A photograph of a large stack of cut logs in a forest. The logs are stacked in a neat pile, showing their circular cross-sections and rough bark. The background is a dense forest of tall, thin trees under a clear blue sky.

# **ЛЕС: ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ И БИОРАЗНООБРАЗИЕ**

**Е.Н. Букварева**

**ЦЕНТР ОХРАНЫ  
ДИКОЙ ПРИРОДЫ**

[bukvareva@gmail.com](mailto:bukvareva@gmail.com)

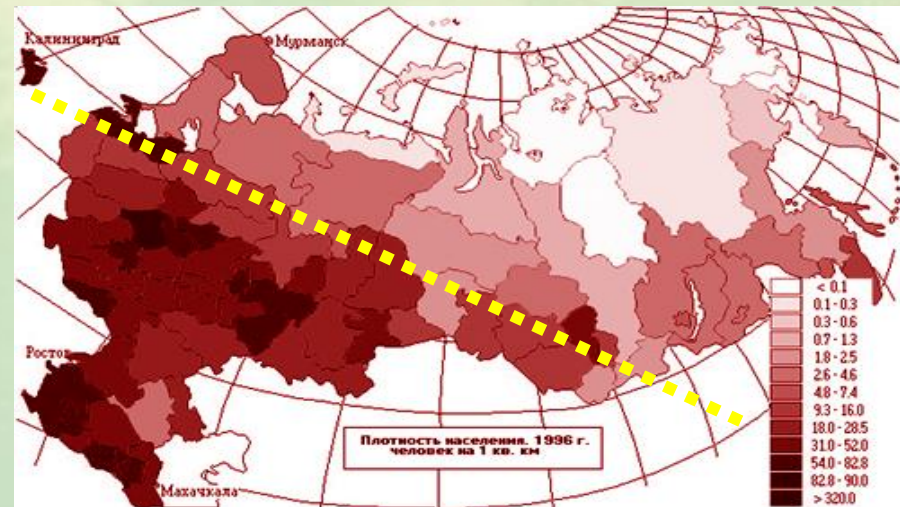
# 1. Развитие концепции экосистемных услуг – природных благ



Оценка экосистемных услуг по трем показателям:  
**предоставленному**, **используемому** и **необходимому** объемам



% природных экосистем от площади региона



Плотность населения

# 1. Развитие концепции экосистемных услуг – природных благ



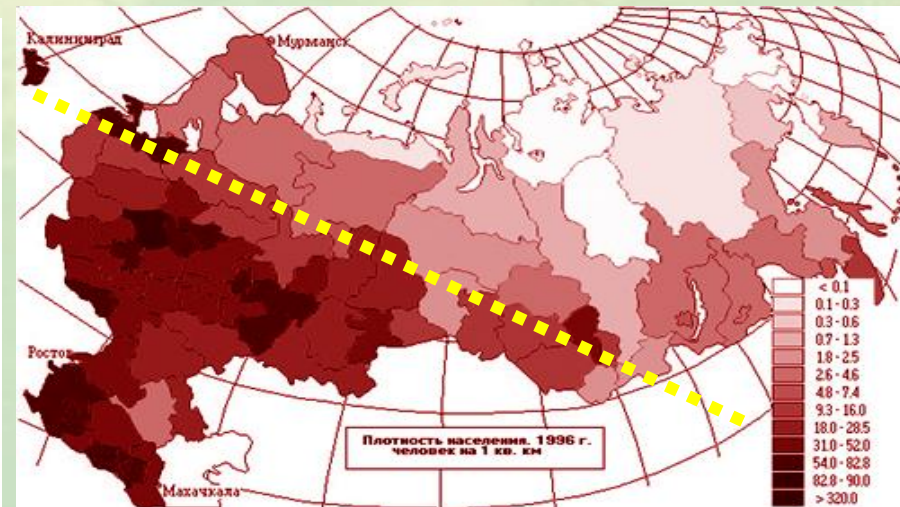
# 1. Развитие концепции экосистемных услуг – природных благ



