

С.Н. Гашев

"Биоразнообразие как основа устойчивости сообществ организмов и экосистем"



Целью нашего курса является получение базовой информации об основных теоретических основах изучения биологического разнообразия, а также об охране и восстановлении биологического разнообразия, о научных и прикладных аспектах проблемы.

При этом решаются следующие **задачи**: 1) знакомство с общими положениями и принципами инвентаризации флоры и фауны; 2) знакомство с историей и основами изучения биоразнообразия; 3) методы инвентаризации и каталогизации данных по биоразнообразию; 4) принципы выделения редких видов флоры и фауны; 5) выделение основных причин сокращения и необходимых мер по сохранению численности промысловых или редких видов, восстановление, умножение и рациональное использование природных ресурсов; 5) знакомство с наиболее распространенными способами охраны биоразнообразия (заповедники, заказники, питомники, зоопарки и др.).

При этом мы коснемся биоразнообразия разного уровня: разнообразие организмов, экологическое и генетическое разнообразие. Рассмотрим связь биологического разнообразия с устойчивым развитием и стабильностью экосистем.



Неандертальцы - вид людей, населявший Европу, западную Азию и, возможно, Северную Африку в период от 230 тысяч до 24 тысяч лет назад. Неандертальцы были хорошо адаптированы к холоду, были мускулистыми и обладали объёмом мозга на 10% больше среднего современного человека. Строение голосового аппарата и мозга неандертальцев позволяют сделать вывод о том, что они могли говорить. Занимались собирательством и охотой, жили в небольших родовых общинах, величиной в 2—4 семьи, хоронили своих умерших. Некоторые исследователи предполагают, что неандертальцы были рыжими и светлокожими.

Кроманьонцы - ранние представители современного человека в Европе и отчасти за ее пределами, жившие 40-10 тыс. лет назад. Телосложение кроманьонцев было менее массивным, чем у неандертальцев. Они были высокорослы (рост до 180-190 см) и имели вытянутые «тропические» (то есть свойственные современным тропическим популяциям человека) пропорции тела.



70 тысяч лет назад началось глобальное похолодание. Неандертальцы и кроманьонцы, достигшие своего эволюционного пика, не имели никакой защиты от новых факторов. С продвижением ледников они начали отступать на юг Европы. 30 тысяч лет назад температура упала до минус 10 градусов. Этого неандертальцы уже не выдержали. Эволюционная судьба-злодейка распорядилась так, что неандерталец оказался на вершине своего исторического восхождения. А у кроманьонцев, которые превосходили неандертальцев в социальной организации и умении приспосабливаться к жизни, кроме скребла и рубила появились новые орудия - копья, рыболовные сети, а также первые сшитые между собой шкуры, то есть меховая одежда. Неандертальцы о спасительных изобретениях не узнали, избалованные жизнью, сами ни до чего додуматься не могли, так и жались, обреченные, у костра.

40 тыс. лет назад первые представители кроманьонцев появились в Европе, вотчине неандертальцев. 10 тыс. лет длилось сосуществование на одной территории двух видов людей. Еще примерно 30 тыс. лет назад последние представители этого племени ютились на самом юге Испании, в районе Гибралтара, в Пиренеях, и горах Далмации. Потом неандертальцы исчезли без следа. А мы – потомки кроманьонцев - остались.

В течение неогена произошло значительное повышение материков, сопровождавшееся морской регрессией, постепенным иссушением климата и прогрессирующим развитием открытых ландшафтов. Одновременно происходило постепенное понижение средних температур на поверхности Земли. Эти изменения природных условий оказали глубокое влияние на флору и фауну. В неогене получили преобладание виды наземных животных, приспособленные к жизни в открытых и относительно сухих местообитаниях типа лесостепей, степей и саванн. В олигоцене вымерли многие виды, приспособленные к жизни в лесах, на влажных лугах, заболоченных участках и других подобных биотопах, характерных для палеогена. В неогене появились хоботные, парно- и непарнокопытные, все группы современных хищников и китообразные. От разных групп насекомоядных независимо произошли рукокрылые, приматы, грызуны и другие отряды млекопитающих. Чрезвычайно разнообразным и многочисленным стал мир птиц и костистых рыб.

В конце плиоцена — начале четвертичного периода начался принципиально новый этап истории биосферы, где доминирующие позиции стал завоевывать человек разумный.





6 век д.н.э. - до настоящего времени

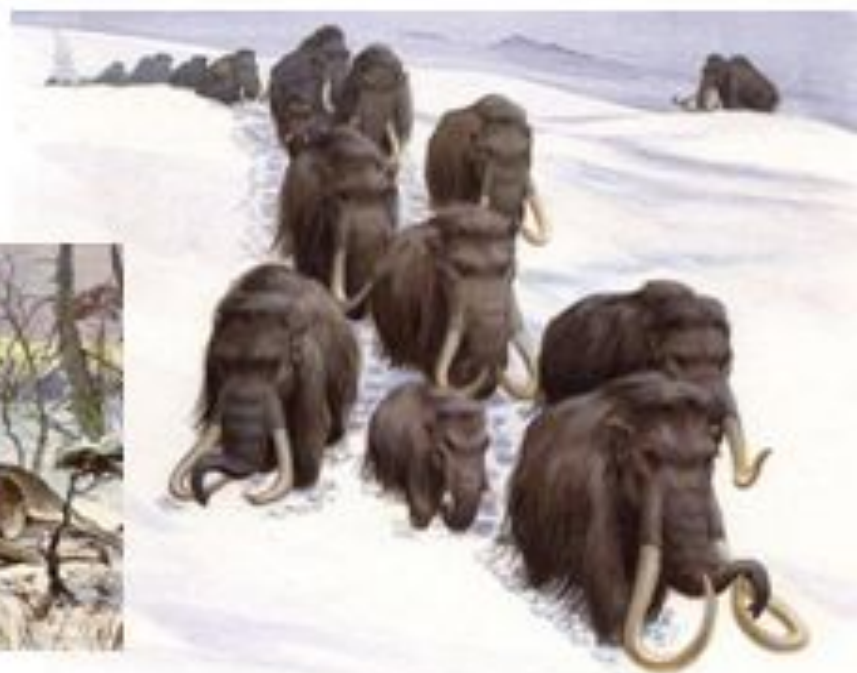
Археологами установлено, что древние гоминиды — предшественники современного человека — появились около 2–2.5 млн. лет назад. Значительно позже (30–60 тыс. лет спустя) появился кроманьонец — первый представитель *homo sapiens*. В течение позднего палеолита — начала неолита первобытный человек расселялся по Земле, постепенно осваивая вначале Африканский, затем Евразийский континенты, последними были заселены Америка и Австралия. Начало неолита (10–8 тыс. лет назад) ознаменовано развитием **неолитической, или первой технологической, революции**. Человек стал «переделывать Природу под себя». **Назревал новый кризис.**

