

## Практическое занятие № 15

### **Зависимость продуктивности по икре E от собственных параметров популяции**

(Продолжительность практического занятия 2 часа)

**Цель практического занятия:** Анализ и исследование рождаемости при управлении водными биоресурсами

#### **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**

Под продуктивностью по икре (E) понимается количество икры, которая может быть отложено популяцией за один нерестовый сезон. Если популяционную плодовитость выразить в абсолютных единицах с учетом численности запаса, то показатели продуктивности по икре и популяционной плодовитости окажутся тождественны:  $E=E_p$

Величина популяционной плодовитости будет определяться следующими параметрами:

- 1) численность суммарной популяции;
- 2) половой структурой;
- 3) репродуктивной структурой;
- 4) индивидуальной плодовитостью особей и ее изменением в зависимости от возраста.

Рассмотрим способы описания всех этих параметров. Для упрощения будем принимать, что популяция находится в стабильном состоянии, а величина естественной и промысловой смертностей не зависит от возраста особей.

### Численность возрастных групп

Численность рыб всех возрастных групп популяции будет описываться уравнением Баранова на интервале времени с момента рождения  $t=0$  до определенного возраста жизни рыб  $t_\lambda$ :

$$N_{t=} N_0 e^{-zt} \quad (1)$$

### Половая структура

Половая структура популяции отражает соотношение в ней особей различных полов – самцов и самок. Очевидно, что с точки зрения оценки эффективности воспроизводства нас будет в общей степени интересовать количество самок в популяции, так как именно они обеспечивают тот или иной уровень продуктивности по икре. Учитывая возможность порционного нереста самцов, их численность существенной роли у рыб не играет.

Промысел эксплуатирует популяцию, начиная с некоторого возраста  $t_c$  и, следовательно, тем или иным способом изменяет ее возрастную и половую структуру. Кроме того, селективность промысла может быть различна для самок и самцов (особенно в нерестовый период).

Поэтому важной характеристикой является не просто соотношение самок и самцов в популяции, а изменение этого соотношения в связи с возрастом особей.

В популяциях рыб особи обычно рождаются с приблизительно равным количеством самок и самцов, но в течение жизни это соотношение не остается постоянным, а изменяется под воздействием ряда факторов. Наиболее важным фактором является различие в естественной смертности самок и самцов.

Рассмотрим способ описания половой структуры популяции. Предположим, что  $M_F$  – естественная смертность самок,  $M_M$  – смертность самцов. Допустим, что они родились в один и тот же момент и имели равную численность  $N_0$ :

$$N_{0F} = N_{0M} = N_0 \quad (2)$$

Допустим для простоты, что естественная смертность самок и самцов не зависит от возраста, и, следовательно, их численность описывается

уравнением Баранова:

$$\begin{aligned} N_F &= N_0 e^{-M_F t}, \\ N_M &= N_0 e^{-M_M t} \end{aligned} \quad (3)$$

В этом случае доля самок в любой возрастной группе составит:

$$S_F = N_F / (N_F + N_M) \quad (4)$$

Производя несложные преобразования

$$S_F = N_0 e^{-M_F t} / (N_0 e^{-M_F t} + N_0 e^{-M_M t}) = N_0 e^{-M_F t} / N_0 e^{-M_M t} (1 + e^{(M_F - M_M)t}), \quad (5)$$

Приходим к зависимости относительной численности самок от возраста:

$$S_F = \frac{1}{1 + e^{(M_F - M_M)t}} \quad (6)$$

Как видно, доля самок в любой возрастной группе будет определяться только разностью величин смертности самцов и самок.

