так що коливання ультрафіолету з періодами значно менше року можна оцінювати за інформацією про сонячні плями, одержуваної в багатьох геофізичних і астрофізичних центрах.[1]

Як згадувалося вище, коливання світності Сонця в межах 0,1%, що включають в себе і внесок сонячних плям, недостатні для пояснення спостережуваних на Землі теплових процесів. Коливання ультрафіолетуна порядок більше коливань сонячної постійної при місячному осередненні і ще в 2-3 рази більше при добовому. Фітопланктон дуже чутливий до цього відносного нерівності. Енергія ультрафіолету в даній ділянці спектра набагато менше інтегральної енергії видимого світла і не має прямого теплового впливу, але в механізмі фотосинтезу високоенергійні фотони ультрафіолетунадзвичайно важливі. Саме вплив ультрафіолетової радіації призводить до значних ефектів в метаболізмі фітопланктону і в кінцевому підсумку до зміни макропоточки енергії. Такі дії з енергією нижче теплового порога прийнято розглядати як інформаційні. Оскільки ефекти ультрафіолету на фітопланктон можуть проявлятися досить швидко, має сенс детальніше розглянути структуру сонячних циклів з використанням чисел Вольфа, що відображають число і угруповання сонячних плям, не обмежуючись

загальноприйнятим пошуком 11-річних періодичностей в земних процесах.[20]

З використанням методу просіювання, запропонованого Н. Хуангом для спектрального аналізу нестационарних і нелінійних процесів, виконано розкладання на внутрішні ортогональні функції (базис) ряду денних значень чисел Вольфа в 1950-2004 рр.

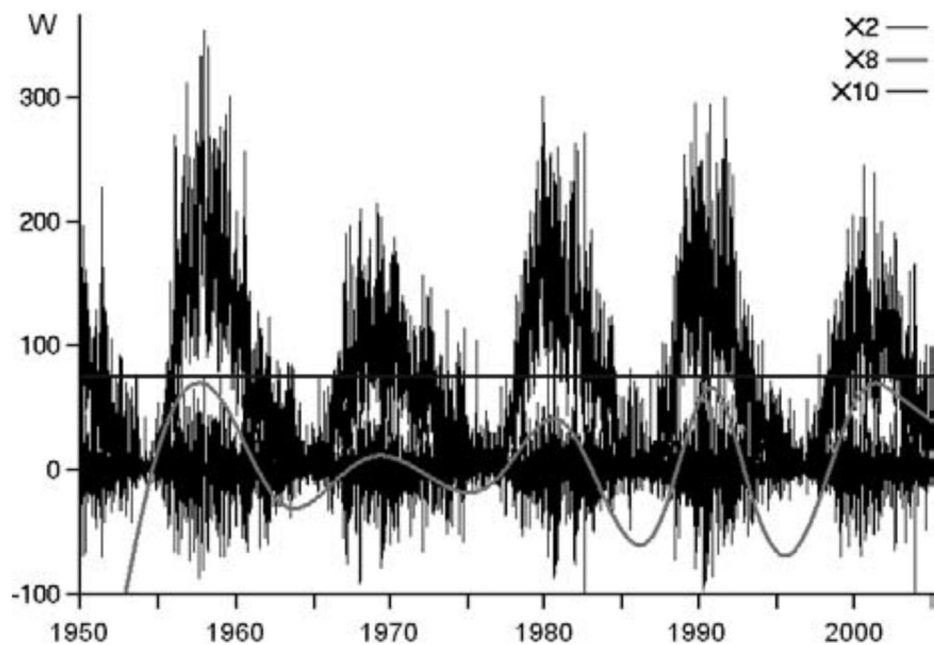


Рисунок 1.7 — Ряд чисел Вольфа  $W$  в 1950-2000 рр. і компоненти 2, 8, 10 розкладання цього ряду на внутрішні базисні функції

На рисунку 1.7 представлені коливання чисел Вольфа  $W$  протягом цього періоду п'яти 11-річних циклів сонячної активності і три компоненти базису. 10-я компонента базису (пряма лінія при  $W = 75$ ) відповідає середньому значенню  $W$  за цей період. Найчіткіше в цьому розкладанні представлена 8-я компонента з 11-річним періодом (товста світла лінія), але амплітуди компонент 2 і 3, які включають періоди від 10 до 45 діб, часто були більше амплітуди основної 8-й компоненти. На рисунку показана тільки одна високочастотна 2-я компонента, що має максимальні амплітуди на періодах

15-25 діб. У цьому інтервалі знаходяться період і період напіввиведення обертання Сонця на екваторі, а на Землі періоди репродукції фітопланктону, так що досить короткі аномальні впливу сонячної радіації можуть мати довготривалі наслідки для всієї екосистеми.

Хоча в інтегральному спектрі енергія короткоперіодичних коливань набагато менше, ніж 11-річний максимум, але вони можуть бути більш стабільні від циклу до циклу, чіткіше проявлятися в частотно-тимчасових спектрах і надавати більш виражений ефект на питання, що цікавлять нас процеси. На рисунку 1.8 представлений частотно-часовий спектр (частоти перераховані в періоди) коливань чисел Вольфа з 1906 по 2006 р. Аналіз цього спектру, розрахованого з використанням методу, запропонованого Н. Хуан-гом, призводить до цікавих результатів: у тимчасовому ході максимума енергії виростають у вигляді колон із зони навколо 11-річного періоду (близько 4000 добу). відносні тимчасові.

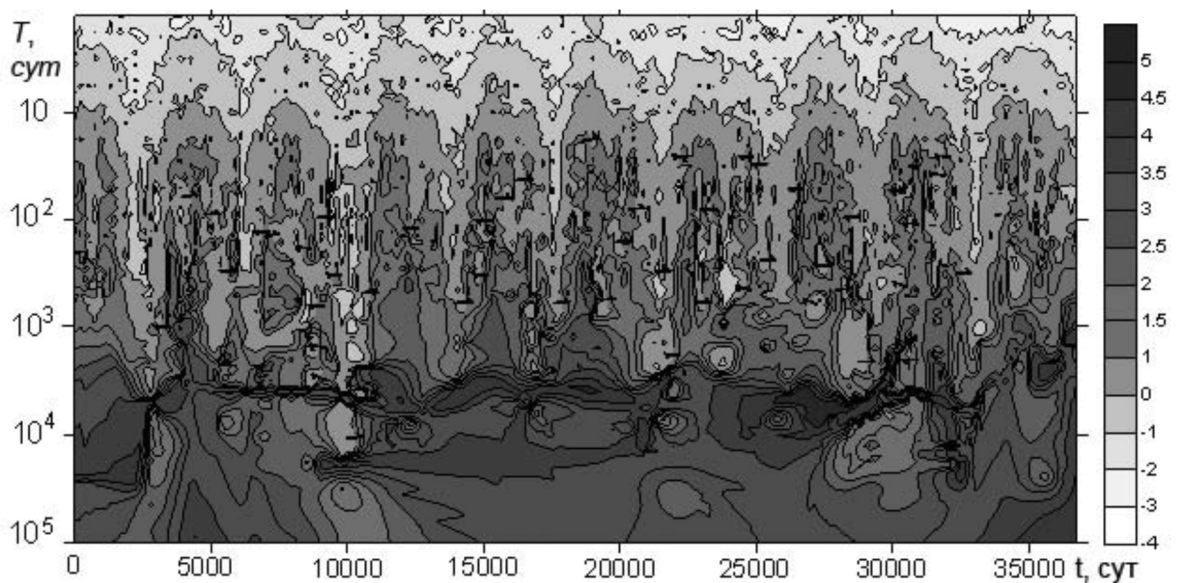


Рисунок 1.8 —Спектральний розріз в площині «час-період» коливань чисел Вольфа в 1906-2006 рр. T - період коливань, 1 - час.

Періоди і енергія представлені в логарифмічному масштабі зміни енергії в цій зоні малі, в той час як в більш короткоперіодичних компонентах ми бачимо досить різке чергування в часі високих і низьких рівнів енергії.

Спектральна структура флуктуацій в періоди максимумів  $W$  (розподіл енергії всередині колон) значно змінюється від циклу до циклу, практично не повторюючись, хоча зони підвищених енергій в інтервалах 600-900 і 60-40 добу є в більшості циклів.[21]

Найдивовижніше властивість — суворе регулярність зміни енергії в інтервалі 5-40 діб: в кожному циклі енергія рухається від початкових періодів до менших і знову повертається до початкових періодах на тому ж рівні енергії незалежно від значних змін спектральної структури в інтервалі великих періодів. Цей процес дуже схожий на поведінку класичної колмогоровської турбулентності при змінному припливу енергії з низьких частот, і можна припустити, що коротка періодичність 5-40 діб відповідає інтервалу вузький для швидкості і дифузійний для магнітного поля дисипації енергії в сонячних плямах.

Таким чином, можна вважати, що пов'язані з сонячними плямами коливання ультрафіолетурадіації можуть справляти значний ефект на планктон в океанах в короткі, але найбільш важливі для планктону інтервали часу близько 2-5 тижнів. Вплив коливань ультрафіолетурадіації на глобальний клімат може здійснюватися кількома шляхами. Головний ефект — фотоінгібування, при якому відбувається значне зменшення здатності фотосинтезу, зменшуються витрати на фотосинтез і відповідно збільшується частка енергії для нагріву води. Зменшення концентрації фітопланктону збільшує прозорість і накопичення тепла в більш глибоких шарах. До того ж ультрафіолетрозбиває молекули розчиненого вуглецю та іншої органіки, полегшуючи поглинання її бактеріями і тим самим збільшуючи прозорість і очищаючи шлях для більш глибокого проникнення радіації.

