

## Практическое занятие № 16

### Проблема оценки связи запас-промысел

(Продолжительность практического занятия 2 часа)

**Цель практического занятия:** Рассмотреть и проанализировать модели запас-пополнение.

#### **Рабочее задание:**

- 1.Законспектировать теоретическую часть практического занятия;
- 2.Вставить по смыслу слова по тексту практического занятия;
- 3.Оформить отчет по практическому занятию.

#### **Теоретическая часть**

Модели запас-пополнение основываются на формализации процесса формирования численности пополнения, начиная с ранних стадий развития. В большинстве моделей предполагается, что основное уменьшение начальной численности генерации приходится на первый год жизни под влиянием \_\_\_\_\_ смертности. В свою очередь, смертность представляется как сумма двух компонентов: *депенсационной* и *компенсационной* смертностей.

Депенсационная смертность – это смертность, не зависящая от плотности молоди. Поскольку поколение, как правило, сосредоточено в определенном ареале, то под плотностью часто понимается численность генерации. Депенсационная смертность зависит от возврата молоди и связана со степенью ее жизнестойкости.

Компенсационная смертность – это смертность, зависящая от плотности рыб обуславливаемая тремя главными причинами:

- хищничеством или каннибализмом;
- недостаточностью кормовой базы для личинок в период их перехода на экзогенное питание (критические периоды);
- темпом роста на критической стадии развития.

Все эти три фактора могут действовать как независимо, так и в различных комбинациях.

В зависимости от способа математического описания воздействия данных факторов существует две базовые модели пополнения – модель Бивертон – Холта и модель Рикера.

#### Модель Бивертон – Холта

Модель пополнения Бивертон-Холта исходит из предложения о том, что регуляция численности молодежи осуществляется за счет факторов, зависящих от плотности, действие которых реализуется через изменение естественной смертности. Коэффициент естественной смертности линейно зависит от численности молодежи:

$$M = m_1(t) + m_2(t) N,$$

Где:

$m_1(t)$  – депенсационная смертность;

$m_2(t)$  – компенсационная составляющая смертности, учитывающая взаимосвязь особей, сконцентрированных на относительно небольших площадях.

Одной из характерных особенностей смертности на ранних стадиях жизни рыб является то, что она не остается постоянной на ранних стадиях жизни, а изменяется по мере увеличения их возраста, т.е. коэффициенты  $m_1(t)$  и  $m_2(t)$  будут изменяться на протяжении всех этапов развития и существования поколения. Такое определение смертности предполагает, что плотностная регуляция численности может осуществляться посредством пищевой конкуренции внутри генерации. В этом случае уравнение связи запас – пополнение имеет следующий вид:

$$R = \frac{1}{a + \frac{b}{E}}$$

где:

R – численность пополнения;

E – продуктивность по икре;

$a, b$  – коэффициенты, причем  $a=f(m_1, m_2, t_r)$ ,  $b=f(m_1, t_r)$

Учитывая, что между продуктивностью по икре и величиной запаса существует прямая связь, кривую пополнения можно анализировать как по отношению к численности популяции, так и относительно количества отложений икры. Модель пополнения Бивертон – Холта дает восходящую асимптотическую кривую воспроизводства (рис.1), которая может интерпретироваться следующим образом:

