

ВОПРОСЫ К СЕМИНАРУ 8

«Динамика популяции»



1. Биотический потенциал.
2. Гомеостаз популяции.
3. Регуляция численности популяций.
4. Общие свойства популяции как системы.
5. Рост народонаселения в мире.
6. Популяция и биологический прогресс



К семинару все студенты готовят решенные задачи!

ЗАДАЧИ К СЕМИНАРУ

(Ход решения подготовить к началу семинара, используя формулы и правила – см. конец документа)

№1.

Задача Рыба нерка из семейства лососевых откладывает 3200 икринок осенью. Весной из икры вывелось 640 мальков. Через год в море мигрировали 64 малька. Спустя 2,5 года, к месту нереста возвратились 2 взрослые особи, которые отложили икру и погибли. Подсчитайте процент выживаемости на каждом уровне. Постройте кривую выживания, к какому типу она относится?

№2.

Задача Если численность населения в данном году составила 500000 человек, за год родилось 10000, а умерло 8000 человек, рассчитайте рождаемость и смертность на 1000 человек. Каков естественный прирост населения?

№3.

Задача Известно, что тля очень плодовита. 1 самка рождает 50 дочек через каждые 7 суток. За лето тля может дать 20 поколений. Используя модель экспоненциального роста, рассчитайте численность популяции к концу лета без учета смертности, если первоначально имеется 1 самка. Какова будет численность популяции, если естественная смертность за лето составляет 50%?

№4.

Задача Постройте график динамики численности белки обыкновенной на основе данных, представленных в таблице 8. Определите темпы роста популяции. Чем может быть обусловлено изменение этого показателя, если естественный прирост составляет 5 %? Рассчитайте долю миграции, чем может быть обусловлен этот процесс?

Таблица 8 – Динамика численности популяции белки обыкновенной (Д. Казенс, 1982)

Годы наблюдений	1965	1966	1967	1968
Численность	110	153	108	194

№5.

Задача Определите плотность популяции лютика едкого на пойменном лугу, если исследователи использовали рамку, размером 50 x 50 см, которую произвольно бросали 10 раз. Численность растений, попавших в границы рамки: 5; 3; 0; 2; 7; 1; 0; 1; 4; 5. Площадь луга 2 га.

№6.

Задача Рассчитайте плотность популяции чернотелок в песчаной пустыне, если обнаружено 630 насекомых, длина маршрута составила 500 м, а ширина обследуемой поверхности 5 м.

№7.

Задача Оценка численности популяций белки обыкновенной в разных лесных экосистемах проводилась методом отлова в ловушки. Отловленные особи помечались и выпускались. Используя данные таблицы , произведите расчет и сделайте вывод.

Таблица – Данные отлова в лесных экосистемах белки обыкновенной

№ экосистемы	1	2	3	4	5	6	7
а	20	36	40	102	113	117	118
в	22	34	20	18	10	14	37
г	4	8	14	7	5	12	26

№8.

Задача Исследованиями установлено, что плотность лесной мыши в дубраве, площадью 50 га, составляла 0,3 экз./м². Рассчитайте, сколько особей родилось и сколько погибло, если плодовитость составляет 45 %, а смертность 30 %. К какому типу относится популяция, почему? Определите естественный прирост и численность мигрантов, если плотность популяции в следующем году увеличилась в 2 раза?

№9.

Задача . В охотничьем хозяйстве численность стада лосей составляет 500 особей. Определите, на сколько голов будет увеличиваться стадо при ежегодном приросте 15 %. Укажите, что произойдет с плотностью популяции, если территория хозяйства 40000 га. Помните, плотность рассчитывается по количеству особей на 1000 га. Определите сколько особей можно изъять из популяции с учетом темпов ее роста?

№10.