Менш явним, але не менш важливим є вплив на фітопланктонфлуктуацій магнітних полів. Сама природа сонячних плям

обумовлена магнітогідродинаміка сонячних процесів, але на додаток до магнітних коливань сонячного походження мають місце коливання геомагнітних полів, що виникають як у результаті процесів усередині Землі, так і під впливом процесів на Сонці. Особливо великі аномалії магнітних полів породжуються сонячними спалахами і коронарними викидами. Екстремальна чутливість живої матерії до коливань електромагнітних і магнітних полів обумовлена високим рівнем поляризації біомолекул і біомембран. Багато морських організмів мають здатність до специфічного сприйняття електромагнітних і магнітних полів. При відсутності спеціальних органів така сприйнятливність може бути пояснена зміною структури біологічної ліпотропної рідини всередині організму або структури морської води, яка в океані в тій чи іншій мірі ліпотропні, особливо в високопродуктивних зонах.[1]

В даний час немає достатньої інформації про ефекти магнітно модифікованої води на метаболізм різних організмів і видів в океані, але наявні експериментальні результати (зміна поверхневого натягу, в'язкості, розміру водних кластерів, співвідношення вільних молекул) вказують на необхідність досліджень в цьому напрямку. Оскільки коливання магнітних полів можуть істотно впливати на всі рівні в океанічних трофічних ланцюгах, то вплив на концентрацію фітопланктону може йти не тільки знизу (від сонячної енергії і поживних речовин), але і зверху — від нектону і зоопланктону. Важливо зрозуміти і враховувати, що жива матерія володіє екстрасенсорними здібностями сприймати інформаційні впливи фізичних полів і використовувати їх для зміни потоків енергії на макрорівні.[21]

## 2 НАСЛІДКИ ГЛОБАЛЬНОЇ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Клімат, що змінюється, впливає на природні і соціально-економічні процеси. В останні роки Міжурядовий комітет з питань зміни клімату проаналізував шість альтернативних сценаріїв зміни життя населення, економіки та енергетики в результаті глобального підвищення температур протягом ХХІ ст.

Головну увагу під час цих досліджень приділялася чутливості, пристосовності та уразливості природних і соціально-економічних систем. Чутливість — це здатність системи реагувати на зміни кліматичних умов. Переконливим прикладом служить показник зміни будови і функціонування екосистеми будь-якого рангу і вироблена нею первинна продукція в залежності від зміни або коливання температури приземної частини повітря, вологості та кількості випадних атмосферних опадів. Пристосовність залежить від закладених в систему можливостей змінювати від наступаючих кліматичних змін режим роботи, швидкості протікання в ній процесів. Уразливість визначає ступінь шкоди, що завдається системі.

В результаті зміни глобальних кліматичних показників — середньорічних температур і вологості відбудуться відповідні зміни ландшафтів суші, підвищаться або знизяться швидкості денудації і вивітрювання, видозміняться ландшафти Світового океану, розширяться або звужаться шельфи, відбудуться істотні зміни в галузі сільського господарства.[22]

Зміни клімату призведуть до інтенсифікації глобального гідрологічного циклу і викличуть помітні регіональні зміни. Відносно невеликі зміни клімату можуть викликати зміни сумарного випаровування і вологості ґрунту, що призведе до відносно невеликих змін стоку, особливо в аридних районах. В окремих випадках при збільшенні середньорічної температури на 1-2°C і скорочення загальної кількості атмосферних опадів на 10% середньорічний стік скоротиться приблизно на 40-70%. Це зажадає значних

капіталовкладень для пристосування водного господарства до умов, що змінилися. Особливо великі проблеми виникнуть у тих регіонах, де водоспоживання значно, і в регіонах з сильним забрудненням вод.

Зміни клімату роблять риб більш агресивними. Риби, яким кораловий риф служить надійним притулком, можуть сильно змінитися через потепліли води через кліматичних коливань. Але не в фізичному плані. Вчені припускають, що характер мешканців коралових пристроїв може стати зовсім іншим. Нове дослідження говорить про те, що деякі види стануть агресивнішими.

Щоб довести свою точку зору, дослідники провели цікавий експеримент. Дві молоді ластівки почали своє полювання на рибок в водах Великому бар'єрному рифі в Австралії. Спостерігають за ними вчені помітили, що риби, на яких полювали птахи, були досить повільні, боязкі. Однак в періоди, коли морська вода була незвично теплою на увазі аномально спекотної погоди, риби ставали більш сміливими, винахідливими. Ці відмінності в поведінці і стали основою для нового дослідження наслідків кліматичних змін на нашій планеті. Адже вони стали більш помітними саме в міру підвищення температури води.[23]

Вченим вдалося довести, що потеплілий океан дійсно впливає на особистість і поведінку своїх мешканців. Деякі види риб стали в 30 разів більш активними і агресивними. Однак не на всіх істот, що населяють коралові рифи, температурні коливання діють однаково. В одному випадку фактор температури надав лише незначний вплив на рибу. Але в основному глобальне потепління поступово робить коралові території в океані іншими, незвичними.

Досить дивно звучать міркування про зміну особистості риб. Здавалося б, вони не володіють такими якостями. Проте, це так. Пітер Біро вважає, що індивідуальність властива всім створінням на Землі і зміни в характері під впливом глобальних змін клімату в черговий раз виявляє цей факт:



"Ідея того, що риби мають індивідуальність, буде дивною на перший погляд, але тепер ми знаємо, що особистість притаманна всім популяціям тварин, і що це явище може мати далекосяжні наслідки для розуміння того, як тварини реагують на екологічні та природоохоронні проблеми".

"Наші результати також показують, що зміни температури набагато більш значні, ніж ми думали. І вони впливають на поведінку окремих видів тварин. Це необхідно враховувати для наукових досліджень поведінки інших холоднокровних тварин, а також амфібій і рептилій", — пояснює він.

"Наприклад, індивідуальні відмінності в активності і сміливості може негативно позначитися на продовольчому придбанні. Тобто зіткнення з хижаками можуть все частіше закінчуватися перемогою «жертви»- її втечею. Рівновага і гармонія в цьому світі, кораловому рифі, можуть бути порушені, а з ними може змінитися і вся екосистема. Більш сміливі і активні противники, яких такими зробили кліматичні коливання, можуть стати руйнівниками звичного способу життя в просторі коралових рифів", - побоюється вчений.

Доктор Біро проводить паралель з людьми, на особистість і поведінка яких також впливають зміни температури:

"Ми спостерігали, що більшість людей в ході наших експериментів дуже чуйно реагували на зміни температури. Значно підвищувався рівень їх активності, сміливості і агресивності в залежності від збільшення лише на кілька градусів температури. Риба буде відчувати такі коливання температури все частіше".[2]

Вчені використовували для своїх дослідів риб, які були спіймані будучи ще мальками у відкритій воді. Вони не встигли дізнатися соціальні закони коралового рифу, його суєти і постійних події. Сміливості і агресії вони не могли навчитися, не проживши хоч трохи в світі коралових «лісів». Дослідники охрестили їх "наївними". Вони помістили цих риб в спеціальні цистерни, лабораторні. Вчені маніпулювали цими істотами за допомогою температурних коливань — то знижували її, то підвищували. У прохолодній

воді істоти були спокійні і малоактивні. Але в теплій воді деякі з особин ставали агресивнішими і активніше в 30 разів.

У дослідженні відзначено, що цистерна була оснащена спеціальною пластиковою трубою, в якій рибку можна було сховатися. Коли вода була прохолодною, вони проводили в притулок дуже багато часу, не наважуючись вийти з нього, чекаючи небезпек. Але коли температура підвищувалася, риби випливали з «дому» і з цікавістю «оглядали» територію і активно шукали їжу. Були помічені і конфлікти між особинами.

Доктор Біро уточнює, що по ще неясної причини, деякі риби практично не відчували вплив тепла і холоду — їх особистості зазнали незначних змін.

Австралійські вчені, проте, вважають, що це дослідження є дуже важливим для визначення нових відносин між істотами, мешканцями коралових рифів, в умовах глобального потепління. Баланс може бути порушений під впливом температури і її наслідки — зміни в особистості деяких риб. Невідомо, як вплине потеплілий вода на характер і поведінку інших створінь, що живуть в океані.[22]

## **2.1 Вплив глобального потепління на середовище мешкання морських гідробіонтів**

Глобальне потепління надає неоднаковий вплив на різні регіони Світового океану, різні шари океану, а також на різні параметри морських вод. Тому перше завдання, яке повинно бути вирішено при оцінці впливу глобального потепління на морські біоресурси — зрозуміти, як глобальні кліматичні процеси проявляються в конкретних районах, на конкретній глибині і саме для тих параметрів середовища, які важливі для морських організмів. Поки таке розуміння існує лише для окремих регіонів, наприклад, для Берингового і Японського морів.

У Беринговому морі, крім зростання температури води, глобальне потепління веде до зменшення льодовитості і, отже, меншому опрісненню вод навесні при таненні льоду. В результаті весняне "цвітіння" зміщується на більш пізні терміни, що несприятливо для розвитку великого зоопланктону. У Японському морі глобальне потепління впливає в основному на зимові процеси, але результати такого впливу проявляються в глибинних шарах протягом всього року. Підвищення температури води тут, навпаки, сприяє зростанню біомаси великого зоопланктону, однак веде до зменшення вмісту кисню, особливо в придонному шарі моря (рис. 2.1). В інших регіонах важливими наслідками глобального потепління можуть бути також посилення теплих течій, посилення стратифікації і зменшення товщини верхнього перемішаного шару моря, зменшення лужності морської води (ацидифікація).

