

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Ю.С. ТУЧКОВЕНКО

ПРОМИСЛОВА ОКЕАНОЛОГІЯ

Конспект лекцій

Одеса - 2010
ТЕС

GDYNIA

Ю.С. Тучковенко

ПРОМИСЛОВА ОКЕАНОЛОГІЯ

Конспект лекцій

Одеса-2010

Література

ББК 26.221

Т 92

УДК 551.46:338.45

*Друкується за рішенням Вченої ради Одеського державного екологічного університету
(протокол № 8 від 29.10.2009 р.).*

Тучковенко Ю.С.

Промислова океанологія. Конспект лекцій:

– Одеса, Вид-во. «ТЕС»: 2010. – 76 с.

В конспекті лекцій висвітлені основні положення одного з практичних розділів загальної океанології – промислової океанології. Наведені основні відомості щодо біологічних ресурсів Світового океану, впливу чинників морського середовища на врожайність і поведінку промислових риб, основи промислового прогнозування і принципи реалізації промислової розвідки риби. Особлива увага приділяється промисловим об'єктам Чорного моря.

Конспект лекцій використовується при підготовці студентів-спеціалістів, магістрів денної форми навчання за спеціальністю «Океанологія», а також рекомендується для використання при підготовці фахівців за напрямом «Водні біоресурси та аквакультура».

ЗМІСТ

	Стор
ПЕРЕДМОВА.....	4
1 Біологічна продуктивність і біологічні ресурси Світового океану.	6
1.1. Кругообіг органічної речовини в океані.....	8
1.2. Біологічні ресурси Світового океану.....	11
2 Вплив середовища на поведінку промислових риб	23
2.1. Вплив температури води на риб.....	24
2.2 Вплив температури води на нерест, розвиток і виживання личинок.....	26
2.3 Вплив температури води на живлення, процеси обміну речовин і виріст риб.....	28
2.4 Летальні температури води і масова смертність риб.....	29
2.5 Довгоперіодні зміни температури води і їх вплив на розподіл риб.....	30
2.6 Вплив течій на риб, їх розподіл і поведінку.....	30
2.7 Вплив солоності, концентрації кисню, світла і хвилювання на розвиток і поведінку риб.....	33
3 Основи промислового прогнозування	36
4 Промислова розвідка риби	41
4.1 Оперативна розвідка.....	41
4.2 Перспективна розвідка.....	42
4.3 Методика проведення пошукових робіт.....	42
4.4 Виявлення і стеження за скупченнями риби.....	43
4.5 Короткостроковий прогноз умов промислу.....	45
4.6 Пошук при дрифтерному і траловому лові.....	46
5 Вплив океанографічних умов на розподіл і поведінку промислових об'єктів Чорного моря	48
5.1 Роль температури води в міграційній і зграєвій поведінці хамси.....	51
5.2 Вплив абіотичних факторів на формування скупчень шпроту.....	55
6 Гідрометеорологічні основи рибпромислового прогнозування в Чорному морі	59
6.1 Основні предиктори.....	59
6.2 Методи виявлення зв'язків.....	62
6.3 Методика прогнозу.....	64
6.3.1 Анчоус (хамса).....	64
6.3.2 Шпрот.....	68
6.3.3 Ставрида.....	71
Література.....	76

ПЕРЕДМОВА

Промислову океанологію можна визначити як один з практичних розділів загальної океанології, в якому вивчається вплив абіотичних і біотичних чинників середовища на відтворювання промислових гідробіонтів, розподіл і поведінку їх скупчень, а також на умови їх ефективної здобичі в цілях розробки наукових основ і визначення кількісних і якісних параметрів раціональної експлуатації біоресурсів Світового океану. Серед цих біоресурсів наймасовішим є риба, а її промисел складає велику частину в загальній здобичі всіх морепродуктів, до яких ще включають ракоподібні, молюски, водорості і інші об'єкти.

Предметом дослідження промислової океанології є не тільки безпосередньо об'єкти промислу, але й середовище їх мешкання, на озброєнні промислової океанології знаходяться методи, що використовуються в інших розділах океанології. З числа найголовніших методів, що використовуються промисловою океанологією, в першу чергу необхідно наголосити на гідрологічних, гідрохімічних, гідроакустичних, геолого-геоморфологічних, біологічних. Останні включають вивчення розмірного складу об'єктів промислу, біологічного стану об'єктів, співвідношення статей, терміни і тривалість нересту і нагулу, особливості живлення, поведінки, шляхи міграції і т.п. Крім цього, успішний лов риби і нерибних об'єктів неможливий без знання синоптичних умов того або іншого району. Синоптична обстановка здійснює помітний вплив як на поведінку риб, так і на розподіл гідрологічних параметрів, гідродинамічну обстановку тієї або іншої акваторії. Таким чином, промислово-океанологічні дослідження повинні забезпечуватися надійними метеоданими.

Всі матеріали, які одержуються в результаті гідрологічних, гідрохімічних, біологічних, геологічних і інших досліджень, повинні дати промисловим океанологам точну картину, що характеризує район промислу, умови промислу, об'єкти промислу. Знання цієї точної картини (або хоча б окремих її крупних фрагментів) повинно допомогти в рішенні найвідповідальнішої і важливої задачі промислової океанології - складанні промислових прогнозів.

Залежно від їх завчасності промислові прогнози поділяються на:

- короткострокові (оперативні) прогнози із завчасністю від доби до кварталу;
- сезонні - на термін від місяця до року;
- довгострокові (тактичні) - із завчасністю від кварталу до року;
- наддовгострокові (стратегічні) промислові прогнози - із завчасністю від одного року до декількох років.

Всі ці прогнози об'єднує одне - вони повинні відповідати на чотири найважливіші питання практики: що, де, коли і скільки можна

ловити? Крім того, останніми роками дуже гостро стоїть питання про створення наукових основ раціонального рибальства. Це дозволить виключити з практики світового рибальства випадки безконтрольного необмеженого вилучення тих або інших промислових об'єктів.

Знання промислової океанології необхідні при роботі пошукових суден. Відшукування високих концентрацій об'єктів лову засновано на виявленні зон підвищених градієнтів температури або солоності, або обох характеристик, на визначенні перенесення скупчень риби постійними і припливними течіями, на розрахунку часу, найкращого для здійснення тралення, постановки ярусів або вимету сіток.

Не дивлячись на складність фізико-хімічних, біологічних і інших процесів, що протікають в Світовому океані, до теперішнього часу накопичені цінні наукові дані, що дозволяють промисловій океанології успішно вирішувати задачі, що стоять перед нею, відповідати на запити світового рибальства.

Оскільки основним об'єктом дослідження промислової океанології є біотоп, а задачею дослідження - вивчення впливу абіотичних і біотичних чинників на відтворювання, розподіл, поведінку промислових концентрацій гідробіонтів і умови їх видобутку, основним методом промислової океанології слід вважати системний аналіз. Основна увага системного аналізу при цьому концентрується на виявленні різноманіття зв'язків і відносин, що існують як усередині об'єкта, так і в його взаємостосунках із зовнішнім оточенням.

Сучасним досягненням промислової океанології є математичне і імітаційне моделювання морських екосистем. Воно має, як мінімум, три переваги: моделювання може замінити науково-дослідні зйомки; його можна використовувати для оцінки різних видів дії на динаміку запасів; моделювання може бути корисним для координації майбутніх досліджень.

Для успішного ведення промислу морепродуктів необхідні знання:

- просторового розподілу сировинних ресурсів Світового океану і окремих його акваторій;
- часових характеристик утворення промислових концентрацій об'єкта, що видобувається, в масштабі від днів до років і десятиріч;
- оптимального способу видобутку;
- найкращого способу пошуку;
- раціональної норми експлуатації рибних популяцій;
- океанологічних ознак зон і періодів найбільш економічно вигідного лову;
- кліматичних умов, що обумовлюють режим обробки і зберігання одержуваного продукту.

1 БІОЛОГІЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ І БІОЛОГІЧНІ РЕСУРСИ СВІТОВОГО ОКЕАНУ

Світовий океан, особливо його верхні шари, є виключно сприятливим середовищем для існування організмів. Тому життя в океані характеризується величезним багатством і різноманітністю. З 33 класів існуючих на Землі рослин в ньому мешкають 15; вони включають понад 14000 видів, з них до 10000 - зелені і діатомові водорості. З 63 класів тварин, об'єднаних в 12 типів, в Світовому океані мешкає 57, при цьому представники 30 класів живуть виключно в океанах і морях. Ці 57 класів налічують більше 160000 видів тварин, у тому числі майже 100000 видів молюсків і ракоподібних, 16000 видів риб.

Ланцюг життя підтримується шляхом розмноження. Щоб забезпечити виживання видів, популяція кожного типу організмів повинна давати достатній приріст потомства. Таким чином, кожен вид має природну тенденцією до збільшення числа особин. Результируюча популяцій обмежується лише граничними ресурсами середовища мешкання. Тому існує постійна суперечність між тенденцією популяції розростатися в геометричній прогресії і наявністю ресурсів, необхідних для підтримки цього приросту.

Розглянемо найпростіший мікроорганізм, який подвоює свою чисельність раз на добу, і об'єм якого дорівнює 1 мкм^3 (10^{-12} см^3). Через 10 діб число організмів досягне 1000, а через 40 діб їх загальний об'єм складе 1 см^3 . Через 61 добу об'єм Світового океану виявиться недостатнім, щоб вміщати потомство однієї крихітної клітинки.

Популяції організмів знаходяться в постійному русі. Збільшення ресурсів веде до розширення ареалу популяцій до тих пір, поки популяція не виснажить ресурси.

Кожен організм у свою чергу є джерелом їжі для іншого організму. Часто чисельність популяцій знижується швидше в результаті винищування, ніж унаслідок обмеженості ресурсів. За сприятливих умов популяції розростаються до тих пір, поки ресурси не будуть повністю використані або поки їх споживання, що збільшується, не приведе до скорочення самої популяції.

Для створення нового організму в процесі розмноження потрібні матерія і енергія. Різні хімічні компоненти організму можуть бути синтезовані з матеріалів середовища мешкання, але для переробки вихідних речовин в процесі синтезу потрібен вплив енергії.

Всі організми підрозділяються на *автотрофні* і *гетеротрофні*. Автотрофні організми виробляють необхідні органічні речовини з неорганічних елементів, які містяться в морській воді. Енергію, необхідну для синтезу, автотрофні організми одержують від сонячного світла (при фотосинтезі) або в процесі хімічних реакцій (при хемосинтезі).

Гетеротрофні організми залежать від наявності зовнішнього джерела органічної речовини, яку вони споживають з середовища мешкання. Їм потрібна їжа, яка служить одночасно джерелом речовини і енергії. Відмінності між автотрофними і гетеротрофними організмами не завжди чітко виражені. Багато морських рослин, що мають здатність синтезувати найбільшу частину необхідних речовин з неорганічних джерел, все ж таки споживають деяку кількість вітамінів і інших органічних утворень.

В залежності від місця мешкання морські організми підрозділяються на *бентосні*, які живуть на дні і в донних накопиченнях, і *пелагічні*, які мешкають в товщі води. Останні, залежно від їх здатності переміщатися, діляться на *планктон* – пасивно дрейфуючі разом з потоком вод організми, і *нектон* – організми, що активно переміщаються. До групи планктонних організмів входять: бактеріопланктон (бактерії), фітопланктон (рослини), зоопланктон (тварини).

Водна товща поділяється на освітлювану сонячним світлом *евфотичну* зону і *афотичну* зону, в яку світло не проникає. Глибина афотичної зони залежить від прозорості вод і може коливатися від 100 м віддалік берегів до декількох метрів в прибережних районах.

Основну роль в перетворенні неорганічних речовин в органічні відіграє фотосинтез, оскільки за його допомогою створюється основна маса органічних сполук в океані. Фотосинтез здійснюється рослинами: в основному - фітопланктоном і, в меншій мірі, макрофітами.

Всю сукупність організмів, існуючих в Світовому океані, можна розділити на 3 основні групи, залежно від способу побудови органічної речовини: рослини, тварини і бактерії.

До *рослин* відносяться ті організми, які створюють органічні сполуки (органічну речовину) з речовин неорганічних (мінеральних), з використанням сонячної енергії. Рослинні організми океану діляться на одноклітинні водорості – фітопланктон, багатоклітинні водорості – макрофіти і квіткові рослини. Оскільки для життєдіяльності рослин (фотосинтезу) необхідна сонячна енергія, всі рослинні організми мешкають тільки в межах глибин куди проникає сонячне світло. Найчисленнішою групою як за кількістю видів, так і за їх загальною масою є одноклітинні. З багатоклітинних рослин в океані найчисленніші бурі і червоні водорості. Квіткових рослин в океані мало – близько 30 нечисленних видів.

До *тварин* відносяться організми, які для свого існування споживають вже готову органічну речовину (гетеротрофи). Ця частина біосфери надзвичайно багатоманітна в порівнянні з рослинним світом, про що вже шла мова вище.

Бактерії є мікроскопічними одноклітинними організмами, що не мають ядра і оточені щільною напівпроникною оболонкою. Бактерії діляться на дві групи: аеробні, здатні розвиватися тільки за наявності

розчиненого у воді кисню, і анаеробні, які не потребують для свого життя вільного кисню. Роль бактерій в океані полягає в тому, що вони розкладають рослинні залишки і труп тварин аж до переходу їх в неорганічні речовини.

Існує ще одна класифікація живих ресурсів океану – по основних групах водних тварин, які використовуються людиною і часто зустрічаються: фітопланктон; зоопланктон; червоні і бурі водорості; креветки, краби і омари; головоногі – кальмари і восьминоги; загоны риб – акули, оселедцеві, анчоусові, лососеві, коропові, сомові, макрелешукові, тріскові – тріска і хек; окуневі, скумбрієві – макрелі і тунці, скорпіонові, камбалоподібні; ссавці – китоподібні.

1.1 Кругообіг органічної речовини в океані

Одна із закономірностей функціонування морських екосистем полягає у формуванні кругообігу речовин - переході їх з неорганічної форми в органічну і назад. Для забезпечення цього кругообігу необхідний постійний приплив енергії. Причому, якщо трансформація речовин в екосистемі циклічна, то потік енергії односпрямований. Вся енергія, що надходить, розсіюється, врешті-решт, у вигляді тепла в результаті механічних, хімічних і біохімічних процесів.

Постійний приплив енергії в екосистему забезпечує Сонце. Світло і тепло, що надходить від Сонця, забезпечують процес фотосинтезу, в результаті якого неорганічні солі, вуглекислий газ і вода перетворюються рослинами в органічну речовину, що становить їх біомасу. Вона використовується рослиноїдними тваринами, а ті, у свою чергу, поїдаються хижаками. Як рослини, що використовують мінеральні речовини для утворення живої матерії, так і тварини, звані консументами (споживачами), трансформують речовини в свою біомасу і у відходи. Тому органічна речовина міститься в морській воді як в живій (біотичній), так і у косній (неживій) формах. Остання утворюється в результаті відмирання і метаболічних виділень живих організмів. Косна органічна речовина ділиться на завислу (детрит) і розчинену (РОР) форми. Детрит, на відміну від РОР, має гравітаційну швидкість осадження і поступово, під дією сили тяжіння, опускається в більш глибокі шари і на дно. Детрит служить їжею для бактерій, найпростіших, зоопланктону і бентосу. Нежива органічна речовина шляхом автолізу (розпаду) бактеріями і цвіллю (редуцентами) перетворюється знову на неорганічні речовини (солі), вуглекислий газ і воду. Бактерії і грибки – третій необхідний елемент, що замикає кругообіг речовин.

Рослини, які створюють органіку в результаті фотосинтезу, називаються первинними продуцентами, а загальна кількість речовини, що

утворюється при цьому за якийсь певний проміжок часу, називається валовою первинною продукцією.

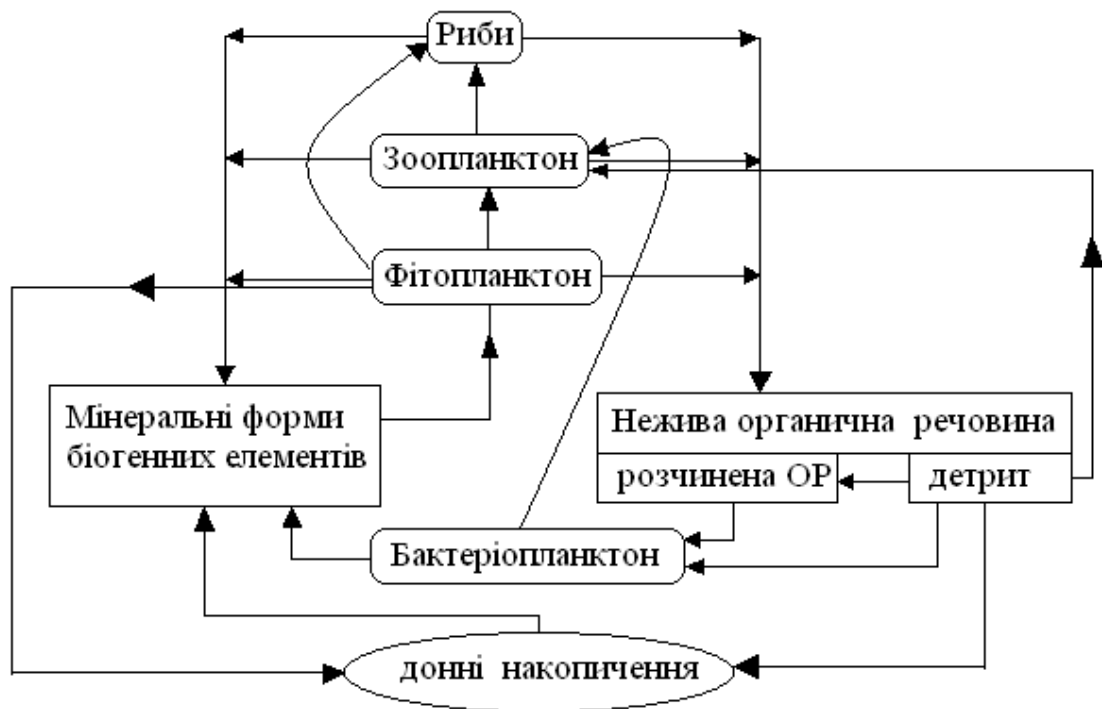


Рис. 1.1 – Кругообіг речовин у водному середовищі

За способом живлення виділяють 5 типів організмів: рослиноїдні; м'ясоїдні (хижаки); ті, що харчуються падаллю або трупоїди; ті, що харчуються органічним детритом і, нарешті, ті, що розкладають неживу (косну) органічну речовину (редуценти) на мінеральні речовини.

Біологічні взаємодії між організмами, що пов'язані із споживанням їжі, називаються *трофічними*. Виробники органічної речовини (автотрофи) і його споживачі (гетеротрофи) утворюють трофічні рівні, трофічні сітки або піраміди. Органічна речовина передається по трофічних рівнях, починаючи з першого (основа піраміди), на якому рослини (перш за все фітопланктон) утворюють валову первинну продукцію. Другий трофічний рівень утворює рослиноїдний зоопланктон. Продукція зоопланктону називається вторинною. Хижаки 1 рангу, що поїдають зоопланктон, формують наступний трофічний рівень і створюють органічну речовину, звану третинною продукцією. Далі слідує хижаки більш високих рангів. Замикають систему кругообігу живильних (біогенних речовин) процеси бактерійного розкладання (опосередкована регенерація) і обмінні процеси, що протікають в організмах рослин і тварин (пряма регенерація). Трофічні зв'язки є основою збалансованості життєвих циклів в океані.

Описана схема трофічних рівнів є наближеною. З урахуванням реальності, більш правильно говорити не про харчовий ланцюг, а про

харчову сітку. В цьому випадку на різних трофічних рівнях знаходяться декілька різних організмів і обмін речовинами йде між організмами різних рівнів. В цьому випадку з'являються перехресні трофічні зв'язки, утворюється трофічна сітка. Наприклад, риби живляться фітопланктоном, зоопланктоном, бентосними організмами і, хижі, - рибами. Кальмари живляться ракоподібними і рибами, і самі є об'єктом живлення риб. Ссавці їдять рибу, ракоподібних і водорості.

Екологічна ефективність трофічного рівня визначається величиною енергії, яка надходить на наступний рівень. В загальному випадку величина продукції, що надходить на який-небудь рівень, визначається множенням первинної продукції на екологічну ефективність всіх попередніх рівнів. Значення екологічної ефективності трофічних рівнів досить низькі, порядку 0,1, тому на вищі трофічні рівні надходить відносно мало енергії.

У морській екосистемі просторова організація потоків енергії і речовини має важливу особливість. Зона, в якій протікає фотосинтез, розташована біля поверхні океану, а в глибинних шарах фотосинтез відсутній. В ці шари афотичної зони, які у відкритому океані можуть бути відокремлені від шару фотосинтезу значною відстанню, енергія надходить в хімічній формі. Перенесення енергії в глибинні шари відбувається по харчовому ланцюгу і через осідання органічного детриту. Таким чином, виникає потік живильних речовин від поверхневих шарів, спрямований у глиб океану. Якби не існували протилежні процеси, то верхній шар океану дуже швидко позбувся б живильних речовин і життя в океані припинилося. Зворотне надходження живильних речовин в поверхневі води океану відбувається унаслідок декількох фізичних процесів, перш за все - апвелінгу, екваторіального підйому вод, підйому вод у високих широтах при руйнуванні сезонного термоклин унаслідок конвекції. В деяких прибережних районах Світового океану інтенсивність апвелінгу особливо велика. Висока концентрація живильних речовин створює сприятливі умови для розвитку фітопланктону і інших організмів. Саме ці райони Світового океану є найпродуктивнішими.

Для кількісного обліку всіх організмів, що населяють водну товщу (планктону, нектону, бентосу), використовуються поняття "біомаса" і "чисельність". Загальна біомаса – це маса всіх організмів, що міститься в одиниці об'єму води. Загальна біомаса, як і біомаса груп тих або інших організмів, вимірюється в грамах на літр (або в грамах на 1 квадратний метр). Чисельність - це кількість організмів однієї і тієї ж групи або виду, що міститься в одиниці об'єму води, або що мешкають у визначеному районі. Під біологічною продуктивністю району розуміють продуктивність (продукування) органічної речовини всім угрупованням організмів певного океану, моря або якої-небудь частини акваторії за визначений період часу.

Загальна кількість речовини, що утворюється при фотосинтезі за визначений відрізок часу, називається *валовою первинною продукцією*. Частина первинної продукції використовується рослинами як джерело енергії. Різниця між валовою первинною продукцією і частиною органічної речовини, що використовується рослинами, називається *чистою первинною продукцією*. Вона доступна для споживання організмами більш високих трофічних рівнів.

1.2 Біологічні ресурси Світового океану

Якщо біомаса - загальна сумарна кількість живих організмів в одиниці об'єму або на одиниці площі акваторії, безвідносно до її харчової корисності для людини, то з урахуванням практики промислу і споживання людиною виділяють визначену її частину, яка складає поняття *біологічні ресурси*. Їх величина обумовлена біологічною продуктивністю, можливістю відновлення під дією природних і антропогенних чинників. При оцінці залежності між природним середовищем і продуктивністю необхідно враховувати декілька загальних положень:

- енергетична забезпеченість продукційних процесів;
- речовинна забезпеченість продукційних процесів: біогенні елементи, органічна речовина, первинна продукція;
- сприятливі для мешкання і відтворювання організмів фізичні і хімічні умови;
- стійкі трофічні взаємостосунки, які включають кормову базу промислових об'єктів;
- оптимальні умови середовища для різних груп організмів і стадії їх розвитку, пристосованість до змін цих умов;
- концентрація організмів під впливом абіотичних і біотичних чинників;
- природна, технічна і економічна доступність промислових об'єктів.