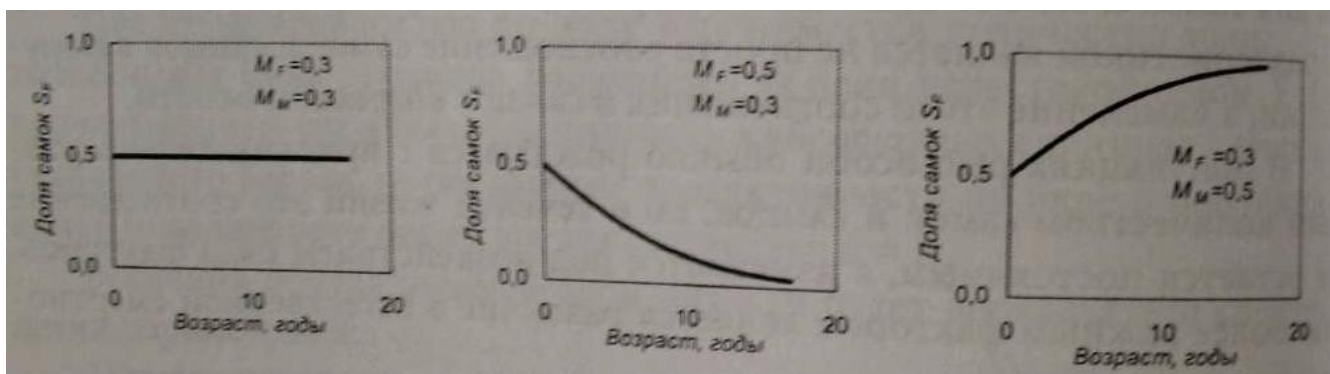


Рис.1. Зависимость доли самок от возраста при различных соотношениях между коэффициентом естественной смертности самок и самцов

### *Репродуктивная структура*

Репродуктивная структура описывает соотношение групп в популяции, различающихся по их отношению к процессу воспроизводства. Выделяют три группы особей в популяции:

- 1) пререпродуктивная – неполовозрелая молодежь, которая не участвует в процессе воспроизводства;
- 2) репродуктивная – половозрелые особи;
- 3) пострепродуктивная- старые особи, которые по физиологическим причинам уже не способны к размножению. У рыб пострепродуктивный

период встречается довольно редко.

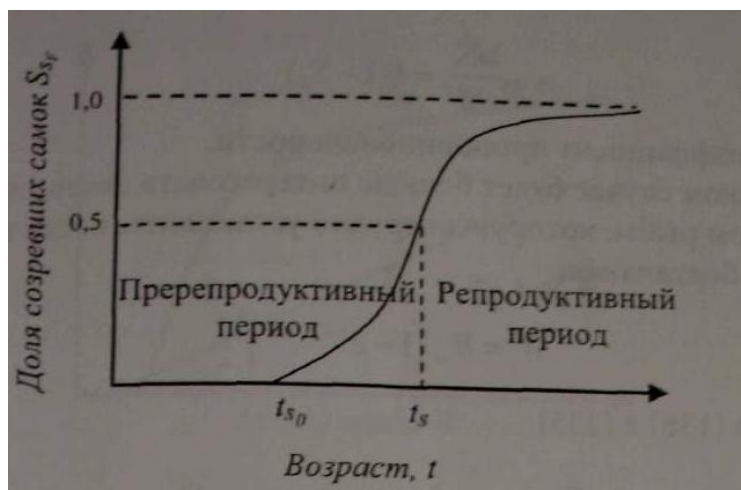


Рис.2. Репродуктивная структура популяции

1) созревание рыб начинается в возрасте  $t_{so}$  и растягивается на несколько лет. Возраст полового созревания  $t_s$  — это возраст, в котором 50% данной возрастной группы становятся половозрелыми. Пререпродуктивный период — это период с момента рождения до возраста начала полового созревания.

2) Возраст половой старости — это возраст, при котором особь прекращает размножение.

Пострепродуктивная часть популяции имеет большое значение у млекопитающих и птиц. В популяциях низкоорганизованных животных, и рыб в частности, до возраста, при котором прекращается размножение, доживает большое количество особей.

Возраст полового созревания определяется биологическими особенностями вида и, в частности, типом экологической стратегии отбора. При L-отборе возраст полового созревания обычно уменьшается, а при K-отборе — увеличивается.

