

«Динамика биологических популяций»

«Математическое моделирование.
Биологические модели развития популяций»



Повторим некоторые биологические термины:

Вид - формы живой материи, представленные совокупностью особей, сходных между собой по морфологическим и физиологическим особенностям, имеющих общее происхождение, свободно скрещивающихся между собой, дающих плодовитое потомство и занимающих определенную область распространения (ареал).

Популяция - совокупность особей определенного вида, в течение достаточно длительного времени населяющих определенное пространство. Популяция – элементарная эволюционная единица, она обладает собственной эволюционной судьбой.

Условия, влияющие на численность популяции - пищевые ресурсы, ограниченность ареала обитания, эпидемии, болезни, природные катастрофы и т.д.

Динамика популяций - колебания или изменения численности популяций во времени.

Движущие силы эволюции - наследственность, изменчивость, естественный отбор

Ёмкость среды - способность территории вмещать определённое количество особей.





Рост численности популяций любого вида в природе никогда не бывает бесконечным. Рано или поздно популяция сталкивается с ограничениями, не позволяющими ей наращивать далее своё обилие. Ресурсы, за счёт которых существуют виды – пища, убежища, подходящие места для размножения и т.п., на любой территории имеют пределы. В природных условиях численность популяций обычно колеблется вокруг определённого уровня, соответствующего ёмкости среды.



Графики на рисунке слева (рис.1) отображают теоретический и практический рост популяции

Пунктирной линией изображён теоретический рост популяции. По графику видно, что численность популяции растёт безгранично.

Сплошная кривая отображает рост популяции в природе (практический). Точка *A* на графике соответствует начальному числу особей, точка *D* - тому, которое устанавливается в соответствии с ёмкостью среды и соответствует стабилизации. Точки *B*, *C* и *D* отображают критические численности популяции, изменяющие темп её роста. Из всего сказанного следует, что в популяции с определённого момента рождаемость и смертность, приток и отток особей начинают уравнивать друг друга.

Характер данной кривой отображает основные законы роста всех видов популяций.

Безграничный рост численности популяции губителен для любого вида, так как приводит к подрыву его жизнеобеспечения.

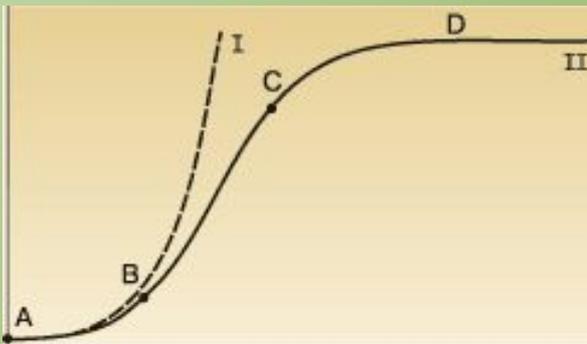


Рис.1

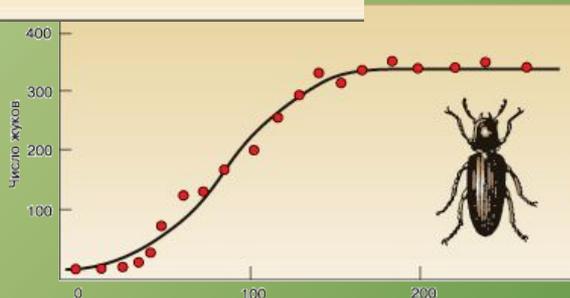


Рис. 2

В биологии при исследовании развития биосистем строятся информационные модели изменения численности различных живых существ (бактерий, рыб, животных и пр.) с учётом различных факторов. Взаимовлияние популяций друг на друга рассматривается в моделях типа «хищник – жертва».