Кажучи про біологічні ресурси Світового океану, що використовуються людиною, необхідно пам'ятати, що у міру розвитку техніки і технологій, у міру переходу від рибальства прибережного, морського до океанічного людина освоює не тільки нові райони, але і об'єкти промислу. В даний час є два напрями у використанні біологічних ресурсів океану:

1) промислом активно освоюються види, що раніше не представляли великої харчової цінності (мінтай Тихого океану, путасу Атлантики);

2) людина починає освоювати не тільки менш цінні в харчовому відношенні об'єкти, але й робить спроби залучити в технологічний процес по переробці біологічних ресурсів океану організми, що знаходяться на

низьких трофічних рівнях (кріль антарктичних вод). Проте до теперішнього часу головними представниками біологічних ресурсів, що вилучаються з Світового океану, є риби.

Між умовами середовища, живими організмами і промислом немає і не може бути простих однозначних зв'язків; є великою помилкою облік тільки фізичних і хімічних умов. Роль природних чинників у всіх аспектах продуктивності океану розглядається в світлі широтної, вертикальної і циркумконтинентальної зональності, причому значення останньої для рибальства особливо важливе. Широтні фізико-географічні зони показують відмінності в надходженні світла і тепла і, відповідно, в енергетичній стороні процесів в океані, в їх впливі на розподіл організмів і продуктивність. Циркумконтинентальні зони дають уявлення про мінливість продуктивності по мірі віддалення від границь континентів.

Загальна біомаса тваринних організмів в Світовому океані майже в 20 разів перевищує біомасу рослинних. Це співвідношення принципово відрізняється від того, що властиве суші. Щорічна продукція морських організмів перевищує їх біомасу більш ніж в 17 разів, причому основу цієї продукції - до 90 % - складають найдрібніші організми фітопланктону - первинна продукційна ланка (основа трофічної піраміди) (табл. 1.1).

Первинна продукція, це продукція головним чином фітопланктону, виражена через вуглець органічної речовини (ОР), яка створюється за одиницю часу в одиниці об'єму води або під одиницею площі акваторії (рис. 1.2). Величина річної первинної продукції Світового океану в перерахунку на органічний вуглець складає 100×10^9 тСорг/рік (Гершановіч та ін., 1990). Хоча збільшення первинної продукції Світового океану не означає в загальному випадку збільшення його рибопродуктивності. Проте правильна оцінка первинної ланки трофічного ланцюга дозволяє реальніше представити можливі розміри подальших ланок цього ланцюга, у тому числі і рибопродуктивність, оскільки живлення більшості морських організмів залежить від кількості і продукування фітопланктону.

Розподіл первинної продукції в Світовому океані у загальних рисах підлеглий широтній і циркумконтинентальній зональності. У зв'язку з тим, що продуктивність фітопланктону в першу чергу пов'язана із забезпеченістю його біогенними елементами, загальна картина розподілу первинної продукції багато в чому співпадає з розподілом біогенів (рис. 1.3-1.4). Максимальні величини первинної продукції (більше $2 \text{ гС}/(\text{м}^2 \cdot \text{доб})$) характерні для зон апвелінгу, мінімальні (менше $500\text{-}750 \text{ мгС}/(\text{м}^2 \cdot \text{доб})$) - приурочені до центрів океанських антициклонічних кругообігів. Високою продуктивністю (не менш $1,0 - 1,5 \text{ гС}/(\text{м}^2 \cdot \text{доб})$) відрізняються антарктичні води. В прибережних областях і за їх межами

більш висока первинна продукція спостерігається головним чином в помірних, субполярних і екваторіальних широтах.

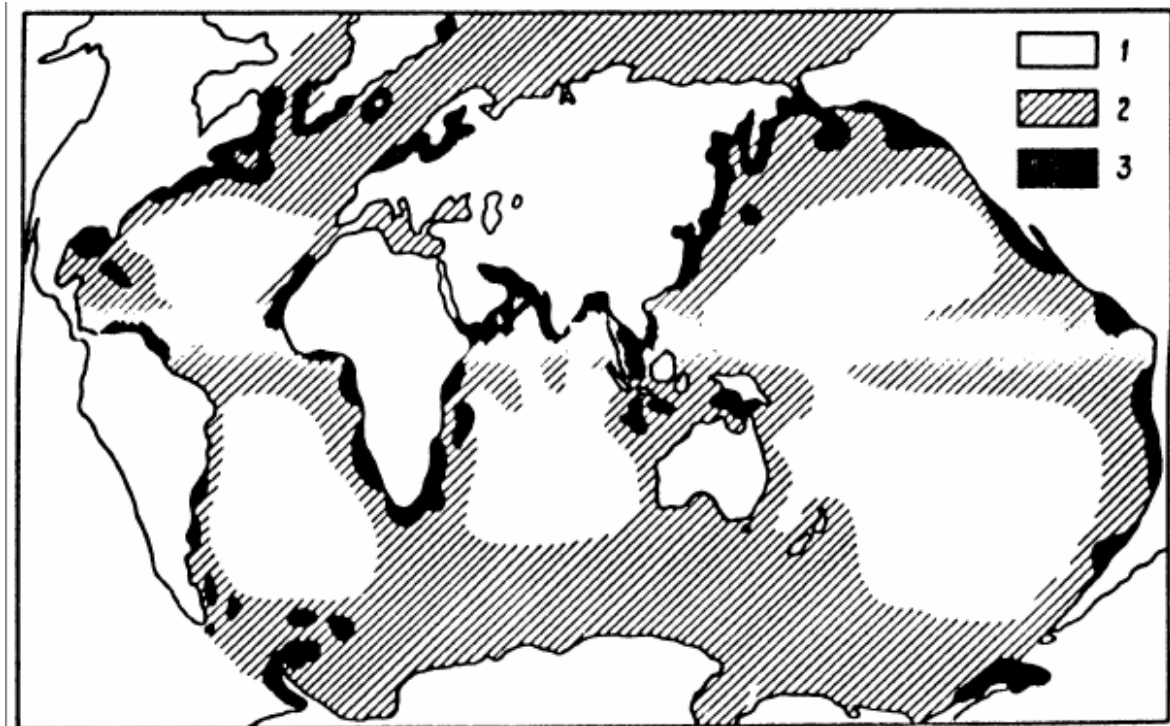


Рис. 1.2 – Розподіл первинної продукції, розрахованої по споживанню біогенних елементів в евфотичному шарі, $\text{мгС}/(\text{м}^2 \cdot \text{доб})$ [4]: 1 - 750; 2 - 1250; 3 - 1750

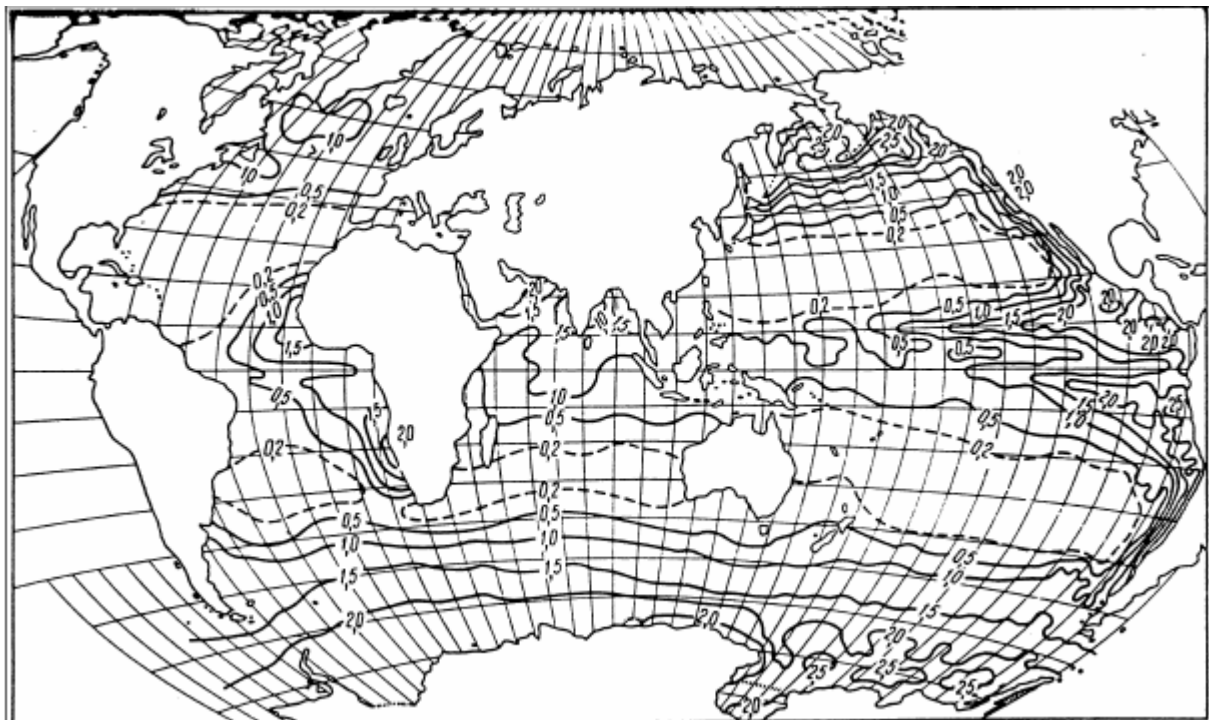


Рис. 1.3 – Розподіл фосфатів на горизонті 100 м, мкг-ат/л [4]

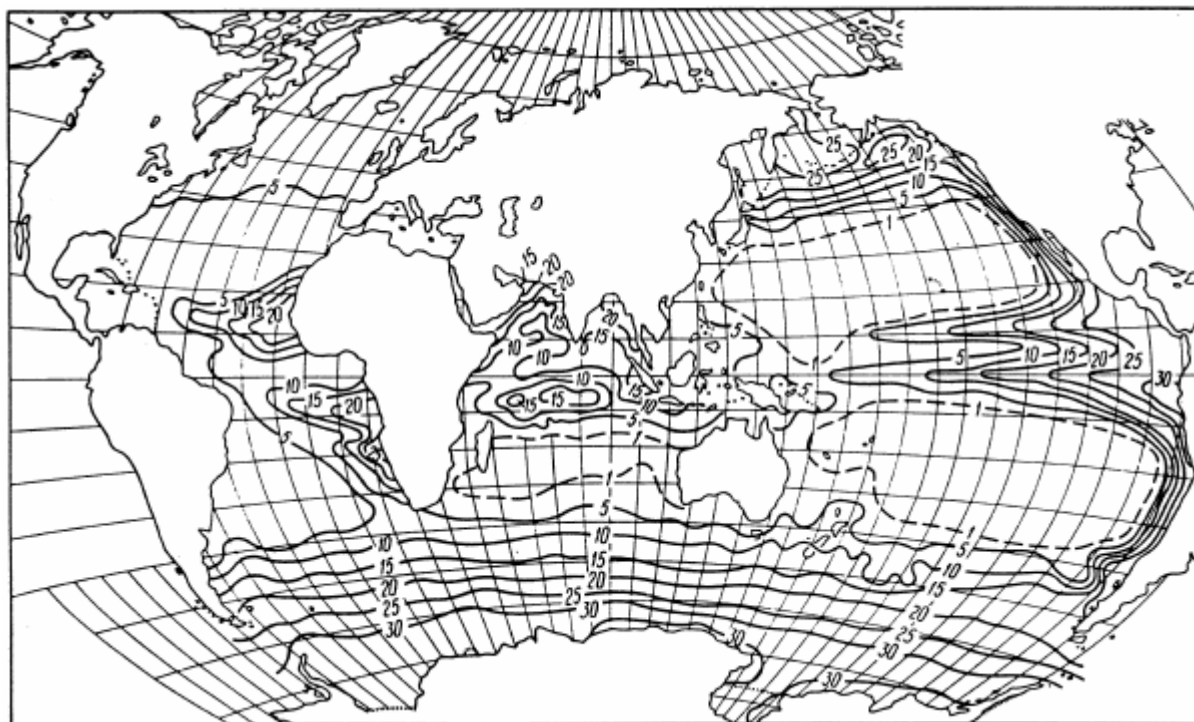


Рис. 1.4 – Розподіл нітратів на горизонті 100 м, мкг-ат/л [4]

Фітопланктон [5]. В Світовому океані мешкає близько 2000 видів планктонних організмів (з них близько 1700 видів - в північній півкулі). Біомаса фітопланктону складає близько 1,5 млрд. т, а продукція, що утворюється за рік, - 550 млрд. т (Богоров, 1974).

Таблиця 1.1 – Біомаса і продукція різних груп організмів у Світовому океані, млрд. т в siriy vazi (Богоров, 1974) [5]

Найменування	Біомаса (Б)	Продукція (П)	Коефіцієнт відтворювання (П/Б)
Продуценти:			
- фітопланктон	1,5	150,0	366,0
- фітобентос	0,2	0,2	1,0
Консументи:			
- зоопланктон	21,5	53,0	2,5
- зообентос	10,0	3,0	1/3
- нектон	1,0	0,2	1/5
Редуценти:			
- бактерії	0,07	70,0	1000,0

Основна роль в створенні первинної продукції в Світовому океані належить діатомовим, передінієвим і синьо-зеленим водоростям. При цьому на частку діатомових доводиться 90-98 % в полярних і помірних широтах і 50-60 % в субтропіках і тропіках. В середньому по всьому Світовому океану в загальному балансі первинної продукції і біомасі

фітопланктону на частку діатомових доводиться 77 %, передінієвих 22 і синьо-зелених - 1.

У цілому в Світовому океані найбільша біомаса фітопланктону (більше 100 мг/м^3) спостерігається в районах підйому глибинних вод, в зонах стику теплих і холодних течій, в районах з інтенсивним вертикальним перемішуванням вод, поблизу гирл річок і біля кромки льоду (рис. 1.5). Ці райони складають лише невелику частину площі Світового океану. Величезні простори, зайняті антициклонічними кругообігами, в цілому, бідні фітопланктоном. Проте, як показали дослідження останніх років, на окремих регіональних ділянках цих кругообігів може відзначатися висока біомаса фітопланктону і, як наслідок, первинної продукції.

Зоопланктон [5]. В Світовому океані мешкає близько 2000 видів зоопланктону. Видовий склад його найбільш різноманітний в тропічній зоні; в полярних зонах північної і південної півкулі та в прилеглих до них районах помірних широт мешкає всього 150-200 видів зоопланктону. Згідно Богорову (1974), загальна маса зоопланктону в Світовому океані складає 21,5 млрд. т, а річна продукція - 53 млрд. т. Біомаса його коливається в різних районах океану в дуже широких межах - від менше 25 мг/м^3 до більше 500 мг/м^3 . Розподіл зоопланктону залежить перш за все від кількості їжі, тобто від просторового розподілу фітопланктону (рис. 1.6). Розвиток останнього у свою чергу залежить від розподілу біогенних елементів. Тому розподіл фосфатів, нітратів, кисню, фітопланктону і зоопланктону багато в чому аналогічні один одному. Розподіл біомаси зоопланктону в межах кожного крупного району Світового океану має плямистий характер. Це спричинено місцевими особливостями руху вод, які обумовлені змінами характеристик вітру в просторі. Зоопланктон є основним компонентом живлення пелагічних риб. У багатьох випадках саме він визначає кормову базу найважливіших об'єктів промислу - зоопланктофагів.

Організми *бентосу* виключно різноманітні: в Світовому океані мешкає близько 181000 їх видів, не рахуючи риб. Кількісний розподіл бентосу в основному відповідає тим же загальним закономірностям, що і зоопланктону. Фітобентос представлений в основному макрофітами, біомаса яких на шельфі (до глибин 180-200 м) складає близько 2 млрд. т. Макрофіти, основна маса яких знаходиться на глибинах менше 20 м, зеленим кільцем опоясують континенти і острови. Деякі види донної рослинності мають велике практичне значення - їх використовують в харчових, технічних і медичних цілях. Крім того, чагарники макрофітів на дні дуже важливі для риб і інших тварин як субстрат для відкладання ікри і як житло личинок і молоді риб. Останніми роками видобуток водної рослинності складає 3,5-4,0 % загального промислу в Світовому океані і має тенденцію до підвищення.

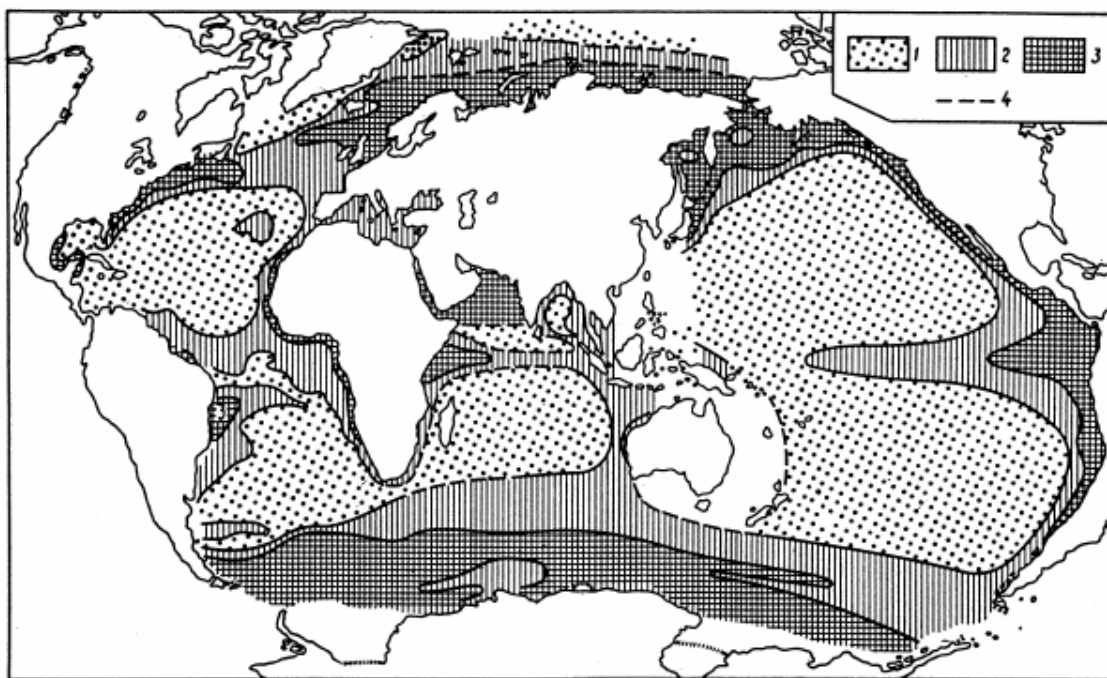


Рис. 1.5 – Розподіл біомаси фітопланктону в шарі 0-100 м по акваторії Світового океану, мг/м^3 [4]: 1 - <10 ; 2 - $10\ldots100$; 3 - >100 ; 4 - ізопланкта, проведена за опосередкованими даними

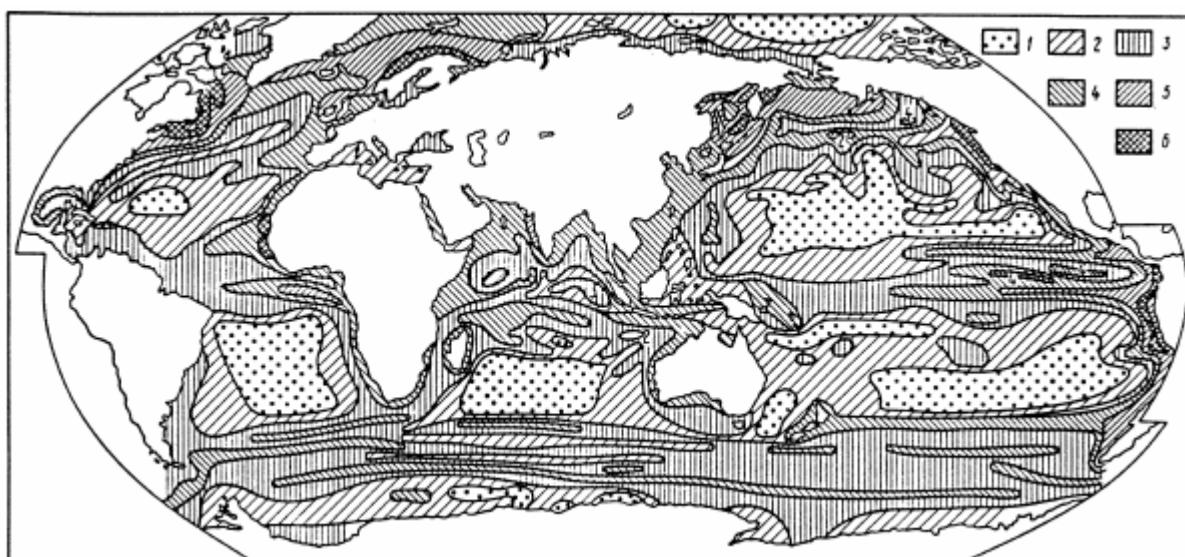


Рис. 1.6 – Розподіл біомаси сіткового зоопланктону у верхньому 100-метровому шарі океану, мг/м^3 [4]: 1 - <25 ; 2 - $25\ldots50$; 3 - $50\ldots100$; 4 - $100\ldots200$; 5 - $200\ldots500$; 6 - >500

Донна фауна - одна з самих багатоманітних в Світовому океані. Це відноситься як до її видового складу, так і до особливостей її функціонування в співтовариствах. Біомаса донної фауни Світового океану складає близько 10 млрд. т (Моїсєєв, 1969): 82 % її знаходиться

на шельфі, 8 % - на материковому схилі, 10 % - в межах ложа океанів і морів (рис. 1.7). Середня біомаса зообентосу в цих областях океану дорівнює відповідно 200, 20 і 0,2 г/м². Однією з причин такої особливості її розподілу є зменшення кількості їжі при збільшенні глибини. Відмерлі у верхньому шарі тварини і рослини занурюються поволі, і частина їх споживається в товщі води нектоном, а у частини - органічна речовина (ОР) піддається мінералізації. Тому кількість органічних речовин, що досягли дна, суттєво залежить від глибини водного басейну. Згідно сучасним уявленням, дна досягає приблизно 5-10 % ОР, що утворилися у верхньому шарі. Що майже всі ОР, що опустилися, споживаються бентосними організмами. Тому розподіл останніх дуже сильно залежить від надходження їжі. В цілому розподіл бентосу добре узгоджується з розподілом фітопланктону і зоопланктону.

На частку бентосних безхребетних (ракоподібних, молюсків, голкошкірих) припадає понад 6 % загального світового улову. Планктонні ракоподібні дають майже 0,6 % загального вилову. Сумісно з водною рослинністю (3,5-4,0 %) організми планктону і бентосу дають більше 10 % сукупного світового улову. При цьому необхідно мати на увазі, що промислові організми планктону і бентосу мають виключно високу харчову, медичну і технічну цінність.