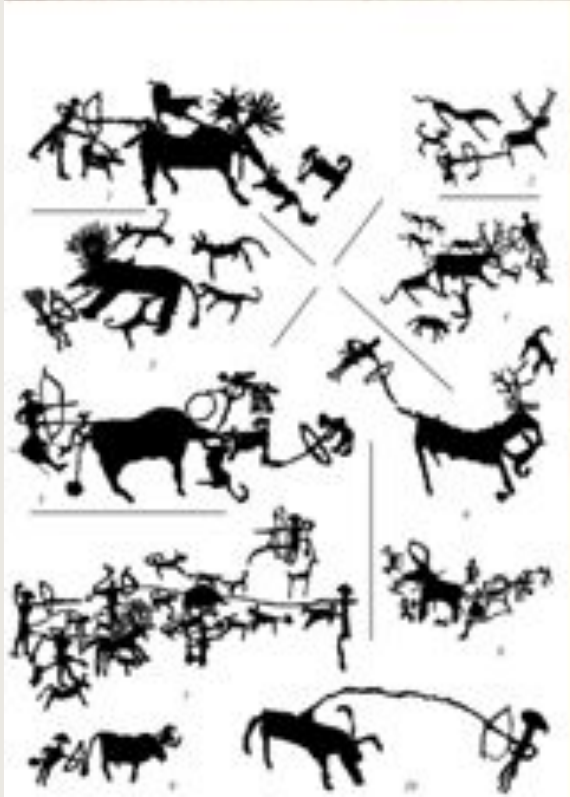
Пока процесс не прошел «точку невозврата» и спасти большинство видов все еще можно. На сегодня в группах живых организмов, для которых есть надежные оценки, вымерло около 1–2 % видов. Но это не означает, что ситуация нормальна. Скорость вымирания видов, по расчетам ученых, сегодня значительно выше средней и выше, чем для большинства массовых вымираний прошлого. Уже к 2050 году потепление практически неизбежно приведет к вымиранию 6 % видов ящериц, а если не принять необходимых мер, то к 2080 году может исчезнуть каждый пятый их вид.

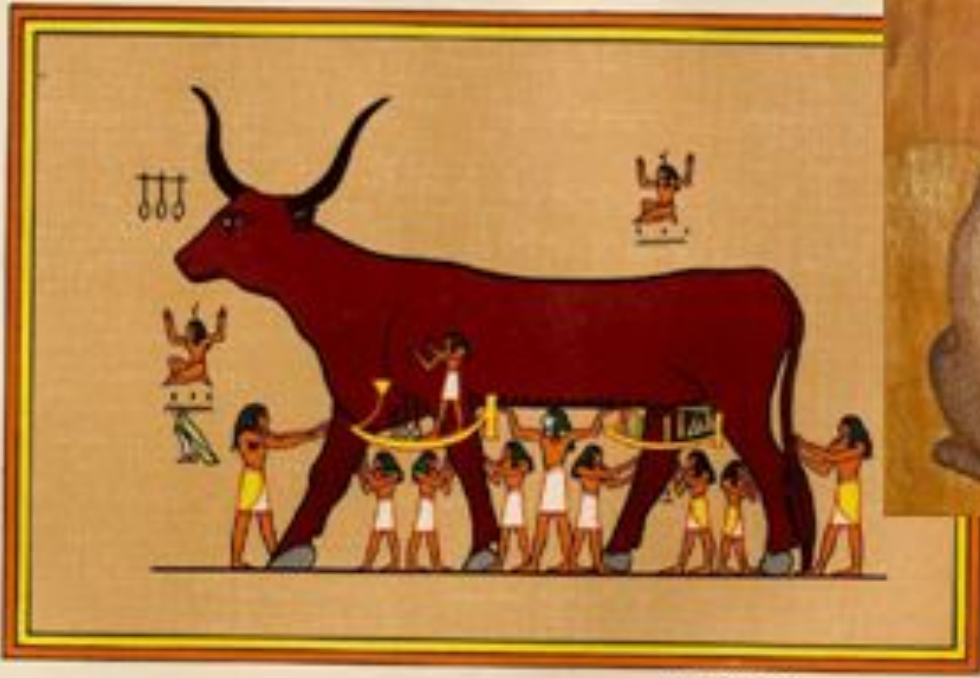
Если виды млекопитающих, сегодня официально отнесенные к трем группам риска по классификации Международного союза охраны природы — «в критической опасности», «в опасности» и «в уязвимом положении», вымрут, а скорость вымирания останется прежней, шестое массовое вымирание наступит уже через 3–22 века.

Приблизительно 14 тысяч лет назад на Земле после длительного периода похолодания началось Аллередское потепление. В некоторых широтах, благодаря этому потеплению, климат сформировался почти как современный. Но 13 тысяч лет назад, а это был поздний дриасовый период, потепление вновь резко сменилось на длительное (почти 1300 лет) похолодание. Этот геологический период совпал с исчезновением многих видов мегафауны, в их числе мамонты и мастодонты. В этот же период в Северной Америке исчезает культура Кловис, о которой узнали по множеству найденных артефактов. Ученые считают ее одной из первых развитых культур на территории современной Северной Америки.

На этом фоне охота древнего человека сыграла определенную роль в подрыве популяций видов «мамонтового комплекса»

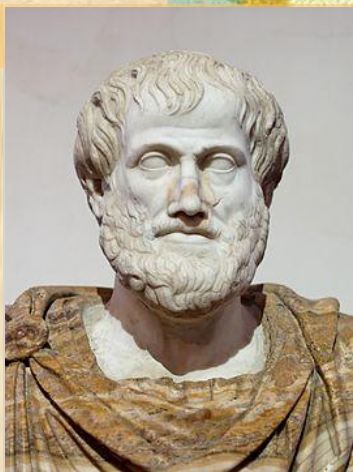






KU-EGYPT.COM





Аристотель
(384 г. до н.э.)
«О частях животных»



Плиний Старший
(между 22 и 24 н. э. .)
«Естественная история»





В начале апреля... (Medieval text from a bestiary manuscript)