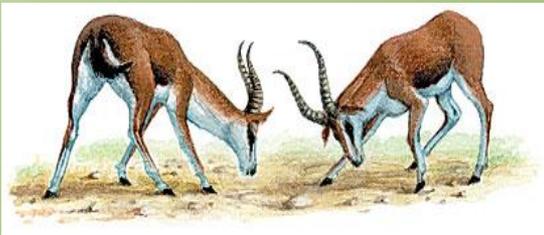


Виды моделей развития популяций:

- модель неограниченного роста (теоретическая);
- модель ограниченного роста (практическая);
- модель ограниченного роста с отловом;
- модель «хищник – жертва» (взаимодействия с другими популяциями).



Саранча



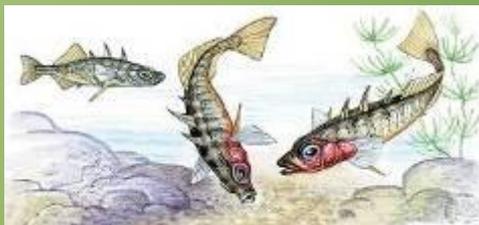
Антилопы



Волки загоняют лося



Сибирский шелкопряд



Корюшка



Повторим некоторые термины темы «Моделирование»:

- Модель** - это некий новый объект, который отражает существенные особенности изучаемого объекта, процесса или явления.
- Виды моделей** - Модели предметные (материальные) и информационные. Предметные воспроизводят геометрические, физические и др. свойства объектов в материальной форме, информационные – в знаковой или образной.
- Система объектов** - совокупность взаимосвязанных объектов, которые называются элементами системы.
- Виды информационных моделей** - статистические (описывают состояние системы в определённый момент времени) и динамические (описывают процессы изменения и развития систем) модели.
- Способы построения компьютерных моделей** -
1) Построение алгоритма и его кодирование на одном из языков программирования;
2) Построение модели с помощью одного из приложений (MS Excel, MS Access и др.)
- Моделирование** - метод познания, состоящий в создании и исследовании моделей.



Основные этапы разработки модели:

- **построение описательной модели** (выделяет существенные параметры объекта, а несущественными пренебрегает);
- **формализация модели** (модель записывается с помощью формального языка с помощью формул, неравенств, уравнений, фиксируются соотношения между начальными и конечными значениями свойств объектов, накладываются ограничения на допустимые значения этих свойств);
- **построение компьютерной модели** (на языке программирования или с помощью приложений, например, MS Excel);
- **компьютерный эксперимент** (в MS Excel – построение диаграммы или графика, сортировка данных и т.д.);
- **анализ полученных результатов и корректировка модели.**



Многие явления и закономерности живой природы можно описать на языке математики и физики. При этом создаётся формализованная модель, в которой с помощью формул, уравнений, неравенств фиксируются формальные соотношения между начальными и конечными значениями свойств объектов, а также накладываются ограничения на допустимые значения этих свойств. Чаще всего при этом используются приближённые математические методы, позволяющие находить значения этих свойств.

Уточним описательные биологические модели развития популяций и проведём их формализацию, построим компьютерную модель, реализующую все 4 вышеприведённые биологические модели. Произведём визуализацию модели путём построения графиков и исследуем полученную модель.



Модель неограниченного роста

В этой модели численность популяции ежегодно увеличивается на определённый процент. Никакие абиотические (внешние) и биотические (внутренние) факторы влиять на численность популяции в этой модели не будут. Модель теоретическая.

$$x_{n+1} = a * x_n,$$

где x_n – численность популяции текущего года,
 x_{n+1} – численность популяции следующего года
 a – коэффициент роста (если рост 5%, то $a = 1,05$)



Модель ограниченного роста

В этой модели учитывается, что на численность популяции оказывает влияние состояние окружающей среды, наличие корма, перенаселённость и другие факторы

$$x_{n+1} = a * x_n - b * x_n^2 = (a - b * x_n) * x_n ,$$

где b – коэффициент перенаселённости

a – коэффициент роста,

x_n – численность популяции текущего года

x_{n+1} – численность популяции следующего года



Модель ограниченного роста с отловом

В этой модели учитывается, что на численность популяций промысловых животных и рыб также оказывает влияние величина ежегодного отлова.