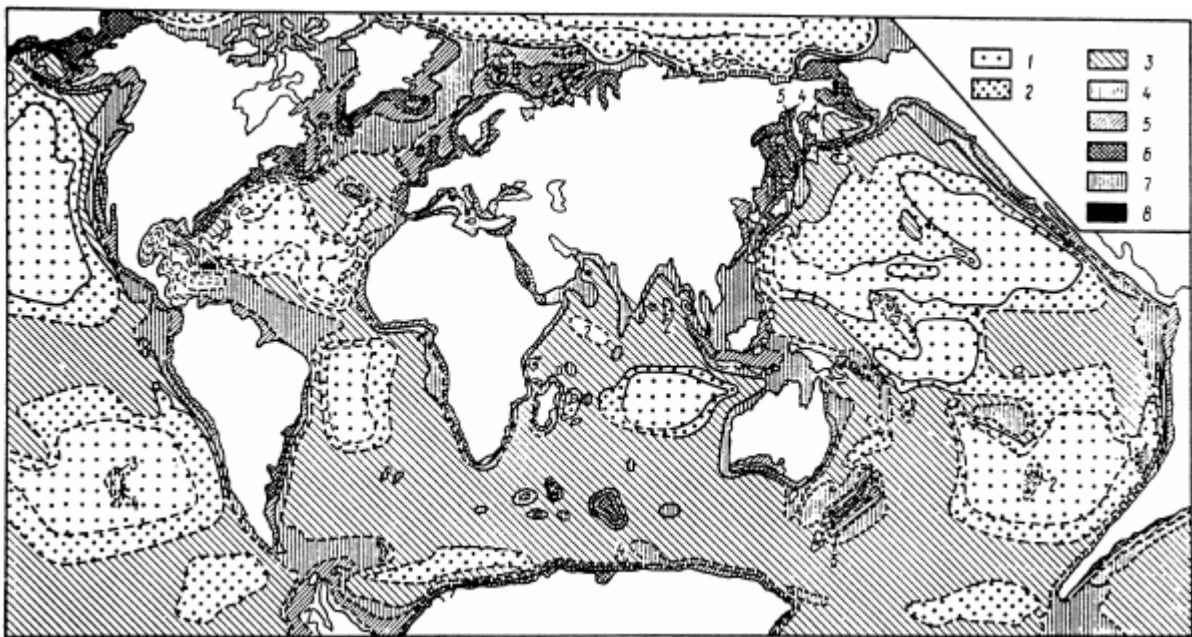


Рис. 1.7 – Розподіл біомаси бентосу в Світовому океані, г/м² [4]: 1 - менше 0,05; 2 - 0,05...0,1; 3 - 0,1...1,0; 4 - 1,0...10; 5 - 10...50; 6 - 50...300; 7 - 300...1000; 8 - більше 1000

Практично по всіх групах нерибних об'єктів промислу можливе збільшення видобутку. Правда, ці можливості дуже нерівноцінні по окремих об'єктах і районах океану. Як показує практика і наукові

дослідження, запаси камчатського краба, омарів використовуються людиною повністю. Приблизно на такому ж рівні знаходиться промисел креветки: вилов креветок може зрости лише в обмежених районах за рахунок розвитку промислу дрібних і (або) глибоководних видів. Наприклад, можливе збільшення видобутку глибоководних видів креветки в Карибському морі. Тут же можливе зростання вилову лангусти. Недостатньо використовуються в Світовому океані групи моллюсків, що мають раковини. Видобуток і культивування їх практикується в США, Японії, Кореї, Франції, на частку яких доводиться майже 90 % світового улову. В тропічних і субтропічних районах Латинської Америки, Африки недостатньо використовуються запаси крабів-плавунців, лангустинів.

Найзначнішим резервом видобутку ракоподібних є перехід промислу на більш низький трофічний рівень. Так, вилов безхребетних ракоподібних (*Euphausia superba* Dana - криль), що мешкають в антарктичних водах, можна збільшити на порядок і навіть більше. Багато дослідників вважають популяцію цих тварин найбільшою популяцією водних тварин на Землі. Існує думка про можливість щорічного їх вилову в розмірі 100 млн. т. Проте у визначенні сумарної біомаси і продукції цього рачка дотепер існують дуже великі розбіжності. У зв'язку з цим для підрахунку можливого максимального вилову крилю необхідне проведення детальних міжнародних досліджень, зокрема, за участю країн, зацікавлених в цьому: Аргентини, Великобританії, Росії, США, ФРН, Чилі, Японії.

Нектон [5]. За оцінками В.Г.Богорова (1974), біомаса нектонних організмів складає близько 1 млрд. т, а продукція дорівнює 0,2 млрд. т/рік. Таким чином, біомаса тварин майже в 20 разів перевершує біомасу рослин. Така невідповідність біомаси їжі і її споживачів в океані, як вважає В.Г.Богоров, можлива тільки через величезну продукцію одноклітинних водоростей планктону.

До нектону відносяться головним чином риби, головоногі молюски і морські ссавці.

Серед головоногих моллюсків найважливіше місце належить кальмарам, наймасовішим їх представникам. Найбільше промислове значення серед кальмарів мають два сімейства: неретичні (близьматерикові) кальмари (*Loliginidae*) і океанічні кальмари (*Ommastrephidae*). Видобуток останніх має менше значення, оскільки їх щорічний улов складає 10-15 % загального вилову кальмарів (близько 1100 тис. т і 150 тис. т відповідно). Промисел кальмарів в даний час охоплює не більше 10 % ареалу їх розповсюдження і має великі резерви для збільшення. Подальший розвиток світового промислу головоногих моллюсків, і перш за все кальмарів, залежатиме від переведення промислової активності в пелагіаль відкритого океану.

Деякі види морських ссавців впродовж багатьох десятиріч і навіть сторіч були основним джерелом тваринного білка, основним об'єктом промислу для людей, що живуть на узбережжі океану. Це відноситься перш за все до ластоногих (моржі, тюлені, сирени, калани і ін.) і китоподібних. Найбільшу утрату при цьому понесли - з розвитком техніки, промислу і технології переробки - китоподібні, хоча окремі види ластоногих зникли вже в історично недавній час. Зокрема, знаменита стеллерова морська корова (*Hidrodamalis gigas*) була варварські знищена промислом ще в другій половині XVIII століття. Згідно даним FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), з 1868 по 1965 р. було здобуто 1995760 китів, з них фінвалів – 42 %, кашалотів - 20, синіх - 13, горбатих - 9, сейвалів - 8,5 і інших - 3%. Враховуючи: 1) слабкий облік видобутих китів в XIX столітті; 2) явно занижені показники видобутку китів в період з 50-х до початку 70-х років XX століття, - необхідно визнати цю цифру (близько 2 млн. голів за сторіччя) дуже приблизною і заниженою.

Згідно офіційним даним FAO, максимум видобутку китів в післявоєнний час прийшовся на 1962 р. - здобуто 66090 крупних китів (голубі, фінвали, горбані, сейвали, кашалоти і ін.). Після 1962 р. видобуток постійно зменшувалася, промисел став базуватися на дрібних видах (малі полосатики, кашалоти), і на початку 70-х років Міжнародна китобійна комісія ухвалила рішення про заборону видобутку китоподібних. Промисляти китів мають право лише народи, що відвічно займаються їх промислом в прибережних водах північних морів (ескімоси, чукчі, жителі Фарерських островів без використання сучасних технічних засобів). І хоча уряди деяких країн (Норвегії, Японії) наполягають на відновленні китобійного промислу, посиляючись на нібито відновлену чисельність китів у водах північної півкулі, міжнародне співтовариство (а це США, Великобританія, Росія, ФРН і багато ін. країн) заборону на промисел китоподібних не відмінило. Більш того, в 1994 р. Міжнародна китобійна комісія FAO при ООН визнала за доцільне організувати міжнародний китовий заповідник в приантарктичних водах.

Промисел ластоногих ведеться і дотепер, головним чином в прибережних арктичних водах, але масштаби його порівняно невеликі.

Риби в даний час мають найбільше промислове значення. Вони діляться на хрящових і костистих. До перших відносяться підкласи хрящових (акули, скати) і цільноголові (химери). До костистих відносяться двоякодишаючі і вищі. Останні поділяються на 4 групи: 1) хрящекостні (осетрові); 2) цілюнокостні (панцирні щуки); 3) кистопері; 4) костисті.

Серед останніх виділяють чотири основні екологічні типи.

1. Пелагічні планктофаги - дрібні риби розміром не більше 25 см. Живляться дрібними планктонними організмами (анчоуси, сардини).

2. Пелагічні хижаки - більш крупні риби, що живляться організмами з різних трофічних рівнів (скупбрія, тріска, тунці, мінтай, ставрида).
3. Демерсальні хижаки - живуть в придонних водних шарах, живляться нектобентичними і бентичними безхребетними, дрібною рибою (камбала, палтус, пікша і ін.).
4. Прохідні риби - лососі, вугор, мойва, кілька.

У даний час (на рівні загонів риб) в Світовому океані виняткове промислове значення мають оселедцеподібні, тріскоподібні, окунеподібні, скорпеноподібні і камбалоподібні. Менше значення мають заgonи ламноподібних, катраноподібних, скатоподібних, міктофоподібних, сарганоподібних, довгохвостоподібних, кефалеоподібних і вугроподібних, можливості промислового освоєння яких ще далеко не вичерпані.

Пануюче положення оселедцеподібних, тріскоподібних і окунеподібних риб в світовому вилові не випадково. Їх пристосованість до мінливості умов мешкання виключно велика. Крім того, видова різноманітність дозволяє представникам цих загонів виступати в ролі основних харчових конкурентів на вищих ступенях трофічних сходів, займати майже всі найзручніші екологічні ніші, витримувати прес промислу, що зростає.

Таким чином, п'ять загонів морських риб (або близько 400 їх видів) зараз і близько 10 – в перспективі є основою масового промислу на довгі роки. Світовий улов, за даними ряду дослідників, може досягати не менше 100 млн. т, а за підрахунками фахівців FAO різних років улови можуть складати 130-250 млн. т/рік.

Найбільш характерною рисою динаміки світового вилову гідробіонтів за останні 10-15 років є його постійне зростання при деякому скороченні вилову в окремі роки (табл. 1.1).

Найбільш продуктивними є райони помірних і субполярних широт, частково субтропічних, а також східні периферії океанів. Вони характеризуються підвищеним динамічним режимом, чітко вираженою сезонністю, високими концентраціями біогенних елементів, відповідно і високою продукцією фіто- і зоопланктону, які визначають кормову базу риб.

Таблиця 1.2 – Світовий вилов риб та нерибних об'єктів у 1984 - 1995 рр., тис.т. (за даними FAO, 1997)

Район лову	Рік							
	1984	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Вилів в океанах і морях	73054	86819	83256	83029	84571	85938	91514	91905
Вилів в прісноводних водоймах	9716	13841	14716	14768	15606	17234	19025	21005
Світовий вилов у цілому	82770	100660	97972	97797	100177	103172	110538	112910

Не дивлячись на те, що в кінці 70-х - 80-ті роки рибопошукові зусилля багатьох країн, перш за все СРСР, були спрямовані на води південної півкулі і де були досягнуті певні успіхи (зокрема, відкритий величезний за площею ареал ставриди за межами економічної зони Чилі), проте, промислові райони північної півкулі і до теперішнього часу є основними постачальниками риби. У таблиці 1.3 приведені дані про внесок різних областей океану в загальносвітовий вилов. (За даними FAO, 1997).

Для багатьох видів риб відомі ареали їх розповсюдження, міграційні шляхи. Проте промисел можливий тільки там, де риби утворюють масові скупчення. Частіше за все такі скупчення утворюються біля природних границь, куди входять берег, дно, градієнтні зони гідрологічних і гідрохімічних показників, на ділянках рясного розвитку кормових організмів, в районах нагулу, нересту і зимівлі.

Останніми роками збільшився лов деяких представників саргоноподібних, що складаються з сімейств напіврил, летаючих риб, макрелешук і сарганових; заgonу макруріподібних (риб, близьких до тріскових); заgonу бериксоподібних і заgonу сонечників. В даний час найважливішими промисловими рибами є: з тих, що мешкають в пелагіалі - анчоусові, тунцові, скумбрієві, ставридові, сайрові, лососеві; з донних і придонних риб - тріскові, камбалові, горбилеві; з напівглибоководних риб - морські окуні, мерлуза, чорні палтуси, аргентини і довгохвости.

Таблиця 1.3 – Вилів у різних областях Мирового океану, млн. т [5]

Область	Номери районів	Вилів по роках						
		1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Північна Атлантика	18+21+27	13161300	12487000	12678200	13819500	13424400	13170200	13859900
Центральна Атлантика	31+34+37	7484100	7338000	7197900	6548900	6586300	6997300	7011000
Південна Атлантика	41+47+48	4841400	3821500	3916200	4004000	3737600	3551900	3818700
Індійський океан	51+57+58	6456800	6483600	6878800	7356500	7857300	7818500	8031000
Північна частина Тихого океану	61+67	29570400	28991400	27275300	27416900	28032600	28376300	30316100
Центральна частина Тихого океану	71+77	9153800	9291100	9830300	9918700	9963800	10451500	10778200
Південна частина Тихого океану	81+87+88	16151100	14832900	15252400	15506600	16336000	21148000	18090000

У останні 15-20 років уявлення про тропіки як про біологічну пустелю стало поступово мінятися під впливом численних доказів достатньо високої первинної продукції фітопланктону і бактеріопланктону.

Океанологічні і іхтіологічні дослідження, а також промисел, примусили звернути увагу на численну групу мезопелагічних риб. Більше 60-90 % їх загального вилову в тропіках на глибині 100-300 м доводиться на представників *Myctophidae* і *Gonostemidae*. Мезопелагічні риби живляться зоопланктоном, фітопланктоном і скупченнями бактерій на частинках детриту, тобто вони займають найперші трофічні рівні нектону і є об'єктами живлення для лососів, тунців, скумбрій, ставрид, риби-меч і ін. Багатьом видам мезопелагічних риб, що мешкають в тропіках, притаманний однорічний життєвий цикл. Можливо, що найближчим часом величезна маса мезопелагічних риб стане одним з провідних об'єктів світового промислу, поклавши початок “кормовому” рибальству, тобто велика частина улову піде на кормову муку або на вироблення кормового білка.

Питання для самоперевірки

1. На які групи підрозділяються морські організми в залежності від місця мешкання?
2. Дати визначення планктону і нектону.
3. Які організми відносяться до рослин, тварин і бактерій?
4. Охарактеризувати кругообіг органічної речовини в океані.
5. Охарактеризувати трофічні зв'язки в океані.
6. Що таке біомаса і чисельність організмів?
7. Дати визначення валової і чистої первинної продукції.
8. Дати характеристику розподілу первинної продукції і біомаси фітопланктону у Світовому океані.
9. Охарактеризувати біологічні ресурси зоопланктону Світового океану.
10. Охарактеризувати біологічні ресурси бентосу Світового океану.
11. Охарактеризувати біологічні ресурси нектону Світового океану.

2 ВПЛИВ СЕРЕДОВИЩА НА ПОВЕДІНКУ ПРОМИСЛОВИХ РИБ

У зв'язку з винятковою різноманітністю гідробіонтів і особливостями їх життя вплив океанологічних умов на окремі види далеко не однаковий. Ці умови по-різному впливають на окремі популяції риб одного виду і на риб однієї популяції, але різного віку. Проте багаторічні і численні спостереження і дослідження показали, що існують деякі загальні закономірності залежності іхтіофауни від зовнішнього середовища. І в першу чергу від таких чинників як температура, солоність і густина води; вміст в ній розчиненого кисню і біогенних елементів; течії і вітрове хвилювання; освітленості (прозорості) води; їжі і ін.

Фізичні зв'язки між станом популяції риби і навколишнім середовищем вельми складні і охоплюють багато чинників, діючих одночасно. Тому для розробки достатньо обґрунтованих промислових прогнозів необхідне максимально повне (комплексне) вивчення впливу середовища на поведінку риб і їх чисельність.

Біомаса різних видів і популяцій риб в природних умовах коливається в дуже великих межах. Це відбувається через зміну обмежуючих чинників, в першу чергу, кліматичних. Зміна середньорічної температури на 1-2 °С може мати значний вплив на запаси риб. Велике значення має термін настання весни або осені в помірних широтах, характер весни, яка може бути теплою, холодною, вологою, сухою, з інтенсивною або тихою погодою.

Природні чинники обумовлюють виживання молоді риб, оскільки дорослі особини здатні існувати якийсь час і без достатньої їжі. Від великої кількості рослиноїдних риб залежать і хижаки. Тому вслід за періодом пригноблення перших настає фаза зменшення других. Велике демпфуюче значення має складність екосистеми. Складніші є і більш стійкими, оскільки в них є резервні об'єкти живлення і можливості рослиноїдних уникати хижаків.

Термін «поведінка риб» вживається для позначення реакції косяків риб, а іноді і всього стада даного виду риб на переважаючі умови середовища і їх зміни. Для фахівців, які працюють в області промислових прогнозів, в першу чергу представляють інтерес саме групові реакції і поведінка риб: скупчення в косяки, розсіяння, вертикальні міграції (добові і довгоперіодні), міграції пов'язані з нерестом і живленням, пасивне перенесення течіями, ступінь активності, живлення і нересту. Хоча і у меншій мірі, але також важливе знання особливостей виросту риб і їх смертності.

2.1 Вплив температури води на риб

Серед багатьох характеристик океанського середовища особливе місце в промисловій океанології займає температура. Важливе екологічне значення температури води пояснюється її значним впливом на всі без виключення біологічні процеси в морі, починаючи з продукування первинної органічної речовини і закінчуючи поведінкою промислових скупчень гідробіонтів. Зміни температури зміщують хімічну рівновагу водної товщі, уповільнюють або прискорюють хід хімічних реакцій, визначають початок і інтенсивність ходу активного продукування первинної органічної речовини. Швидкість обмінних процесів в організмі, хід дозрівання статевих залоз, рухова і харчова активність управляються, в першу чергу, температурними умовами середовища мешкання. Від температури залежить потреба живих організмів в кисні і їжі, рівнем теплових умов визначається відношення гідробіонтів до дії практично всіх інших чинників середовища. Нарешті, важливість температури як океанологічної характеристики багато разів примножується простотою і незрівнянною з іншими параметрами масовістю її спостережень. Що стосується короткострокового промислового прогнозування, то температура води (вірніше, термічна структура верхнього шару океану) є сьогодні єдиною океанологічною характеристикою, що широко використовується на практиці.

Багато дослідників робили спроби встановити характер зв'язку між поведінкою риб і характеристиками мінливості температурних умов в морі. Наявність такого зв'язку може включати не тільки прямий вплив температурних умов, але і, побічно, вплив інших чинників – системи течій, формування кормової бази і т.п.

При використанні температури як прямого або опосередкованого екологічного індикатора повинні братися до уваги не тільки поточні значення самої температури і межі її флуктуацій, але й її горизонтальні і вертикальні градієнти, значення яких значно змінюються в просторі.

Дослідження свідчать, що відчуття температури у риб дуже розвинене. Окремі види кісткових риб відчують зміну температури води на $0,03 - 0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$ і реагують на неї. У більшості риб температура тіла всього на $0,5 - 1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ відрізняється від температури навколишнього середовища. Тільки у тунців ця різниця може досягати більш $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, але такі високі температури зберігаються у них порівняно короткий час при інтенсивному русі.

Риби можуть жити при різноманітній температурі води. Проте вельми важливе значення для їх розселення і життя в різних умовах має амплітуда коливань температур, при яких можуть жити одні й тіж види. При цьому риб підрозділяють на стенотермних, тобто пристосованих до

вузької амплітуди коливання температури, і евритермних – тих, які можуть жити в межах значних змін температури. Звично риби тропічної і субтропічної зон більш stenотермні ніж риби помірних і високих широт. Порівняно недавно встановлено, що різні види морських безхребетних нерестяться при вузькому діапазоні температур.

Якщо загальна амплітуда температур, при яких може жити той або інший вид риби, дуже часто може бути велика, то для кожної стадії розвитку вона звично значно менше. Риба вибирає воду визначеної, оптимальної для кожного етапу розвитку температури. Так, температура обумовлює відмінність в регіональному розподілі молоді і дорослих риб, оскільки оптимальні температури для молоді і дорослих особин різні.

Температура є зовнішнім подразником, впливає на процеси обміну і регулює фізичну активність риб. Наслідком останнього є підвищення здатності риб вислизати від знарядь лову, а також ловити рухомий корм. Температура води також певним образом діє на меристичні ознаки риб. Наприклад, риби близьких видів, що мешкають у водах з більш низькими температурами, мають більшу кількість хребців і променів плавників.

Роботи, що описують прив'язанність певних об'єктів риболовецького промислу до конкретних ізотерм або діапазонів температур, в промисловій океанології найбільш численні. Проте точність подібних зв'язків невелика, оскільки морським організмам властива евритермність в діапазонах значних просторових і сезонних змін. В практиці промислового прогнозування широко використовуються встановлені залежності між сезонними змінами температури води і міграціями риб в процесі їх біологічних циклів. Зокрема, кількість градусоднів тепла визначає терміни дозрівання ікри і, тим самим, терміни міграції до нерестовищ.

Прикладом прогностичних можливостей зв'язку між температурою води і термінами міграцій може служити залежність переміщень чорноморського шпрота. Він мігрує на шельф північно-західної частини Чорного моря з переходом температури поверхневого шару на цій акваторії через 10 °C.

У відкритих районах Світового океану, де немає пунктів тривалих спостережень за температурою води, репрезентативних для досліджуваних акваторій, можливе використання матеріалів достатньо детальних і регулярних океанографічних зйомок. В процесі таких зйомок встановлюються: особливості вертикального розподілу океанографічних характеристик, в першу чергу температури, солоності і густини; особливості розподілу цих характеристик в площині окремих горизонтів; значення вертикальних і горизонтальних градієнтів вказаних параметрів; ознаки фронтів, шарів стрибка, язиків холодних і теплих вод.

Особливу роль температура води відіграє в репродуктивному циклі риб. Останній поділяється на періоди дозрівання, нересту, інкубації і личінкової стадії.

2.2 Вплив температури води на нерест, розвиток і виживання личінок

Вплив температури води на поведінку риб особливо виявляється в період нересту і навіть в період, передуючий нересту, оскільки вона впливає на дозрівання статевих продуктів. Кожному косяку риб притаманний «нормальний» для дозрівання статевих продуктів діапазон температур. При температурі морської води нижчої за цей діапазон відбувається затримання дозрівання статевих продуктів, а при температурі, яка перевищує верхню межу діапазону, навпаки, процес прискорюється. Отже, поява того або іншого косяка риби в тому або іншому районі нересту визначається попереднім ходом температури в цих районах.

Деякі дослідники вважають, що в нерестовий період риби орієнтуються більше на теплові умови, оптимальні для них, ніж на певне географічне місце. Відомі випадки, коли незвичайна для тих або інших районів температура води примушувала риб нереститися в інших районах. Отже, довгоперіодні зміни температури можуть обумовлювати періодичні переміщення самих районів нересту (а також промислу) риби.

Розвиток ікри і личінок є найбільш критичним періодом в життєвому циклі риб, оскільки саме в цей період вони найбільш сильно піддаються, прямо або побічно, впливу умов зовнішнього середовища. Температура безпосередньо впливає на темп розвитку ікри і личінок, а в поєднанні з солоністю, визначає переважну густину води і, тим самим, впливає на здатність ікри триматися на плаву. Необхідна тривалість інкубації ікри, як і тривалість личинкової стадії, залежить безпосередньо від температури навколишнього середовища.

Згідно даним фахівців, найбільш вірогідною формою залежності між температурою води T_w і тривалістю інкубаційного періоду $t_{\text{и}}$ для різних видів риб є експонента. Наприклад, для ікри атлантичного оселедця:

$$t_{\text{и}} = 4 + 44,7 e^{-0,167 T_w} ;$$

для ікри тріски:
$$t_{\text{и}} = 7 + 30,3 e^{-0,215 T_w} ;$$

для ікри далекосхідної ставриди:
$$t_{\text{и}} = 0,5 + 28,8 e^{-0,159 T_w} .$$

Чим довше інкубаційний період, тим більше ікринок гине, їх розбивають хвилі, поїдають інші риби. Температура води може впливати на збереження ікринок і підвищення врожайності покоління і іншим чином. Густина речовини ікри близька до густини води верхнього шару в районах звичного нересту для даного виду риб. Підвищений температурний фон зменшує густину води самого верхнього шару і ікринки занурюються глибше під поверхню, де хвилювання слабке, тому і

загибель ікринок зменшується. Навпаки, при низькому температурному фоні внаслідок підвищення густини верхнього шару води ікринки опиняються на поверхні, де при тривалому інкубаційному періоді загибель величезної їх більшості приречена саме зниженим фоном температури.