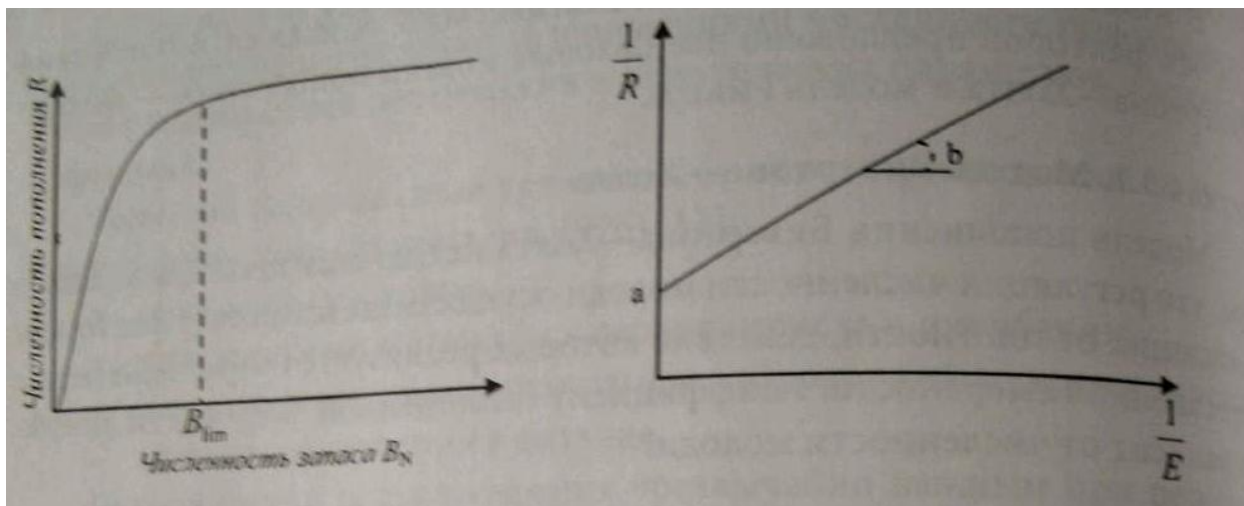


Рис.1.Кривая пополнения Бивертон-Холта

1) в левой части кривой, когда величина родительского стада невысока, численность пополнения прямо пропорционально количеству отложенной икры;

2) после достижения некоторой величины запаса происходит стабилизация численности пополнения на постоянном уровне независимо от величины популяционной плодовитости. Это связано с тем, что:

- большому количеству производителей может не хватить площадей нерестилищ.

- возможны повторные кладки на уже отложенную икру, что приводит к гибели последней;

- выклюнувшихся личинок оказывается настолько много, что в момент перехода на экзогенное питание им не хватает пищи и большая часть личинок погибает.

В любом случае излишняя численность запаса и популяционная плодовитость не способствуют повышению эффективности воспроизводства. Следовательно, с точки зрения обеспечения стабильности популяции в условиях ее эксплуатации можно оценить минимально достаточную численность популяции, которая способна обеспечить нормальное воспроизводство. Это позволяет подобрать режим рыболовства таким образом, чтобы не допустить снижения запаса ниже минимума.

Если имеются данные по величине запаса или популяционной плодовитости и численности пополнения за достаточно большой промежуток времени, то коэффициенты уравнения Бивертон-Холта могут быть найдены методом наименьших квадратов. Для этого уравнение приводится к линейной форме:

$$\frac{1}{R} = a + b \frac{1}{E}$$

$$y = a + bx$$

где:

$$y = \frac{1}{R};$$

$$x = \frac{1}{E}$$

### Модель Рикера

У.Е. Рикер (1944) исходит из допущения о механизме плотной регуляции смертности молоди на основе:

1) каннибализма (для лососей в случае недостатка естественной пищи совместного обитания молоди и взрослых рыб);

2) хищничества, когда численность хищников определяется первоначальной численностью рассматриваемого поколения.

Модель описывается следующим уравнением:

$$R = aEe^{-be}$$

где:

R – численность пополнения;

$E$  – продуктивность по икре;

$a$ ,  $b$  – коэффициенты, характеризующие соответственно депенсационную и компенсационную смертность.

График кривой пополнения по Рикеру (рис.2) имеет куполообразную форму, причем максимум кривой выражен тем лучше, чем выше значение коэффициента компенсационной смертности.