Оценка экосистемных услуг по трем показателям:  
**предоставленному**, **используемому** и  
**необходимому** объемам



% природных экосистем от площади региона



Плотность населения

# 1. Развитие концепции экосистемных услуг – природных благ



Оценка экосистемных услуг по трем показателям:  
**предоставленному**, **используемому** и **необходимому** объемам

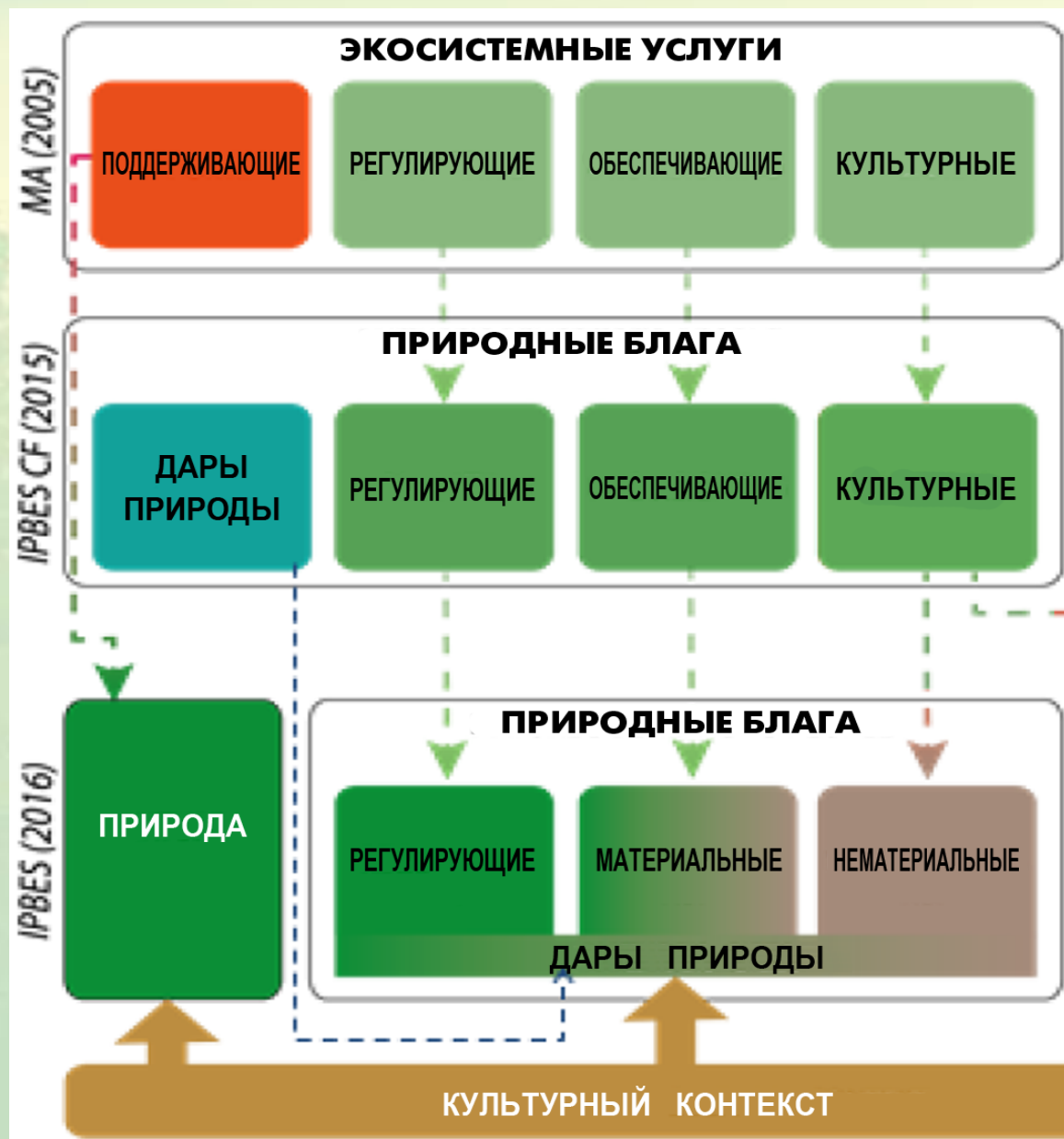


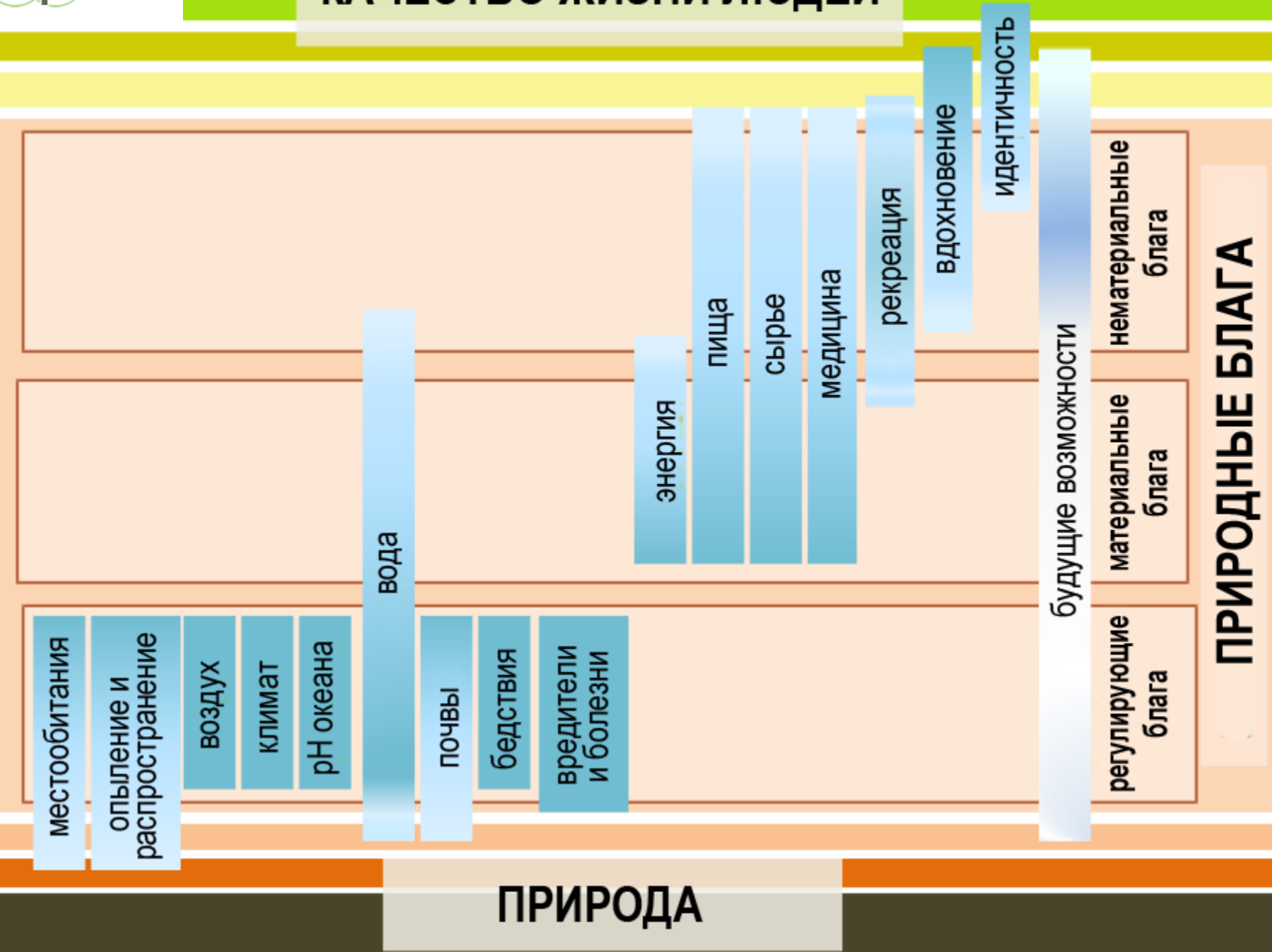
% природных экосистем от площади региона