Температурний фон середовища впливає на виживання личінок і, отже, на чисельність мальків. Личінки не можуть активно шукати корм. Вони самі є планктоном. Найважливішим чинником їх виживання є наявність корму. Наявність же корму придатного для личінок обумовлена продуктивністю фітопланктону, яка у свою чергу тісно пов'язана з сезонними змінами температури води, освітленістю і вертикальною турбулентною дифузією біогенних речовин. Достаток зоопланктону, важливого як їжа для личінок, пов'язаний з достатком фітопланктону і з тривалістю нерестового періоду дорослих планктонних організмів, які у свою чергу також контролюються температурою.

Природний «інстинкт» риб виявляється в тому, що в циклі їх розвитку період живлення личінок і мальків, що з'являються, співпадає з часом бурхливого розвитку (піку) кормових популяцій планктону. Отже, дуже рання поява личінок може виявитися передчасною по відношенню до піку в розмноженні планктону і їм не буде достатньо корму. Але, з другого боку, позитивні аномалії температури води також дещо зміщують пік в розмноженні планктону на більш ранні терміни.

Враховуючи вищесказане, багато дослідників вважають, що в помірних і субполярних широтах підвищеному температурному фону в час і після нересту відповідає поява наступного року більшої чисельності нової вікової групи (більш урожайних поколінь), а низькому фону – поява нечисленних поколінь.

Вплив температури води на потужність нового покоління риб може виявлятися і через конкуренцію видів. Прикладом такої конкуренції можуть служити взаємостосунки між сардиною і анчоусом, що мешкає біля південного узбережжя Каліфорнії. Низькі температури більш сприятливі для анчоуса. Тому затримка (на 1-2 місяці) в цьому районі холодних (в порівнянні з середньобогаторічними значеннями) вод приводить до появи більш могутнього покоління анчоуса, личінки якого в живленні конкурують з личінками сардини.

Таким чином, переважна температура води під час нересту і після нього є найважливішим чинником, що визначає так звану “потужність покоління” і виживання личінок найважливіших в промисловому відношенні видів риб. Цей факт враховується при прогнозуванні чисельності вікових груп риб на майбутні роки.

Різниця в чисельності поколінь може бути величезною. Наприклад, з 28 успішно розвинутих поколінь оселедця біля берегів Аляски, найбільше покоління в 34 рази перевершувало за чисельністю найменше. А з 21 успішно розвинутого покоління сардини в північно-східній частині Тихого

океану найбільше в 700 разів перевершувало найменше за своєю чисельністю.

Безперервне спостереження за температурою води на нерестовищах, її змінами в тих районах, де пізніше розвиваються мальки, наявністю і кількістю корму (планктону), а також знання оптимальної для виживання мальків даного виду риб температури полегшує прогнозування виживання нового покоління і потужності вікової групи даного виду.

Вузькість діапазону температур, сприятливих для нересту, впливає на географічний розподіл районів нересту. Наприклад, в Мотовській затоці (Баренцево море) тріска нереститься трьома тижнями пізніше, ніж біля Лофотенських островів, і на 1,5 - 2 місяці пізніше, ніж в Північному морі. В нерестовий період риби більше орієнтуються на океанологічний "клімат" навколишнього середовища, ніж на географічне положення місця. Отже, довгоперіодні зміни температури можуть зумовити періодичні зміщення районів нересту, а також промислу в північному і (або) південному напрямках.

2.3 Вплив температури води на живлення, процеси обміну речовин і виріст риб

Температура води впливає на живлення і виріст риб впродовж всього їх життєвого циклу як побічно, коли обумовлює інтенсивність розвитку планктону, який складає комову базу риб, так і безпосередньо, коли обумовлює підвищення або зниження активності самої риби і процесів біологічного обміну в організмах риб, які і визначають її виріст. При температурі нижче і вище за оптимальний діапазон кормова активність риб значно знижується. Наприклад, встановлено, що тріска не годується при температурі води нижче 1 °С. Оптимальна для живлення тріски температура води знаходиться в межах 2,2 – 15,5 °С. Незвичайно холодна температура взимку або незвичайно висока влітку можуть привести до значного погіршення живлення у зв'язку із зниженням активності самої риби, виріст її припиняється. Наприклад, балтійський оселедець в теплі зими продовжує годуватися і взимку, що викликає інтенсивний його виріст. Навпаки, в суворі зими живлення припиняється.

Виріст риби безпосередньо залежить від швидкості процесів обміну, тобто від швидкості перетворення живильних речовин в живу матерію риби. Існує інтервал температур, при яких різниця між швидкостями процесів обміну речовин у риб в активному і пасивному станах максимальна. Ця температура, при якій рівень активності риб максимальний при оптимальній витраті енергії, і є оптимальною для виросту. Таким чином, хоча деякі види риб переносять коливання

температури води в широкому діапазоні, але їх виріст оптимальний в обмеженому діапазоні температури. Як правило, це відносно високі температури. Наприклад, для виросту морської камбали найбільш сприятлива температура води 13 – 15 °С. При зниженні температури до 2 °С і нижче виріст камбали повністю припиняється, хоча вона і може переносити таку температуру, тобто виживає.

Оптимальні для виросту риб температури води не є одними й тими ж для різних видів, а також для різних вікових груп одного і того ж виду. Молодь риб більш теплолюбива. Дорослі і, особливо, крупні екземпляри (для даного виду) шукають більш низьку температуру. Тому більш крупні і дорослі особини мігрують до більш холодних меж ареалу виду, тоді як менш крупні особини залишаються в районі звичного розповсюдження виду. Нерідко крупні особини не повертаються на звичні нерестовища (через високу для них температуру), а їх нерест в більш холодних районах приводить до масової загибелі ікри, личінок мальків і, отже, не дає покоління. Тому при регульованому правильному вилові в першу чергу повинні виловлюватися косяки таких риб.

2.4 Летальні температури води і масова смертність риб

Найбільші і найменші температури води, при яких риба може існувати, залежать від її попередньої акліматизації. Тому раптові зміни температури для риби значно більш небезпечні, ніж повільні зміни, в процесі яких риба має час для акліматизації. Досліди свідчать, що риби, що звичайно живуть у воді з температурою 12 – 25 °С, гинуть при температурі значно вище точки замерзання. Зокрема, температура 5 або навіть 10 °С виявилася смертельною для досліджуваних видів риби, які акліматизувалися до температури 20 °С. Раптові різкі зміни температури води (всього на 5 °С протягом декількох днів) можуть викликати масову загибель риби. Проте, при повільній зміні температури води, коли риби встигають адаптуватися до цих змін, вони можуть вижити і при набагато більших змінах температури. Так, наприклад, багато риби субполярних широт безболісно переносять сезонні зміни температури води (від літніх до зимових) за період близько півроку. Камбала і тріска в Північному морі виживають при температурі води, близькій до 0 °С, а в 43 % випадків – і більш низькій. Деякі придонні риби (наприклад, бичок-головач) виживають навіть при температурі замерзання морської води.

Окрім нижньої, існує і верхня межа температури, вище за яку риби не виживають. Верхня і нижня межі виживання (летальні температури, при яких 50 % риби засинає або гине протягом 24 годин) відрізняються для різних видів риби і для риби різного віку одного і того ж виду. Дорослі,

крупні особини більш чутливі до змін температури, ніж молоді і дрібні риби.

2.5 Довгоперіодні зміни температури води і їх вплив на розподіл риб

Довгоперіоді коливання температури води (довгоперіодні аномалії – відхилення від норми) можуть бути слідством змін циркуляції вод і місцевих метеорологічних умов. Аналіз гідрологічної обстановки у випадках різних коливань умовів показує, що ці коливання нерідко корелюють з аномаліями температури води, хоча вплив температурних умов може бути не тільки прямим, але й опосередкованим (через збільшення або зменшення кількості корму, зміни вмісту кисню і т.д.).

Вплив довгоперіодних коливань температури води на риб виявляється наступним чином. При підвищенні температури відбувається:

- ослаблення нересту в південній частині ареалу розповсюдження виду і посилення його в північній частині;
- зміна районів нересту як можливий наслідок підвищення температури води біля дна;
- виникнення на півночі нових нерестових і кормових районів;
- збільшення кількості корму в більш високих широтах як наслідок зростання температури води, а також змін течій і кількості живильних солей, які є у воді;
- збільшення тривалості періоду виросту риб;
- переміщення далеко на північ межі області, в якій можливе виживання личінок.

Пониження температури води обумовлює зворотні явища.

2.6 Вплив течій на риб, їх розподіл і поведінку

Вплив течій на поведінку, тобто масові реакції риб, позначається різним чином. Прямий вплив полягає в тому, що вони переносять ікру і личінки. Перенесення використовують і дорослі риби. Вважається, що риби можуть використовувати течії як орієнтир при міграції. Особливо це відноситься до придонних видів, які можуть бачити своє переміщення щодо поверхні дна.

У роботі [9] перераховані наступні дії течій на поведінку риб:

- течії переносять ікру риб і мальків з областей нересту в райони їх розвитку, а звідси в райони відгодівлі. Будь-яке явище, пов'язане з

цим перенесенням, впливатиме на виживання кожного даного покоління риб;

- течії можуть визначати напрям міграції дорослих риб, оскільки вони служать засобом орієнтування для риб;
- течії (особливо припливні) можуть обумовлювати добові зміни поведінки риб;
- течії можуть впливати на характеристики морського середовища і тим самим визначати безпосередньо чисельність будь-якого даного виду риб і навіть межі його географічного розповсюдження;
- течії, особливо процеси, що відбуваються уздовж їх границь, можуть визначати розподіл дорослих риб як безпосередньо шляхом прямої дії, так і побічно, коли вони обумовлюють скупчення організмів, що служать кормом для риб, або призводять до створення в морському середовищі інших меж для риб.

Наприклад, відомо, що течії створюють зони з великими градієнтами характеристик води, особливо температури, що служать межами ареалів або викликають тимчасові затримки риб, які мігрують.

Швидкість руху риб залежить від їх розмірів і температури води. Швидкість дорослих риб більшості видів має такий же порядок, як і швидкості більшості течій. Хоча у ряді випадків швидкість риб (тунці, лососі, ставриди, скумбрії і ін.) перевершує швидкість течій. Так, макрель розміром 33 - 38 см розвиває швидкість до 189 - 300 см/с; ставрида звичайна – 5 - 55 см/с. Максимальну швидкість риба може підтримувати лише протягом невеликого відрізка часу. Крейсерські швидкості риб, звичайно, значно менше: оселедець Північного моря розвиває швидкість рівну 3,5 вузлам; ставрида тихоокеанська до 5,2 - 5,5 вузлів.

Дослідження показали, що, мабуть, існує мінімальне порогове значення швидкості течії, на яку реагує риба, причому це порогове значення для кожного виду своє. Не можна, звичайно, порівнювати таких відмінних плавців як тунець, меч-риба, парусник, з такими як камбали, палтуси, кабан-риба і ін.

Велика частка експериментальних і натурних даних свідчить про те, що риби звичайно спрямовуються проти течії (навіть тоді, коли риба зноситься течією). Це, можливо, обумовлено тим, що риба рухається назустріч потоку корму (особливо це характерно для пелагічних планктонофагів). Якщо ж риба рухається за течією, то з швидкістю більше швидкості течії. (Це теж факт на користь точки зору, що визначальною тут є їжа, вірніше - гонитва за їжею.) В цілому ж поведінка дорослих риб по відношенню до течії багато в чому залежить від їх фізіологічного стану, в першу чергу, від стадії зрілості статевих залоз. Так, при відгодівлі, нагулі риба може рухатися за течією, але з більшою швидкістю. При нересті багато видів риб рухаються проти течії; особливо характерно це для прохідних риб.

Помічено також, що риби не проявляють активності в дуже холодній воді і не чинять опору зносу течією. Пелагічні риби значною мірою переносяться потоками пасивно разом з водними масами, в яких вони мешкають. Але і в цьому випадку риби відчують потік за допомогою органу, званого бічною лінією.

Як правило, в більшості випадків поведінка риб є результатом сумісного впливу різних чинників середовища. Наочний приклад тому – поведінка і розподіл скупчень атлантично-скандинавського оселедця. На початку зими цей оселедець скупчується в “кишенях” холодних вод на схід від Ісландії; він зноситься сюди гілкою Східно-Гренландської течії. Весною риба потрапляє в теплі води Норвезької течії і починає активно переміщатися до нерестових банок в прибережних районах Норвегії. Швидкість руху риб в період міграції визначається, мабуть, температурою води. Будь-яка риба звичайно прагне залишатися в одній, специфічній для неї водній масі. Проте протягом життя може переходити з однієї водної маси в іншу. Це обумовлено змінами в образі життя риб, їх фізіологічному стані. Якщо водна маса нерухома, то горизонтальне переміщення риб буде обмежено.

Вивчення меж ареалів розповсюдження іхтіофауни в Світовому океані в зіставленні з течіями показало, що різкі зміни у складі іхтіофауни мають місце там, де швидкості постійних (примежових) течій перевищують 1 вузол. Прикладами таких районів змін іхтіофауни є течії Мису Ігольного, Флоридське, Куросіо. Там, де швидкість течії складає більше 1 вузла, виникають зони розділу, які обмежують розповсюдження менш рухомих видів риб.

Як правило, межі постійних течій є постійними океанологічними фронтами. Саме в фронтальних зонах спостерігаються найвищі концентрації пелагічних риб. Це обумовлено тим, що фронти і фронтальні зони відзначаються багатою кормовою базою (особливо для планктонофагів). Крім того, фронтальні зони характеризуються великими градієнтами різних параметрів, у тому числі температури; вони відзначаються незначною шириною зон з оптимальними для риб умовами зовнішнього середовища.

Такі ж багаті їжею для риб і промисловими запасами зони конвергенції холодних і теплих течій (наприклад, Куросіо і Ойясіо, Фолклендського і Бразильського).

Крім того, важливі в промисловому відношенні скупчення риб відзначаються звичайно в центрах кругових потоків води на бічних межах течій. Подібні кругові потоки, вихори, меандри є місцями скупчень багатьох пелагічних риб, наприклад, оселедців в Північній Атлантиці, лосося в Берінговому морі, сардинопса і ставриди в Південно-східній частині Тихого океану.

Скупчення придонних риб також нерідко пов'язані з межами течій. При цьому найбільш різко на розподілі таких риб позначається положення шару стрибка, якщо він “упирається” в дно.

Як відомо, положення меж течій змінюється як від сезону до сезону, так і зі зміною метеорологічних умов. Крім того, ці зміни мають і багаторічний характер. Прогнозування положення меж течій, їх переміщень, можливого майбутнього положення є однією з найважливіших задач промислової океанології.

2.7 Вплив солоності, концентрації кисню, світла і хвилювання на розвиток і поведінку риб

Солоність води впливає на осморегуляцію риб і позначається на плавучості пелагічної ікри. Вважається, що більшість прісноводних видів риб не переносять солоність вище 6 – 8 ‰. Морські риби переносять зміни солоності від її малих значень до 55 ‰, також як ікра (її запліднення і розвиток) і личінки риб. Наприклад, ікра і личінки оселедця переносять дію солоності від 5,9 до 52,5 ‰. Отже, перепад осмотичного тиску не представляє для них серйозної небезпеки. В прибережних районах відзначаються, проте, факти негативного впливу швидкої зміни солоності. Для урівноваження зовнішнього і внутрішнього осмотичного тиску деяким видам риб необхідний значний час адаптації. Крім того, у багатьох риб, що розвиваються при різній солоності води (лососі, наприклад), спостерігається зміна числа хребців в хвостовій області і числа променів в непарних плавниках, що пов'язано з пристосуванням до руху у воді різної густини.

Побічно роль солоності виявляється через її вплив на густинну структуру вод акваторії. Наприклад, зарегулювання і вилучення частини стоку річок Дону і Кубані призвело не тільки до зменшення площ, зайнятих водами з низькою солоністю, але й до зміни стратифікації густини в Азовському морі (появи більш солоної води в придонному шарі). З цієї причини скоротилися ареали мешкання і нересту прісноводних і напівпрісних риб, збільшилися площі придонної гіпоксії в літній сезон, змінилася кормова база промислових риб, що призвело до їх скорочення майже на порядок.

Для існування вищих життєвих форм в морському середовищі необхідний *розчинений кисень*. Він надходить до приповерхневого фотичного шару моря за рахунок газообміну з атмосферою і фотосинтезу. В більш глибокі шари водної товщі кисень проникає при інтенсивному турбулентному і конвективному перемішуванні, якому перешкоджає наявність різкого пікнокліну. Якщо надходження розчиненого кисню в

афотичну зону водної товщі не компенсує його споживання на дихання гідробіонтів і біохімічне окислення косної органічної речовини, яка міститься у воді і донних відкладеннях, то в цій зоні можуть утворитися області гіпоксії (пониженого вмісту кисню) і аноксії (повної відсутності кисню), що приводить до розвитку заморів із загибеллю всіх гідробіонтів. Така ситуація достатньо часто виникає в північно-західній частині Чорного моря в літній період року.

Зміщення межі вод зі зниженим вмістом кисню супроводжується переміщенням рибних скупчень. Потреба в кисні у різних видів суттєво різниться - від найвищої у крупних пелагічних риб, до низької - у деяких придонних.

Умови замору створюються при вичерпанні запасів кисню на біохімічне окислення органічної речовини під блокуючим шаром пікноклину. Кількісно передумови гіпоксії оцінюються за допомогою числа Річардсона, яке відображає фізичні умови пригнічення вертикального турбулентного перемішування:

$$R_i = g \left(\frac{\partial \rho}{\partial z} \right) / \rho \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2,$$

де чисельник – вертикальний градієнт густини, що характеризує ступінь стратифікації, а знаменник – зсув швидкості течії за глибиною, який сприяє вертикальному обміну. Сприятливі умови для виникнення гіпоксії утворюються при $R_i \geq 10$.

Кисень надходить в приповерхневий фотичний шар моря за рахунок газообміну з атмосферою і фотосинтезу. В більш глибокі шари водної товщі він проникає при інтенсивному турбулентному і конвективному перемішуванні, якому перешкоджає наявність різкого пікноклину.

Вплив світла на риб проявляється вельми багатоманітно. Риби реагують на світлові подразники в межах від 0,01 до 0,001 лк, залежно від попередньої адаптації до світла або темноти. “Зорова здатність” риби приблизно така ж, як і органів зору інших хребетних тварин, хоча серед них зустрічаються види з різним ступенем сприйнятливості до світла. Багато риб розрізняють кольори (чи не в цьому причина різноманіття барвистої палітри, характерної для іхтіофауни коралових угруповань?). Риби можуть бути позитивно або негативно фототоксичними, тобто володіти позитивною або негативною реакцією на світло. Деякі промислові об'єкти (макрелешука, сайра, кілька, молодий оселедець) позитивно реагують на штучне світло, що використовується в практиці промислового рибальства. Проте дія штучного світла на риб багато в чому залежить від їх фізіологічного стану, а також обумовлюється іншими чинниками середовища (зокрема, для деяких видів змінюється залежно від

часу доби). Натурні спостереження і експерименти показали, що кожному виду властива певна оптимальна освітленість, при якій активність риб максимальна. Часто риба тримається в місцях саме з такою освітленістю. Як вже давно встановлено, зміна освітленості води є основною причиною добових вертикальних міграцій більшості риб. При цьому, як правило, косяки пелагічних риб більшості видів перед заходом сонця підіймаються до поверхні і після заходу сонця розосереджуються в товщі води біля поверхні. Зі сходом сонця риба збирається в косяки і занурюється в більш глибокі шари. Така поведінка дуже характерна, зокрема, для нерестових концентрацій ставриди Південно-східної частини Тихого океану. Придонні риби звичайно проводять денний час на дні, а вночі підіймаються і розосереджуються в товщі води, а в період нересту нерідко формують косяки. Не виключено, що вертикальні міграції пелагічних риб обумовлені не тільки освітленням. Відомо, що деякі фітопланктонні організми можуть виробляти в процесі фотосинтезу токсичні речовини. Ці речовини, цілком можливо, примушують риб уникати скупчень фітопланктону в світлий час доби. Добові вертикальні міграції риб набагато менш інтенсивні при високій каламутності вод і в похмуру погоду. І в той же час, в безхмарні ночі в повний місяць багато видів як пелагічних, так і придонних риб не скоюють звичайних для них вертикальних переміщень.

Вітрове хвилювання нерідко викликає загибель пелагічної ікри і перешкоджає розвитку личінок. Наприклад, такі випадки спостерігаються при весняному нересті норвезького оселедця на прибережних мілководних банках. Найбільш несприятливий вплив вітрового хвилювання на дорослих риб відбувається в прибережній зоні, коли в штормових умовах зростає кількість завісі у воді і ця завісь накопичується в зябрах, що веде до загибелі риб.

Питання для самоперевірки

1. Що означає термін «поведінка риб»?
2. Як температура води впливає на нерест, розвиток і виживання личінок?
3. Як температура води впливає на живлення, процеси обміну речовин і виріст риб?
4. Як температура води впливає на живлення, процеси обміну речовин і виріст риб?
5. Чи може температура води впливати на смертність риб?
6. Як довгоперіоді зміни температури води впливають на розподіл риб?
7. Як течії впливають на риб, їх розподіл і поведінку?
8. Як впливають на розвиток і поведінку риб солоність, концентрація кисню, світло і хвилювання?

3 ОСНОВИ ПРОМИСЛОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ

У даний час немає чіткості у визначенні завчасності промислових прогнозів риби, як немає і єдиної класифікації прогнозів. Сучасна промислова діяльність дозволяє виділити наступні види промислових прогнозів (класифікація, що найбільш часто вживається).

Наддовгострокові прогнози – на термін від декількох до 20 і більше років. Це стратегічні прогнози, з яких виходить планування розвитку рибовидобуваючої галузі. При розробці наддовгострокових прогнозів необхідно враховувати дані про динаміку чисельності декількох поколінь об'єктів промислу, маючи великі ряди спостережень за біологічними, промисловими, гідрометеорологічними показниками. Такі прогнози сировинної бази повинні ґрунтуватися на залежності чисельності поколінь від кліматичних, геліогеофізичних (сонце, місяць) і інших довгоперіодних чинників.

Довгострокові прогнози – на термін від року до декількох років – необхідні рибовидобуваючим підприємствам для уточнення наддовгострокових прогнозів. Основою цих тактичних прогнозів є динаміка чисельності і врожайності поколінь, а головні параметри, що використовуються при їх розробці, – біологічні характеристики і промислова статистика.

Сезонні прогнози – на термін від місяця до року – ґрунтуються на біологічних закономірностях виду, вивченні його сезонних міграцій і розподілу, положення зон високої продуктивності.

Короткострокові (оперативні) прогнози складаються з завчасністю від доби до місяця. Їх мета - прогноз розподілу і основних переміщень рибних скупчень даного виду в межах його традиційного району мешкання. Вони використовуються при оперативному управлінні флотом на промислі.