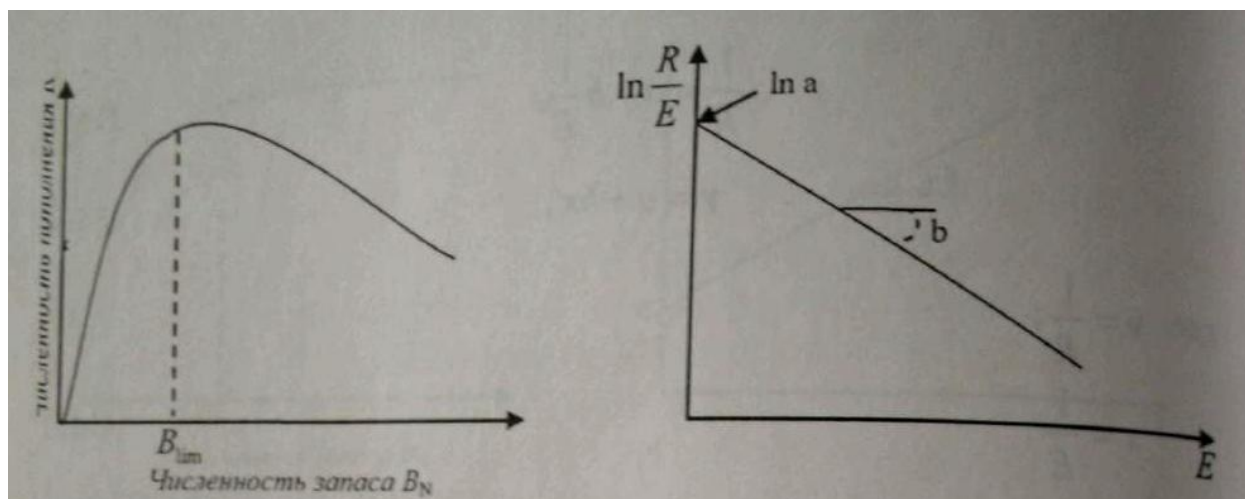


Рис.2. Кривая пополнения по Рикеру

Согласно этому графику при увеличении количества продуцируемой икры, численность пополнения постепенно возрастает, но после достижения некоторой максимальной величины начинает снижаться ввиду интенсивного выедания молоди хищниками или собственными родителями.

Определение коэффициентов  $a$  и  $b$  осуществляется методом наименьших квадратов с предварительной линеаризацией уравнения:

$$\ln(R) = \ln(aE^{-be})$$

Указанные две модели послужили основой для дальнейшего развития теории формирования пополнения промысловых популяций. Это развитие происходило в направлении совершенствования формального представления и описания коэффициентов депенсационной и компенсационной смертностей в связи с условиями обитания молоди.

Можно отметить несколько подходов к решению этой проблемы:

- выделение критических периодов развития личинок, когда они наиболее подвержены выеданию хищниками;

- установление связи смертности с темпом весового роста молоди;

- описание связи смертности личинок с биомассой кормовых организмов.

Исходными данными для совершенствования моделей запас-пополнение могут служить результаты эмпирического анализа.

### **Методы оценки пополнения**

Оценка численности пополнения является достаточно сложной задачей. Поэтому часто вместо оценки абсолютной численности пополнения пользуются индексами численности, например, уловами на усилие или на единицу площади. Выделяются две группы методов оценки: 1) методы прямого учета. 2) биостатистический метод.

#### *Прямой учет*

Прямой учет заключается в непосредственном отлове молоди различными способами и орудиями лова и оценке ее концентрации. Применяются следующие подходы:

1) ихтиопланктонные съемки с помощью ихтиопланктонных сетей или ловушек;

2) учет покатной молоди.

3) оценка концентрации молоди с помощью стандартных траловых или неводных съемок.

При выборе показателя пополнения за основу берется обычно та возрастная группа, которая может быть оценена с достаточной степенью достоверности. Это может быть либо молодь, достигшая стадии малька, либо возрастная группа минимального возраста, которая улавливается используемым орудием.

#### *Биостатистический метод*

Биостатистический подход к оценке численности пополнения был предложен А.Н. Державиным. Суть его заключается в оценке начальной численности

поколения по сумме величин уловов, которые получены в течение всей жизни поколения.

$$R = Y_{N_x, t_r} + Y_{N_{x+1}, t_{r+1}} + Y_{N_{x+2}, t_{r+2}} + \dots + Y_{N_{x+(t_\lambda+t_r)*n}}$$

Где:

R – численность пополнения;

$Y_N$  – улов;

X – год промысла;

$t_r$  – возраст пополнения;

$t_\lambda$  – предельный возраст жизни рыбы .

Проведя наблюдения за достаточно большой промежуток времени, по крайней мере вдвое большей, чем продолжительность жизни рыбы, можно ретроспективно оценить величину пополнения. Эта величина будет учитывать только рыб, погибших от промысла, и следовательно, она будет \_\_\_\_ (больше или меньше?) истинного пополнения на величину естественной смертности. Если принять, что в течение периода наблюдения естественная смертность не претерпевает существенных изменений, то полученная таким образом величина будет пропорциональна истинной численности пополнения.

### **Контрольные вопросы:**

1. В первые годы жизни численность рыб уменьшается по влиянием какой смертности и почему?
2. Как Вы понимаете понятие «Депенсационная смертность»?
3. Каких две базовых модели пополнения Вы знаете?
4. В чем основная суть модели Бивертон-Холта?
5. Как выглядит кривая пополнения по модели Бивертон-Холта? Опишите ее.
6. В чем заключается суть модели Рикера?
7. Как выглядит график пополнения по модели Рикера? Опишите его.

8. Какие методы оценки численности Вы знаете? В чем особенность каждого из этих методов?