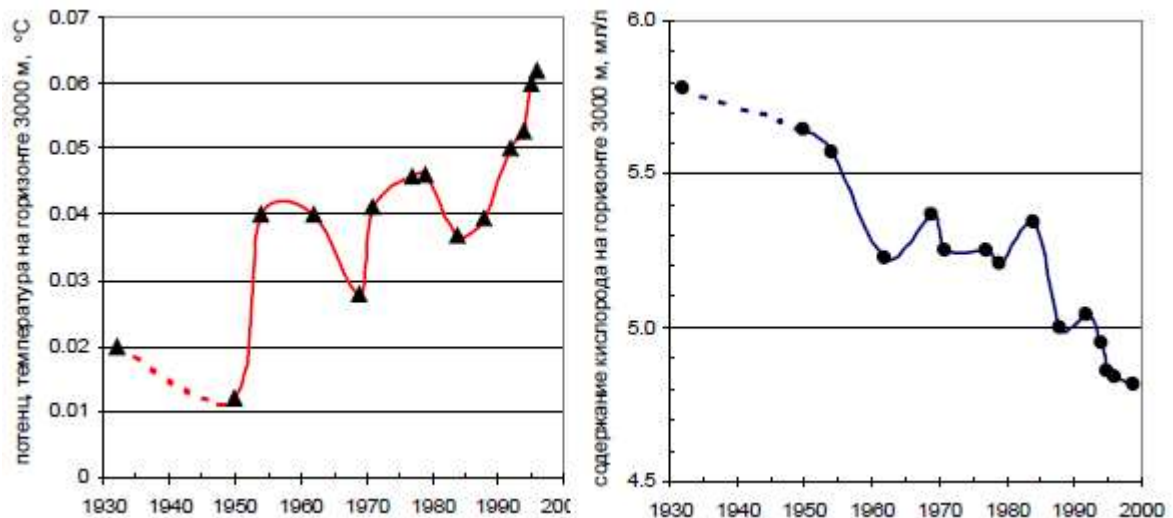


Рисунок 2.1 — Зростанню біомаси великого зоопланктону при підвищенні температури

Швидкість багатьох фізіологічних процесів в морських організмах визначається температурою, першим наслідком змін умов середовища стає зміщення термінів сезонних явищ, наприклад термінів нересту риб.

Відбуваються також зміщення результати потепління в Японському морі нерест наваги зміщується на більш ранні терміни, через зменшення площі "холодного плями" на східно беринговому шельфі нагульні міграції минтая, палтуса і крабів подовжуються, а через зростання температури на схід від Японії нерестовища сайри розширюються. (рис. 2.2).

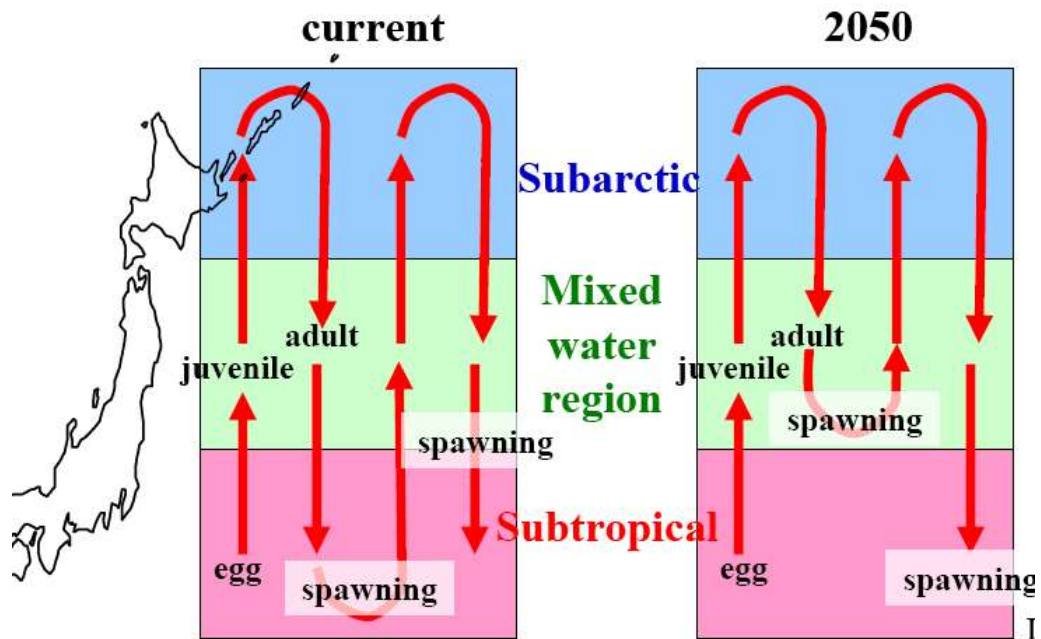


Рисунок 2.2 — Зміни міграцій риб в результаті потепління

Ці зрушення істотно впливають на успіх відтворення, в результаті чого змінюється чисельність популяцій і їх промисловий запас. Причому в нових умовах зв'язку між умовами середовища і станом популяцій, виявлення для "нормального" режиму, можуть порушитися, як це вже сталося з берингово-морским минтаєм.

У Беринговому морі потепління, через яке весняне "цвітіння" зсувається на більш пізні терміни, несприятливо для більшості донних риб і безхребетних, а відтворення минтая в таких умовах більш успішно. (рис. 2.3)

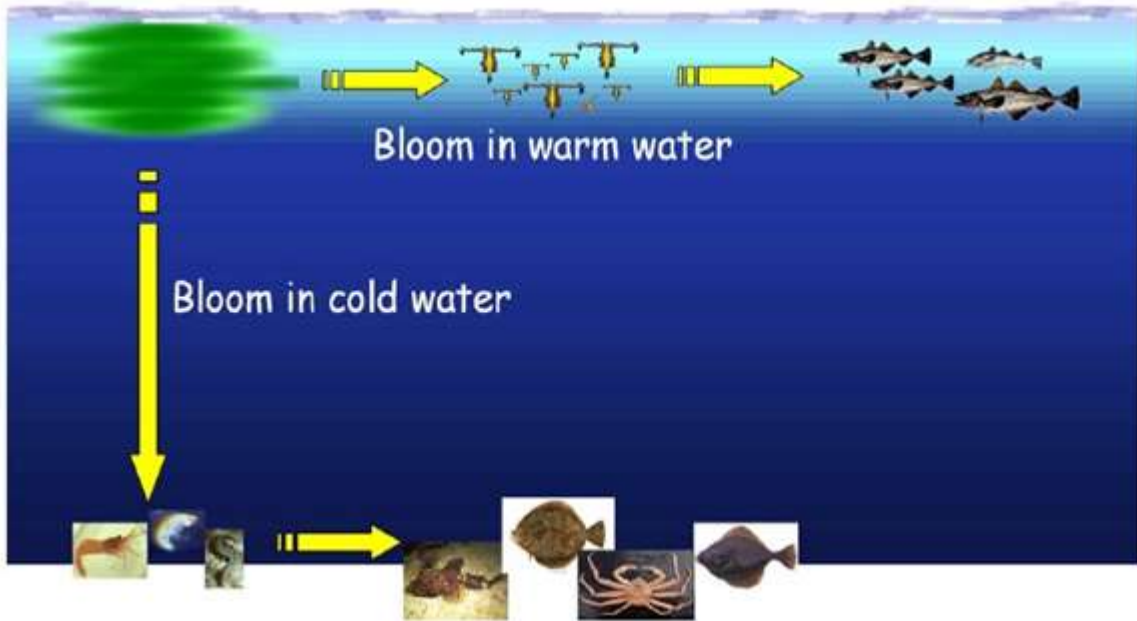


Рисунок 2.3 — Цвітіння води в результаті різкої зміни температури

Однак при цьому через збіднення кормової бази в популяції минтая посилюється канібалізм, тому, незважаючи на високу чисельність молоді, численні покоління минтая в таких умовах сформуватися не можуть.[3]

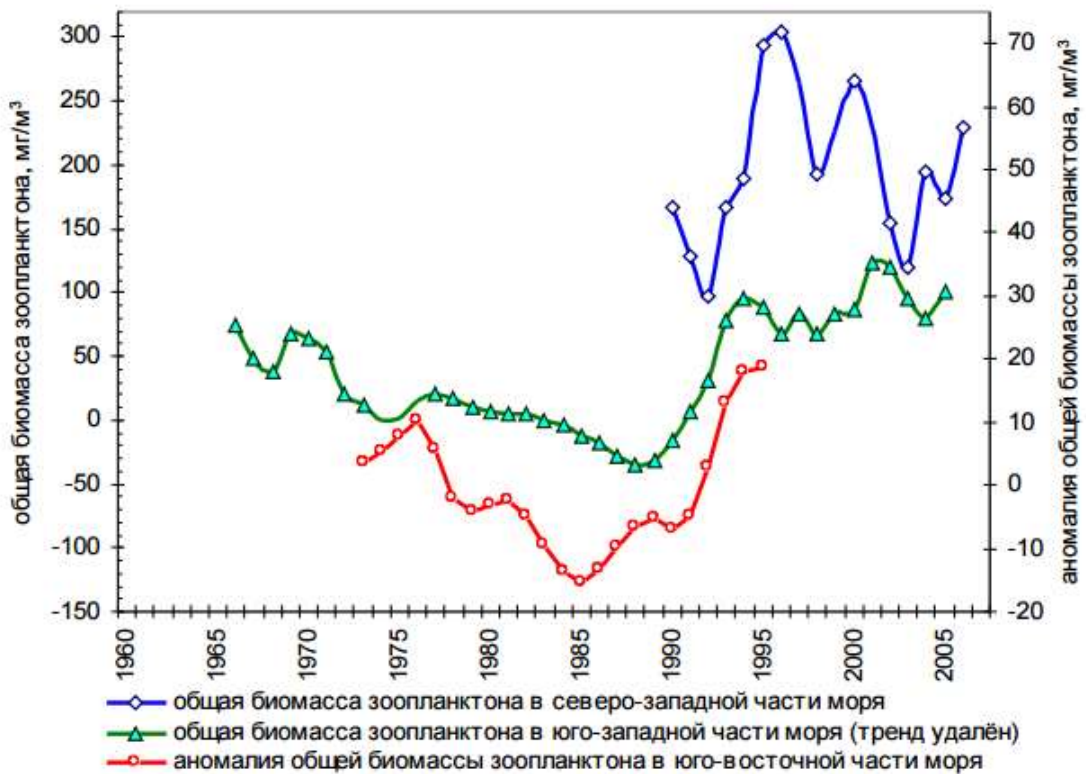


Рисунок 2.4 — Зростання достатку зоопланктону

Іншим важливим аспектом впливу глобального потепління на популяції риб і безхребетних є біопродуктивність. Посилення стратифікації, ослаблення конвекції, зменшення товщини верхнього перемішаного шару, ослаблення вітрів і зменшення льодовитості сприяють зниженню обсягів первинної продукції океану. Однак не слід очікувати прямого ефекту такого зниження на врожайність промислових популяцій, яка визначається не стільки первинної продуктивністю, скільки умовами відтворення промислових і кормових видів.