Наддовгострокові прогнози засновані, головним чином, на зв'язку між змінами клімату і змінами чисельності об'єктів промислу. Багаторічні коливання чисельності риби можна підрозділити на несталі і відносно сталі періоди тривалістю до декількох десятиріч. Так, японські учені встановили, що проміжки часу між піками максимальних уловів сахаліно-хоккайдського оселедця, сардини, синього тунця близькі до періодичності сонячної активності (10-12, 20-22 і 80 років). Вони відзначали, що чисельність оселедця визначається океанографічними умовами і роки високої чисельності співпадають з посиленням Цусимської течії. Порівнюючи коливання чисельності оселедця і її збільшення з умовами в морі, Уда (Uda, 1952) знайшов відповідність між аномально холодними роками на Хоккайдо (роки низького урожаю рису) і низькими уловами хоккайдського оселедця через 4 (рідше через 3)

роки, коли оселедець цього року нересту стає об'єктом промислу. В той же час тенденція коливання чисельності (уловів) сахаліно-хокайдського оселедця протилежна тенденції промислу сардини біля Хоккайдо: в роки великої чисельності сардини, коли спостерігається посилення і розповсюдження теплої течії на північ, її промислові райони також зміщуються на північ, а в роки малої чисельності зміщуються в південні води.

Вплив кліматичних умов не тільки в різних океанах, але і в різних областях одного і того ж океану може значно відрізнятись. Так, Т.Ф. Дементьевою (1976) наголошувалося, що потепління в Арктиці в 1920-1950 рр. сприяло збільшенню кількості урожайних поколінь норвезького оселедця і тріски. Проте підвищення температури води в Північній Атлантиці сприяло і підвищенню чисельності поколінь тріски, пікші на північних межах ареалу, і зменшенню їх чисельності на південних границях. І навпаки, зниження температури води обумовлювало підвищення чисельності риб на південній межі ареалу і зниження її на північних межах. А.А.Елізаров (1976) показав, що коливання витрат Західно-Гренландської і Лабрадорської течій, кількість айсбергів на південь від 48° півн.ш. і врожайність тріскових риб (західно-гренландська тріска, тріска і пікша Ньюфаундленду) мають приблизно семирічний (6-8 років) період коливань.

Геліогеофізичні зміни гідрологічних умов не можуть не викликати відповідні зміни у організмів, що мешкають в Світовому океані. Немало вітчизняних дослідників відзначає, що багаторічні коливання теплового стану Норвезького і Баренцевого морів характеризуються добре вираженими квазіперіодичними коливаннями періодичністю 4, 7, 11 і 18 років. Різні дослідники наголошували на наявності 11-річної періодичності чисельності для риб Каспійського басейну, аральського ляща, сьомги, тихоокеанських лососів і деяких інших риб.

Наддовгострокові прогнози, які ґрунтуються на зв'язку коливань чисельності риб з кліматичними (геліогеофізичними) змінами, припускають, що ці зміни відбуваються поступово. Проте значні, раптові і неперіодичні коливання океанологічних умов типа Ель-Ніньо, ураганів, цунамі і т.п. можуть різко змінювати океанологічну ситуацію, призвести до майже повного зникнення об'єктів прогнозу.

Довгострокові прогнози засновані на пошуку зв'язків між чинниками середовища і чисельністю річних розмірно-вікових груп об'єктів промислу, прогнозі коливань продуктивності району. В довгострокових і оперативних прогнозах основним методом є в даний час кореляційний аналіз. Ось декілька прикладів застосування даного виду аналізу. Дослідження, виконані в Білому і Баренцевому морях, показали, що існує тісний зв'язок між чисельністю поколінь наваги Білого моря і печерської наваги з температурою води в період прокльову і личінкового розвитку.

Високий коефіцієнт кореляції (0,80) між температурою води весною і врожайністю біломорської наваги (за даними 50-річних спостережень) дозволяє прогнозувати чисельність цих риб. Заблагочасність такого прогнозу – до 2 років в Онежській і Двінській затоках Білого моря і в Печерській губі.

Аналогічний зв'язок чисельності поколінь наваги північно-східного узбережжя Камчатки з температурою води і солоністю в період ембріонального і личинкового розвитку (з лютого по червень) був знайдений за матеріалами 9-річних спостережень.

Як показали спостереження, чисельність поколінь атлантично-скандинавського оселедця вирішальним чином залежить від абіотичних чинників – термічного режиму на нерестовищах оселедця і на шляхах міграції його молоді. По дисперсійному аналізу ступінь впливу температури води на врожайність складає 68,6 % для березня і 66 - для березня-квітня.

Сезонні прогнози є в основному прогнозами розподілу і поведінки видів. Вони повинні передбачати розподіл і густину промислових скупчень, настання термінів нересту і нерестових підходів і т.п.

З великої кількості чинників, що впливають на розподіл і поведінку промислових об'єктів, в даний час перевага віддається температурі води. Крім легкості і відносної доступності вимірювань слід враховувати, що аномалії температури води достатньо стійкі як в часі, так і в просторі.

Вже давно встановлено, що терміни нересту риб в помірних і високих широтах дуже значно коливаються. Так, коливання термінів початку нересту азовської хамси і салаки Віслінської затоки складають близько 2 місяців, путасу північно-східної Атлантики – 1,5 місяця, тюльки Азовського моря – 2 місяця. Основною причиною коливання термінів нерестових підходів і нересту риб, які нерестяться навесні, є температура води в переднерестовий період. Розроблені методики прогнозу нерестових підходів багатьох промислових об'єктів в залежності від різних показників температури: температура води і повітря (середньомісячна), температура води по розрізу (середня по шарах), придонна температура води і т.п. Так, при зіставленні температури води на розрізі Кольського меридіана і розподілу тріски в 1946-1963 рр. по 12 промислових районах Баренцова моря було встановлено, що міграційні шляхи тріски визначаються умовами, які склалися взимку ще до появи риби біля узбережжя. По температурі води в шарі 150-200 м (взимку тріска мешкає в цьому шарі) в листопаді можна з високим ступенем точності прогнозувати улов тріски в березні-квітні. Весною, в період відгодівлі, тріска зустрічається в шарі 50-200 м і предиктором прогнозу служить температура цього шару. Влітку і восени в період міграції на схід враховується температура всієї товщі води.

Іноді, за відсутності даних по температурі води або за наявності зв'язку атмосферних процесів з подальшою термічною ситуацією, як предиктори використовують відповідні індекси атмосферної циркуляції. Прогнозування термінів нерестових підходів і нересту повинне ґрунтуватися на достатній кількості років спостережень за нерестовими підходами і нерестом (не менше 10-15 років) і відповідній кількості спостережень за гідрометеорологічними показниками (атмосферна циркуляція, температура води і повітря). При прогнозі термінів початку нересту атлантично-скандинавського оселедця в якості індекса атмосферної циркуляції використовують число днів з глибокими циклонами (завчасність – 2 місяця), довготу положення ісландського мінімуму (завчасність – 5-6 місяців). При прогнозі нерестових підходів охотоморського оселедця використовують різницю тиску в двох пунктах Охотського моря в березні-квітні (завчасність – до 2 місяців).

Короткострокові прогнози повинні забезпечувати науково обґрунтований прогноз ділянок і термінів утворення промислових скупчень, а також давати характеристику густини концентрації (улов на промислове зусилля), співвідношення видів і розмірно-вікових груп в скупченні і ін.

Існує велика кількість методів і прийомів короткострокового прогнозування. Одні з них засновані на аналізі промислової інформації з подальшою математичною або експертною екстраполяцією величин прогнозованих характеристик на основі вивчення закономірностей їх зміни за минулий період. При складанні прогнозів за певною методикою враховуються наявні відомості по середовищу, біологічному стану організмів, а також дані за той же період минулих років. Інші методи короткострокового прогнозування засновані на уявленнях про єдність всіх процесів в океані, про обумовленість розподілу і поведінки промислових об'єктів, комплексів абіотичних і біотичних умов. При розробці короткострокових прогнозів з використанням певних методів необхідно враховувати метеорологічні, океанологічні, біологічні дані і вплив промислу. Не завжди всі ці обставини враховуються при прогнозуванні в рівній мірі, але у будь-якому випадку разом з промисловою частиною необхідний опис середовища мешкання.

Гідрометеорологічний зміст цих методів змінюється від кореляційного урахування змін якого-небудь одного чинника до побудови складних моделей, що враховують цілий комплекс метеорологічних і океанологічних характеристик, які спостерігаються в тому або іншому районі. Так, середньодобові улови скумбрії на шельфі Північно-Західної Африки в 1964 р. успішно прогнозувалися по величині широтного градієнта тиску в Азорському антициклоні. Улови креветки в той же період в цьому ж районі краще прогнозувалися по швидкості згонних вітрів – при їх ослабленні улови креветки збільшувалися. В

районах північно-західної Атлантики зміна середньодобових уловів задовільно прогнозувалася по змінах індексів атмосферної циркуляції (по Кацу), які оцінювалися по щоденних картах факсиміле приземного аналізу.

Питання для самоперевірки

1. Які промислові прогнози є довгостроковими? Охарактеризувати їх.
2. Які прогнози є сезонними? Охарактеризувати їх.
3. Які прогнози є короткостроковими? Охарактеризувати їх.

4 ПРОМИСЛОВА РОЗВІДКА РИБИ

Для забезпечення максимального вилову риби при його падінні проводиться розвідка як в районі традиційного промислу, так і в суміжних з ним районах. Результати розвідки сумісно з прогнозом чинників морського середовища, від яких залежить поведінка риб, дають можливість передбачати подальший розвиток промислової обстановки [2].

4.1 Оперативна розвідка

Основні задачі оперативної розвідки полягають у:

- орієнтації промислового флоту на скупчення риби, що забезпечує максимальні улови;
- визначенні умов промислу, уточненні закономірностей розподілу риби у зв'язку з умовами зовнішнього середовища і складанні короткострокового прогнозу;
- складанні рекомендацій по переміщенню флоту з одного району в інший (суміжний);
- прицільному наведенні флоту на косяки риб;
- зборі іхтіологічного матеріалу.

Як приклад можна привести загальну схему роботи оперативної розвідки в 50 - 60 роки на промислі оселедця в Норвезькому морі. В першу чергу за допомогою радіозв'язку збиралися відомості зі всіх промислових суден про кількість спійманої риби і умови лову. Зведена карта давала інформацію про місця найбільшого скупчення риби і служила основою для перших рекомендацій флоту увечері, перед постановкою дрейфтерних сіток. Середня глибина їх постановки визначалася по розподілу температури води по вертикалі. Попередньо позначені під час океанографічних зйомок контури кругообігів і локалізації фронтів дозволяли уточнити райони концентрації зимуючого оселедця. На судах оперативної розвідки, а також, у ряді випадків, на промислових, з уловів відбиралися проби для іхтіологічного аналізу – уточнення розмірного складу, ступеня дозрівання статевих гонад – для визначення часу переміщення скупчень від місця зимівлі біля Фарерських островів до норвезьких берегів на нерест.

У період путини приймальні бази іноді не справляються з переробкою улову і промисловий флот вимушений простоювати частину часу. Щоб уникнути простоїв, доцільно переорієнтувати частину флоту на лов об'єктів менш численних, але більш цінних порід риб, обробка яких можлива на добувному судні. Це дозволяє зберегти і навіть збільшити економічну ефективність промислової експедиції в цілому, хоча і знижує величину загального вилову.

Так, в районі банки Джорджес (північно-західна Атлантика) в 60-ті роки при тимчасовій неможливості здачі виловленого оселедця на бази, оперативна розвідка рекомендувала флоту перейти на промисел сріблястого хеку (що став згодом основним промисловим видом) або аргентини – нечисленної, але цінної риби. Іноді, для збільшення продуктивності промислу, іхтіологи оперативної розвідки рекомендують райони з більш крупними особинами риб.

Під час лову на світло оперативна розвідка виявляє райони, де скупчення риб володіють підвищеною позитивною реакцією на електричне світло. Особливо важливе відшукування таких районів в період повного місяця, коли фототаксис риб знижується.

4.2 Перспективна розвідка

Метою перспективної розвідки є пошук нових неосвоєних районів лову або нових об'єктів лову [2].

У задачі перспективної розвідки, окрім вищезгаданих задач пошуку нових районів і об'єктів промислу, ще входять:

- вивчення умов формування промислових скупчень;
- визначення шляхів їх переміщення;
- їх кількісна і якісна оцінка;
- спостереження за поведінкою промислових риб в різні сезони;
- розробка методик пошуку і настанов по розвідці для оперативної розвідки і добувних судів.

Результати перспективної розвідки дають можливість скласти рекомендації по організації промислу в новому районі, дати попередню оцінку ефективності роботи флоту в цьому районі. Експедиції перспективної розвідки збирають матеріали, необхідні надалі для складання довгострокових прогнозів по сировинній базі.

Робота науково-дослідної експедиції перспективної розвідки включає наступні етапи:

- 1) розробка рейсового завдання;
- 2) пошук районів, сприятливих для мешкання промислових об'єктів;
- 3) детальний пошук в знайденому районі із сприятливими умовами;
- 4) цілорічні спостереження в районі (сезонні зйомки);
- 5) обробка матеріалів спостережень, складання довідок, рекомендацій, посібників.

4.3 Методика проведення пошукових робіт

Пошукові роботи проводяться у вигляді спланованих спостережень (зйомок) регіону, де виконуються гідрологічні спостереження і

проводяться контрольні облови риби. Зйомки підрозділяються на фонові і детальні.

Фонова зйомка промислового району включає гідрологічні, гідроакустичні, візуальні і гідробіологічні спостереження, а також контрольні облови риби.

Галси зйомки розташовуються орієнтовно по нормалі до ізобат, до гідрологічних фронтів, просто до ізолій температури і солоності води. Відстань між галсами визначається типом і структурою рибних скупчень. Кормові міграції спричиняють плямистий розподіл. Нерестові і зимуючі скупчення більш компактні і безперервні. Як правило, сітка галсів має крок в 25 – 30 миль. При рівномірному розподілі характеристик він може збільшуватися до 40 – 50 миль.

Температура реєструється на гідрологічних станціях до глибин мешкання об'єкту промислу, частіше всього до 200 – 500 м. Горизонти спостережень: 0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400 і 500 м. Акустична зйомка ведеться безперервно по ходу судна. Гідробіологічні проби (фітопланктон – за допомогою батометрів, зоопланктон – за допомогою спеціальних сіток) беруться на всіх станціях. Їх дані фіксуються як сумарна біомаса сестону.

Мета зйомки полягає у визначенні районів з контрастними характеристиками в пелагіалі або біля дна, з підвищеними біомасами корму, з природними перешкодами для вільного переміщення риби, якими є водні маси з відмінною температурою, солоністю або концентрацією кисню, з великою кількістю медуз або зонами цвітіння води.

Детальна зйомка містить всі елементи фонові, але виконується більш детально і з великою кількістю спостережень. Так, за відсутності приладу безперервного запису температури поверхневого шару води, її заміряють поверхневим термометром через 1-2 милі. Станції розташовуються частіше, галси плануються з урахуванням району і виду риби, візуальні спостереження за скупченнями птахів і особливостями водної поверхні (скупчення водоростей, рябь на поверхні і т.д.) проводяться безперервно в світлий час доби. Регулярно фіксуються колір і прозорість води, беруться проби бентоса, безперервно реєструються глибини. При детальних зйомках контрольні тралення проводяться через 3-5 миль, а іноді і безперервно при стрічкоподібних косяках. Особлива увага звертається на добові вертикальні міграції риби з фіксацією відмінностей в темний і світлий час доби.

4.4 Виявлення і стеження за скупченнями риби

Виявлення і стеження за скупченнями риби є задачею оперативної розвідки. Ця операція включає:

- оконтурювання знайдених скупчень і спостереження за їх переміщенням;
- кількісна і якісна оцінка скупчень;
- наведення промислового флоту на косяки і скупчення.

Необхідність повторних оконтурювань виникає після сильних штормів, в результаті яких відбувається розсіяння пелагічних скупчень і зміщення донних. В таких випадках керівництво оперативної розвідки пропонує промислому флоту розосередитися на акваторії передбачуваного розсіяння риби і провести пробні постановки сіток або тралення. Оперативна інформація судів наноситься на планшет і аналізується. Розсіювання скупчень може відбутися і при підходах в район лову китів і інших морських тварин, що полюють за рибою.

Кількісна оцінка скупчень здійснюється за допомогою різних методик, залежно від об'єкта промислу. Проте у всіх випадках головною характеристикою, що визначається, є сумарна маса (вага) знайденої риби. Визначаються також величини можливого вилову на одиницю операції (зусилля) – замет, тралення і інше.

До якісних характеристик відносяться: вертикальні міграції риб, їх амплітуда і тимчасові цикли, реакція риби на шуми, створювані судном, реакція риби на знаряддя лову, зміни структури скупчень протягом доби, розміри і густина косяків. Вертикальні міграції фіксуються для визначення часу доби, найкращого для промислових операцій. Реакція об'єктів промислу на знаряддя лову багато в чому залишається предметом вивчення. Накопичені численні цікаві і важливі відомості, які необхідно знати і враховувати в практичній роботі. Відзначено, наприклад, що скупчення камчатського краба не змінюються при сітковому лові риби, але після початку роботи траулерів розсіюються через 1- 2 діби.

Для наведення промислового флоту на скупчення риби необхідно володіти інформацією про координати меж скупчень, про місця найбільшої щільності об'єкта, про зміщення риби, про гідрологічну обстановку в районі, про розмірний склад скупчень і характер ехозаписів, про структуру і співвідношення промислових видів, про характер вертикальних міграцій. При цьому необхідно враховувати, що координати границь скупчень можуть змінюватися в часі. Розташування риби в процесі добових міграцій суттєво залежить від метеоумов. Помічено, що в світлі місячні ночі і при хвилюванні риба тримається глибше, ніж в тиху і похмуру погоду.

При наведенні траулерів важлива інформація про види придонних риб, оскільки на відміну від пелагічних біоценозів тут спостерігається більш висока різноманітність. Необхідна інформація про розподіл об'єктів корму, градієнтні зони, придонну температуру, добові міграції, а також про курси тралення і особливості рельєфу. Останнє особливо важливе в районах важких ґрунтів, де необхідний попередній пошук майданчиків тралень.

Наведення на крупні поверхневі косяки у ряді районів здійснюється за допомогою літаків. Такі способи практикуються в морях Далекого Сходу (оселедець, скумбрія, ставрида), у водах Ісландії і Норвегії (оселедець), в Азово-Чорноморському басейні (азовська хамса). Для наведення судів на косяки з літака всі судна забезпечуються номерами, нанесеними білою фарбою на люки або спеціальні, добре помітні майданчики. Льотчик-спостерігач за допомогою рації дає команду капітану найближчого до скупчення сейнера, вказує координати і задає курс. При заміні льотчик може коректувати рух судна. Висота спостереження, як правило, складає 800-1000 м. Вживання авіації може збільшувати продуктивність роботи судна до 5 разів.

4.5 Короткостроковий прогноз умов промислу

Короткостроковий прогноз оперативної розвідки звичайно включає:

- дату створення і розпаду промислових скупчень;
- дату початку нерестових міграцій;
- розмірний склад улову;
- глибини скупчень риби;
- особливості поведінки риб;
- можливий улов на зусилля і за добу промислу.

У різних районах і на різних об'єктах промислу прогноз може складатися з декількох головних елементів або включати всі елементи і ряд додаткових. На сталій путині зимуючої риби важливі тільки дати початку і кінця зимівлі. В інших випадках необхідні і прогноз розмірного складу, і глибини скупчень, і величини можливого улову.

Дані прогнозу ґрунтуються на знанні промислової обстановки, біологічного стану об'єкту промислу, чинників зовнішнього середовища в попередні роки (норми) і в поточному році (аномалії).

При роботі флоту на нерестових скупченнях необхідно стежити за змінами стадії зрілості риб. При високому відсотку особин, що віднерестилися, прогнозуються терміни завершення промислу в даному районі і початку – в районах кормових міграцій, якщо даний вид в цей період доступний промислу. В процесі нагульних міграцій важливим прогностичним показником стає ступінь нагодованості риби, а також якість кормової бази. При низькій нагодованості і різноманітному живленні прогнозуються швидкі переміщення рибних скупчень. Напередодні і в процесі зимівлі терміни початку путини і сталість скупчень прогнозуються по показнику жирності. Його падіння обумовлює швидкий перехід до нагульних міграцій. Суттєвим прогностичним чинником у ряді випадків є віковий склад уловів. Наприклад, на зимівлю в південно-східну частину Чорного моря старші вікові групи чорноморської хамси підходять в листопаді, а молодші – в січні.

При складанні прогнозу уловів при дрейфі, траленні, заметі кошелька і при використанні інших знарядь лову враховують ряд чинників: число і розмір косяків риби, їх рухливість і вертикальне переміщення, розмірний склад риби, площі зайняті скупченнями. Порівнюючи дані поточних і попередніх діб, визначають тенденцію зміни промислової обстановки. Якщо площа, зайнята скупченням, збільшується при збереженні густини, слід чекати збільшення лову. Зростання рухливості косяків веде до зниження тралових і збільшення уловів дрифтерними сітками.

Прогноз розмірного складу уловів важливий для суден, що ведуть промисел будь-якими знаряддями лову, оскільки він визначає розмір ячеї. Остання тепер суворо контролюється національними і міжнародними природоохоронними інспекціями, без яких не проводиться сучасне рибальство.

4.6 Пошук при дрифтерному і траловому лові

При дрифтерному промислі, наприклад норвезького оселедця, роботи ведуться на скупченнях, які займають площу в сотні квадратних миль. Тому результатом пошукових робіт повинне бути визначення: координат границь скупчень, стану об'єкту промислу, промислово-значущих елементів поведінки, рухливості скупчень. Промислове судно, маючи такі відомості від оперативної розвідки, виконує серію галсів упоперек ізотерм до виявлення скупчення риби. Складається планшет, на який наносять всі записані ехолотом зграї і косяки пелагічних риб. Порядок сіток виметують з таким розрахунком, щоб він знаходився в зоні скупчення максимально можливий час. Якщо напрям вітру складає з напрямом течії близько 90° , то умови дрейфу для хорошого улову найбільш сприятливі. Якщо цей кут близький до 0° , то вимет порядку сіток краще проводити перпендикулярно напрямку вітру, з тим щоб порядок пройшов по скупченню риби.

Якщо косяки пелагічних риб спливають близько до поверхні, то їх можна знайти візуально: вдень по сплесках, характерній рябі, темно-бурих плямах; вночі – по свіченню води, причому косяки світяться рівним світлом і не мають темних плям за всією займаною площею.

При траловому промислі пошук придонних скупчень ведуть шляхом ехозйомки. При цьому відстані між галсами іноді зменшують до 2-3 кабельтових. На планшеті відзначають місця найбільшої густини риб, паралельно наносять дані придонної температури. За даними контрольних тралень з'ясовують склад улову, склад їжі і інтенсивність живлення риб.

Пошук видів, які не реєструються ехолотом, наприклад, мармурової нототенії, проводять за допомогою оперативних коротких тралень. Вони можуть продовжуватися 20-30 хвилин і відстань між ними рекомендується

до 3-5 миль. Рекомендується позначення промислових ділянок за допомогою буїв. По змінах складу ґрунту, бентосу, рослинності, рельєфу дна і температурі води можна визначити шляхи зміщення скупчень.

Питання для самоперевірки

1. У чому полягають основні задачі оперативної розвідки?
2. У чому полягають основні задачі перспективної розвідки?
3. Що включають до себе фонові і детальні зйомки промислового району?
4. Як проводяться виявлення і стеження за скупченнями риби?
5. Надати характеристику короткострокового прогнозу умов промислу.
6. З чого складається пошук при дрифтерному і траловому лові?