$$x_{n+1} = (a - b * x_n) * x_n - c ,$$

где c – величина ежегодного отлова,

a – коэффициент роста,

b – коэффициент перенаселённости,

где x_n – численность популяции текущего года,

x_{n+1} – численность популяции следующего года



Модель «хищник – жертва»

Популяции обычно существуют не изолированно, а во взаимодействии с другими популяциями. Наиболее важным типом такого взаимодействия является взаимодействие между жертвами и хищниками (караси-щуки, зайцы-волки и т.д.). В этой модели количество жертв и хищников связано между собой.

$$x_{n+1} = (a - b * x_n) * x_n - c - f * x_n * y_n,$$

Количество встреч жертв и хищников прямо пропорционально произведению количеств жертв и хищников, а коэффициент f характеризует возможность гибели жертвы при встрече с хищником, x_n – количество жертв, y_n – количество хищников.



Повторим ранее изученный материал, который необходим при построении модели

Типы данных в MS Excel и их основные особенности -

текст, число, формула

Относительная адресация ячеек –

(A1, D23, A1 : F5, ...)

адресация, допускающая автоматическую корректировку формулы при её перемещении и копировании. При этом относительные адреса ячеек, входящие в формулу, изменяются в соответствии с её перемещением относительно исходной ячейки.

Абсолютная адресация ячеек -

(\$A\$1, \$A\$! : \$F\$5,...)

адресация, запрещающая автоматическую корректировку ячеек с абсолютной адресацией при перемещении и копировании формулы. При этом абсолютные адреса ячеек, входящие в формулу, не изменяются при её перемещении относительно исходной ячейки.

Как сменить способ адресации ячеек?

нажать клавишу F4, установив курсор в формуле после адреса нужной ячейки.

Что происходит при изменении данных в ячейке, на которую ссылается формула?

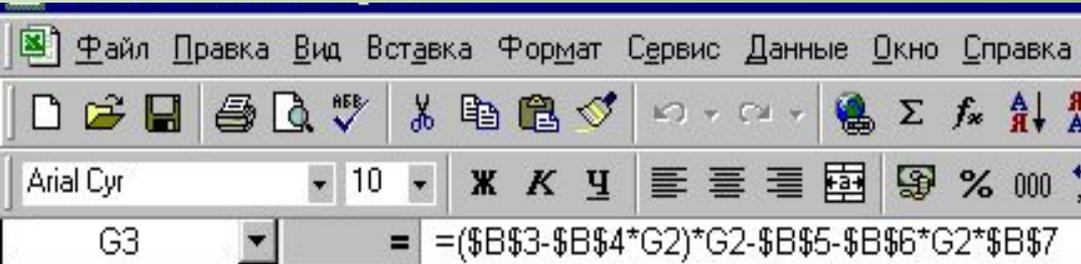
автоматический перерасчёт всей таблицы, изменение данных в тех ячейках, которые связаны с данной ячейкой.



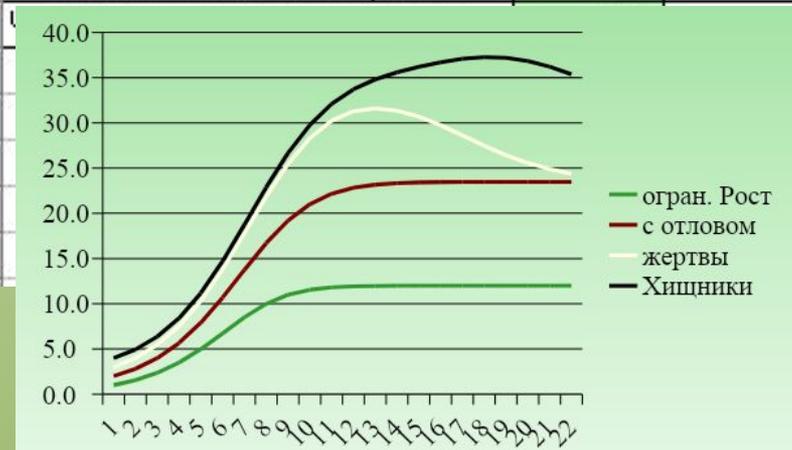
Разработка модели в MS Excel

Сегодня на уроке мы с Вами будем доступными нам способами создать биологические модели развития популяций. Для этого воспользуемся табличным процессором MS Excel.