Бестиарии

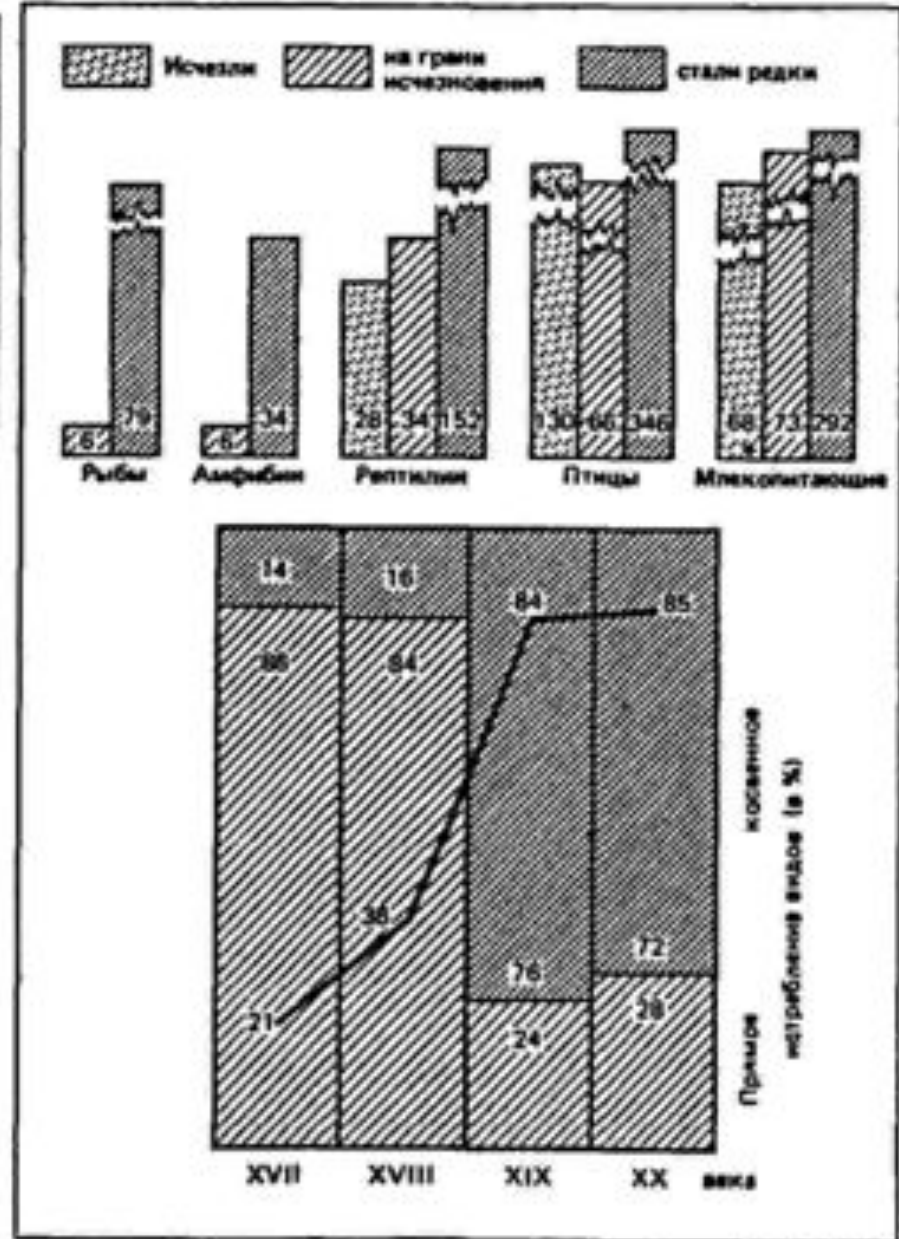


Фридрих II



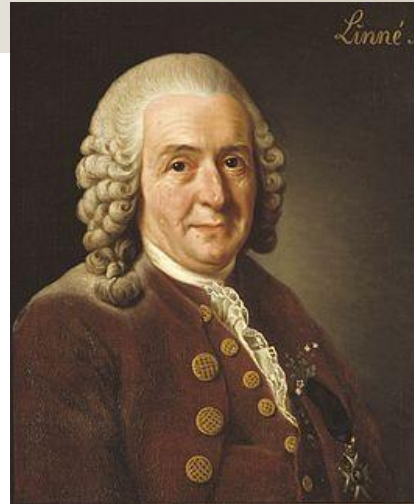


Эдвард Уоттон (1492-1555)

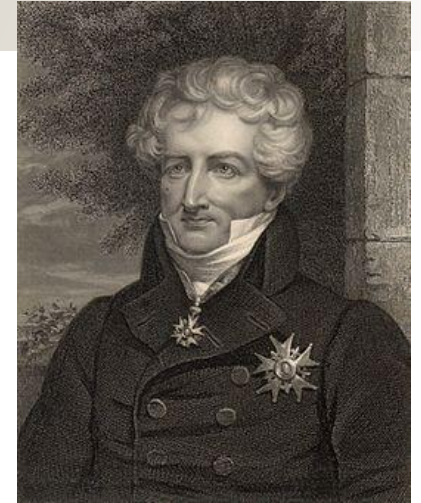




Антони Ван Левенгук



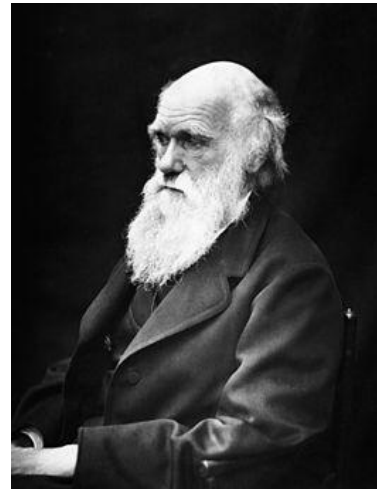
Карл Линней



Жорж Леопольд Кювье



Жан-Батист Ламарк



Чарльз Дарвин



Петр Симон Паллас

История изучения флоры и фауны Западной Сибири

Д. Мессершмидт (1720-1727, 1721, 1725-1726)

И. Гмелин, Г. Миллер (1739-1743)

Э. Лаксман (1767)

И. Фальк (1768-1774)

П. Паллас (1768-1774)

В. Зуев (1771-1772)

Э. Гофман (1843, 1847-1848)


А. Брэм (1876)

А. Дунин-Горкавич (1899-1903)

Б. Житков (1908)

и т.д.





Биоразнообразие (биологическое разнообразие) — разнообразие жизни во всех её проявлениях, а также показатель сложности биологической системы, разнокачественности её компонентов.

Основные научные концепции биоразнообразия были сформулированы лишь в середине XX века, что напрямую связано с развитием количественных методов в биологии.

В работах Роберта Уиттекера была предложена организация уровней экосистемного разнообразия и исследованы зависимости биоразнообразия от факторов окружающей среды. Согласно его представлениям выделяют:

альфа-разнообразие — разнообразие внутри сообщества,

бета-разнообразие — разнообразие между сообществами,

гамма-разнообразие — разнообразие надценотической системы по градиентам среды.



Проблема биологического вида

Понятие «вид» – одно из самых сложных в биологии. Впервые термин «вид» использовал английский систематик Дж. Рей в 1693 г. Он различал виды по двум признакам: все особи одного вида имеют практически одинаковые черты строения и все они могут свободно скрещиваться, передавая свои свойства потомкам.

Учение о виде развил шведский ученый К. Линней, назвав вид совокупностью сходных по строению особей, дающих плодовитое потомство. В частности, он дал описание 10 тыс. видов растений и более 2 тыс. видов животных.

Один вид можно отделить от другого по пяти **основным критериям**:

1. **Морфологический критерий** позволяет различать разные виды по внешним и внутренним признакам.
2. **Физиолого-биохимический критерий** фиксирует неодинаковость химических свойств и физиологических процессов разных видов.
3. **Географический критерий** свидетельствует, что каждый вид обладает своим ареалом.
4. **Экологический** позволяет различать виды по комплексу абиотических и биологических условий, в которых они сформировались, приспособились к жизни.
5. **Репродуктивный критерий** обуславливает репродуктивную изоляцию вида от других, даже близкородственных.

Нередко выделяют и другие критерии вида: цитологический (хромосомный) и другие.

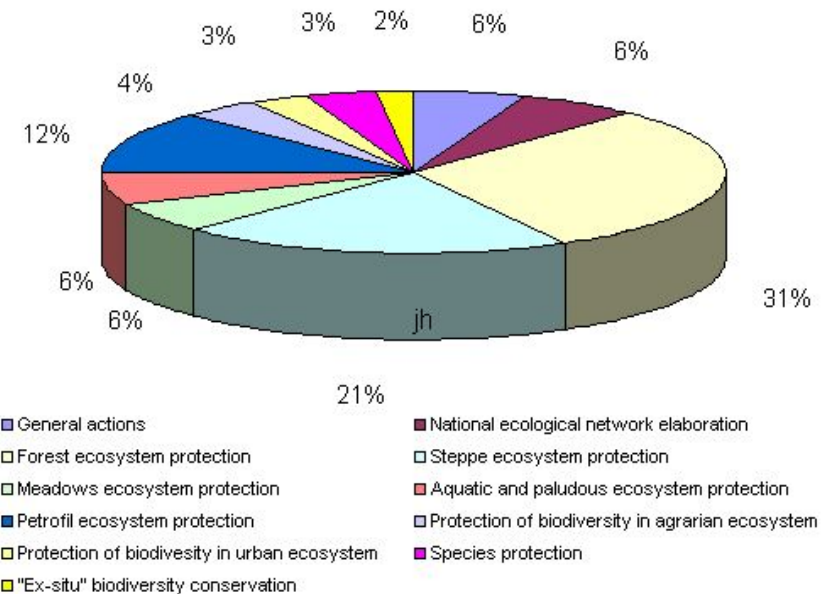
Величина биоразнообразия как внутри вида, так и в рамках всей биосферы признана в биологии одним из главных показателей **жизнеспособности** (живучести) вида и экосистемы в целом и получила название «Принцип биологического разнообразия».