Яскравим прикладом цього є небачене зростання запасів тихоокеанського кальмара *Todarodespacificus* в Японському морі в останні десятиліття, причиною якого стали зростання достатку зоопланктону (рис. 3.4) і сприятливі умови для відтворення цього виду, що склалися в теплі зими з тонким перемішаним шаром. (рис. 2.5).

Явище ацидифікації (закислення) океану виявлено недавно і поки мало вивчено. Для морської води властива слаболужна реакція з поступовим зменшенням рН з глибиною. Глобальне потепління супроводжується зростанням вмісту в атмосфері вуглекислого газу. В результаті реакції  $\text{CO}_2$  з морською водою в воді зростає концентрація іонів  $\text{H}^+$  (тобто водневий показник рН зменшується). Це небезпечно, насамперед, для морських організмів із зовнішнім скелетом на основі карбонату кальцію (двостулкові і черевоногі молюски, птероподи, корали), які в умовах кислого середовища (низької рН) не можуть сформувати свої скелети, що призводить до порушень в їх розвитку, наслідки яких поки не ясні. Вважається, що при рН нижче 7,5 формування кальцитових і арагонітних скелетів буде неможливим.

У поверхневому шарі океану за половину століття період спостережень рН знизилася приблизно на 0,11 і зараз становить в середньому 8,10, що, здавалося б, далеко від небезпечної межі, проте на глибинах сотень метрів рН становить 7,6-7,7, а в останні десятиліття швидкість зниження рН зросла до 0,02/10 років. При таких темпах зона з рН нижче небезпечного рівня (на рис.

2.6 внизу виділено червоним) до 2100 р займе велику частину товщі вод океану.

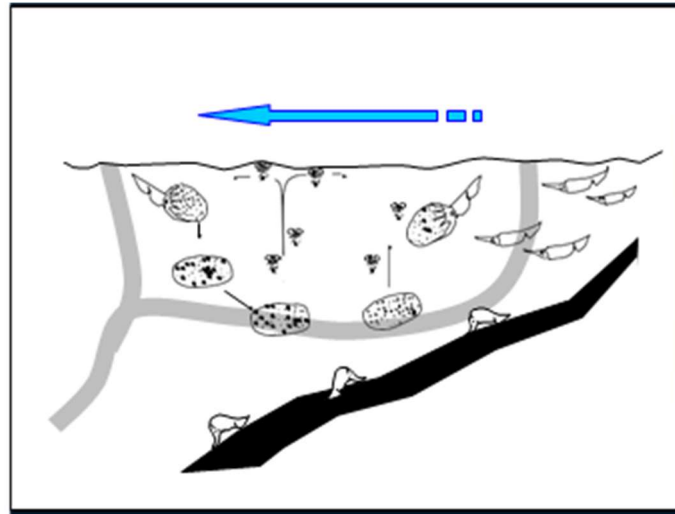


Рисунок 2.5 — Сприятливі умови для відтворення зоопланктону, що склалися в теплі зими з тонким перемішаним шаром

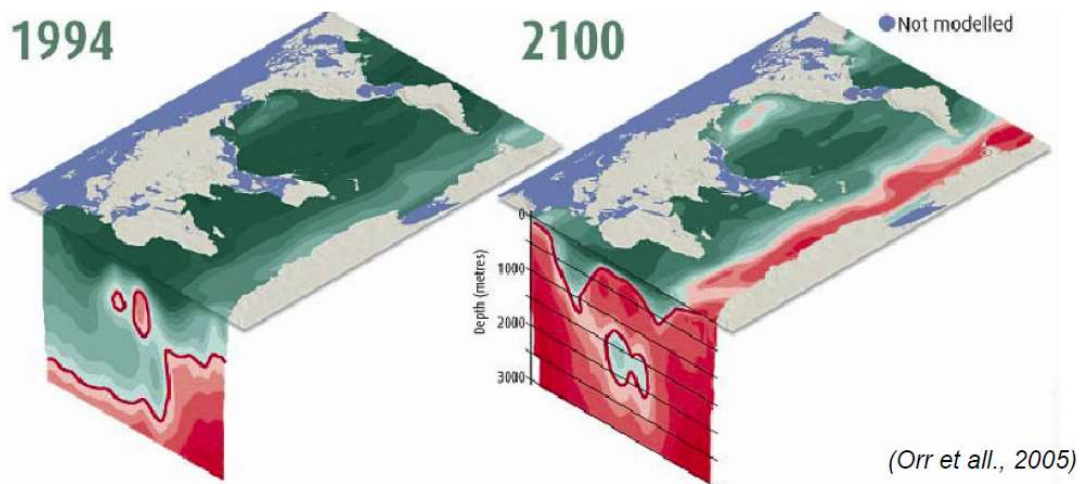


Рисунок 2.6 — Зміна зони рН<sub>v</sub> результаті глобальної зміни клімату

Новітні дослідження показують, що важливим фактором впливу глобального потепління на морські організми може стати зниження вмісту



розчиненого у воді кисню. Раніше цього фактору не приділялося особливої уваги, так як масові види риб і безхребетних, як правило, живуть у водах, добре забезпечених киснем. Небезпечний дефіцит кисню, що призводить до масової загибелі гідробіонтів, можливий тільки на окремих ділянках з особливими гідрохімічними умовами, які дуже обмежені, наприклад, у дна в естуарних зонах.[24]

На рисунку 2.7 представлений сезонний хід вмісту кисню (мл/л) в естуарії однієї з річок, що впадають в Японське море (небезпечний дефіцит кисню позначений синім), або в глибоководних западинах. В умовах потепління клімату такі ділянки розширюються, але залишаються нетиповими навіть для придонного шару.

Однак, як виявилось, невелике, яке не є небезпечним для життя морських організмів зниження вмісту кисню в морській воді впливає на їх біоенергетику, що призводить до зменшення їх зростання і плодючості, а отже — до скорочення їх промислових запасів.

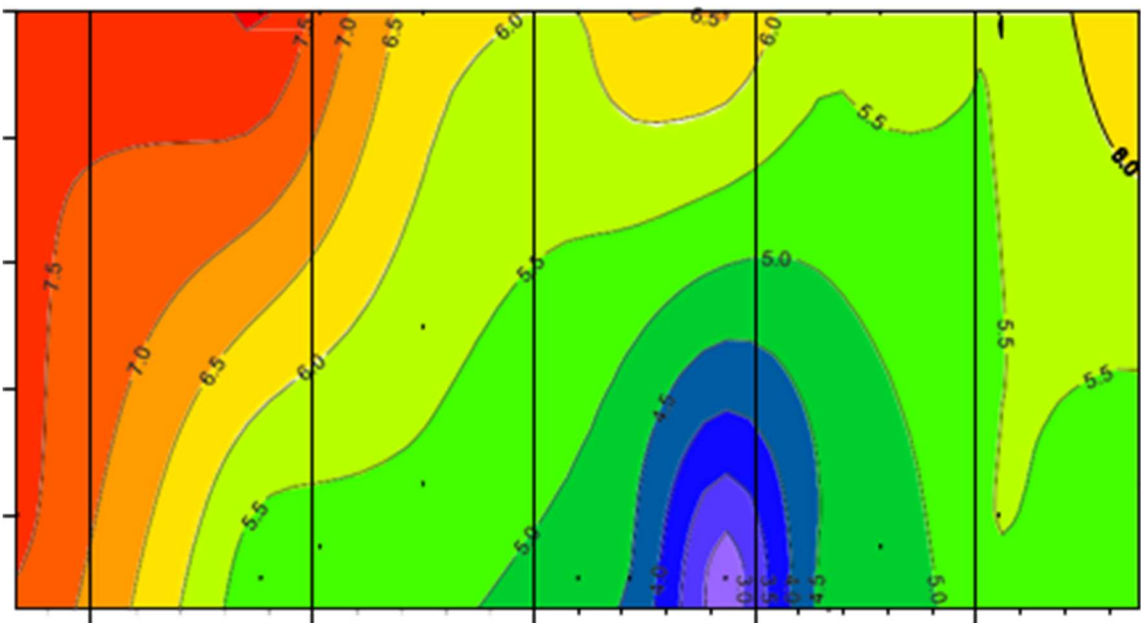


Рисунок 2.7 — Сезонний хід вмісту кисню (мл/л) в естуарії однієї з річок, що впадають в Японське море



Перераховані фактори, пов'язані зі змінами клімату, впливають на різні види морських організмів по-різному: вони несприятливі для одних видів, але сприятливі для інших. Наприклад, в Японському морі в ході глобального потепління деградують популяції таких холодолюбивих риб, як минтай і навага, але росте чисельність субтропічних видів — тихоокеанського кальмара, скумбрії, лакедри, тунців.

В результаті відбувається перебудова видового складу екосистем, а з нею і зміни характеру їх функціонування. Зокрема, відбуваються в ході глобального потепління зміни екосистеми Японського моря можна інтерпретувати як її перетворення в напрямку від високопродуктивної системи з низькою ефективністю функціонування, що типово для екосистем помірних широт, до менш продуктивної системи з більш високою ефективністю функціонування, типовою для субтропічних зон Світового океану.