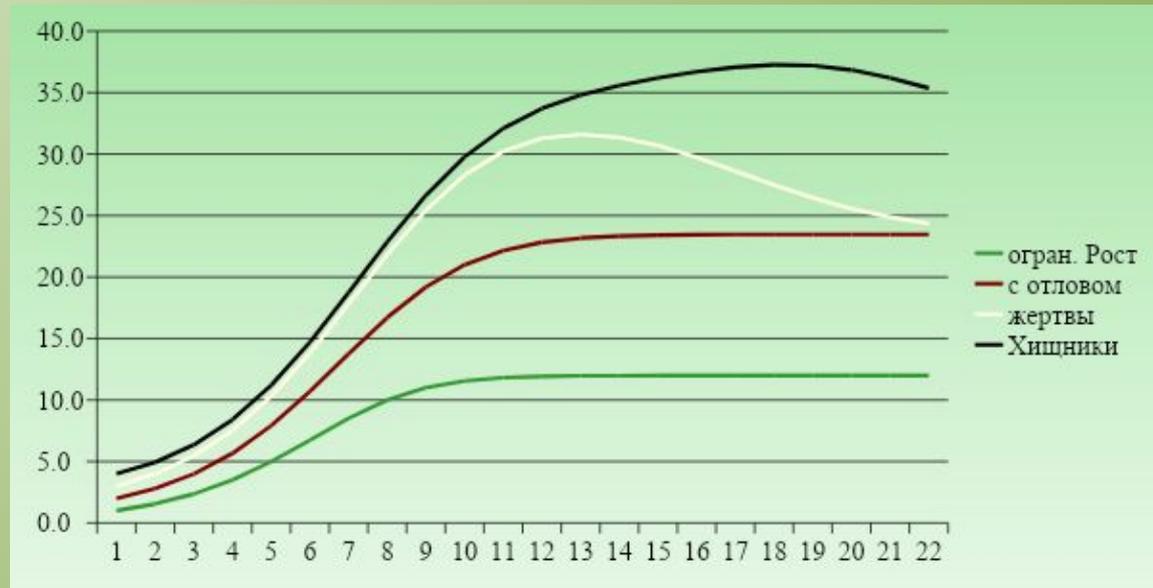
(перейти в электронную книгу, выполнить задание в соответствии с инструкцией)



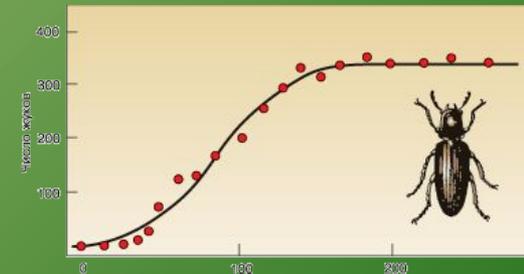
	A	B	C	D	E	F	G
1	Коэффициенты и начальные значения		Годы	Модель неогран. роста	Модель огран. роста	Модель огран. роста с отловом	Модель "хищник - жертва"
2	Численность популяции жертв x1	1	0	1	1	1	1
3	Коэфф. роста a	1,2	1	1,20	1,17	1,07	0,92
4	Коэфф. перенаселенности b	0,03	2	1,44	1,36	1,15	0,84
5	Величина ежегодн. отлова c	0,1	3	1,73	1,58	1,24	0,76
6	Возможность гибели жертвы f	0,2	4	2,07	1,82	1,34	0,68
7			5	2,49	2,09	1,46	0,60
8			6	2,99	2,37	1,58	0,52
9			7	3,58	2,68	1,73	0,44
10			8	4,30	3,00	1,88	0,36
11			9	5,16	3,33	2,05	0,27
12			10	6,19	3,66	2,24	0,18



Графики изменения численности популяций



- Ряд 1 – модель неограниченного роста (теоретическая)
- Ряд 2 – модель ограниченного роста (практическая)
- Ряд 3 - модель ограниченного роста с отловом
- Ряд 4 – модель «хищник – жертва»



Рост численности одного из видов амбарного жука в пшенице при освоении новых территорий



Рыбе – вода, птице – воздух, зверю – лес, степь, горы, а человеку нужна Родина, и охранять природу – значит охранять Родину.