Действительно, при большом однообразии характеристик особей внутри одного вида (это относится и к человеку, и к растениям, и к микроорганизмам) любое существенное изменение внешних условий (погода, эпидемия, изменение кормов и пр.) более критично скажется на выживаемости вида, чем в случае, когда последний имеет большую степень биологического разнообразия. То же (на другом уровне) относится и к богатству (биоразнообразию) видов в биосфере в целом.

Биологическое разнообразие – всё многообразие форм жизни на земле, миллионов видов растений, животных, микроорганизмов с их наборами генов и сложных экосистем, образующих живую природу

Вирусы
Бактерии
Растения
Грибы
Животные

PPT4WEB.ru



Геомерида Земли

В современном понимании биосферу можно представить как глобальное геологическое тело, играющее определенную роль в эволюции Земли, включающее совокупность всех живых организмов и органического вещества, а также область планеты, находящуюся во взаимодействии с живыми организмами или измененную ими.

Разнообразие и множественность форм жизни огромны. Экосферу населяют около 1 млн. видов животных и около 340 тыс. видов растений. Самые многочисленные по числу видов группы организмов — это цветковые растения и насекомые.

НО! В морях и океанах бактерии составляют 90 % массы живого. В организме человека их 3-4 кг. В каждой горсти земли находится до 10 000 видов.

Общая масса биоты ("живое вещество") в расчете на сухое вещество оценивается величиной: 10 млрд. т (животные) и 10 000 млрд. т (растения)

Число известных науке видов животных разных таксонов

Группа животных	Количество известных видов
Простейшие	30 000
Губки	5 000
Кишечнополостные	9 000
Черви	15 000
Моллюски	80 000
Членистоногие (без Насекомых)	55 000
Насекомые	1 000 000
Иглокожие	5 000
Позвоночные	35 000
в т.ч. Рыбы	18 000
Земноводные	1 300
Пресмыкающиеся	4 000
Птицы	8 500
Млекопитающие	3 500

Биоразнообразие — ключевое понятие в природоохранном дискурсе. Это определение стало официальным определением с точки зрения буквы закона, поскольку вошло в конвенцию ООН по вопросам биоразнообразия (Рио-де-Жанейро, 1992), которая принята всеми странами Земли, за исключением Андорры, Брунея, Ватикана, Ирака, Сомали и США. ООН установила Международный день биологического разнообразия (22 мая). А 2010 год был объявлен Международным годом биоразнообразия.



Первое, что стоит перед исследователем или природопользователем – оценка биологического разнообразия (инвентаризация, каталогизация и др.)

Далее необходимо статистически обработать и интерпретировать эти данные; оценить степени рисков по сокращению биоразнообразия...

и, наконец, предложить меры по охране или повышению биологического разнообразия



Оценка биологического разнообразия

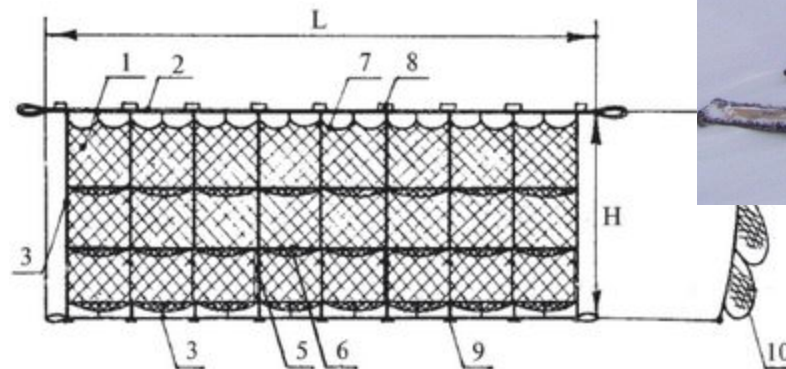
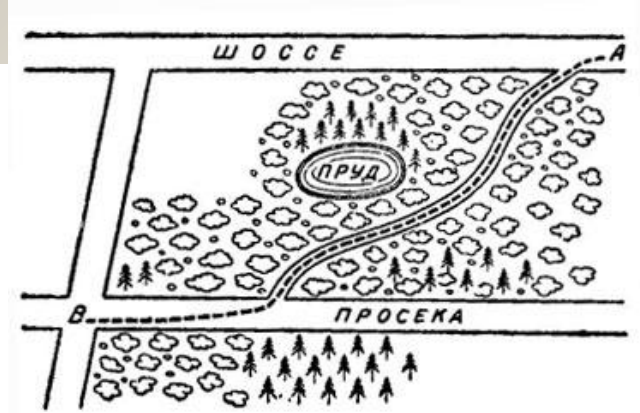
Инвентаризация флоры и фауны: определение видового состава и обилия каждого вида

Каталогизация флоры и фауны: составление каталогов и баз данных по видовому разнообразию

Расчет биологического разнообразия (на основе данных инвентаризации флоры и фауны в разных сообществах)

Оценка стабильности и устойчивости сообществ (на основе показателей биоразнообразия в разных сообществах)

Оценка и прогнозирование состояния различных сообществ (в т.ч. под воздействием нарушающих факторов)



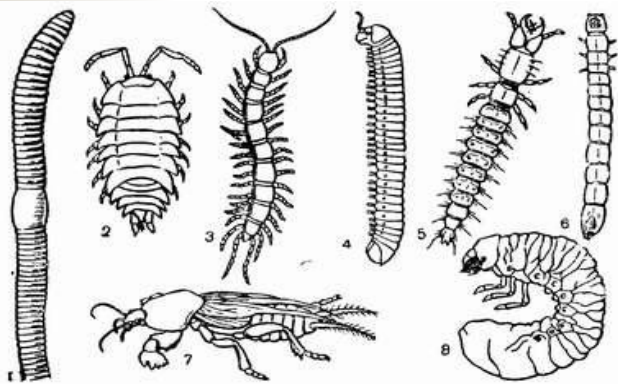


Рис. 24. Макрофауна почвы (по W. Dunger, 1974):
 1 — дождевой червь; 2 — мокрица; 3 — губоногая многоножка; 4 — двузариногая многоножка; 5 — личинка жулициды; 6 — личинка щелкуна; 7 — медведка; 8 — личинка хруща.



Основной количественных показателей служат сочетания двух параметров:

- число видов, выявленных на данной территории, S ;
- суммарного числа особей, принадлежащих всем этим видам, $N = \sum ni$, где $i = 1 \dots S$.

Общее разнообразие сообщества характеризует индекс видового разнообразия Шеннона.