Мінливість кліматичного масштабу, як правило, менше більше коротко-періодичної мінливості, наприклад міжрічну, тому пов'язані з нею тенденції зміни промислових ресурсів годі було розуміти так, що очікуване зменшення або навіть зникнення запасів відбудеться раптом. Швидше за все, для підприємств, які планують свою діяльність на рік або навіть п'ятирічку, такі зміни залишаться непомітними. Але в процесі змін в структурі екосистем і їх функціонуванні відбувається порушення раніше відкритих закономірностей впливу середовища на промислові об'єкти, що стосуються тієї ж міжрічну або навіть сезонної мінливості, що руйнує систему раціонального управління промислами. [1]

Наприклад, японськими вченими для періоду до початку швидкого потепління встановлено, що періоди зниження температури води навколо Японії сприятливі для сардини-івасі, а потепління сприяє зростанню запасів анчоуса і тихоокеанського кальмара. (рис. 3.8)

А в Беринговому морі в теплі зими формувалися врожайні покоління минтая. Але вже в сучасний період ці закономірності перестають

виправдовуватися, і необхідно встановити нові закономірності, що діють в умовах, що змінилися і враховують всі аспекти впливу змін клімату на гідробіонтів, в тому числі раніше невідомі.

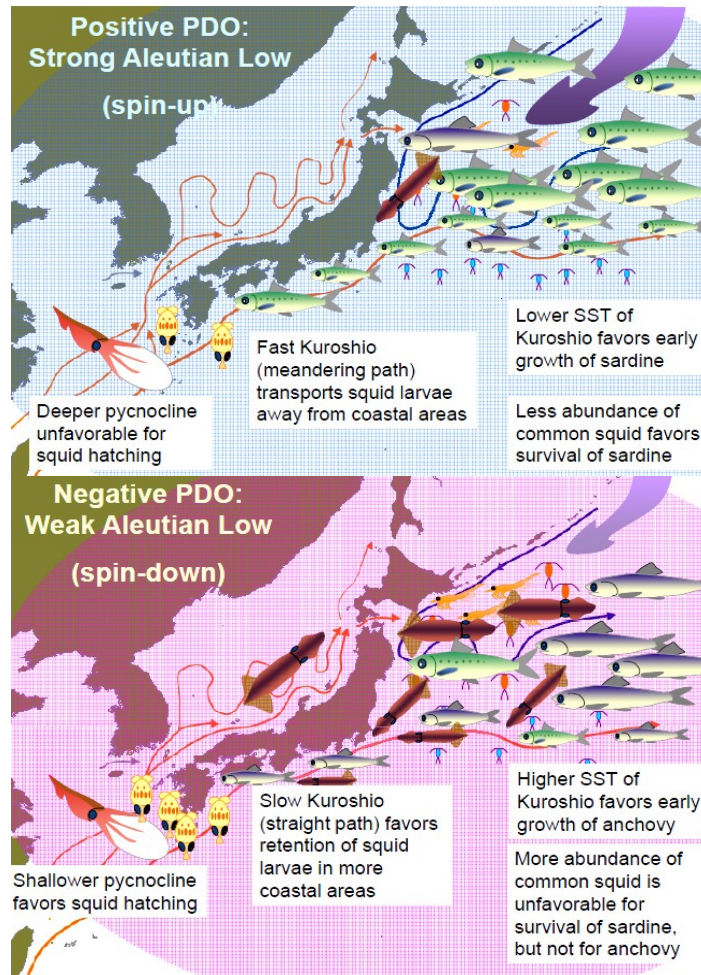


Рисунок 2.8 — Зростання запасів анчоуса і тихоокеанського кальмара

В деяких випадках негативні тенденції в морському промислі, пов'язані з глобальним потеплінням, можуть бути подолані за допомогою марікультури або аквамеліорації. Є чимало прикладів того, як скорочення природного відтворення біоресурсів через зміни клімату успішно компенсується їх штучним розведенням або шляхом штучної стимуляції їх природного відтворення. Приклад другого підходу (рис. 2.9) реалізований в Примор'ї, де ослаблення зимового мусону в ході глобального потепління веде до

деградації заростей ламінарії *Laminaria japonica*, що несприятливо для місцевої популяції сірого морського їжака — цінного промислового виду. Для збереження промислу розроблена технологія по штучному вирощуванню ламінарії і як товарного продукту, і як підживлення для "диких" морських їжаків. [24]

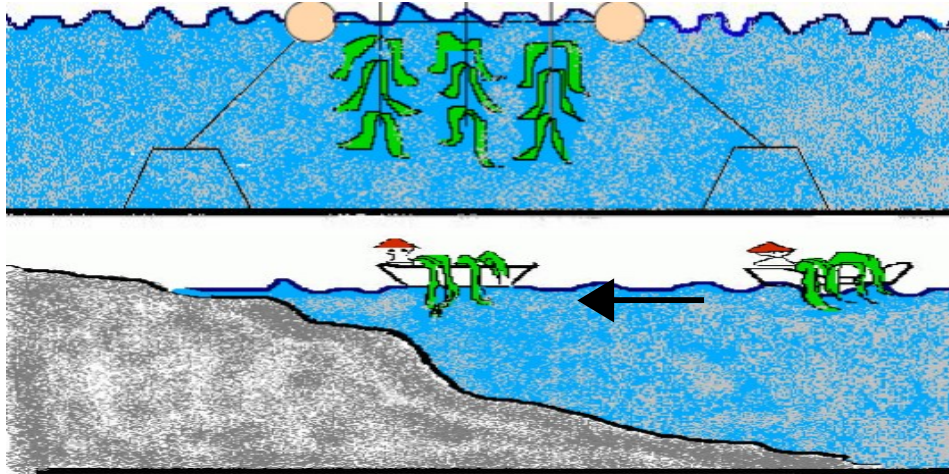


Рисунок 2.9 — Ослаблення зимового мусону в ході глобального потепління

Слід враховувати, що деякі аспекти зміни клімату, не надаючи істотного ефекту на природні екосистеми, важливі для гідробіонтів штучного утримання. До таких належить посилення штормів, яке очікується в деяких районах світу внаслідок глобального потепління і вже спостерігається, наприклад, в північній частині Індійського океану, де сильно ускладнює культивування креветок. Серед вчених, які аналізують проблеми впливу змін клімату на морські екосистеми і рибальство, склалася думка, що прозвучала на симпозіумі в м. Сендай, що облік різних аспектів такого впливу при управлінні промислом, розвиток технологій культивування гідробіонтів можуть забезпечити збереження світового рівня видобутку морських біоресурсів в найближчій перспективі, незважаючи на в цілому несприятливий вплив глобального потепління на продуктивність Світового океану. Однак більш тривалий, масштабу століть, вплив мінливого

середовища призведе до повної перебудови морських екосистем з таким зменшенням їх промислового значення, яке не зможе бути компенсовано цими способами. Тому до зміни клімату має пристосуватися саме людство шляхом політичних реформ, спрямованих на реструктуризацію економіки і суспільства.[3]

## **2.2 Вплив підвищення температури середовища на водний склад біоти**

Раніше вже неодноразово висловлювалася думка, що середня температура поверхневих вод у водоймах-охолоджувачах часто відповідає середній температурі водойм іншої кліматичної зони. При плануванні створення перших водойм-охолоджувачів передбачалося, що в них через певний час виникнуть своєрідні острівці субтропічної або тропічної біоти. Насправді цього не відбувається. Водні спільноти термофікованих водойм складаються з видів, характерних для даної кліматичної зони. Це не можна пояснити тільки короткочасністю існування водойм-охолоджувачів і труднощами проникнення в них південних видів, тому що, наприклад, водойма-охолоджувач ГРЕС ім. Р.Е. Классона, що знаходиться в Московській обл., існує з 1914 р, а водойми-охолоджувачі Шатурської і Горьківської ТЕС функціонують з 1925 р. Імовірність випадкового занесення субтропічних форм в ці водойми за такий тривалий період була досить висока.[4]

Про принципову можливість вселення в водойми-охолоджувачі організмів з інших кліматичних зон свідчить і те, що окремі субтропічні види в них все ж поширилися. Наприклад, в багатьох водойми-охолоджувачі Росії вселилися червононогих молюск фізелла і водна рослина валліснерія спіральна. Однак появи значного числа екзотичних форм в водоймах-охолоджувачах не відбувається. Вселилися ж в них окремі види швидше

можна зарахувати до синантропним формам. Їх поширення на північ пов'язано не з підвищенням температури, а з утворенням в водоймах-охолоджувачах особливого комплексу умов, специфічно сприятливих для даних видів. Тому вони не можуть служити прикладом майбутніх біотичних змін.

Появи значного числа субтропічних і тропічних видів не спостерігається і на ділянках морських акваторій, схильних до термальному забрудненню, хоча перенесення пелагічних личинок водних організмів морськими течіями створює передумови для швидкої колонізації цих ділянок подібними формами. Як і в континентальних водоймах, в морях в місцях скидання теплих вод зустрічається відносно невелике число екзотичних теплолюбних видів. При цьому значна їх частина живе переважно на антропогенних субстратах (підводні поверхні гідротехнічних споруд, суден), тобто в певній мірі ці види також є синантропними.

Як показує аналіз результатів, отриманих при дослідженні водойм-охолоджувачів, в більшості випадків при тепловому забрудненні водойм загальний склад мешкають в них видів залишається незмінним. Однак чисельність і характер просторового розподілу окремих форм можуть істотно змінитися. Домінували раніше види стають нечисленними. Досить характерно більш інтенсивний розвиток видів, другорядних за своїм значенням в екосистемах. Деякі з них стають новими домінантами.[1]

Повного зникнення холодолюбивих організмів, як правило, не відбувається. Частина видів, що вважаються стенотермним, виявляється здатною адаптуватися до нових температурних умов. Навіть в заполярному водоймі-охолоджувачі Кольської АЕС значна частина біоти в найкоротший термін змогла пристосуватися до підвищеної температури. Інша причина збереження стенотермним форм — то, що в теплу пору року, коли ефекти, пов'язані з додатковим збільшенням температури середовища, виявляються найбільш сильно, водойми стратифіковані. Скидання термальних вод, як правило, впливає на температуру тільки верхнього горизонту водної товщі.