5 ВПЛИВ ОКЕАНОГРАФІЧНИХ УМОВ НА РОЗПОДІЛ І ПОВЕДІНКУ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ ЧОРНОГО МОРЯ

У Чорному морі мешкає 165 видів і підвидів риб, з яких 119 – виключно морські види, 24 – прохідні або частково прохідні, 22 – прісноводні. Морські види риб Чорного моря прийнято ділити на 4 групи, які: постійно мешкають (чорноморська раса хамси, чорноморська ставрида, чорноморський шпрот, калкан); зимують в Чорному морі, але нерестяться і нагулюються в Азовському морі (азовська раса хамси, керченська раса оселедця); зимують і нерестяться в Чорному морі, але нагулюються в Азовському (кефаль, чорноморська барабуля); освоюють Чорне море як нерестовий і нагульний ареал, але зимують або нерестяться в Мармуровому і Егейському морях (пеламіда, скумбрія)[3].

Чисельність більшості чорноморських риб залежить не тільки від умов їх існування в Чорному морі, але і від умов нересту, нагулу і зимівлі в суміжних морях, що визначає складний тип динаміки сировинної бази всього моря.

Іхтіофауна Чорного моря, внаслідок зараженості його глибин сірководнем, характеризується великою чисельністю пелагічних риб і обмеженою чисельністю донних риб, тому основу промислу складають пелагічні риби.

Наймасовіші види – хамса і чорноморський шпрот – живляться планктоном і відіграють головну роль у використанні кормових ресурсів моря. Ці риби мають короткий життєвий цикл. Збереження виду забезпечується підвищеною відтворною здатністю, тому велике промислове виловлення хамси і чорноморського шпрота є біологічно обґрунтованим.

Запаси риб з більш тривалим життєвим циклом (осетрові, калкан, кефаль та ін.) більш схильні до впливу промислу і несприятливих умов середовища. Отже, частка виловлення промислом цих риб повинна бути значно меншою.

Приведемо біологічний опис деяких об'єктів лову.

Хамса (анчоус). Зграєва пелагічна риба з коротким (2-3 роки) життєвим циклом. Живиться фіто- і зоопланктоном. В Чорному і Азовському морях розмноження і відгодівля хамси лімітується температурними умовами, тому для неї характерні сезонні міграції і стадія зимівлі (рис. 5.1). Нерест відбувається в теплу половину року (червень-серпень) в опріснених і найбагатших кормом районах моря – на північно-західному шельфі і в східній частині моря, в прибережних зонах, що знаходяться під впливом стоку річок. Промисел здійснюється під час зимівлі з листопаду по березень. Характер зимового вихолодження визначає утворення промислових скупчень в південно-східній частині

моря в прибережній зоні, але суворість зими не є чинником, що визначає потужність зимових скупчень. Найважливішим в промисловому прогнозі є прогноз терміну утворення зимуючих скупчень.

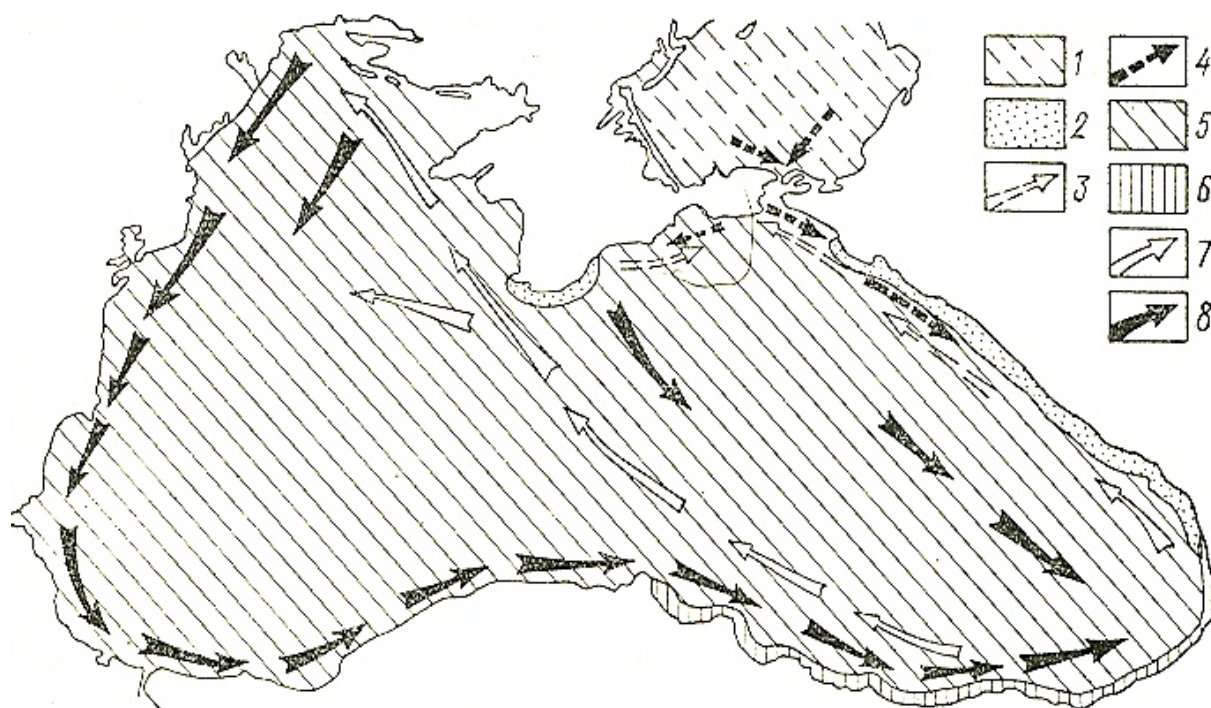


Рис. 5.1 – Розподіл і міграції хамси [3].

Азовська раса: 1- район нересту і нагулу; 2 – зимівля, 3-шляхи весняних міграцій; 4 – осінніх міграцій

Чорноморська раса: 5- район нересту і нагулу; 6 – зимівля, 7-шляхи весняних міграцій; 8 – осінніх міграцій

Шпрот (кілька). Зграєва пелагічна риба з коротким життєвим циклом (до 5 років), що мешкає переважно в шарах води з температурою 6-18 °C і уникає сильно розпріснених вод. Харчується зоопланктоном переважно холоднолюбивого комплексу. Нереститься з жовтня по березень при вказаній оптимальній температурі. Весною (березень – квітень) після нересту мігрує для нагулу в прибережну зону на глибини 20 – 100 м (рис. 5.2). Найбільш чітко ці міграції виражені на північно-західному шельфі і в районі Керченського передпроточчя. Нагул продовжується з березня по жовтень. В цей період чорноморський шпрот утворює придонні промислові скупчення. В жовтні посилення конвективного перемішування вод приводить до розмивання шару термоклина і при охолодженні поверхневих вод до 15 °C чорноморський шпрот підіймається в темний час доби до самої поверхні. В цей період косяки йдуть з прибережної зони в глибоководні райони і поступово розосереджуються за всією площею моря.

Чорноморська ставрида. Зграєва, пелагічна, теплолюбива риба, що мешкає в прибережній 30-50 мильній зоні. Зустрічається при температурі води 6-25 °С і при різній солоності; проте опріснених районів уникає. Влітку тримається як біля берегів, так і у відкритому морі над шаром температурного стрибка: від поверхні до глибини 25-35 м. В цей період вона нереститься і інтенсивно нагулюється. З другої половини серпня починає концентруватися в прибережних районах моря, а в жовтні – грудні мігрує уздовж берегів до місць зимівлі (рис. 5.3). Розташовані вони в прибережних водах Туреччини, біля берегів Грузії і біля Південного берега Криму. Частина чорноморської ставриди зимує в Мармуровому морі. В період зимівлі зі встановленням гомотермії основні скупчення розподіляються біля дна на глибинах 30-80 м, а окремі косяки зустрічаються на глибинах від 20 до 120 м. Внаслідок низької температури в цей період (6-10 °С) ставрида малоактивна і майже не живиться. В кінці березня – початку квітня, з прогріванням води, її скупчення розпадаються, риба підіймається в поверхневі шари і мігрує до районів нересту. Нерест відбувається в кінці травня до кінця серпня по всій акваторії Чорного і частково Азовського морів при температурі води 15-26 °С, солоності 11,6-19,3 ‰. Оптимальна температура для нересту 19-23 °С. Пік нересту в східній частині моря припадає на червень, в західній – на початок липня.

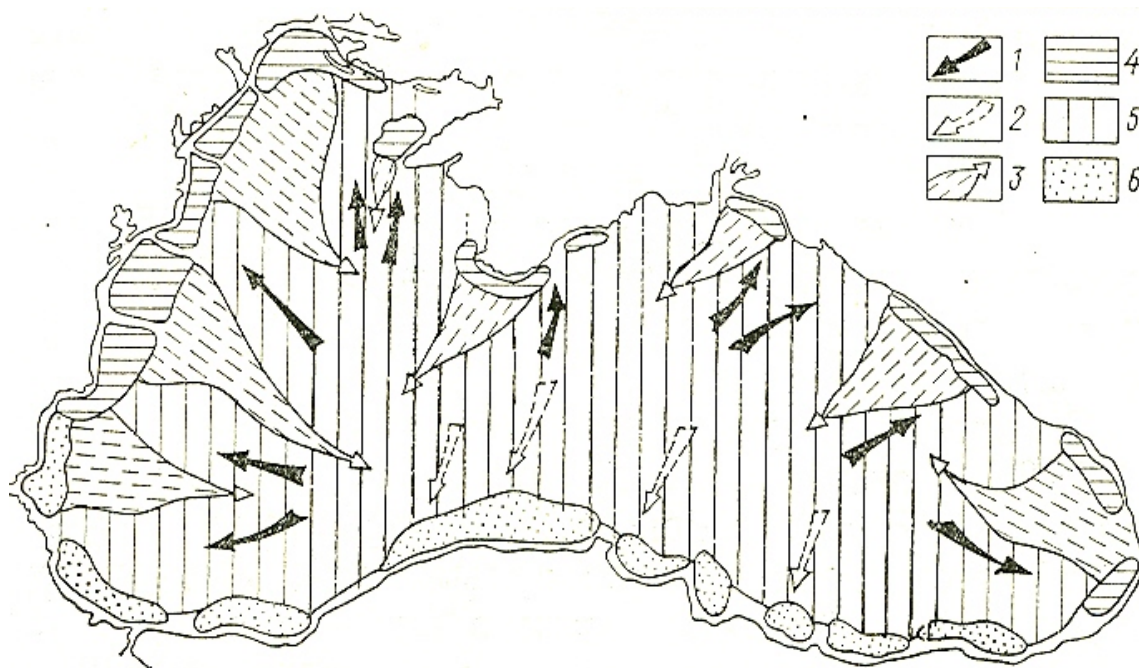


Рис. 5.2 – Розподіл і міграції шпроту [3].

- 1- шляхи весняних міграцій; 2 – передбачувані шляхи весняних міграцій,
3-шляхи осінніх міграцій; 4 – райони нагулу; 5 - нересту; 6 – райони
припустимого нагулу

Найбільш інтенсивний нерест відбувається біля берегів Кавказу, в районі Керченської протоки і в Каркінтській затоці. Личінки і мальки розвиваються в поверхневому шарі моря вище термокліна. Спостерігається досить тісний зворотний зв'язок між чисельністю молоді і тепловим фоном моря в березні – серпні.

Промисел ставриди в основному ведеться на зимуючих її скупченнях. Якнайкращими умовами для промислу є температура води менше 10 °С і маловітряна погода. Лов проводиться конусними сітками на електросвітло. Реакція ставриди на світло посилюється при зниженні температури.

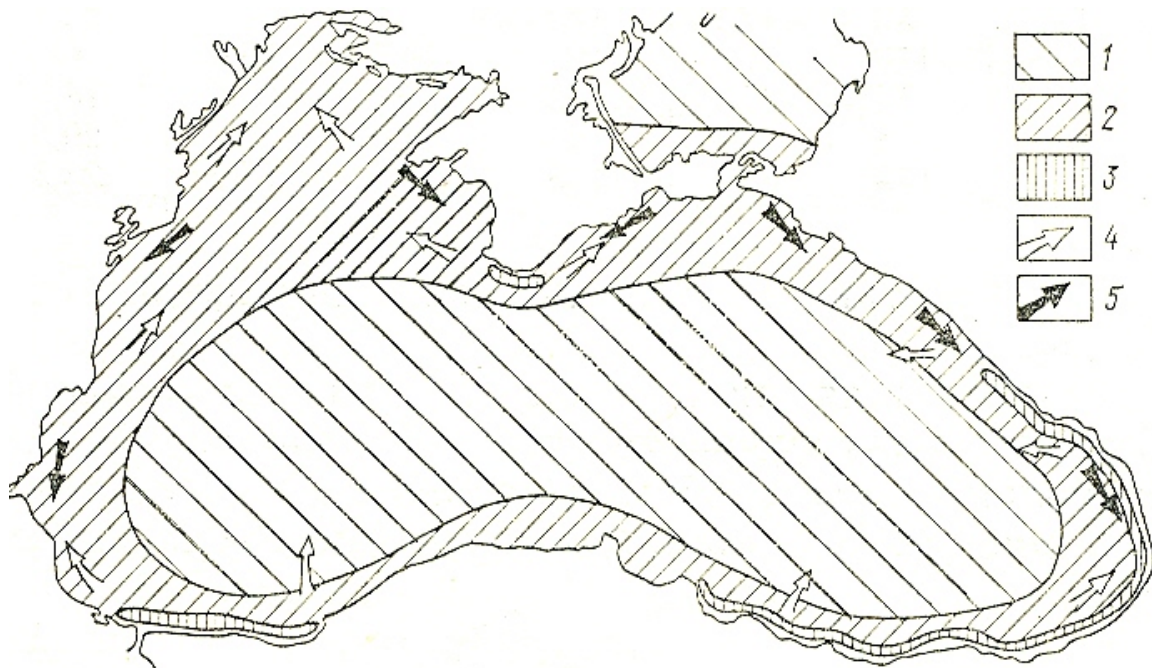


Рис. 5.3 – Розподіл і міграції чорноморської ставриди [3].
1- район нересту; 2 – нагулу, 3-зимівлі; 4 – шляхи весняних міграцій; 5 - осінніх міграцій.

5.1 Роль температури води в міграційній і зграєвій поведінці хамси

До неодмінних умов розвитку промислу хамси, який ведеться кошельковими неводами, відноситься існування достатньо стабільних в часі і просторі концентрацій цього об'єкта, що формуються в зимовий час в результаті міграції риби в більш теплу південно-східну частину Чорного моря. Знання основних особливостей процесу формування зимуючих скупчень хамси є необхідною передумовою до прогнозування промислової обстановки в районах лову.

У період літнього розмноження і нагулу нерестове стадо і молодь чорноморської хамси в основному розподіляються на високопродуктивному північно-західному шельфі моря (60-90 % запасу) і в прибережній 10-15-мильній зоні біля Кавказького узбережжя (10-30 % запасу). І лише менше 10 % чисельності хамси відзначаються у відкритих районах Чорного моря.

Терміни переходу цієї теплолюбивої риби від літнього розсіяного розподілу в поверхневому шарі моря до зграєвого способу життя залежать від стану її жирового депо і температури води. Після завершення літнього нересту з кінця серпня по жовтень хамса інтенсивно живиться, що приводить до швидкого накопичення жиру, який є енергетичним запасом для її існування в зимовий період. В цей же час, дія осінніх штормових вітрів сприяє вихолодженню моря, особливо в мілководних районах його північно-західної частини. Перші ознаки міграції хамси на південь як звичай реєструються на початку вересня, коли короткочасно зростають улови в прибережних ставних неводах і частішають випадки облову її косяків тралами при промислі шпрота на західному шельфі моря.

До жовтня хамса покидає північно-західний шельф. В цей період переміщення чорноморської хамси до південного узбережжя басейну є повсюдним. Лише в північно-східному районі моря, прилеглому до Керченської протоки, в ході жовтневих облікових зйомок завжди відзначаються як густинні косяки, так і розріджені концентрації азовської хамси. Швидке осіннє вихолодження Азовського моря є причиною більш раннього утворення зимувальних скупчень у цієї популяції хамси. Потрапляючи в теплі чорноморські води, частина азовської хамси, переважно цьоголітки, розсіюється і продовжує нагул в Чорному морі, просуваючись на зимівлю в південному напрямі. В той же час перші промислові концентрації хамси власне чорноморської популяції з'являються в південно-східній частині моря лише в кінці листопада - першій декаді грудня.

Причини, що викликають міграцію чорноморської хамси із західної і південної частин моря до берегів східної Анатолії і Грузії, стають зрозумілими, якщо взяти до уваги, що цей район максимально захищений Головним Кавказьким хребтом від вітрів північних напрямів і мало схильний до впливу холодних течій, пануючих в західній половині моря. Очевидно, що в ході еволюції у чорноморської хамси виробилися певні інстинкти, які дозволяють їй щорічно знаходити цю найсприятливішу для зимового існування ділянку басейну.

Згідно методиці, вперше запропонованій М.М. Данілювським, конкретні дати утворення щільних косяків і початку промислу чорноморської хамси можуть бути встановлені восени шляхом визначення вмісту жиру в тілі риби із залученням даних про температуру води в південно-східній частині басейну.

Хамса залишається в розсіяному стані і продовжує нагул аж до пониження температури води до таких мінімальних значень, при яких активне переміщення риби може тільки збільшити витрату жиру. Відповідно, чим значніше стає рівень жирових запасів, якій характеризує ступінь готовності хамси до зимівлі, тим вищою є температура води, при якій утворюються стабільні косяки. На підставі результатів регулярних аналізів проб жирності хамси і океанографічних зйомок біля узбережжя Грузії вдалося представити вказаний зв'язок у формалізованому вигляді. Оскільки максимально висока жирність в межах 12-17 % спостерігається у двох-трьохрічних риб розміром 10-13 см, які в листопаді при температурі води 14-16 °С формують перші скупчення, для цієї частини популяції розрахунок коефіцієнтів лінійної регресії проводили окремо. Прийняте до використання в прогностичних цілях рівняння має вигляд

$$T_w = 0.528x + 6.728,$$

де T_w - температура води, °С; x - жирність хамси, %.

Найчисленніша частина стада, що в основному включає сеголітків жирністю менше 13 %, підходить на зимівлю пізніше, в інтервалі температури 10,5-13,0 °С. Нижче за цей температурний поріг вся хамса виявляється локалізується в косяках в 10-мильній прибережній зоні. Процес утворення косяків молоді може бути описаний рівнянням

$$T_w = 0.295x + 8.482.$$

Значне зростання ступеня агрегованості хамси в косяки в прибережній зоні Грузії відзначається при сильних штормових вітрах, які посилюють процес вихолодження вод поверхневого шару моря.

Як правило, вже з перших днів зимівлі у хамси спостерігаються добові вертикальні міграції, які суттєво впливають на хід її промислу кошельковими неводами. Ці міграції дозволяють хамсі здійснювати у присмерковий вечірній і ранішній час короткочасне живлення зоопланктоном, а в денний час – піти з поверхневих горизонтів, де найбільш вірогідне виїдання її хижаками - дельфінами і морськими птахами. Ці поведінкові реакції хамси також знаходяться у тісному зв'язку з температурним чинником.

Наприкінці листопада-грудні, коли поверхневий 40-50-метровий шар води залишається на 2-4 °С більш прогрітим в порівнянні з нижче розташованими горизонтами моря, косяки хамси утримуються нижче шару температурного стрибка. При цьому, вечірні підйоми риби до поверхні починаються о 16 год 30 хв - 17 год 00 хв, після чого вона утримується в щільних косяках протяжністю 200-800 м до 21-22 год, а

потім утворює розріджені концентрації, розосереджені на площі в декілька квадратних миль. Ці шари риби слабкої щільності фіксуються аж до 4-5 год ранку, коли хамса знов починає збиратися в косяки і після сходу сонця о 8-9 год ранку опускається на глибину 40-60 м (до шару термоклину). За даними розрахунків, що проводилися на основі оцінок біомаси і об'єму скупчень за допомогою ехоінтегратора і ехолота, щільність концентрацій хамси в денний час досягає 500-800 екз/м³. З підйомом риби до поверхні щільність зграй знижується до 200-400 екз/м³, а в середині ночі цей показник складає 20-60 екз/м³.

З вихолодженням верхніх шарів води і розмиванням шару температурного стрибка відбувається збільшення нижньої межі денного опускання косяків хамси. В другій половині січня і в лютому, в умовах гомотермії густинні скупчення хамси реєструються на глибинах до 120-140 м. При цьому настання характерних для другої половини зими штормів, які супроводжуються опадами у вигляді снігу, викликає зниження верхньої межі підйому косяків у вечірній час. Тривале "залягання" риби на придонних горизонтах, що спостерігалось в суворі зими 1985 і 1987 рр. при температурі води 6,5-7,5 °С, супроводжувалося різким зниженням біомаси скупчень внаслідок природного збитку. Можливо, виснажене до цього часу жирове депо організму хамси (жирністю 3-6 %) виявляється не в змозі покрити його енергетичні витрати в умовах зниженої температури води і зменшення смеркового живлення, що і призводить до зростання смертності в промисловому стаді. Систематичні гідроакустичні зйомки районів зимівлі хамси показали, що вертикальні міграції цього об'єкта в тому або іншому ступені спостерігаються завжди. При цьому, зміни в температурі води по вертикалі визначають лише розмах підйомів і опускання косяків. Сильні течії, які виникають в період шторму, примушують хамсу уникати верхніх шарів води. В штормову погоду щільні концентрації хамси фіксуються на глибинах 60-120 м. Міграційний шлях до поверхні моря в таких випадках не перевищує 30 м.

Чимале значення для організації промислу хамси також має знання особливостей розподілу її скупчень уздовж узбережжя.

Після виходу перших косяків крупної хамси на шельф південно-східної частини моря, вони, як правило, продовжують інтенсивно просуватися в північному напрямі. Звичайно це відбувається в грудні при відносно високій температурі води 12-14 °С і наявності шару термоклину, коли риба ще живиться і зберігає високу рухливість.

Необхідність економно витратити енергетичні ресурси жиру робить неможливим активне переміщення хамси в найхолоднішу пору року. В цілому властивий хамсі стереотип поведінкових реакцій дозволяє їй займати на зимівлях ділянки шельфу, які найменш схильні до впливу охолодження і течій.

Звичайно вже на початку січня косяки хамси концентруються поблизу прибережних звалів глибин і підводних каньйонів в районі Сухумі-Батумі.

Певний захист від дії течії, яка має в східній частині басейну переважно циклонічну завихореність, косяки хамси знаходять також в бухтах за мисами, які виступають в море.

З настанням найхолоднішого періоду, зазвичай у середині січня, у хамси зникають всякі переміщення в північному напрямі. В той же час було помічено, що під впливом сильних штормів і снігопадів, які викликають різкі пониження температури води, риба може поволі, по 3-5 миль за добу, рухатися на південь. Такий напрям міграцій хамси в другій половині зими стає цілком з'ясовним, якщо врахувати, що води, прилеглі до району Батумі і до турецької Анатолії, найкращим чином захищені від вітрів горами і мають багато глибоких каньйонів.

У березні, коли встановлюється тиха сонячна погода і починається прогрівання поверхневого шару води, вечірні підйоми хамси стають інтенсивнішими, причому рухливість риби при цьому різко зростає. Стабільність косяків знижується. З настанням темноти хамса реєструється ехолотом у вигляді розрідженого шару завтовшки 10-30 м, протяжність якого може перевищувати 10 миль. При цьому риба починає боятися шумів судна і різко опускається вниз при облові тралом або кошельковим неводом. Хоча весняний прогрів моря відбувається відносно поволі, підвищення температури води навіть у верхньому 5-10-метровому шарі на 1-2 °С служить для хамси сигналом для початку весняної міграції в північному напрямі.

У перші декілька днів риба при русі, як і раніше, дотримується прибережних звалів глибин, і лише при прогріванні води до 10-12 °С скупчення починають відходити від берега і розбиваються на окремі косяки протяжністю до 100-150 м. Біля берегів турецької Анатолії весною спостерігаються міграції хамси як в північно-східному напрямі, при якому косяки підходять до району Кавказу, так і в північно-західному напрямі - від Синопа до західного узбережжя Криму.