Клод Элвуд Шеннон

- американский инженер и математик, один из основоположников теории информации и теории автоматов.:

$$H = - \sum (p_i \ln p_i) = (p_1 \ln p_1) + (p_2 \ln p_2) + \dots + (p_S \ln p_S),$$

где $p_i = n_i / N$ - доля особей i -го вида; $i = 1, 2, 3, \dots, S$

Индекс видового разнообразия Симпсона D :

$$D = 1 / \sum p_i^2, \quad p_i - \text{удельный вес в сообществе } i\text{-того вида.}$$

Структуру доминирования характеризует индекс доминирования Симпсона:

$$DD = \sum (n_i / N)^2 = (n_1 / N)^2 + (n_2 / N)^2 + \dots + (n_S / N)^2$$

Выровненность распределения видов характеризует индекс Пиелу:

$$E = H / \ln S$$

Вид животного	2000 г.	2000 г. по отношению к 1999 г., %
Благородный олень*	167,3	-6,1
Лисий северный олень	1233,0	0,1
Кабан*	169,9	-2,2
Кабарга*	143,0	-8,6
Кавказский гур*	42,8	-11,8
Косуля*	623,8	-7,3
Лось*	610,5	-2,9
Пятнистый олень*	15,0	8,7
Сайгак	25,0	-54,5
Снежный баран*	51,2	3,0
Белка*	7970,9	-11,0
Бобр**	276,6	7,0
Бурый медведь***	123,9	0,3
Волк*	42,9	-3,2

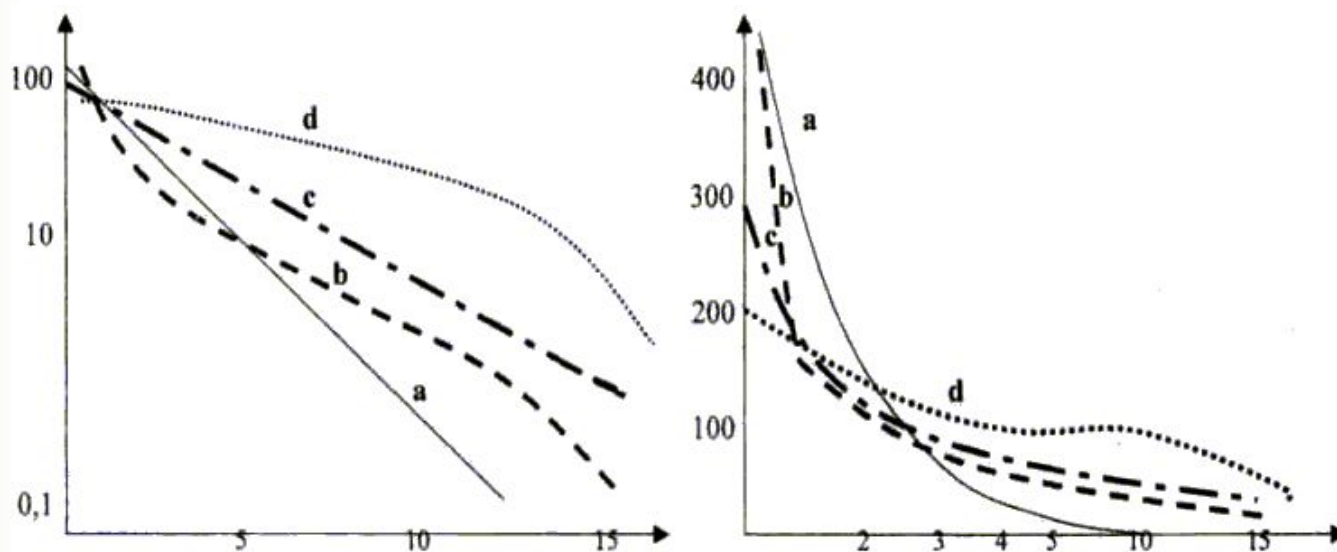
Вид животного	2000 г.	2000 г. по отношению к 1999 г., %
Заяц-беляк*	824,6	-20,3
Заяц-русак*	4301,4	-10,0
Заяц-русак*	760,3	-2,3
Колонкос*	234,1	-13,8
Корсак*	29,4	-1,3
Куница*	180,4	6,7
Шенник*	472,6	-8,3
Восомача*	22,3	-13,2
Рысь*	27,3	-3,2
Соболь**	1120,9	4,0
Хорек*	99,0	8,4
Глухарь*	4505,5	7,0
Рябчик*	27379,3	71,9
Бобр**	9620,6	12,1

- резко снизился (более 20%)
- снизился (10-20%)
- остался в рамках естественных колебаний (от -10% до 10%)
- увеличился (10-20%)
- резко увеличился (более 20%)

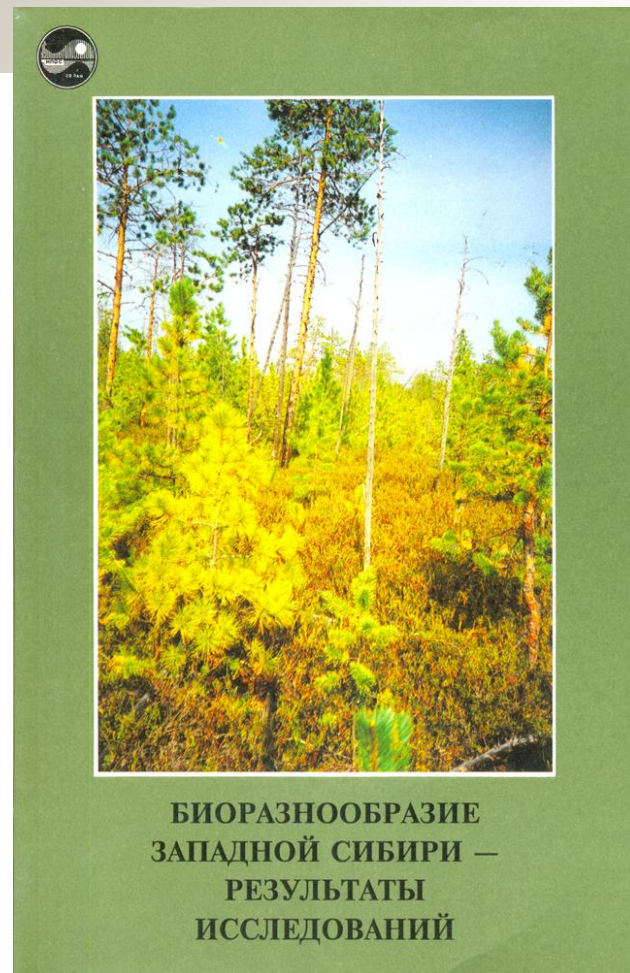
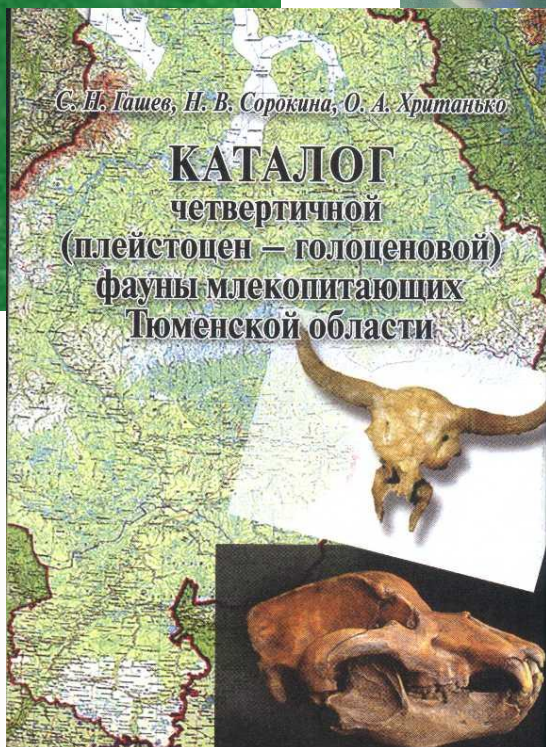
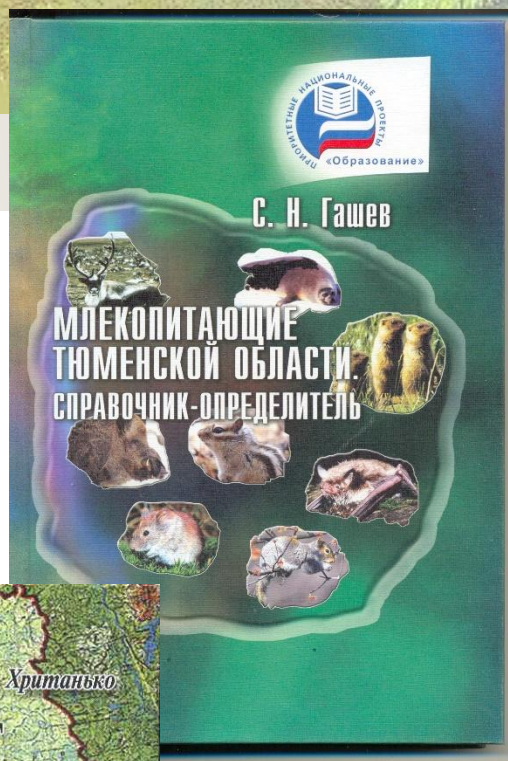
Примечание: * – численность на 1 марта; ** – численность на 1 октября; *** – численность на 2-й квартал