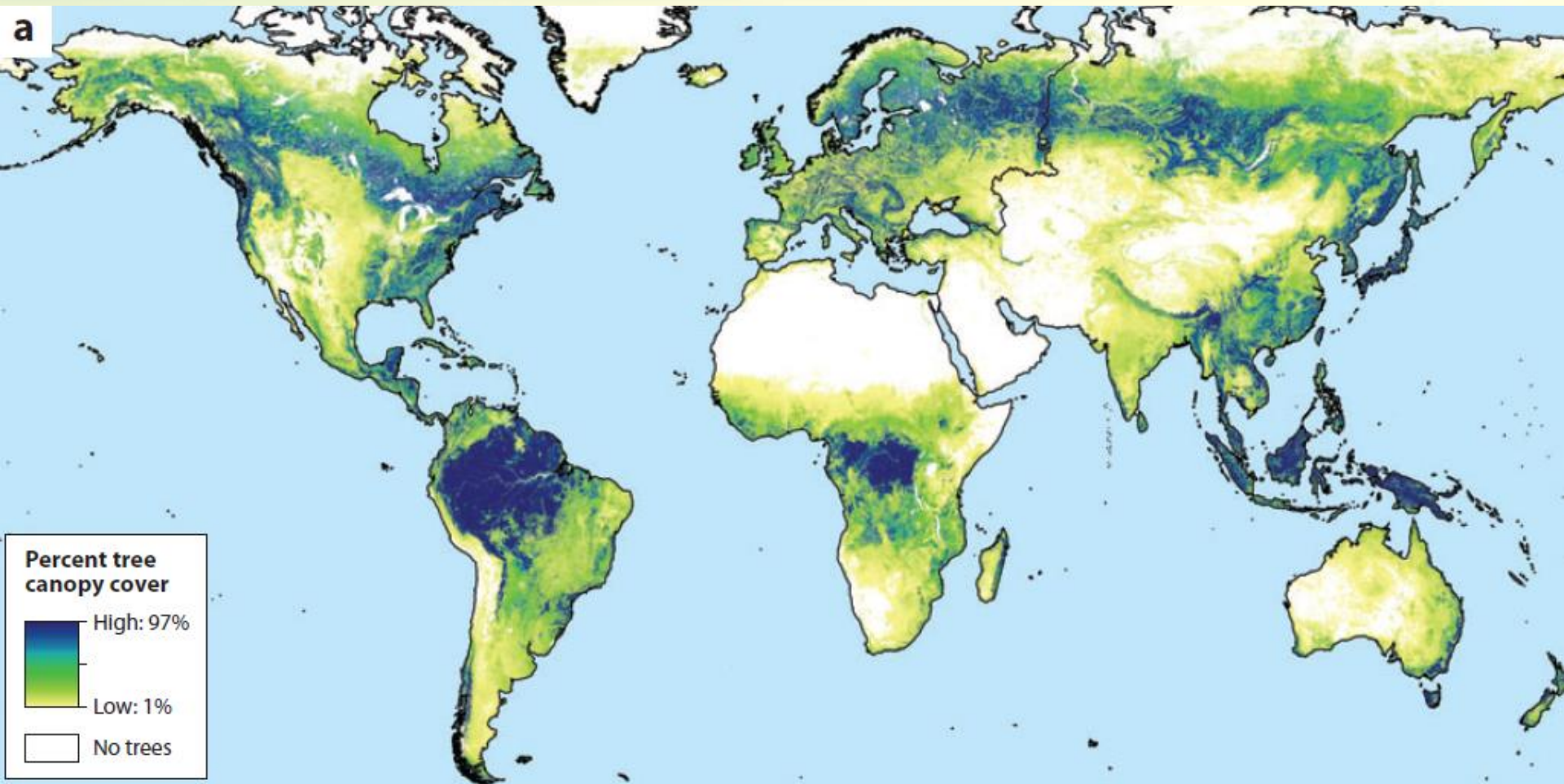
Плотность населения

# 1. Развитие концепции экосистемных услуг – природных благ





## 2. Экосистемные услуги лесов – масштаб и значение





## 2. Экосистемные услуги лесов – масштаб и значение

Ежегодный экономический ущерб от уничтожения лесов в Китае в начале 1990-х гг. составлял **12% ВВП**