5.2 Вплив абіотичних факторів на формування скупчень шпроту

До теперішнього часу загальний об'єм вилову чорноморського шпроту не досяг оптимально допустимого улову. Недовикористання промислом популяції даного виду значною мірою визначається слабкою вивченою процесів формування і розпаду його скупчень.

Оскільки лов шпроту здійснюється в основному під час відгодівлі, актуальними є дослідження особливостей поведінки даного виду в період нагульної міграції в шельфову зону.

Міграція шпроту на шельф співпадає з прогрівом поверхневих вод до 8-10 °С, а в утворенні придонних концентрацій позитивну роль грає ступінь розвитку сезонного пікноклину. Але останній чинник може привести до зменшення кисневого обміну по вертикалі на мілководді в літній період і спричинити розвиток заморних явищ.

Для центральної глибоководної частини, де в зимовий період створюються найбільш сприятливі умови для існування особин, що нерестяться, розвитку ікри і личінок, розповсюдження шпроту в північному напрямі обмежується приблизно ізотермою 6 °С.

Оскільки в зимовий період води північно-західного і північно-східного шельфу піддаються значному вихолодженню, то відносно щільні скупчення в цих районах відзначаються лише біля 100-метрової ізобати. Вони формуються в основному рибами старших вікових груп. Біомаса цих косяків буває незначною порівняно із загальним запасом нерестового стада, але дозволяє вести періодичний зимовий промисел.

Після закінчення нересту основної частини популяції починається масова міграція шпроту на шельф для нагулу (друга половина квітня - перша половина травня). В північно-західній частині моря масовий підхід риби співпадає з початком перебудови гідроструктури шельфових вод із зимового типу на літній. Спочатку шпрот тримається у вигляді дрібних косяків в поверхневому, самому прогрітому шарі води, і розповсюджується по всій шельфовій зоні. В світлий час доби риба покидає поверхневий освітлений шар і опускається на глибину. Проте придонні концентрації, придатні для промислу, утворюються лише на тих ділянках шельфу, де до цього часу у дна складаються сприятливі умови мешкання.

У період весняного прогріву сольовий і кисневий режими, а також стан кормової бази не надають значного впливу на формування придонних промислових скупчень. Основною перешкодою для їх утворення в даний період є збереження в нижче розташованих шарах вод з температурою менше 6 °С.

З прогрівом води, на всьому шельфі відбувається руйнування зимових водних мас в придонному горизонті. Значення температури води у дна повсюдно стає вище критичного і цей параметр перестає надавати скільки-небудь значний вплив на розподіл скупчень шпроту.

До червня на північно-західному шельфі формується типово літня гідроструктура вод, яка характеризується наявністю яскраво вираженого прогрітого поверхневого шару і холодних вод, які залягають під ним. В цей період промислові скупчення шпроту відзначаються по всьому шельфу від 17-18-метрової ізобати до звалу глибин. Його косяки вже не

підіймаються в поверхневі шари, прогріті до 20 °С і більш. Тому на мілководді збільшується стабільність придонних концентрацій.

Найсприятливіші умови для відгодівлі на протязі всього літнього періоду відзначаються біля гирла р. Дунай. Але аналіз риб, виловлених в інших районах, не дає підстав говорити про недолік корму для них. Значення основних океанографічних параметрів на шельфі також, в цілому, знаходяться в межах толерантності виду. Температура води біля дна складає 6-8 °С, солоність від 18,0 до 20,0 ‰. Таким чином, на всьому шельфі складаються сприятливі умови для утворення промислових скупчень. Проте дослідження дозволили виявити значний вплив деяких гідродинамічних процесів на поведінку шпроту.

На мілководді біля о.Зміїний, де ведеться найбільш інтенсивний промисел, встановлена залежність характеру розподілу і щільності скупчень від ряду гідрометеорологічних параметрів. В цьому районі періодично спостерігаються згінно-нагінні явища, які викликають переміщення холодних придонних вод, що підстилають верхній прогрітий шар, у напрямку до берега і від нього. Разом з придонними водними масами відзначаються пересування косяків шпроту. При малій каламутності поверхневих вод агрегованість риби залежить від ступеня освітленості в денний час. Найбільш щільні скупчення відзначаються в ясну, сонячну погоду. Підвищення атмосферного тиску також приводить до збільшення концентрації риб в косяках. При хвилюванні поверхні моря більше 4 балів відбувається руйнування скупчень і розсіювання риби в пелагіалі.

Руйнування придонних концентрацій шпроту в районі звалу глибин часто буває пов'язано з виходом глибинних вод на шельф, що обумовлено гідродинамічними процесами. При цьому риба відривається від ґрунту і розсіюється. Верхня межа таких затоків вод визначається ізотермою 8 °С, ізохалиною 20 ‰ і зниженим вмістом кисню. Слід зазначити, що згідно з [3], зменшення концентрації кисню у воді не є головною причиною розпаду косяків, оскільки промислові концентрації можуть зустрічатися на ділянках шельфу з абсолютним значенням кисню біля дна 0,8-1,0 мг/л при звичних для придонних шельфових вод температурі і солоності.

Виявлені особливості міграційної поведінки шпроту дозволяють оперативно розробляти рекомендації щодо розстановки добувного флоту залежно від гідрометеорологічної ситуації.

Питання для самоперевірки

1. Надати характеристику особливостей розподілу та міграцій чорноморської хамси.

2. Надати характеристику особливостей розподілу та міграцій чорноморського шпроту.
3. Надати характеристику особливостей розподілу та міграцій чорноморської ставриди.
4. Як температура води впливає на міграційну та зграєву поведінку хамси?
5. Як океанографічні умови впливають на формування скупчень шпроту?

6 ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РИБОПРОМИСЛОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ В ЧОРНОМУ МОРІ

Предиктори рибопромислових прогнозів в Чорному морі можна розділити на метеорологічні і океанологічні. Перші частіше виступають як власне предиктори з певною завчасністю, оскільки є параметрами впливу на елементи гідроструктури. Другі є екологічними параметрами, що так чи інакше впливають на врожайність і поведінку об'єктів промислу. До їх числа відносяться: тепловий фон моря, особливості циркуляції його вод (наявність вихрових утворень, зон конвергенції і дивергенції, струменевих течій), гідрохімічний режим і умови стратифікації, а також ступінь хвилювання, режим солоності і осадконакопичування. Зміни вказаних екологічних параметрів визначаються в основному характером атмосферних процесів над акваторією моря.

6.1 Основні предиктори

Основними предикторами промислових прогнозів в Чорному морі, які активно використовуються, є: сонячна активність, індекси атмосферного переносу, температура води, що визначає тепловий фон моря [1].

Вважається, що теплове випромінювання сонця (корпускулярне, рентгенівське і радіовипромінювання) може впливати на процеси відтворення і поведінку різних промислових видів риб Чорного моря по двох напрямках. З одного боку, перевага зонального або меридіонального типу атмосферної циркуляції визначає вітровий режим, а отже, і особливості поля течій, інтенсивність вертикального турбулентного і дифузійного обміну, термохалінну структуру вод, мінливість характеристик термічного і гідрохімічного режимів моря. З другого боку, не виключено безпосередній вплив сонячної активності на характер протікання біохімічних процесів в організмах гідробіонтів і, отже, на їх біологічний стан на різних стадіях розвитку, що також визначає особливості їх врожайності, динаміки чисельності і поведінки.

Значення сонячної активності у вигляді середніх річних чисел Вольфа (Цюріхське число) широко використовуються в промисловій океанографії для формальних статистичних зіставлень з різними видами біологічних і промислових показників. Цьому сприяє довжина ряду спостережень за цим параметром - з 1883 р., а також вельми сталі його циклічні коливання, в основному з періодом 11 років.

Другим предиктором, що використовується в чорноморському рибопромисловому прогнозуванні, є індекси атмосферної циркуляції, які для Чорного моря одержані в результаті розкладання в ряд по поліномах

Чебишева поля приземного атмосферного тиску, що включає 16 точок над акваторією моря, розташованих через 2^0 по широті і через 4^0 по довготі (рис. 6.1) [1].

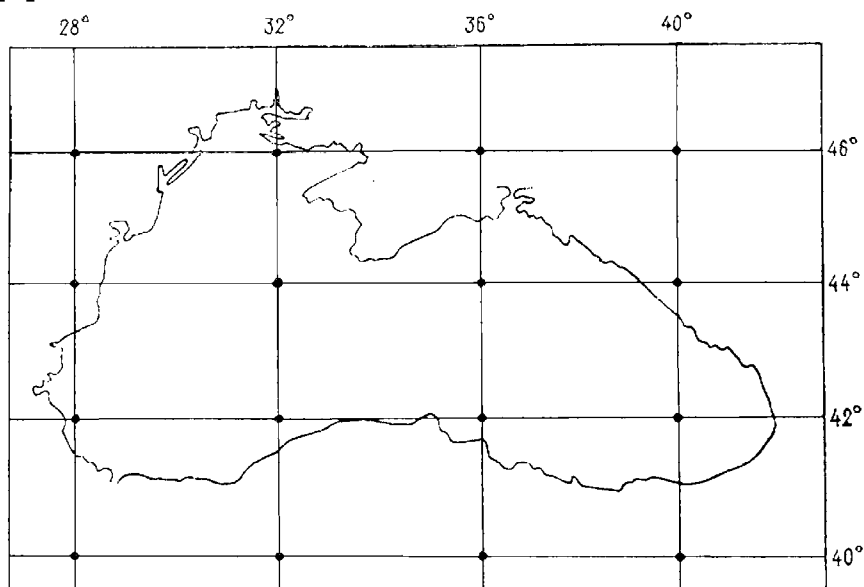


Рис. 6.1 – Стандартна сітка для розкладення баричного поля в ряд за поліномами Чебишева [3].

Поле тиску представляється як:

$$P(x, y) = A_{00}\varphi_0(x)\psi_0(y) + A_{10}\varphi_1(x)\psi_0(y) + \dots + A_{ij}\varphi_i(x)\psi_j(y), \quad (6.1)$$

де φ_i, ψ_j – поліноми Чебишева; A_{ij} – коефіцієнти розкладання, значення яких обчислюють за формулою:

$$A_{ij} = \frac{\sum_{m=1}^k \sum_{n=1}^g P(x_m, y_n) \varphi_i(x_m) \psi_j(y_n)}{\sum_{m=1}^k \varphi_i^2(x_m) \sum_{n=1}^g \psi_j^2(y_n)}, \quad (6.2)$$

де k – число вузлів, в яких задається функція у напрямі осі x , g – у напрямі осі y .

Поле функції $P(x_m, y_n)$ представляється у вигляді матриці

$$P(x_m, y_n) = \begin{vmatrix} P(x_1, y_1) & P(x_1, y_2) & \dots & P(x_1, y_g) \\ P(x_2, y_1) & P(x_2, y_2) & \dots & P(x_2, y_g) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P(x_k, y_1) & P(x_k, y_2) & \dots & P(x_k, y_g) \end{vmatrix}$$

Обчислювалися п'ять основних коефіцієнтів: A_{00} , A_{01} , A_{02} і A_{20} . Перший є середнім тиском поля, другий відображає інтенсивність південно-північного перенесення (північно-південного – у разі негативного значення), третій – інтенсивність західно-східного перенесення (східно-західного – у разі негативного значення), четвертий і п'ятий – відповідно, різноспрямоване меридіональне перенесення в західній і східній половині моря (циклонічне обертання при позитивному значенні) і зональний – в північній і південній половинах моря (зі сходу на захід – в першій і із заходу на схід – в другій).

У прогностичних моделях використані в основному перші три коефіцієнти, як ті що відображають найпростіші механізми впливу: середній тиск, загальне меридіональне і зональне перенесення, а також деякі комбінації з них.

Третім предиктором служить тепловий фон моря. В найзагальнішому значенні цим терміном позначається рівень теплозапасу вод Чорного моря, який відображається в різних його частинах середньою місячною температурою. Не зважаючи на велику кількість спостережень за цією характеристикою на акваторії моря, регулярні дані одержуються тільки на берегових гідрометеорологічних постах. Довжина ряду щодобвих спостережень в п. Батумі досягає, наприклад, 80, а в п. Одеса навіть 90 років. Кожний з рядів в різній мірі відображає рівень теплозапасу деякого прилеглого об'єму вод. Найвіддаленіший від глибоководної відкритої частини моря пункт в п.Одеса характеризується коливаннями температури, що більшою мірою відбивають зміни погоди і вельми схожі з коливаннями температури повітря. Дані спостережень за температурою води в п.Батумі, розташованому в районі з найменшою прибережною мілиною і в зоні найменшого теплообміну, навпаки, більш схожі з середньою температурою поверхневого шару відкритого моря, тобто характеризують рівень теплового фону всього Чорного моря.

В якості показників теплового фону використовують середньомісячні значення температури води, або обчислюють індекс теплового фону Q (середнє значення температури води за піврічний період від мінімуму в річному ході (березень) до максимуму (серпень)):

$$Q = \frac{1}{6} \sum_{III}^{VIII} \bar{T}_m, \quad (6.3)$$

де $\bar{T}_m$ – середньомісячні значення температури поверхневого шару води в п.Батуми з березня по серпень для конкретного року.

Непрямою характеристикою теплового фону моря є дата переходу температури води через певні значення при весняному прогріванні або осінньому вихолодженні. Ці дати є предиктантами в гідрометеорологічному прогнозуванні і служать предикторами в комплексному промисловому прогнозі.

6.2 Методи виявлення зв'язків

Специфіка промислового прогнозування створює певні проблеми, в основі яких лежить нестаціонарність рядів і статистичний розподіл, далекий від нормального, у вибірках біологічних і промислових показників. Діапазон зміни запасів риби, наприклад, може досягати чотирьох порядків, а елементи їх поведінки часто оцінюються якісно. Спектральний аналіз циклічних коливань в прогнозованих рядах або в асоційованих з ними абіотичних параметрах дає лише вельми загальні і грубі оцінки на дальню перспективу.

Кореляційний і регресійний методи аналізу, хоча і широко використовуються в методиці промислового прогнозування в Чорному морі, але короткі ряди, неможливість їх порівняння через нестаціонарність біологічних показників, нелінійність зв'язків зумовлюють низькі значення коефіцієнтів кореляції і малу забезпеченість рівнянь регресії. Загальновідомо також, що промисловий прогноз у багатьох випадках не вимагає високої точності або деталізації, а буває достатнім при оцінці тенденції, приналежності предиктанта до одного з декількох крупних класів або виявленні року-аналога. Практикою доведена корисність і необхідність вживання методів дискретної математики, таких, як кластерного аналізу або методу рангової кореляції.

Метод рангової кореляції. При використанні цього метода значення характеристик, що зіставляються, діляться на класи (ранги), які можуть бути не рівноцінними, але ранжировані по ознаці збільшення або зменшення значень в рядах, що аналізуються. Зіставлення двох рядів, перший з яких ранжований, здійснюється для визначення мінімального числа обмінів сусідніх елементів другого ряду (P), необхідне для приведення його к упорядкуванню першого ряду. Коефіцієнт рангової кореляції (Кендала) визначається формулою:

$$\tau = 1 - \frac{4P}{n(n-1)}, \quad (6.4)$$

де n – число членів ряду.

Використовується також коефіцієнт Спірмена

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d^2}{n^3 - n}, \quad (6.5)$$

де d^2 – квадрат різниці між рангами спряжених значень двох ранжированих рядів.

Метод матриць вірогідності переходів. Припускає розділення рядів, що зіставляються, на рівноімовірні діапазони шляхом розподілу кривої забезпеченості (накопичена вірогідність) на рівні ділянки по кількості діапазонів.

При трьох діапазонах виходить 0,33 від шкали відносної вірогідності. Лінії розділу позначають на кривій забезпеченості точки перетину, з яких опускаються нормалі на вісь значень характеристики, відсікаючи таким чином задані діапазони. Рівноімовірні класи рядів, що зіставляються, представляються як перехід між станами системи з певною вірогідністю. Такий підхід відповідає теорії ланцюгів Маркова, в якій розглядається фізична система, яка в кожному момент часу може знаходитися в одному із станів і міняти його тільки в послідовні моменти часу. Причому вірогідність перейти в наступний стан в даний момент часу залежить від того, в якому стані система знаходилася в передуючий час, і не змінюється від того, що стають відомими її стани в більш ранні моменти. Якщо вірогідність такого переходу позначити через P_{ij} , то матриця переходів може бути представлена у вигляді:

$$\begin{array}{cccc} & x_1 & x_2 & \dots & x_i \\ y_1 & P_{11} & P_{21} & \dots & P_{k1} \\ y_2 & P_{12} & P_{22} & \dots & P_{k2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_j & P_{1k} & P_{2k} & \dots & P_{kk} \end{array},$$

при умові $0 \leq P \leq 1$ і $\sum_{i=1}^k P_{ij} = 1$, де x_i і y_j – рівноімовірні діапазони значень рядів X (первинний стан) і Y (кінцевий стан), що зіставляються.

Вірогідність переходів в матриці може виражатися не тільки в частках одиниці, але і у відсотках.

При використанні цієї методики для промислових прогнозів Чорного моря, сукупності значень рядів ділилися, як правило, на три рівноімовірні діапазони: перший – низькі значення (Н), другий – середні (С), третій – високі (В).

При повному зв'язку двох рядів сума головної діагоналі матриці буде рівна 3, а при повному зворотному зв'язку таке значення буде уздовж побічної діагоналі. Критерієм наявності ознаки зв'язку між двома рядами, що зіставляються, служить значення суми по одній з діагоналей матриці рівне або перевершує 1,5. Матриця вважається інформативною також при наявності хоча б одного переходу з вірогідністю рівною або більшою 0,7.

6.3 Методика прогнозу

6.3.1 Анчоус (хамса)

Врожайність чорноморського анчоуса побічно оцінюється по середній кількості екземплярів молоді (А), виловлених на станціях облікової зйомки в серпні на певних акваторіях стандартним мальковим тралом. На основі аналізу результатів облікової зйомки на північно-західному шельфі моря (обмеженому берегом і лінією р. Дунай - м. Тарханкут) і в південно-східній частині моря (від п. Лазарівське до п. Батумі) в період з 1965 по 1985 р., встановлено, що середня кількість молоді хамси на північно-західному шельфі пропорційна десятковому логарифму аналогічного значення в південно-східній частині [3]. Ця пропорційність свідчить на користь припущення про те, що врожайність визначається не локальними особливостями конкретних регіонів, а загальним станом моря – його динамічним і термічним режимами в конкретні роки.

В таблиці 6.1 представлена узагальнена матриця вірогідних переходів, що характеризує зв'язки врожайності хамси в південно-східній частині $E = \lg A$ з абіотичними параметрами, які її визначають: з середньомісячними значеннями температури води в квітні і травні в п.Батумі ($T_{Б-IV}$ і $T_{Б-V}$); індексом атмосферної циркуляції в квітні, що є сумою зонального і меридіонального переносу ($A_{\Sigma-IV} = A_{01} + A_{10}$). В табл. 6.2 представлені значення рівноімовірних діапазонів вищеперерахованих

характеристик по трьох градаціях: низькі Н, середні С і високі В. Эти позначення прийняті і для зведених матриць.

Відповідно до умови достовірності зв'язків, викладеної вище, в зведеній матриці відображені тільки інформативні (прогностичні) частинні матриці, тобто з сумою по одній з діагоналей, рівною або перевершуючою 150 %, або окремими переходами з вірогідністю 70 % і більше. Решта пробних варіантів або неінформативних матриць зв'язків цих же параметрів не наводиться.

За даними зведеної матриці, яка далі використовується як прогностична, побудований граф зв'язків для пояснення припускаемого механізму взаємодії гідрометеорологічних процесів і їх впливу на врожайність анчоуса (рис. 6.2).

Таблиця 6.1 – Зведена матриця зв'язків (у % відповідності рівноімовірних діапазонів) врожайності чорноморського анчоуса і параметрів, що її визначають (позначення в тексті) [3]

		$A_{\Sigma-IV}$			T_{B-IV}			T_{B-V}		
		Н	С	В	Н	С	В	Н	С	В
T_{B-IV}	Н	33	25	17						
	С	56	62	17						
	В	11	13	66						
Q	Н	45	50	00	62	45	00	60	50	11
	С	33	38	33	38	28	29	20	33	33
	В	22	12	67	00	27	71	20	17	56
E	Н	00	33	60	00	25	60	00	10	80
	С	40	50	20	33	50	20	00	60	00
	В	60	17	20	67	25	20	100	30	20

Таблиця 6.2 – Рівноімовірні діапазони характеристик табл. 6.1

Характеристики	<Н	С	$\geq$ В
E	3,2	3,2-3,9	3,9
$A_{\Sigma-IV}$	-0,4	-0,4...-0,2	0,2
T_{B-IV}	11,0	11,0-11,7	11,7
T_{B-V}	15,1	15,1-16,5	16,5
Q	17,5	17,5-18,0	18,0

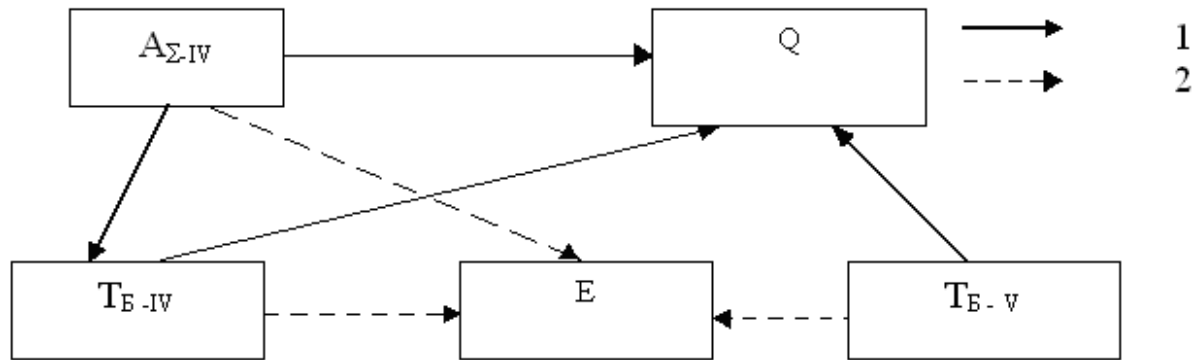


Рис. 6.2 – Граф зв'язків врожайності чорноморського анчоуса і параметрів, які її визначають. 1- прямий зв'язок, 2- зворотний [3].

На графі всі ребра прямих зв'язків означають, що атмосферний перенос в квітні із заходу на схід і з півдня на північ обумовлює підвищену температуру води в п. Батумі (що відображає загальний теплозапас поверхневого шару вод моря) в квітні, травні і потім, в цілому, до серпня (визначення Q , дане раніше). І всі ці параметри (окрім Q) пов'язані зворотним зв'язком з врожайністю анчоуса, що відображає решта ребер графа. Таким чином, виходить, що сприятливі умови для відтворювання анчоуса забезпечуються перенесенням з півночі і сходу, що створює передумови для розвитку характерної для Чорного моря системи циркуляції вод у вигляді двох циклонних круговоротів.

Можна припустити, що північні і східні вітри відображають для регіону Чорного моря також переважання антициклонного типу погоди, яка визначає в квітні і травні більш інтенсивний фотосинтез (підвищена освітленість), а отже, і успішний розвиток кормової біомаси для молоді анчоуса. Знижений тепловий фон, при цьому, створюється завдяки інтенсивному вітровому перемішуванню.