Видовое богатство V - это число видов, осваивающих данную территорию, т.е. плотность видов. Как правило, видовое разнообразие возрастает с увеличением времени освоения и площади территории, а также в направлении к экватору; в условиях стрессового воздействия на систему оно сокращается. Численным индексом компонента служит какая-либо комбинация общего числа видов, выявленных на данной территории, S и суммарного числа особей, принадлежащих ко всем отмеченным видам, $N = \sum p_i$, где p_i - число особей, относящихся к одному определенному виду i ; суммирование ведется по всему числу видов, т.е. $i = 1, 2, \dots, S$. Например, $V = S / N$ или $V = (S - 1) / \ln N$



На основе индексов видового разнообразия можно рассчитать устойчивость системы



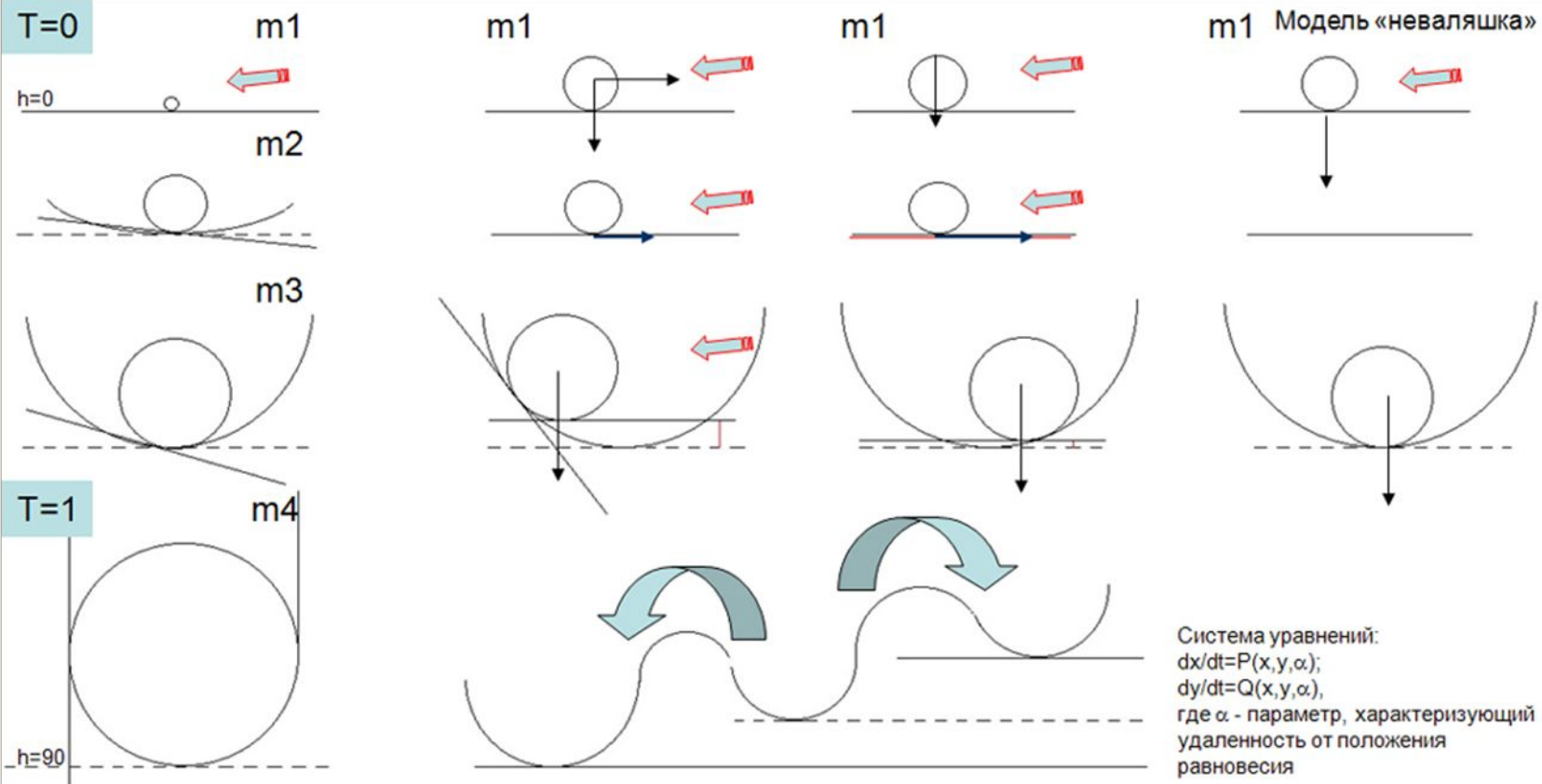
Устойчивость экологических систем в нашей интерпретации является их внутренним свойством («способность к стабильности» - «*the ability to stability*»), тогда как **стабильность** («*the stability*») системы выступает как характеристика состояния системы во времени или пространстве и является натурным проявлением свойств экосистемы (в т.ч. устойчивости) при определенных условиях внешней среды.



Экосистемы	Стабильность	Устойчивость	Упругость	Пластичность
Климатические еловые леса	высокая	низкая	высокая	низкая
Переходные стадии сукцессий (березовые, осиновые леса)	низкая	высокая	низкая	высокая
Климатические тундровые	крайне высокая*	крайне низкая	низкая	крайне низкая
Сосновые леса на бедных почвах	высокая	значительная	крайне высокая	значительная
Агроценозы	крайне низкая	крайне низкая	крайне низкая	крайне низкая



Модель резистентной и упругой устойчивости систем



Трения качения = $K (F/R)$, где K - коэффициент трения («вязкость»),
 F - сила нормального давления = Финерции = $g (1 - \sum ((n_i/N)^2))$, где вместо массы шара индекс
 видового разнообразия Симпсона (D),
 R - радиус шара в модели аналогичен индексу видового богатства, $R = (V-1)/\lg N$ где,
 V - число видов, N - общее число особей,
 Крутизна стенок чаши определена углом h ; $\sin h = 0.1TD/G$ - максимальная высота чаши, где
 G - ее упругость, T - время. При превышении ее шар попадает в другое равновесное состояние.



Исчезновение биологических видов является нормальным процессом развития жизни на Земле. В процессе эволюции неоднократно происходило массовое вымирание видов. Примером может служить пермское вымирание, приведшее к исчезновению всех трилобитов.