Холодолюбиві стенотермні види, зникаючи з поверхневих шарів, в той же час можуть зберігатися в гіполімніоні.

Як показує аналіз наявних в даний час даних про флору і фауну водоймоохолоджувачів, розташованих в різних кліматичних зонах, великого значення набувають одні і ті ж евритермні види. Можна припустити, що в період потепління клімату відбудеться швидше за все не розширення ареалів поширення теплолюбних форм, а збільшення чисельності у водоймах. Еврибіонтність видів і зміна їх ролі в екосистемах. Домінування одних і тих же форм призведе до того, що раніше спостерігалися відмінності в образі населення водойм суміжних географічних зон будуть нівелюватися. Однак значна частина ендемічної фауни також може зберегтися, які адаптувалися до нових температурних умов або переживаючи теплу пору року в підповерхневих шарах.[4]

### **3 ЗМІНА ЖИТТЄВИХ ЦИКЛІВ І ПРОСТОРОВОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ВОДНИХ ОРГАНІЗМІВ ПРИ ПІДВИЩЕННІ ТЕМПЕРАТУРИ СЕРЕДОВИЩА**

Потепління клімату, що виявляється у збільшенні середньорічної температури, може викликати істотне порушення сезонної динаміки погодних умов, але не призведе до її повної ліквідації. Певного клімату відповідає не тільки певна ступінь термофільна біоти, а й характер життєвих циклів існуючих в цей період організмів. Досить часто ці властивості (відношення організму до температурного фактору і його життєвий цикл) обумовлюють неоднозначну реакцію виду на зміну кліматичних умов. Наприклад, підвищення середньорічної температури може негативно впливати на теплолюбні форми, якщо це порушує їх життєвий цикл.

Зміни життєвих циклів водних організмів під впливом підвищеної температури середовища.

Група організмів:

- фітопланктон — подовження термінів вегетації і збільшення біомаси;
- мікрофітобентос — подовження термінів вегетації і збільшення біомаси;
- макрофіти — подовження термінів вегетації, більш раннє настання фенологічних фаз, збільшення біомаси;
- інфузорії — подовження термінів вегетації і збільшення біомаси;
- нематоди — подовження термінів вегетації і збільшення біомаси;
- олігохети — збільшення кількості генерацій;
- двостулкові молюски — збільшення тривалості нерестового періоду;
- ракоподібні (амфіподи, копеподи, мізиди) — подовження термінів активної життєдіяльності, збільшення кількості генерацій, перехід до ациклії;

- личинки комах (хірономіди) — збільшення кількості генерацій;
- риби — збільшення тривалості нерестового періоду.

Аналіз численних даних по екології сучасних штучно термофікованих водойм, свідчить про те, що реакція організмів різних таксономічних груп на тривале збільшення температури середовища носить подібний характер.[5]

Більшість організмів в середніх і високих широтах інтенсивно ростуть і розвиваються тільки влітку. Штучний підігрів водойм збільшує тривалість періоду активної життєдіяльності. У ряді випадків гідробіонти в водоймах-охолоджувачах ТЕС і АЕС переходять до цілорічного розмноження — ациклії. Аналогічні явища спостерігаються в даний час і в природних водоймах внаслідок кліматичних змін.

Збільшення тривалості активної фази в свою чергу може стати причиною цілого комплексу явищ.

Зміна розмірної структури популяцій. Вплив підвищення температури на розміри водних організмів досить неоднозначно. У одних видів (наприклад, у амфіпод, личинок хірономід і риб) подовження періоду вегетації призводить до збільшення середніх і максимальних розмірів. При цьому збільшення розміру та ваги особин пояснюється як безпосередньо збільшенням часу індивідуального розвитку організму, так і поліпшенням кормової бази в результаті збільшення періоду розвитку організмів, що використовуються в якості їжі. Однак у інших організмів, що мешкають в таких же термофікованих водоймах, навпаки спостерігається помітне зменшення розмірів. Це узгоджується з тим, що підвищення температури середовища, прискорюючи розвиток організмів, викликає досягнення ними зрілості при менших розмірах.

Наприклад, у водоймах-охолоджувачах ТЕС України збільшення темпу зростання олігохет, мізид і ветвістоусих ракоподібних супроводжувалося зменшенням їх розміру. Наступ статевої зрілості в більш ранньому віці і при менших розмірах в аналогічних умовах відзначено і у риб.



Підвищення температури не тільки викликає зміна розмірів тіла, але в ряді випадків обумовлює виникнення деяких морфологічних відмінностей у водних організмів. Наприклад, у занурених вищих рослин спостерігається збільшення розмірів листя. У різних риб, що населяють штучно термофікувані водойми, відзначено зміна структури плавників, числа хребців і луски на бічній лінії.[25]

Деякі з цих морфологічних змін носять пристосувальний характер. Наприклад, висловлювалася думка, що зменшення луски на бічній лінії і числа променів в черевному плавці — пристосування до руху в більш теплою і, отже, менш в'язкою воді. Разом з тим відомо, що саме по собі підвищення температури — один з факторів, що викликають виникнення різних аномалій у розвитку організмів. Виходячи з цього можна припустити, що потепління клімату буде також супроводжуватися збільшенням відсотка особин з різними відхиленнями в будові тіла.

Зміна вікової структури популяцій. Підвищення температури середовища призводить до збільшення тривалості періоду розмноження і появи додаткових генерацій у різних груп гідробіонтів. Це викликає зміна вікової структури популяцій, зокрема, призводить до «омолодження» їх складу, тобто підвищення відсоткової частки молодих особин.

Порушення циклів розмноження і гаметогенеза. Зміна температури навколишнього середовища часто є «сигналом» для інтенсифікації різних фізіологічних процесів. Порушення звичної динаміки температурних умов порушує нормальний хід цих процесів і викликає у віддалених в таксономічних відношенні видів подібні негативні процеси. У різних видів риб при підвищенні температури середовища не тільки змінюються терміни розвитку статевих клітин, але і спостерігаються реверсія статі і гермафротизм, порушується ритм розмноження, досить часто призводить навіть до резорбції статевих клітин і появи значної кількості особин, які не беруть участі у відтворенні.

Наприклад, у водоймі-охолоджувачі Молдавської Гідроелектростанції в зв'язку зі збільшенням тривалості теплого періоду навіть у такого теплолюбного виду, як срібний карась, спостерігаються порушення гаметогенезу, у частині особин статеві продукти не утворюються. Крім того, при більш ранньому дозріванні статевих клітин може спостерігатися невідповідність між готовністю риб до нересту і умовами в нерестових біотопах, що призводить до безладного скидання ікри, яка в подальшому гине.[22]

Внаслідок зміни тривалості вегетаційного періоду і порушення життєвого циклу спостерігається зниження чисельності і у гетеротопних комах. Інтенсифікація розвитку їх водних личинок в умовах підвищеної температури призводить до того, що виліт імаго відбувається тоді, коли умови в наземних біотопах ще несприятливі. Це зазначено, наприклад, у що мешкають в районі скидання підігрітих вод личинок хірономід, які не належать до холодолюбивих. Аналогічні явища, спровоковані тим, що відбувається в даний час потеплінням клімату, відзначені і в водоймах з природним температурним режимом. Наприклад, у деяких видів зоопланктону в результаті підвищення осінніх температур починають розвиватися яйця, але вилупилася молодь, не досягнувши до зими зрілості, гине.

Порушення балансу продукційно-деструкційних процесів. У більшості водойм помірної зони оптимальна для розвитку фітопланктону температура вище природної. Тому підвищення температури водного середовища в багатьох випадках супроводжується помітним збільшенням біомаси водоростей. Підвищення температури може стимулювати і розвиток вищої водної рослинності (макрофітів). На ділянках скидання підігрітих вод спостерігається значне (іноді в кілька разів) збільшення біомаси і мікрофітобентосу. [5]

Збільшенню біомаси різних груп фотосинтезуючих рослин в штучно термофіцькованих водоймах сприяє і так звана «термічна евтрофікація», яка

полягає в надходженні в воду додаткових кількостей біогенних елементів (азоту, фосфору). За рахунок інтенсифікації та біологічного кругообігу в водоймі при підвищеній температурі. В результаті підігрів води часто викликає помітне підвищення рівня біопродукційних процесів. Іноді це призводить до виникнення дисбалансу, що полягає в не використанні частини створюваної органічної речовини в наступних ланках трофічного ланцюга. У водоймах-охолоджувачах це проявляється в збільшенні в воді вмісту зваженого і розчиненої органічної речовини, збільшення кольоровості і каламутності води, погіршенні кисневого режиму.

Таким чином, зміна температурного режиму водойми може супроводжуватися погіршенням гідрохімічних умов навіть при відсутності забруднення водного середовища. Більш раннього розвитку рослин часто супроводжує і більш раннє їх відмирання. При цьому розкладання відмерлих рослин відбувається не в осінній період, а в розпал теплого сезону, під час інтенсивного росту і розвитку більшості водних організмів.[25]

### **3.1 Внутрішні водні екосистеми**

Внутрішні води на території континентів і островів можуть бути прісними або солоними і являють собою великі екосистеми. Наприклад, прісна вода становить лише 0,01% від загальносвітового запасу води, а площа прісноводних водойм дорівнює приблизно 0,8% від всієї поверхні Землі, але тим не менш прісна вода забезпечує життєдіяльність принаймні 100 000 видів (майже 6% від загального числа всіх описаних видів).

Біорізноманіття внутрішніх вод є важливим джерелом промисловості, доходів і засобів до існування. У числі інших цінних якостей даних екосистем можна назвати збереження гідрологічного балансу, затримання поживних речовин і наносів і забезпечення місць проживання для численних рослин і тварин.