Момент полового созревания обычно бывает связан не столько с возрастом, сколько с достижением особью определенных размеров тела. В этом случае улучшение условий обитания, например увеличение кормности, должно способствовать более быстрому созреванию и, наоборот, ухудшение условий и замедление темпа роста может способствовать более позднему

вступлению в стадию половозрелости.

Предположим, что темп полового созревания определяется весовым ростом организма и происходит со скоростью, прямо пропорциональной разнице между предельным (равным, очевидно, 100%) и уже достигнутым к настоящему моменту времени количеством созревших самок  $S_s$ :

$$dS_s/dW=b(1- S_s) \quad (7)$$

где  $b$ - коэффициент пропорциональности.

Нас в данном случае будет больше интересовать связь темпа созревания с возрастом рыбы, которую нетрудно установить, введя в это уравнение функцию Берталанфи:

$$W=W_\infty(1- e^{-K(t-t_0)})^3 \quad (8)$$

Подставив уравнение (8) в уравнение (7), получим:

$$dS_s/(1 - S_s) = bd(W_\infty(1 - e^{-K(t-t_0)})^3), \quad (9)$$

и интегрируя с начальными условиями  $t = t_{s0}$ ,  $S_s = 0$ , получаем:

$$S_s = 1 - e^{-bW_\infty(1-e^{-K(t-t_{s0}})})^3} \quad (10)$$

Это уравнение определяет долю созревших особей вразличном возрасте в зависимости от темпа весового роста рыбы, который задается параметрами  $W_\infty$  и  $K$ .

Указанный характер изменения скорости полового созревания, как правило, проявляется только в зоне толерантного для данного вида воздействия внешних факторов. В экстремальных условиях эта общая закономерность полового созревания уже не будет соблюдаться.

#### *Индивидуальная плодовитость особей*

Изменения, происходящие в связи со старением рыбы, отражаются и на ее индивидуальной плодовитости. Как правило, с увеличением возраста и массы особи абсолютная плодовитость возрастает. Темп нарастания плодовитости может описываться двумя функциями, выбор которых определяется характером изменения относительной плодовитости особей (рис.3).

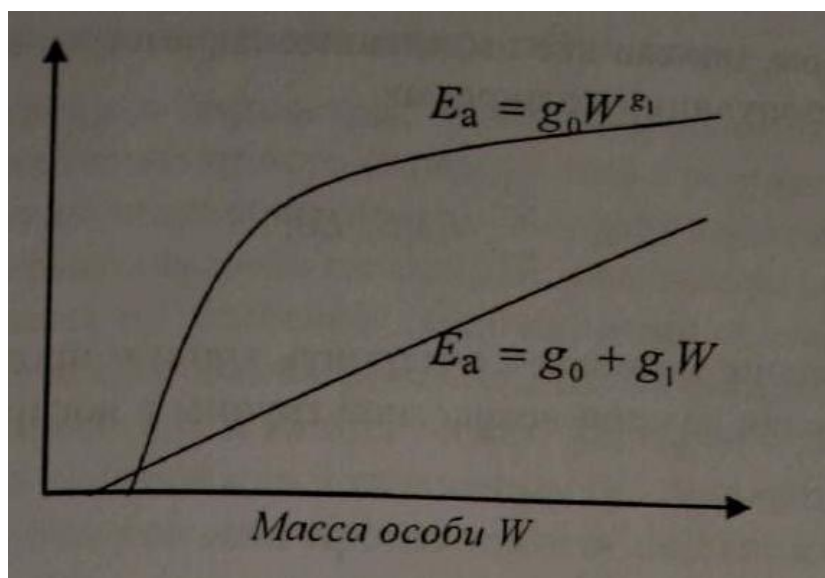


Рис.3. Форма зависимости индивидуальной абсолютной плодовитости от массы особи

Вариант 1 – относительная индивидуальная плодовитость не зависит от массы (т.е. при росте особи количество икринок, приходящихся на один грамм веса особи, остается постоянным), тогда абсолютная плодовитость описывается уравнением вида

$$E_a = g_0 + g_1 W \quad (11)$$

Вариант 2 – относительная индивидуальная плодовитость изменяется в связи с ростом рыбы (уменьшается либо увеличивается). В этом случае абсолютная плодовитость имеет степенную связь с массой особи

$$E_a = g_0 W^{g_1} \quad (12)$$

Учитывая, что масса рыбы напрямую зависит от возраста, не представляет труда найти возрастную динамику абсолютной индивидуальной плодовитости .