Начиная с XVII века основным фактором ускорения вымирания стала хозяйственная деятельность человека, за это период исчезло 120 видов амфибий, 94 вида птиц, 63 вида млекопитающих. В общем плане причинами снижения разнообразия служат растущее потребление ресурсов, пренебрежительное отношение к видам и экосистемам, недостаточно продуманная государственная политика в области эксплуатации природных ресурсов, непонимание значимости биологического разнообразия и рост численности населения Земли.





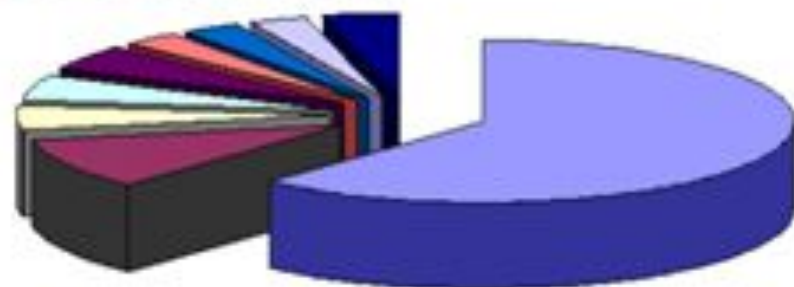
ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ (industrial revolution) – революционные изменения в орудиях и в организации производства, которые привели к переходу от доиндустриального к индустриальному обществу. Термин «промышленная революция» (или «промышленный переворот») подчеркивает быстрый и взрывообразный характер изменений, который произошли на рубеже 18–19 вв. сначала в Англии, а затем и в других странах европейской цивилизации. Впервые это понятие начал использовать в 1830-е французский экономист Адольф Бланки.

С 1840-х оно стало широко использоваться марксистами: в первом томе *Капитала* Карл Маркс дал развернутый анализ революционных изменений средств производства, которые стали фундаментом капиталистического строя.



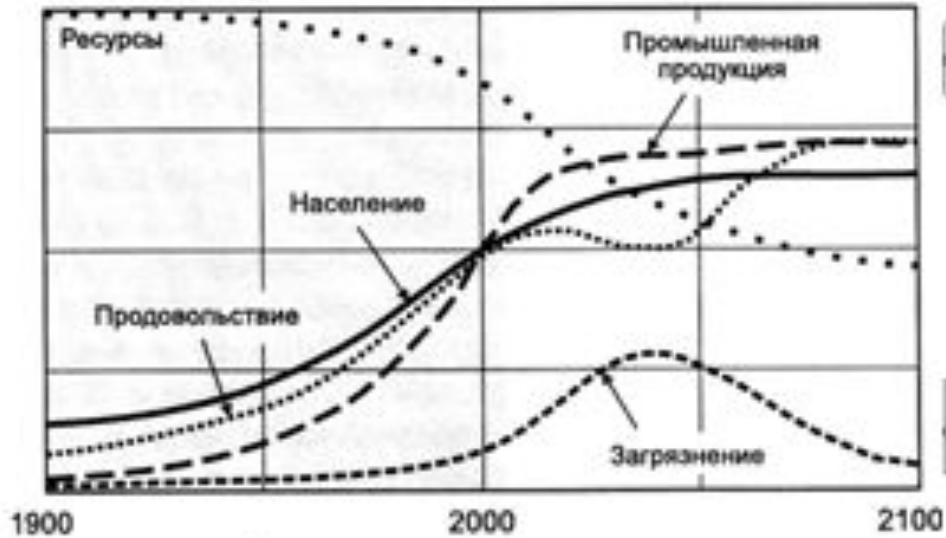
Изобретение станков –
основа промышленной
революции



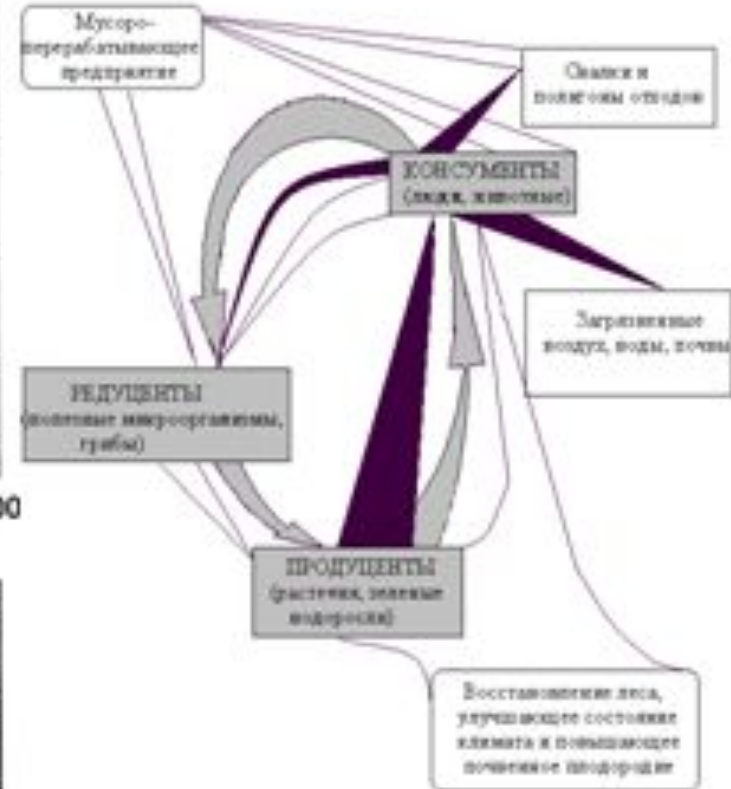


- Продукты химические и близкие к ним предприятий
- Металлургия
- Добыча нефти и газа
- металлообрабатывающая промышленность
- Непроизводственные отходы
- Электротехническое и электронное оборудование
- Транспорт
- Целлюлозно-бумажное производство
- Прочее

Состояние мира



Материальный уровень жизни



- естественный уровень круговорота органических веществ,
- оборот, приводящий к развитию биологического кризиса,
- перспективные направления, предотвращающие кризисную ситуацию



ВЫМИРАНИЕ ВИДОВ

- за один год в тропиках исчезает примерно 2000 видов растений - это соответствует глобальной потере на 8% за десятилетие
- с 1985 по 2015 год на Земле исчезнет примерно 25% всех видов – это соответствует 9% глобального биоразнообразия за десятилетие
- каждый год на Земле исчезает 0,2-0,3% всех видов
- ежедневно вымирает от 3 до 130
- с 1990 по 2015 год исчезнет от 2 до 18% всех видов,
- к 2020 году исчезнет 5-15% лесных видов
- за исторический период вымерло по меньшей мере 7% видов растений на Земле

ЗАЧЕМ НУЖНО СОХРАНЯТЬ БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ

Каждая экосистема характеризуется особым соотношением организмов, принадлежащих к различным биологическим видам. Состав этих видов и соотношение их особей характеризуют *биологическое разнообразие* экосистемы.