Зміна клімату, по всій видимості, матиме несприятливий вплив на внутрішні водні екосистеми, оскільки:

- в останні десятиліття більше 20% видів прісноводних риб у світі зникли;
- знаходяться під загрозою зникнення або стають рідкісними;
- біорізноманіття прісноводних видів скорочується набагато швидшими темпами, ніж біорізноманіття видів в більшості наземних екосистем;
- зміна режимів випадіння опадів і танення призведе до зміни режиму стоку багатьох річок і озер, що позначиться на способах ікрометання і харчові звички багатьох видів, заходи, що вживаються людьми для боротьби зі зміною клімату можуть посилити несприятливий вплив на численні водно-болотні угіддя. Наприклад, заходи по боротьбі з потеплінням клімату, можливо, приведуть до підвищення попиту на прісну воду для задоволення міських і сільськогосподарських потреб. Можливим результатом буде зниження водоносності річок і струмків, що приводить до втрати екосистемних послуг.[26]

Зміни гідрологічного режиму, викликані потеплінням клімату, неминуче позначаться на внутрішніх водних екосистемах. В результаті реакції озер і струмків на зміну клімату відбудеться:

- підвищення температури води в річках;
- зменшення крижаного покриву;
- зміна процесів змішування вод;
- зміна режиму стоку;
- почастищення екстремальних стихійних явищ, включаючи повені і посухи.

Результатом такої реакції стане:

- зміна зростання, репродуктивності і поширеності біорізноманіття озер і струмків;

- переміщення до полюса деяких організмів;
- зміни в репродуктивності перелітних птахів, цикл розмноження яких пов'язаний з озерами і струмками.[27]

### 3.2 Морські і прибережні екосистеми

Океани займають 70% поверхні Землі, утворюючи найбільше на планеті місцепроживання, а в прибережних районах знаходяться деякі з найрізноманітніших і продуктивних екосистем світу, включаючи мангри, коралові рифи і луки Руппі.

Коралові рифи, іноді звані "тропічними дощовими лісами океану", забезпечують, згідно з оцінками, прибуток у вигляді товарів і послуг на суму, складову приблизно 30 млрд. доларів США. Хоча рифи займають лише 0,2% ложа моря у всьому світі, в них мешкає до 25% всіх морських видів.

Морські екосистеми уразливі до наслідків зміни клімату, оскільки вони схильні незліченним стресам, включаючи надмірну експлуатацію ресурсів і руйнування місць проживання промисловим рибальством, освоєння прибережних зон і забруднення навколишнього середовища.

Потенційний вплив зміни клімату та підвищення рівня моря на морські і прибережні екосистеми проявляється в наступному:

- посилення ерозії прибережної зони;
- більш великі повені в прибережній зоні;
- більш широке затоплення території штормовими нагонами;
- нагін морської води до берега і її потрапляння в гирлі річок і водоносні пласти;
- підвищення температури поверхневого шару морської води;
- зменшення крижаного покриву моря.

Такі зміни позначаються на складі і поширенні видів.[28]

## ВИСНОВКИ

Потепління клімату може супроводжуватися наступними явищами в житті водойм:

- збільшенням подібності водних угруповань водойм різних кліматичних зон за рахунок переходу домінуючої ролі до широко поширеним евритермним формам гідробіонтів. При цьому види з більш обмеженим ареалом, в тому числі і стенотермні холодолюбиві, можуть зберегтися в складі біоти, хоча їх чисельність і характер просторового розподілу минуться;
- масовою загибеллю деяких форм сильно залежать від сезонної динаміки умов життєвим циклом (терміни нересту у риб, період вильоту у гетеротопних комах);
- зміною (як збільшенням, так і зменшенням) середніх розмірів гідробіонтів і збільшенням відсотка особин з різними відхиленнями в будові тіла;
- зміною вікової структури популяцій (збільшенням частки більш молодих особин);
- досягненням організмами зрілості при менших розмірах;
- збільшенням біопродуктивності водойм, що супроводжується дисбалансом продукційно-деструкційних процесів;
- збільшенням тривалості періоду стратифікації і обумовленим цим підвищенням ймовірності виникнення аноксичних умов в придонних шарах водойм.[29]

Різноманіття взаємодій клімату і екосистем дуже ускладнює розуміння і моделювання процесів, що відбуваються. Проте проведений аналіз показує, що загальноприйнятий підхід «від клімату до екосистемам» недостатній, і його необхідно доповнити як в моделюванні, так і в спостереженнях дослідженнями на зустрічному шляху — «від екосистем до клімату». При

цьому сонячні, космічні та геофізичні ефекти, що діють одночасно, але по-різному і на клімат, і на екосистеми, треба розглядати не тільки в багаторічних масштабах, але і в масштабах, характерних для первинних і вторинних продуцентів, оскільки для внутрішніх і зовнішніх процесів в цих сильно нелінійних системах характерні тривалі наслідки від короточасних впливів.

Головні питання в проблемі змін і взаємодії клімату і екосистем Землі — наявність стійких станів, характер коливань в цих станах і критерії переходу між ними. Якщо мова йде тільки про природні процеси, то при обмеженому і слабо мінливому притоці зовнішньої енергії проблема в принципі вирішувана. Як би глибоко і довго не ховалася в океані «скам'яніла» енергія, вона проявиться на обмеженому інтервалі часу і при існуючих негативних зв'язках призведе до спектрами коливань, більшість з яких ми спостерігаємо, тобто ми будемо мати справу з дивними атракторами і випадковими переходами між ними.

Участь живої матерії передбачає нестационарність досліджуваних процесів, оскільки життя не тільки пристосовується, а й активно пристосовує, змінює навколишнє неживу середу. Оскільки така активність можлива лише після, а точніше в процесі пристосування, вона не може виводити природу з динамічної рівноваги. Але в даний час в ці природні процеси втручається людська цивілізація на такому енергетичному, хімічному і біологічному рівні, який перевищує рівень нормальних (що не включають всесвітні катастрофи) природних впливів. Це означає, що проблема зміни та коливань клімату не може бути вирішена без точного діагнозу і задовільного прогнозу антропогенних впливів на клімат, екосистеми та їх взаємодія.[29]

Теплолюбні види риб стали часто з'являтися і в північній частині Тихого і Атлантичного океанів (пикша, сайда, морський окунь) з 30-х років ХХ ст. Це відбивається на ареалі проживання північних видів риб (Сахалінська-Хоккайдської оселедець, оселедець затоки Петра Великого, минтай, навага). Скорочуються нерестовища, відбувається звуження термінів нересту і

зниження чисельності оселедця. Сучасні улови скоротилися в 3-7 разів в порівнянні з 60-70-ми роками. XX ст.

Різноманіття іхтіофауни північних морів Тихого океану збережеться і в майбутньому за рахунок південних мігрантів — китайської серіолт, японської морської барабулі. В ході численних досліджень було виявлено існування тісного зв'язку між трендами уловів промислових риб і кліматичними індексами. Цей факт дає хорошу можливість прогнозувати майбутні зміни чисельності цих видів на 3, 5 років.

Глобальна зміна клімату може зробити сильний вплив на світовий розподіл комерційно важливих різновидів риби, в тому числі тріски, оселедця, морського окуня, акул, а також креветки.[30]

Незважаючи на мільйони років своєї еволюції сьогодні морські організми повинні дуже швидко пристосовуватися до нових умов життя. Навколишнє середовище морських організмів схильна до змін в двох основних аспектах — це зміни, що відбуваються в їх природному середовищі існування і кормову базу, і зміни в хімічному складі океану. Морські рослини є первинними виробниками, які формують базу трофічного ланцюга. Як очікується, відбудеться поступове зменшення кількості цих рослин в теплих водах, що, по суті, буде скорочувати кількість біогенних речовин, доступних для організмів-консументів наступної ланки трофічного ланцюга.

Температура виступає важливим тригером в життєвих циклах багатьох морських рослин і організмів, і часто процеси початку годування, зростання і розмноження узгоджуються за часом. Якщо синхронність процесів порушується, виникає небезпека того, що організми можуть вийти на "сцену життя" тоді, коли джерела їх харчування вже зникли.[6]

Очікуване підвищення температури океану викличе міграцію морських організмів, яка залежить від їх температурної толерантності. Така зміна динаміки океану надасть згубний вплив на ті види, які не здатні мігрувати, і може привести до їх загибелі. Закислення океанічної води, тобто підвищення рівнів вмісту CO<sub>2</sub> в результаті зниження рН морської води, не тільки



скорочує велика кількість фітопланктону, але і знижує накопичення солей кальцію у деяких морських організмів, таких як корали та молюски, що веде до підвищеної крихкості їх скелета і уповільнення зростання .[7]

Найбільш серйозну загрозу для коралів представляє знебарвлення в результаті підвищення температури поверхні моря. Знебарвлення відбувається в тому випадку, коли тривале підвищення температури викликає розрив зв'язку між коралами і їх симбіотичних зооксантеллами (бура водорість). Корали згодом виганяють зооксантелли, втрачають свій бурий колір (знебарвлюються) і слабшають. Деякі корали здатні відновлюватися (часто з імунодефіцитом), проте в більшості подібних випадків вони гинуть.[8]

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Навроцкий В.В. «Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук», выпуск № 6 (172) / 2013
2. Изменение климата, 2013 г. «Физическая научная основа», Часть вклада Рабочей группы I в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата
3. «Влияние климатических изменений на морские биоресурсы и рыболовство», Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр)
4. Безносков В.Н., Суздалева А.Л. Возможные изменения водной биоты в период глобального потепления климата // Водные ресурсы. 2004. Т.31. №4. С.498-503.
5. Суздалева А.Л., Безносков В.Н. Изменение жизненных циклов и пространственной локализации организмов континентальных водоемов при повышении температуры среды // Экосистемные перестройки и эволюция биосферы. Вып. 4. М.: Изд-во ПИН РАН, 2001. С.147-153.
6. The Royal Society, "Climate change: A Summary of the Science", September 2010, p. 16. <http://royalsociety.org/policy/publications/2010/climate-change-summary-science/>.
7. Jackson, J. (2012). "the future of coral and coral reefs in a rapidly changing world", international coral reefs symposium, Cairns, Australia, 9-13 July 2012.
8. Wilkinson, C., Souter, D. (eds.) (2008). "Status of Caribbean Coral Reefs after Bleaching and Hurricanes in 2005", Global Coral Reef Monitoring Network, and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, p. 152.
9. Аквакультура в Мексике. Рыбное хоз-во, 1, 1993 г.