Задача Площадь охотничьего хозяйства составляет 39000 га. Лесистость хозяйства 73 %. Леса на этой площади имеют среднее качество. Численность стада лося определяется в 421 особь. Рассчитайте плотность популяции. Дайте оценку плотности (оптимальная, низкая, высокая, очень высокая), если для лесов среднего качества плотность лося должна составлять 3 – 5 особей на каждые 1000 га. Будет ли разрешена в этом хозяйстве охота на лося? Ответ поясните.

ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТОВ

Численность популяции - общее число особей в популяции.

Плотность - число особей на единицу площади или в единице объема.

Рождаемость или плодовитость - количество потомков, произведенных самкой за год или в течение всей жизни. Количественно определяется как соотношение числа родившихся особей к общей численности популяции, выраженное в процентах.

$$\text{Рождаемость} = \frac{\text{число родившихся}}{\text{общая численность}} \times 100\% \quad (1)$$

Смертность - гибель особей в популяции. Количественно определяется как соотношения числа погибших к общей численности, выраженное в процентах.

$$\text{Смертность} = \frac{\text{число погибших}}{\text{общая численность}} \times 100\% \quad (2)$$

Выживаемость - количество выживших особей, определяется аналогично.

$$\text{Выживаемость} = \frac{\text{число выживших}}{\text{общая численность}} \times 100\% \quad (3)$$

Методы определения численности популяции

няется **метод прямого подсчета**. При значительной численности растений используется **метод квадратов**, который заключается в подсчете особей вида в определенных квадратах и расчете средней численности или плотности. Для определения численности травянистых растений часто используется рамка определенного размера, которая произвольно бросается и проводится подсчет растений вида, попавших в границы рамки, после чего вычисляется средняя. Учет численности крупных животных может проводиться **методом отлова в ловушки**, который заключается в том, что отловленные особи помечаются и выпускаются. Затем через некоторое время (несколько дней или недель) проводится повторный отлов в ловушки. Учитываются показатели: a – общее число меченых особей; b – число отловленных в ловушки особей в определенное время; r – число повторно отловленных меченных ранее особей; N – численность популяции. Расчет численности производится по формуле:

$$N = a \times b : r \quad (4)$$

Учет плотности популяции крупных, хорошо заметных насекомых может быть определен **методом «линейного маршрута»** по формуле:

$$P = N : SR, \quad (5)$$

где P – плотность популяции; N – суммарное число обнаруженных на маршруте особей; S – длина маршрута; R – ширина обследованной поверхности.

Для определения численности насекомых часто используется **метод кошения сачком**, когда подсчитывается число особей попавших в сачок на определенных квадратах обследованной территории.

Кроме численности также используются показатели **частоты встречаемости** и **проективного покрытия** популяции. Частота встречаемости определяется по формуле:

$$F = N_x : N_0 \times 100\%, \quad (6)$$

где F – частота встречаемости; N_x – число квадратов, в которых обнаружено хотя бы одно растение вида; N_0 – общее число обследованных квадратов.

Показатель проективного покрытия также используется применительно к популяциям растений и выражает относительную площадь, занимаемую особями вида. Определяется по формуле:

$$P = S_x : S_0 \times 100\%, \quad (7)$$

где P – проективное покрытие популяции данного вида; S_x – площадь, занимаемая популяцией данного вида в пределах исследуемой территории; S_0 – общая площадь исследуемой территории.

Динамику роста численности популяции описывают **динамические математические модели**. При отсутствии ограничивающих факторов отдельная популяция любого вида могла бы развиваться во времени не лимитировано в геометрической прогрессии – эта способность называется **биотическим потенциалом**. Такой рост популяции часто называют **экспоненциальным** или **логарифмическим**. Такую зависимость можно записать следующим уравнением:

$$\frac{dN}{dt} = rN, \quad (8)$$

где N - плотность или численность популяции; t - отрезок времени, в течение которого происходит рост популяции; r - скорость роста популяции.

Это уравнение может быть записано в другой форме:

$$N_t = N_0 \times e^{rt}, \quad (9)$$

где N_t - плотность или численность популяции через время t ; N_0 - исходная плотность или численность популяции; e - натуральное число.