*Важное замечание:* исследования показывают, что поиск зависимости между плодовитостью и возрастом, как правило, дает неадекватные результаты. Это обусловлено тем, что в одну возрастную группу могут объединяться особи, существенно различающиеся по массе. Поэтому на практике всегда необходимо сначала найти зависимость плодовитость – масса

и масса – возраст, а затем объединить эти два уравнения.

Кроме указанных параметров популяции на эффективность воспроизводства оказывает влияние не только сама величина плодовитости, но также количество икринок, которое в свою очередь, зависит от условий существования.

Таким образом, описав все выделенные параметры, можно оценить продуктивность популяции по икре как:

$$E = \sum_{t=t_s}^{t=t_\lambda} N_t S_t S_{S_t} E a_t \quad (13)$$

Данное уравнение позволяет построить кривую продуктивности по икре и оценить вклад каждой возрастной группы в воспроизводство популяции (рис.4).

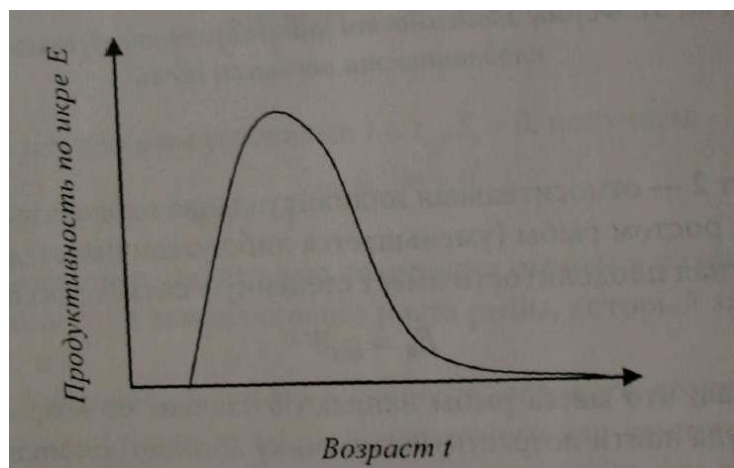


Рис.4. Кривая продуктивности по икре

В целом кривая продуктивности по икре имеет следующие особенности: вклад в популяционную плодовитость младших и старших возрастных групп очень \_\_\_\_\_ (мал или велик?): первых – ввиду \_\_\_\_\_ (низкой или высокой?) индивидуальной плодовитости, вторых – из-за их \_\_\_\_\_ (низкой или высокой?) численности. Наибольшее влияние на плодовитость популяции оказывают несколько возрастных групп, следующих за возрастом полового созревания.

Согласно приведенному уравнению популяционная плодовитость E при прочих равных факторах (относительной неизменности индивидуальной плодовитости, половой структуры и темпа полового созревания) в наибольшей

степени зависит от \_\_\_\_\_. Поэтому, полагая, что  $E \approx B_n$ , о возможной продуктивности по икре можно судить по численности самой популяции.

### **Контрольные вопросы:**

1. Как вы понимаете понятие «продуктивность по икре»?
2. Какими параметрами возможно определить популяционную плодовитость?
3. Как Вы понимаете каждый из этих параметров?
4. С помощью какого уравнения Вы можете описать численность популяции?
5. Какое соотношение особенно важно для исследования половой структуры популяции?
6. Какая описывается зависимость численности самок от возраста?
7. На какое количество групп разделяют популяцию при описании репродуктивной структуры?
8. В чем основной смысл уравнения Бергаланфи?
9. Что происходит с индивидуальной плодовитостью при условии увеличения возраста и массы рыбы?
10. Как зависит индивидуальная абсолютная плодовитость от массы особи?