10. Алимов С.И., Рибне господарство України стан і перспективи. – К.: Вища освіта, 2003 р. – 336 с.
11. Алымов С.И. Итоги работы рыбных предприятий объединения «Укррыбхоз» за 2001 г. // Рыбн. Хоз.-во. Украины. – 2002. - №2(19). – С. 29.
12. Баздырев Ю.А. и др. Программа строительства судов флота рыбного хозяйства Украины: взгляд судостроительной промышленности. "Рыбн. Хоз. Укр." № 1 (12), 2001, с.3-5.
13. Бекашев К.А., Сапронов В.Д. Мировое рыболовство: вопросы международного сотрудничества. М.: Агропромиздат, 1990, - 288 с.
14. Блинова Е.И. Марикультура в КНДР. Рыбное хоз-во (Россия), 1989, 10, с. 36-37. 6.
15. Бардач Дж., Ритер Дж., Макларни У. Аквакультура. М., Пищевая промышленность, 1978.
16. Ведомости Верховной Рады Украины. №24, 14 июня 2002 г. Ст. 164.
17. Владовская С.А., Федорова Э.В. Рыбы и беспозвоночные. Рыбное хоз-во, 1989, 11, с.27-30.
18. Выращивание колоссомы. Рыбное хоз-во. Сер. Марикультура - Экспресс-информация (ЦНИИТЭИРХ), 1991, вып.1, с.24-26.
19. Геращенко Л.С. Рыба и рыбопродукты в белковом рационе населения Украины // Рыбн. Хоз.-во. Украины. – 2002. - № 1(18). – С. 42-43.
20. Душкина Л.А., Спичак М.Н. Программа «Марикультура». Рыбное хоз-во, 1989, 10, с.35-36.
21. Калугин-Тутник А.Л. Культивирование водорослей на Черном море. Рыное хоз-во, 1988,9, с.60-63.
22. Кох В., Банк О., Йенс Г. Рыбоводство. М., Пищевая промышленность, 1980.216 с.
23. Милн П.Х. Морские хозяйства в прибрежных водах. М., Пищевая промышленность, 1978, 197 с.
24. Моисеев П.А. Основные направления развития марикультуры. Рыбное хоз-во, 1980, 2, с.21-25.

25. Моисеев П.А., Карпевич А.Ф., Романычев О.О. Морская аквакультура. М., Агропромиздат, 1985, 252 с.
26. Новые объекты морского рыбоводства США. Рыбное хоз-во, Сер. Марикультура - Экспресс-информация (ЦНИИТЭИРХ), 1990, вып. 4, с.7-9.
27. Обзорная информация, серия: Марикультура, вып.2, 1988. Современное состояние и организация марикультуры в некоторых зарубежных странах, 80 с.
28. Обзорная информация - серия: Марикультура, вып.1, 1990, Марикультура: настоящее и будущее.
29. Отечественная марикультура: Состояние и перспективы развития. Рыбное хоз-во. Сер. Марикультура - Экспресс-информация (ЦНИИТЭИРХ). - 1990, вып.8, с.2-14.
30. Перспективы развития аквакультуры. Рыбное хоз-во, Сер. Марикультура - Экспресс-информация (ЦНИИТЭИРХ), 1989, вып 10, с. 1-15.
31. Развитие осетроводства зарубежом. Рыбное хоз-во. Сер. Марикультура. - Экспресс-информация (ЦНИИТЭИРХ), 1990, вып. 11, с.2-11.
32. Романов Е.В. Кухарев Н.Н. Структура и видовой состав вылова рыбы и морепродуктов, направление развития аквакультуры в зарубежных странах. Рукопись ЮгНИРО, Р-6140, 1999, Керчь.
33. Романов Е.В., Кухарев Н.Н. Структура и видовой состав вылова рыбы и морепродуктов и направление развития аквакультуры в зарубежных странах (технический отчет). ЮгНИРО, Керчь, 2002, 52 с.
34. Смиidt С. Единая политика в области рыболовства в новом тысячелетии. "Рыбн. Хоз. Укр." №1 (12), 2001, с.7.
35. Спичак М.К., Чернышев В.И. Достижения и перспективы развития аквакультуры в СССР. «Знание», Москва, серия «Биология», №3, 1984, 63 с.
36. Кавер І.К., Петрова І.Л., Скрипка В.О. Створення та збереження робочих місць в рибному господарстві України // Рыбн. Хоз-во України. – 2001. - № 2(13). – С. 47-49.

37. Шелбурн Дж. Искусственное разведение морских рыб. М., Пищевая промышленность, 1971, 84 с.
38. Conservation and Enforcement Measures NAFO/FC Doc/00/1, 2000, 83 pp.
39. FAO, 2003. FISHTAT Plus: Universal software for fishery statistical time series. Version 2.3.2003. (FAO Fisheries Department? Fishery Information, Data and Statistic Unit, Rome, Italy).
40. FAO Yearbook. Fishery Statistic. Capture production, 2002 Vol. 90/1. Rome FAO. 2002. 617 с.
41. FAO FISHSTAT Plus: Universal software for fishery statistic time series. Version 2.3. (FAO Fisheries Department. Fishery Information, Data and Statistic Unit. Rome. Italy).
42. FAO Yearbook. Statistic. Commodities, 2000 Vol. 91. FAO Fisheries series 62, FAO Fisheries series 168. Rome FAO. 2002. 210 с.
43. Электронный ресурс: <http://www.nado5.ru/e-book/zhizn-v-okeane-vzaimodeistvie-okeana-s-atmosferoi-i-sushei>
44. Электронный ресурс: <http://www.geoglobus.ru/earth/geo6/earth02.php>
45. Электронный ресурс: <http://tainy.net/52062-izmenenie-klimata-i-ego-posledstviya-dlya-chelovechestva.html>
46. Электронный ресурс: <http://www.polnaja-jenciklopedija.ru/planeta-zemlya/posledstviya-globalnogo-izmeneniya-klimata.html>
47. Электронный ресурс: <http://www.yaklass.ru/materiali?mode=lsntheme&subid=223&themeid=193>
48. Электронный ресурс: <https://geographyofrussia.com/resursy-mirovogo-okeana/>
49. Электронный ресурс: <http://referatikk.ru/2014-02-24-05-45-17/724-2014-08-13-07-56-56/10964-2014-08-13-10-56-39.html>
50. Электронный ресурс: <http://mirznanii.com/a/307183/biologicheskie-resursy-i-perspektivy-ikh-ispolzovaniya>
51. Электронный ресурс:

[http://www.e-reading.club/chapter.php/127765/30/Maksakovskiii\\_-\\_Geograficheskaya\\_kartina\\_mira\\_Posobie\\_dlya\\_vuzov\\_Kn.\\_I\\_\\_Obschchaya\\_harakteristika\\_mira\\_Global%27nye\\_p--chestva.html](http://www.e-reading.club/chapter.php/127765/30/Maksakovskiii_-_Geograficheskaya_kartina_mira_Posobie_dlya_vuzov_Kn._I__Obschchaya_harakteristika_mira_Global%27nye_p--chestva.html)

52. Электронный ресурс: [http://www.orsha.by/page\\_id=53](http://www.orsha.by/page_id=53)

53. Электронный ресурс: [http://studopedia.ru/1\\_63659\\_izmenchivost-mirovogo-okeana.html](http://studopedia.ru/1_63659_izmenchivost-mirovogo-okeana.html)

54. Электронный ресурс:

[https://ru.wikipedia.org/wiki/Общая\\_циркуляция\\_атмосферы](https://ru.wikipedia.org/wiki/Общая_циркуляция_атмосферы)

55. Электронный ресурс: <http://www.geo-site.ru/index.php/2011-01-11-14-45-02/97-2011-01-11-16-40-12/820-zirkylatia-faktor.html>

56. Электронный ресурс: <http://www.polnaja-jenciklopedija.ru/planeta-zemlya/posledstviya-globalnogo-izmeneniya-klimata.html>

57. Электронный ресурс:

[https://ru.wikipedia.org/wiki/Глобальное\\_потепление](https://ru.wikipedia.org/wiki/Глобальное_потепление)

58. Электронный ресурс: <http://fishretail.ru/data/docs/warming.pdf>

59. Электронный ресурс: <http://earthpapers.net/struktura-i-ekologicheskoe-sostoyanie-prirodno-tehnogennyh-sistem-vodoemov-ohladiteley-aes>

60. Электронный ресурс:

<https://www.cbd.int/doc/bioday/2007/ibd-2007-booklet-01-ru.pdf>

61. Электронный ресурс: <http://www.bibliotekar.ru/nauka/21.htm>

62. Электронный ресурс:

<http://scicenter.online/ekologiya/morskie-ekosistemyi.html>

63. Электронный ресурс:

[http://www.my-article.net/get\\_наука/география/мировой-океан](http://www.my-article.net/get_наука/география/мировой-океан)

64. Электронный ресурс:

[http://ggf.tsu.ru/content/faculty/structure/chair/meteorology/publicationsИстория\\_и\\_современные\\_изменения\\_климата/text/70.html](http://ggf.tsu.ru/content/faculty/structure/chair/meteorology/publicationsИстория_и_современные_изменения_климата/text/70.html)