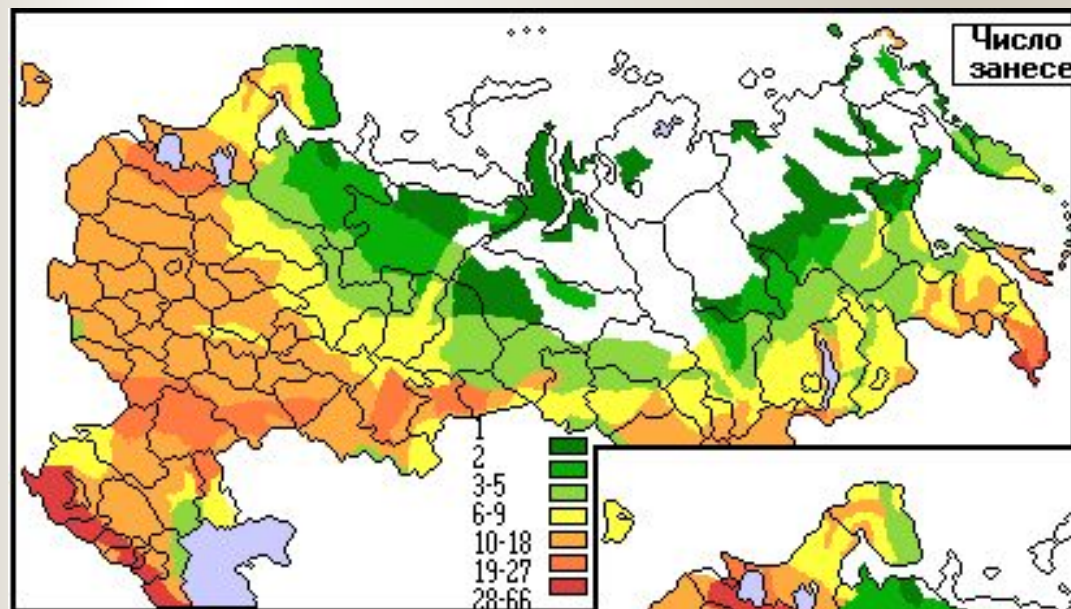


Тропические леса и коралловые рифы – классические примеры наземных и водных экосистем с исключительно высоким уровнем биологического разнообразия



Если из состава сообщества полностью исключить (или, наоборот, добавить) несколько видов (или даже хотя бы один вид), это может привести к значительному, а порой – даже катастрофическому изменению свойств всей экосистемы.

Состав и соотношение видов живых организмов в сообществе («биологическое разнообразие») во многом определяют качество окружающей природной среды. Поэтому сохранение состава видов животных и количества их особей в экосистемах является важнейшей природоохранной задачей.



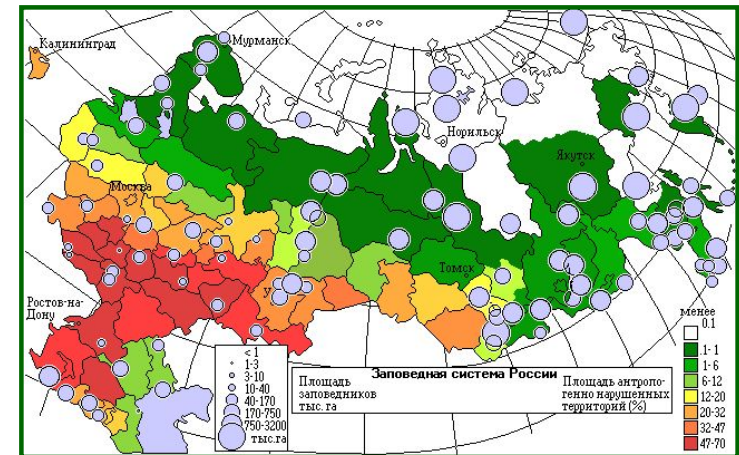
Существуют четыре главные причины сохранять биоразнообразие:

С точки зрения потребителя элементы биоразнообразия являются природными кладовыми, которые уже сегодня представляют зримую пользу для человека или могут оказаться полезными в будущем.

Биоразнообразие как таковое приносит как хозяйственную, так и научную пользу (например, в поисках новых лекарственных препаратов или способов лечения).

Выбор в пользу сохранения биоразнообразия — это этический выбор. Человечество в целом является частью экологической системы планеты и зависит от её благополучия, а потому должно бережно относиться к биосфере.

Значимость биоразнообразия можно также характеризовать в эстетическом, сущностном и этическом плане. Природа прославляется и воспевается художниками, поэтами и музыкантами всего мира; для человека природа является вечной и непреходящей ценностью.





Основные принципы охранной деятельности по сохранению биоразнообразия:

- Создание особо охраняемых природных территорий (заповедников, национальных парков), ключевых для сохранения биоценозов, требующихся для выживания исчезающих и редких видов.

Для охраны редких видов насекомых и мелких животных в Европе создаются микро-заповедники, а также "зеленые коридоры" для межпопуляционного обмена между охраняемыми территориями.

- Создание стабильно размножающихся популяций исчезающих животных в неволе, на случай их

исчезновения в дикой природе, или исчезновения их среды обитания.

- Экологическое просвещение.

- Запрет добычи редких и исчезающих видов животных и растений, на государственном и межгосударственном уровне. Ведение контроля и принятие жестких мер ответственности за нарушение природоохранного законодательства.

- Рациональное природопользование, в том числе иностранный туризм в национальных парках, а также продажа лицензий на охоту в специальных охотничьих заповедниках, в рамках экологически обоснованной квоты на охотничьих животных, для получения дополнительных средств на охрану заповедных территорий и редких видов.

- Криоконсервация геномов исчезающих видов и др.

Охрана редких видов

Категории Красной Книги

- 0. Вероятно исчезнувшие.
- 1. Находящиеся под угрозой исчезновения.
- 2. Сокращающиеся в численности.
- 3. Редкие.
- 4. Неопределенные по статусу.
- 5. Восстанавливаемые или восстанавливающиеся.

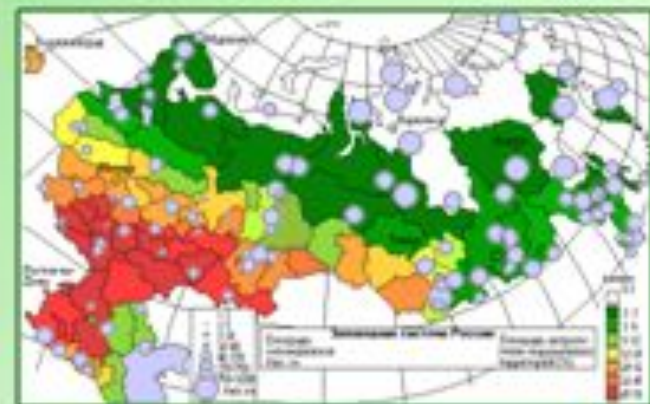
- по уязвимости, - по биологии, - по уровню изученности, - по эффективности природоохранных мероприятий



МЕЖДУНАРОДНЫЕ БИОСФЕРНЫЕ РЕЗЕРВАТЫ



Как известно, заповедник – это участок земель или вод, который полностью и на неограниченное время освобождается от хозяйственного использования и от иных воздействий человека.



Заповедная система России

Некоторые заповедники, сохраняющие в первозданном виде типичный участок какой-либо природной зоны, включаются в международную систему **биосферных резерватов**. Биосферные резерваты – эталоны самых различных природных зон Земли в их естественном состоянии. Они являются достоянием всего человечества.

Развитие системы биосферных резерватов имеет три основные цели:

- 1) сохранить естественное биоразнообразие;
- 2) регулярно наблюдать естественные изменения ненарушенных участков природы, чтобы на этом фоне можно было выявлять изменения, привнесенные в других местах человеком;
- 3) обучать и готовить здесь специалистов-экологов в полевых условиях.



Студенты, изучившие основы биоразнообразия, смогут найти применение полученных знаний в организациях и учреждениях, занимающихся вопросами биологического разнообразия:

департаменты по экологии и природопользованию, лесного хозяйства, охот.управление, Госрыбцентр, заповедники, природные парки и заказники разного уровня, охотничьи и рыбные хозяйства, учебные учреждения разного уровня, академические и прикладные НИИ биологического или природоохранного профиля, отделы экологии на предприятиях и др.