Однако экспоненциальный рост численности популяции в экосистеме наблюдается редко. Рано или поздно их размножение начинает тормозиться другими организмами, истощением ресурсов, накоплением аутоингибиторов и т. п. Лимитированный рост популяции с учетом показателя **емкости среды** (т. е. максимальное и минимальное количество ресурсов, необходимое для существования вида) называется **логистическим** и может быть выражено уравнениями 10 и 11.

$$\frac{dN}{dt} = rN \frac{(K - N)}{K}, \quad (10)$$

где K - емкость среды, или предельно допустимая плотность популяции для данных условий среды.

То же уравнение можно записать в другой математической форме:

$$N_t = \frac{K}{\left(1 + \left(\frac{K - N_0}{N_0}\right)^e\right)^{-rt}}, \quad (11)$$

где N_t - плотность или численность популяции через время t ; N_0 - исходная плотность или численность популяции; e - натуральное число; K - емкость среды, или предельно допустимая плотность популяции для данных условий.

Характеризуя динамику численности и плотности популяции, важно учитывать скорость изменения этих показателей. Например, **скорость или темп роста популяции** – показывает, во сколько раз увеличивается численность за некоторое время. Скорость роста напрямую зависит от скорости размножения, которая в свою очередь зависит от плотности популяции, возрастной и половой структуры, а также от абиотических факторов среды и взаимодействий с популяциями других видов внутри экосистемы. Таким образом, скорость роста можно определить по формуле 12.

$$\lambda = \frac{N_1}{N_0}, \quad (12)$$

где λ - скорость роста популяции; N_1 - плотность или численность популяции в момент времени 1; N_0 - исходная плотность или численность популяции.

Этот показатель можно определить как в целом для всей популяции, так и для отдельных возрастных групп.

Скорость размножения популяции (R) отражает интенсивность увеличения численности и задается формулой 13.

$$R = \sum f_x \times p_x, \quad (13)$$

где f_x - плодовитость возрастной группы x , выраженная в единицах; p_x - выживаемость возрастной группы x , выраженная в единицах.

По скорости размножения можно определить тип популяции. Так, если $R > 1$ – популяция растущая; $R < 1$ – популяция сокращающаяся; $R = 1$ – популяция стабильная.

Скорости роста популяции и размножения важно учитывать при определении размеров группы особей, которые можно изъять из популяции при ее хозяйственном использовании.

Численность популяции животных может изменяться за счет **миграции** особей, т. е. особи могут уходить и приходить в популяцию, если она не является изолированной. Таким образом, происходит генетический обмен между популяциями одного вида. Изменение численности (ΔN) обусловлено показателями естественного прироста (ЕП) и миграцией (М). Естественный прирост

и показатель изменения численности определяется по формуле 14 и 15.

$$\text{ЕП} = \text{Рождаемость} - \text{Смертность} \quad (14)$$

$$\Delta N = \text{ЕП} + \text{М} \quad (15)$$

Миграция в свою очередь будет выражаться как разность ушедших или эмигрировавших особей и пришедших или иммигрировавших особей.

Использование математических моделей позволяет не только прогнозировать состояние природных популяций, но и на основании расчетов темпов роста определять долю особей, которых можно изъять из популяции, не нарушая стабильности системы. Простейшая математическая формула, которая может быть для этого использована, имеет вид:

$$H = \frac{\lambda - 1}{\lambda} \times 100\% , \quad (16)$$

где H - доля изъятых особей, выражаемая в %; λ - темп или скорость роста популяции.

Из формулы 16 следует, что если темпы роста популяции меньше 1, то хозяйственное использование невозможно. Такая популяция характеризуется сокращающейся численностью.

Показатель темпов роста (λ) может рассчитываться для каждой возрастной группы. Таким образом, можно определить долю изъятия каждой возрастной группы при хозяйственном использовании популяции.