# Ветровая и водная эрозия в Китае в результате масштабного уничтожения лесов

Пыльная буря  
в Пекине



Китай

Почва, грунт и загрязнения  
выносятся реками в океан  
(NASA, 1999)

Облака пыли над Китаем (NASA, 2002)

**Засуха 2009-2010 гг. в Китае**



## 2. Экосистемные услуги лесов – масштаб и значение

### **Китай: программа «зерно в обмен на лес (Grain for Green)»**

Программа выделения дотаций в виде зерна и денег крестьянам, чтобы они восстанавливали лес на участках, подверженных эрозии.

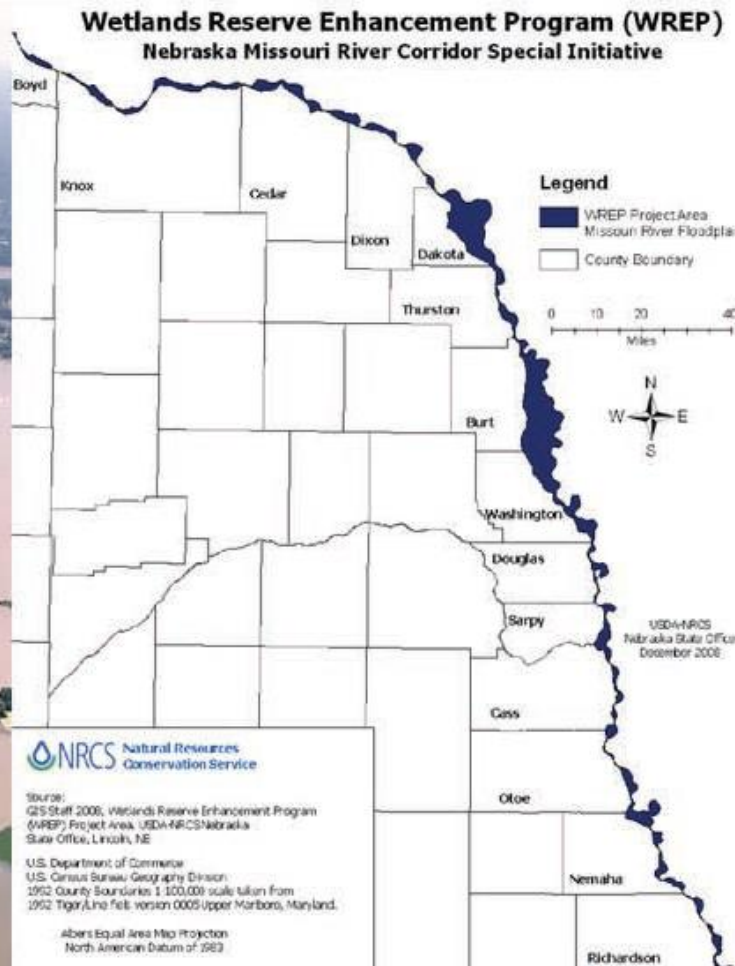
С 1999 по 2008 г. сумма государственных вложений в программу составила 151 млн. юаней, из которых 145 млн (96%) были заплачены непосредственно сельским жителям.

