

Практическое занятие № 12

Смертность рыб. Виды смертности. Естественная смертность

Цель практического занятия: вспомнить понятие смертности рыб и описать смертность с помощью математических функций и закономерностей.

Рабочее задание:

1. Законспектировать теоретическую часть практического занятия;
2. Решить задачу и выявить разницу между показателями смертности;
3. Оформить отчет по практическому занятию.

Теоретическая часть

Смертность — это уменьшение численности рыб под воздействием различных причин. Процесс убыли может характеризоваться тремя показателями в виде мгновенных коэффициентов смертности, действительных коэффициентов смертности и коэффициента выживания.

Мгновенный коэффициент смертности Z — характеризует скорость уменьшения численности рыб за элементарный промежуток времени. Он используется в дифференциальной форме уравнения Баранова как коэффициент пропорциональности:

$$\frac{dN}{dt} = -ZN$$

Единицы измерения: 1/время (сутки, месяц, год) или время⁻¹.

Действительный коэффициент смертности φ_z — показывает вероятность гибели рыб в течение определенного промежутка времени. Численно он равен доли или проценту рыб, погибших за определенный период по отношению к начальной численности.

Единицы измерения: доли или проценты

Пределы изменения – от нуля до единицы.

Коэффициент выживания S – это величина, дополняющая действительный коэффициент смертности до единицы. Показывает, какая часть рыб остается в популяции (выживает) к определенному моменту времени.

Единицы измерения: доли или проценты.

Пределы изменения 0 от нуля до единицы.

Связь между показателями смертности

Пусть имеется некоторая начальная численность рыб $N_0 = 100$, из которых за «элементарный» промежуток времени (за каждые сутки) погибает 10%.

Определить количество погибших и выживших рыб к десятому дню наблюдения. Определите что такое 10%.

Время, t , сут.	Число выживших особей N_t , экз	Скорость убыли Z	Число погибших особей N_{zt} , экз
0	100	0,1	10
1	90		9
2	81		9,1
3	72,9		7,29
4	65,61		6,56
5	59,05		5,9
6	53,14		5,31
7	47,83		4,78
8	43,05		4,3
9	38,74		3,87
10	34,87		3,49

Определите φ и S .

$\varphi = 0,651$; $S = 0,349$

Виды смертности

Смертность подразделяется на естественную M (mortality) и промысловую F (fishery). Сумма естественной и промысловой смертности составляет общую смертность Z :

$$Z = M + F$$

Естественная смертность

Определяется как смертность, обусловленная воздействием всех причин, кроме промысла. Выделяют несколько групп факторов, определяющих естественную смертность. К ним относятся:

- 1) смертность от воздействия неблагоприятных абиотических условий;
- 2) смертность от нарушения обеспеченности пищей;
- 3) смертность от воздействия хищников, паразитов и болезней;
- 4) смертность от старости.

Величина естественной смертности оказывается чрезвычайно важным параметром, который помимо динамики популяции в целом определяет соотношение между отдельными ее частями, обуславливающими структуру популяции – размерную, возрастную и промысловую. Характер структуры стада будет зависеть от связи между возрастом и ее естественной смертностью.

Теоретически можно выделить 4 варианта таких соотношений:

- 1) естественная смертность не зависит от возраста;
- 2) естественная смертность уменьшается с возрастом в результате, например, повышения устойчивости организмами к воздействию неблагоприятных факторов среды и хищников;
- 3) естественная смертность увеличивается с возрастом вследствие старения особей;
- 4) возрастные изменения смертности имеют более сложную форму.

Естественная смертность не зависит от возраста

В самом простом случае можно предположить, что естественная смертность не зависит от возраста рыб $M = \text{const}$. Такое предположение было первоначально заложено в формальную теорию жизни рыб Ф.И.Баранова.

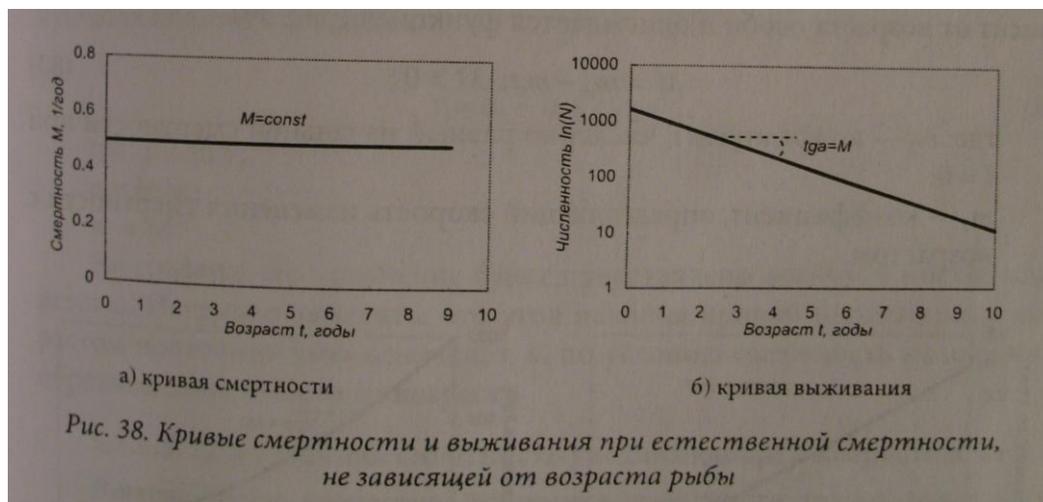


Рис.1. Кривые смертности при естественной смертности, не зависящей от возраста рыбы

Численность в любой момент времени будет определяться соотношением:

$$N = N_0 e^{-\lambda N}$$

Логарифмируя полученное выражение получим:

$$\ln N = \ln N_0 - Mt$$

Естественная смертность уменьшается с возрастом

Предполагается, что смертность линейно зависит от возраста особи и описывается функцией:

$$M = m_0 - m_1 t; M > 0$$

Где m_0 – коэффициент, численно равный начальной смертности при $t=0$;

m_1 - коэффициент, определяющий скорость изменение смертности с возрастом.