Наявність ряду взаємозв'язаних параметрів дозволяє здійснювати так зване "сіткове" прогнозування, з послідовним зменшенням завчасності, уточненням прогнозу і представленням його у формі вірогідності. Припустимо, що величина $A_{\Sigma-IV}$, розрахована по щоденних картах приземної барики, перевершує 0,2, а температура води в п. Батумі, середня за квітень, більше $11,7^{\circ}\text{C}$. В цьому випадку матриця вірогідних переходів (відповідне ребро графа) $A_{\Sigma-IV}$ - E показує, що вірогідність низької врожайності, тобто E менше 3,2, рівна 60 %, а середнього і високого значення – по 20 %. Відповідно до матриці T_{B-IV} – E результати будуть тими ж. Якщо температура води в травні залишається на підвищеному

рівні ($T_{B-V} \geq 16,5$), то вірогідність низького урожаю, відповідно до матриці $T_{B-V} - E$, підвищиться до 80 %.

Прогнозоване значення E переводиться потім в середню кількість екземплярів молоді на зйомках в обох районах і далі – в загальну кількість поповнення в мільярдах штук.

Головним елементом поведінки чорноморського анчоуса є час утворення зимувальних скупчень в листопаді-грудні в південно-східній частині моря. Цей термін обумовлений жирністю анчоуса і інтенсивністю вихолодження. За оцінками біологів, він співпадає приблизно з датою переходу температури води в південно-східній частині моря (в п. Батумі) через 14°C . Потім, при вихолодженні нижче 11°C , до зимуючих старших вікових груп приєднується молодь. Прогноз дат вищезгаданих переходів, в першу чергу, першого, є основною гідрометеорологічною частиною загального промислового прогнозу. Цей прогноз найбільш значущий у виробничому плані, оскільки час початку путини, в якій буває задіяно до 120 (малотоннажних) суден і багато рибообробних підприємств, визначає в значній мірі її успіх і економічну ефективність.

Фізичною основою гідрологічного прогнозу темпу осіннього вихолодження є теплова інерція моря. Дата переходу температури води через 14°C явно пов'язана з середньою місячною температурою листопада. Коефіцієнт кореляції зв'язку рівний 0,76, його значущість – на рівні 95 %.

Рівняння регресії має вигляд

$$D_{14} = 6,2T_{B-XI} - 67, \quad (6.6)$$

де D_{14} – кількість днів після 31 грудня; T_{B-XI} – середня температура води в листопаді в п.Батумі. Матриця вірогідних переходів має суму відносної вірогідності на головній діагоналі 1,95. Рівноімовірні діапазони цих показників, як і всіх інших, які задіяні в прогностичній моделі, приведені в табл. 6.3.

Практичне прогнозування дати початку путини може здійснюватися по комплексних матрицях, де в якості початкових станів використовуються комбінації (перестановки) з діапазонів липневої і серпневої температури $T_{B-VII;VIII}$, а також з серпневої і вересневої $T_{B-VIII;IX}$ (див. табл. 6.4). Граф зв'язку прогностичної моделі приведений на рис. 6.3

Прогноз дати підходу на зимівлю молоді анчоуса D_{11} проводиться по значенню D_{14} як по предиктору за допомогою матриці їх зв'язку (табл. 6.5).

Завчасність першого прогнозу досягає 2 місяців, з подальшим уточненням в кінці вересня, завчасність другого - близько місяця.

Таблиця 6.3 – Рівноімовірні діапазони дат переходу температури води в п.Батумі через 14 °С і 11 °С при осінньому вихолодженні і пов'язаних з ними параметрів [3]

Показники	<Н	С	≥В
Перехід через 14 °С	6-30 XI	1-11 XI	12-28 XII
Д ₁₄	32	33-42	42
Перехід через 11 °С	5-31 XII	1-17 I	17 I -11 II
Д ₁₁	31	31-48	48
Т _{Б-VII}	24,0	24,0-24,8	24,8
Т _{Б-VIII}	24,9	24,9-25,9	25,9
Т _{Б-IX}	23,4	23,4-24,4	24,4
Т _{Б-XI}	15,8	15,8-17,2	17,2

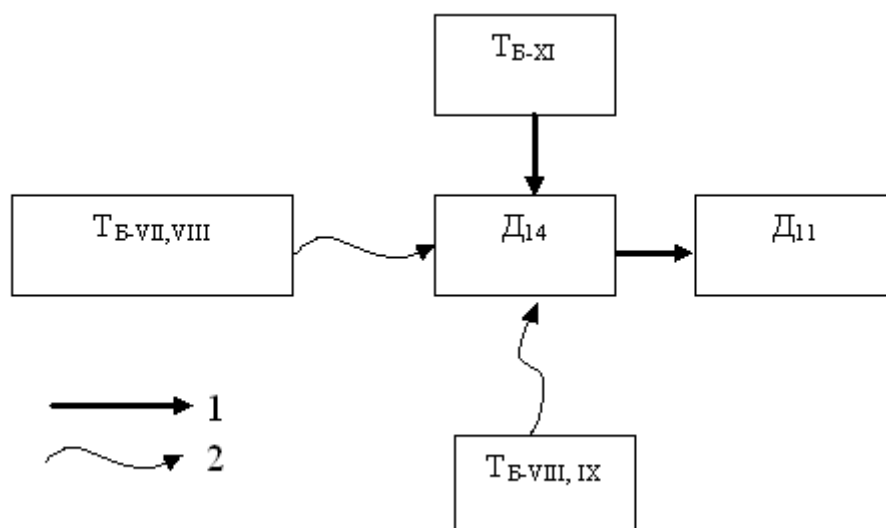


Рис. 6.3 – Граф зв'язків початку масового промислу чорноморського анчоуса і параметрів, що його визначають. 1- прямий зв'язок, 2- частинні зв'язки [3].

6.3.2 Шпрот

Врожайність шпроту представляється у вигляді двох показників: поповнення (за чисельністю молоді в мільярдах штук), оцінюваного під час облікової тралової зйомки в квітні (МШ), і загального запасу шпроту (в тисячах тонн), який одержується під час травневої зйомки (Ш). Перша характеристика відображає виживаючість покоління в період з листопаду по березень (період інтенсивного нересту) поточного року, тому зіставляється з гідрологічними характеристиками синхронно. Друга – поповнення в попередньому році, тому аналогічне зіставлення здійснюється із зсувом ряду предиктанта на один крок (рік) назад.

Таблиця 6.4 – Комплексні матриці зв'язків (у % відповідності рівноімовірних діапазонів) дати початку путини чорноморського анчоуса і параметрів, що її визначають (позначення в тексті) [3]

Д ₁₄	НН	НС	НВ	СН	СС	СВ	ВН	ВС	ВВ
Т _{Б-VII, VIII}									
Н	50	30	00	36	00	33	00	30	31
С	50	40	00	28	100	34	50	50	19
В	00	30	100	36	00	33	50	20	50
Т _{Б-VIII, IX}									
Н	23	56	00	67	22	17	33	20	33
С	54	11	100	00	67	50	34	40	9
В	23	33	00	33	11	33	33	40	58

Таблиця 6.5 – Матриці зв'язку (у % відповідності рівноімовірних діапазонів) між терміном початку зимівлі анчоуса (Д₁₄) і підходом молоді (діапазон – в таблиці 6.3) [3]

Д ₁₁	Н	С	В
Н	63	33	8
С	32	53	27
В	5	14	65

Обидві характеристики, зв'язані між собою, і кожна окремо – з середньою березневою температурою води в п. Батумі (Т_{Б-III}). Відповідна зведена матриця представлена в табл. 6.6 (діапазони характеристик – в табл. 6.7), а зв'язок ілюструється найпростішим графом (рис. 6.4) [1, 3].

Фізичне значення зв'язку дуже просте. Підвищений тепловий фон в період його річного мінімуму сприятливий для виживання молоді шпроту і поповнення запасу подальшого року.

Можна припустити, що середня березнева температура води побічно відображає кількість сонячних днів в зимовий період, а отже, інтенсивність продукування фітопланктону, яке, як відомо, у відкритій, особливо в південно-східній, частині моря не припиняється взимку. Таким чином, забезпечується необхідна кормова база для личінок. В усякому разі, температура за березень в даному пункті служить предиктором для прогнозу кількості молоді з місячною завчасністю (перевірка під час квітневої зйомки) і для загального запасу шпроту з річною завчасністю. Надійним аргументом для останнього прогнозу є безпосередня кількість молоді шпроту, розрахована за матеріалами зйомки. В табл. 6.6 низьке значення кількості молоді шпроту пов'язано з подальшим запасом шпрота 100 % відповідністю. Середній і високий діапазони мають значну

невизначеність, тому гідрологічний предиктор $T_{Б-Ш}$ дає додаткову інформацію, створюючи одиничний елемент прогностичної сітки.

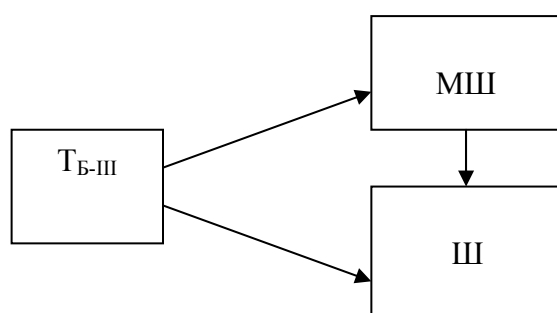


Рис. 6.4 Граф зв'язку температури води в п. Батумі в березні із запасом чорноморського шпроту і кількістю його молоді

Найзначущим елементом *поведінки* шпроту є початок міграції після закінчення нересту в шельфові води, що прогріваються. В цей час починається його масовий промисел, в основному на північно-західному шельфі. Встановлено, що цей термін пов'язаний з темпом весняного прогрівання і співпадає з переходом температури води поверхневого шару в п.Одеса через 10°C . Допустимо припустити, що досягнення в цей час водами шельфу температури $8-9^{\circ}\text{C}$ ліквідує горизонтальний градієнт зимового періоду між ними і водами відкритого моря, співпадає за часом з весняним спалахом фіто- і зоопланктону, служить сигналом для переміщення скупчень шпроту, розташованих біля звалу шельфу, на міліну.

Таблиця 6.6 – Зведена матриця зв'язку (у % відповідності рівноімовірних діапазонів) між запасом шпроту, кількістю його молоді і температурою води в п. Батумі в березні (позначення в тексті) [3]

Показники		Т _{Б-Ш}			МШ		
		Н	С	В	Н	С	В
МШ	Н	50	20	14			
	С	25	67	43			
	В	25	13	43			
Ш*	Н	100	50	20	100	34	50
	С	00	17	40	00	33	00
	В	00	33	40	00	33	50

* - запас шпроту зіставляється при зсуві на один рік тому

Таблиця 6.7 – Рівноімовірні діапазони характеристик табл. 6.6

Показатель	<H	C	≥B
	8,7	8,7-9,4	9,4
МШ	30	30-60	60
Ш	440	440-530	530

Позначений термін переходу залежить від рівня теплового фону чорноморських вод в період зимового вихолодження і інтенсивності весняного прогрівання. Показником першого може служити середня температура березня.

Проведений відповідно до цих положень регресійний аналіз дав наступні результати.

Регресійний аналіз показав, що зв'язок термінів закінчення нересту шпроту з мінімальною зимовою температурою води (T_{II}) має коефіцієнт кореляції 0,73, а з інтенсивністю весняного прогрівання T_{III} – -0,80, з рівнем значущості 1 %. Рівняння регресії мають наступний вигляд:

$$D = 31,4 - 6,9T_{II}; \quad (6.7)$$

$$D = 43,0 - 5,9T_{III}, \quad (6.8)$$

де D – кількість діб до початку активних міграцій шпроту в межі північно-західного шельфу після 1 квітня.

Забезпеченість рівнянь, якщо виходити з частоти невиходу термінів за межі 20 % від амплітуди ряду, складає, відповідно, 58 і 83 %.

Перше з рівнянь використовується для орієнтовного прогнозу початку масового промислу із завчасністю більше одного місяця, а друге – для точного прогнозу з тижневою завчасністю.

6.3.3 Ставрида

У якості природних фізичних індекси, що визначають *врожайність* ставриди, використовуються сонячна активність W і індекс теплового фону Q [1, 3]. Перша характеристика, завдяки можливості екстраполяції, може бути предиктором прогнозу із завчасністю в рік і більше. Друга, що спостерігається в період облікової зйомки, може служити як аргумент при розрахунку поповнення або для прогнозу запасу на подальші роки.

Ряд значень врожайності розділений на 10 класів (табл. 6.8). Вони не рівноцінні і значення, що входять в них, не безперервні (наприклад, клас 8 і 9), але їх послідовність виражає збільшення значень від початку до кінця

ряду (принцип ранжирування). Крім того, класи побудовані з таким розрахунком, щоб на кожний з них доводився принаймні один рік. В наступній графі проставлені роки із значеннями врожайності, що входять в межі відповідних класів.

Далі обчислені середні значення сонячної активності і теплового фону Q для кожної групи років. Зв'язок перерахованих характеристик виявлений за допомогою рангової кореляції (табл. 6.9).

Фізична основа зв'язку врожайності з тепловим фоном полягає в тому, що останній при своїх низьких значеннях відображає інтенсивність підйому глибинних вод, які обумовлюють підвищену біологічну продуктивність, а отже, кормову базу і виживання личінок чорноморської ставриди в літній період. Вважаємо роль сонячної активності обговорювалася вище.

Коефіцієнти зв'язку між самими природними аргументами не значущі. Отже, вони впливають на врожайність незалежно один від одного. Тільки сумісний облік обох незалежних чинників може дати нам можливість довгострокового прогнозу врожайності.

Поведінка чорноморської ставриди має дві значущі для її промислу сторони. Одна пов'язана з вибором місць зимівлі – переважно біля берегів України і Росії або Туреччини, залежно від чого визначається доступність флоту до її запасів. Інша – власне поведінка в районах зимівлі.

Таблиця 6.8 – Група років з відповідними класами врожайності чорноморської ставриди, середніми значеннями сонячної активності і теплового фону (позначення в тексті) [3]

Клас врожайності	Врожайність млн. екз.	Рік з врожайністю відповідного класу	W	Q
1	0-50	1952,1953,1954, 1955,1962, 1964, 1967, 1968, 1970, 1971, 1972	50(2)	18,19(9)
2	50-100	1956, 1963, 1966	73(5)	17,97(6)
3	100-150	1951, 1961	60(3)	18,75(10)
4	150-200	1945	30(1)	17,30(1)
5	200-400	1948, 1950, 1973	83(6)	18,07(7)
6	400-500	1946, 1947, 1949	130(8)	18,13(8)
7	500-600	1957,1965, 1974	68(4)	17,93(5)
8	600-800	1959	160(10)	17,80(4)
9	1000-1200	1960	110(7)	17,50(3)
10	1200	1958,1959	140(9)	17,35(2)

Таблиця 6.9 – Коефіцієнти кореляції (позначення в тексті) [1]

Коефіцієнт кореляції		Коефіцієнт рангової кореляції Кендала			Коефіцієнт Спірмена		
R_{AW}	R_{AQ}	τ_{AW}	τ_{AQ}	τ_{WQ}	ρ_{AW}	ρ_{AQ}	ρ_{WQ}
0,43	-0,17	0,56	-0,51	-0,22	0,75	-0,61	-0,20

Тут ми розглянемо тільки другу сторону. Зимівля і промисел ставриди мають місце з грудня по березень з максимумом уловів в січні і лютому в районі Кримського і Кавказького узбережжя. При цьому в холодні зими реакція на світло ставриди більш інтенсивна і улови вище.

Улови ставриди (в тис. центнерів) в районі Південного берега Криму і Кавказу за січень, лютий і березень з 1963 по 1984 рр. (S), зіставлялися методом матриць вірогідних переходів з рядом метеорологічних і гідрологічних параметрів, що відображають особливості режиму в зимові місяці, і пов'язаних з ними характеристик за інші періоди.

У результаті аналізу зв'язків були відібрані наступні значущі гідрометеорологічні характеристики.

1. Температура води в порту Батумі в березні, що відображає тепловий фон зими у відповідному районі Чорного моря в період промислу $T_{Б-III}$, а також тепловий фон моря попереднього року Q.

2. Група індексів атмосферного переносу, а саме: меридіональний перенос в березні A_{10-III} і січні A_{10-I} , середній тиск вибраного барічного поля над Чорним морем в попередньому грудні A_{00-XII} і в попередній період з серпня по листопад $A_{00-\Sigma_{VIII-XI}}$.

Одержана зведена матриця зв'язків і рівноімовірні діапазони характеристик наведені в табл. 6.10 і 6.11, а граф зв'язків – на рис. 6.5.

Таблиця 6.10. – Зведена матриця зв'язків уловів ставриди і параметрів, що її визначають (позначення в тексті) [1,3]

Показни -ки		Q			$T_{Б-III}$			A_{10-III}		
		Н	С	В	Н	С	В	Н	С	В
S	Н	43	25	29	14	28	50	17	14	43
	С	43	63	00	14	44	50	17	43	57
	В	14	12	71	72	28	00	66	43	00
Показни -ки		A_{10-I}			A_{00-XII}			$A_{00-\Sigma_{VIII-XI}}$		
		Н	С	В	Н	С	В	Н	С	В
$T_{Б-III}$	Н				28	25	33	43	17	29
	С				14	62	17	29	67	00
	В				57	12	50	29	17	71
A_{10-III}	Н	72	40	12						
	С	14	40	44						
	В	14	20	44						

A_{10-I}	H				25	28	50	50	28	28
	C				00	43	33	17	44	14
	B				75	29	17	33	28	58
A_{00-XII}	H							28	00	71
	C							43	71	00
	B							29	29	29

Необхідність побудови досить складного графа обумовлена потребою прогнозу рівня теплового фону зими $T_{Б-III}$, який виявився пов'язаним з уловом зворотною залежністю. Було встановлено, що середній тиск грудня A_{00-XII} визначає меридіональне перенесення в січні A_{10-I} і рівень теплового фону, а січневе меридіональне перенесення, мабуть, є віддзеркаленням типу зимової циркуляції, оскільки прямо пов'язане з аналогічним березневим перенесенням A_{10-III} , яке також, як і тепловий фон зв'язано зворотною залежністю з умовами ставриди.

Таблиця 6.11. – Рівноімовірні діапазони характеристик табл. 6.10

Діапазони характеристик	$<H$	C	$\geq B$
S тис.ц	20	20-60	60
Q	17,5	17,5-18,0	18,0
$T_{Б-III}^{\circ C}$	8,9	8,9-9,4	9,4
A_{10-III}	-18	-0,18...0,34	0,34
A_{10-I}	-0,4	-0,4...0,2	0,2
A_{00-XII}	15,6	15,6-20,1	20,1
$A_{00-\Sigma_{VIII-XI}}$	64,0	64,0-67,3	67,3

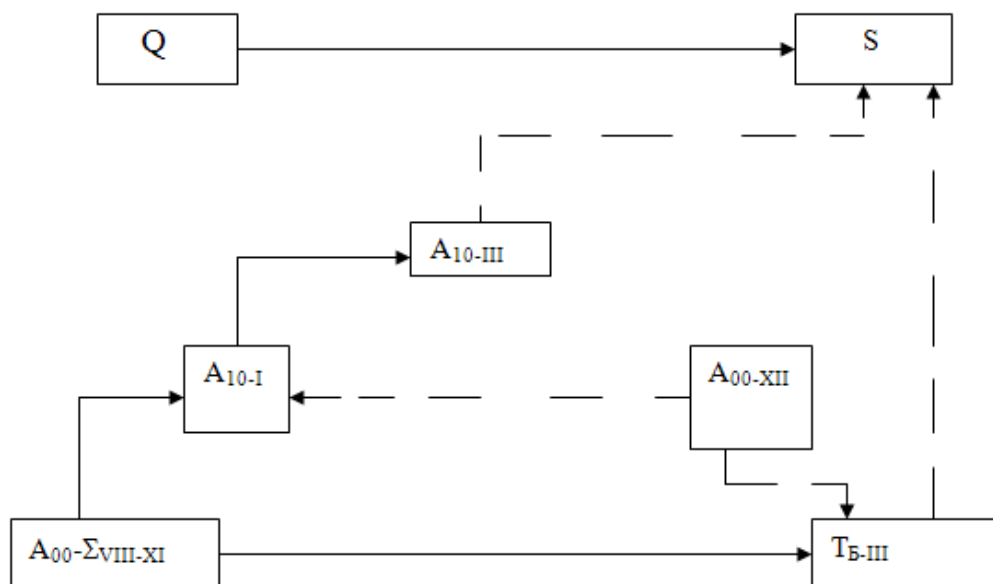


Рис. 6.5 Залежність умовів ставриди і параметрів, що їх визначають [1,3]

З метою збільшення завчасності прогнозу використовуються деякі інтегральні показники, зокрема сумарний тиск вибраного поля за період з серпня по листопад $A_{00}-\Sigma_{VIII-XI}$. Сума значень A_{00} відображає спадкоємність метеорологічних процесів, яка виявляється у вигляді прямого зв'язку з меридіональним перенесенням в січні A_{10-I} і подальшим тепловим фоном взимку.

Тепловий фон Чорного моря Q за попередній рік безпосередньо і прямо пов'язаний з уловом ставриди. Фізично цей зв'язок відображає перехід підвищеного рівня теплового фону в період з березня по серпень до зниженого в подальшу зиму. Він дає можливість орієнтовного прогнозу із завчасністю в 4 місяці.

Слід ще раз підкреслити, що даний підхід відображає лише сприятливість для промислу абіотичних умов і може використовуватися тільки в комплексі з біологічною частиною прогнозу.

Питання для самоперевірки

1. Які основні предиктори промислових прогнозів в Чорному морі?
2. Які статистичні методи використовуються у промислових прогнозах для Чорного моря?
3. Як прогнозується врожайність чорноморського анчоуса?
4. Яка методика застосовується для прогнозу поведінки чорноморського анчоуса?
5. Як прогнозується врожайність чорноморського шпроту?
6. Яка методика застосовується для прогнозу поведінки чорноморського шпроту?
7. Яка методика застосовується для прогнозу врожайності чорноморської ставриди?
8. Як прогнозується поведінка чорноморської ставриди?

Література

1. Брянцев В.А. Методические рекомендации по гидрометеорологическому прогнозированию для основных объектов промысла в Черном море.- Керчь: АЧ НДІМРХО. - 1987.- 42 с.
2. Брянцев В.А. Промысловая океанология: Учебное пособие. – Керчь: КМТИ. – 2001. -74 с.
3. Гидрология и гидрохимия морей СССР. Том IV. Черное море. Вып.2. Гидрохимические и океанологические условия формирования биологической продуктивности.- СПб: Гидрометеиздат.- 1992.- 219 с.
4. Гершанович Д.Е., Елизаров А.А., Сапожников В.В. Биопродуктивность океана. - М.: Агропромиздат, 1990. - 237 с.
5. Захаров Л.А. Введение в промысловую океанологию: Учебное пособие / Калинингр. ун-т. - Калининград, 1998. - 84 с.
6. Елизаров А.А., Кочиков В.Н., Ржонсницкий В.Б. Океанологические основы рыболовства. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. - 222 с.
7. Левасту Т., Хела И. Промысловая океанография. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 295 с
8. Моисеев П.А. Добыча биологического сырья в Мировом океане // Биологические ресурсы океана. - М.: Агропромиздат, 1985. - С. 166-180.
9. Промысловая океанология / Под ред. Д.Е.Гершановича. - М.: Агропромиздат, 1986. - 336 с.
10. Uda M. A consideration of the Long Gears Trend of the Fisheries fluctuation in relation to sea conditions // Bull. of the Japan. Society Sci. Fisheries. V. 23. 1957. №78.
11. FAO Fisheries Series. Food and Agriculture Organization of the United Nations.Rome, 1997. № 48, 134.