М.М. Пришвин

В последнее время человек всё больше и больше вмешивается в природные процессы. Исследуя модели развития популяций, можно сохранить видовое разнообразие растений и животных, чтобы не пришлось заносить их в Красную книгу.



КРАСНАЯ КНИГА РОССИИ

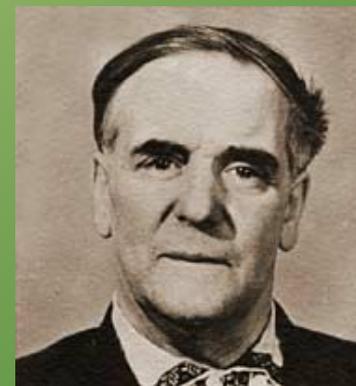


Будущее человечества, жизнь наших детей, внуков и более отдалённых потомков целиком зависят от совместных усилий людей, населяющих Землю сегодня.

Академик А. Виноградов, геофизик

«Люди начинают чувствовать, что Земля – их общий дом, и что у человечества есть общая забота – избежать экологического кризиса»

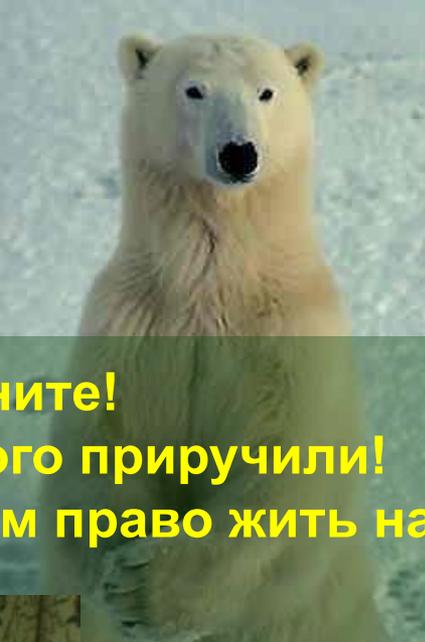
Академик П. Капица, физик



«Нельзя допустить, чтобы люди направляли на своё собственное уничтожение те силы природы, которые они сумели открыть и покорить».

Фредерик Жолио-Кюри, физик





**Люди, помните!
Вы в ответе за тех, кого приручили!
Берегите нас! Мы имеем право жить на
Земле!**



- Проведём компьютерный эксперимент с помощью этой модели развития популяций.
- Рассмотрим модель ограниченного роста. Какой коэффициент отражает влияние среды на изменение численности популяции?
(ответ: **коэффициент перенаселённости**).
 - Как изменится численность популяции при его увеличении?.
(ответ: **численность популяции падает**).

В практической деятельности большую роль играет модель ограниченного роста с отловом.

Опытным путём установите величину ежегодного отлова, при которой численность популяции будет практически оставаться на одном уровне
(это величина отлова 0,17)

Подберите коэффициент отлова, при котором популяция исчезнет через 5 лет (это величина отлова 0,3).

Модель «**Хищник – жертва**» Как изменится численность популяции жертв при увеличении начальной численности популяции хищников в 2 раза

- (ответ: уменьшится)
- Что произойдёт, если начальное количество хищников будет в 5 раз больше? (ответ: Популяция жертв будет съедена, она исчезнет).

Какой вывод с биологической точки зрения можно сделать?

- **Математические модели отображают динамику развития популяций, но не всегда учитывают все факторы, влияющие на популяцию, т.е. носят приближённый характер.**