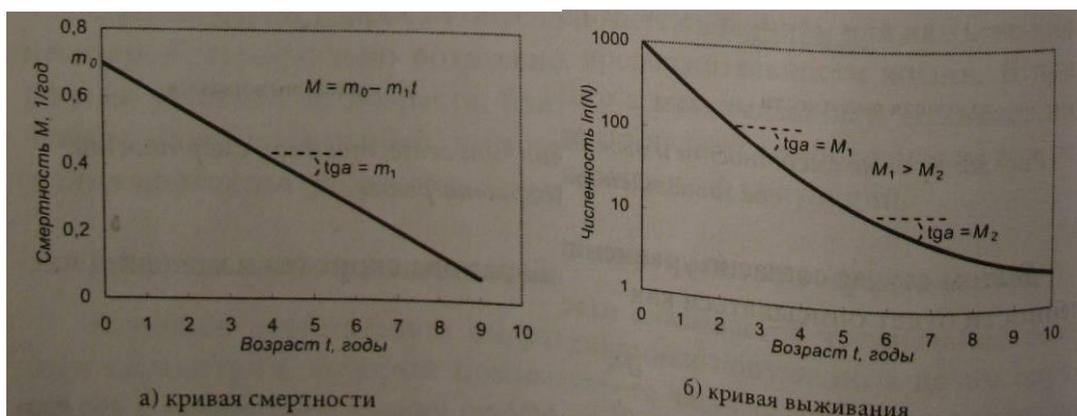


Рис.2. Кривые смертности и выживания при естественной смертности, уменьшающейся с возрастом

Такое допущение можно принять, например, если учесть что с возрастом повышается сопротивляемость организма к воздействию внешних факторов.

В этом случае динамика численности будет описываться дифференциальным уравнением:

$$dN/dt = -MN = -(m_0 - m_1 t)N$$

В итоге получаем уравнение численности в любой момент времени:

$$N = -N_0 e^{-(m_0 t - \frac{1}{2} m_1 t^2)}$$

Естественная смертность увеличивается с возрастом

Линейное уравнение с положительным значением коэффициента m_1 :

$$M = m_0 + m_1 t; M > 0$$

Такое предположение может быть допущено, потому что с возрастом организм стареет и становится менее жизнеспособным.

$$dN/dt = -MN = -(m_0 + m_1 t)N$$

$$\ln N = \ln N_0 - m_0 t - 1/2 m_1 t^2$$

На графике это уравнение будет представлено выпуклой нисходящей кривой. Угол наклона кривой выживания с возрастом постоянно увеличивается, т.к. по условию смертность находится в прямой зависимости от возраста.

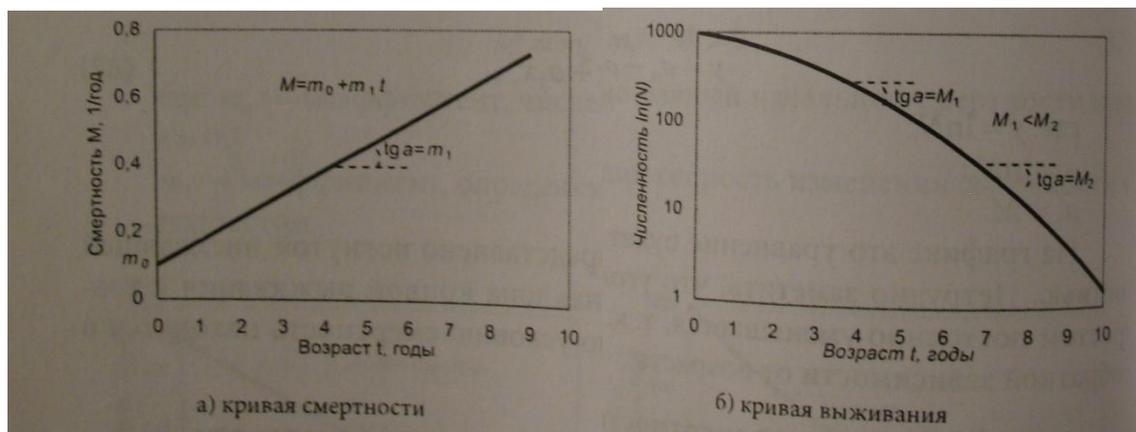


Рис.3. Кривые смертности и выживания при естественной смертности, увеличивающейся с возрастом

Контрольные вопросы:

1. Что такое смертность рыб?
2. Какими показателями Вы можете охарактеризовать процесс убыли популяции?
3. В каких единицах измеряют эти показатели?
4. Какие виды смертностей Вы знаете?
5. Приведите примеры естественной смертности.