В 2008 г. в программу были вовлечены 27 млн сельских домохозяйств



## 2. Экосистемные услуги лесов – масштаб и значение

Наводнение в 1993 г. в США в бассейнах рек Миссисипи и Миссури



**Инвестиции 2-3 млрд.** долларов  
в восстановление водно-болотных  
угодий и заболоченных лесов в  
верховьях рек Миссисипи и Миссури



могут предотвратить **ущерб в**  
**16 млрд.** долларов от  
возможного наводнения

(Postel, 2008)

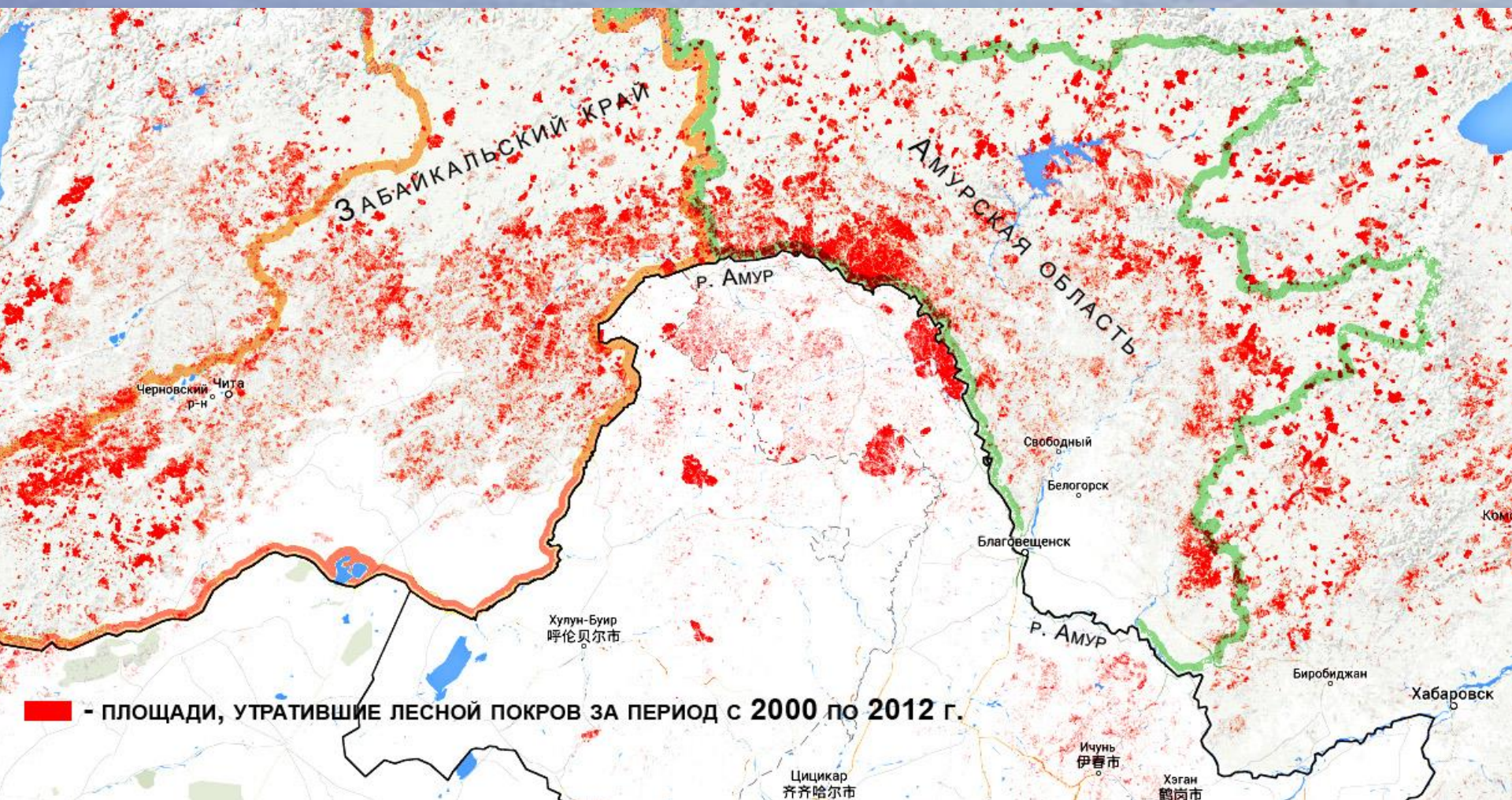
## 2. Экосистемные услуги лесов – масштаб и значение

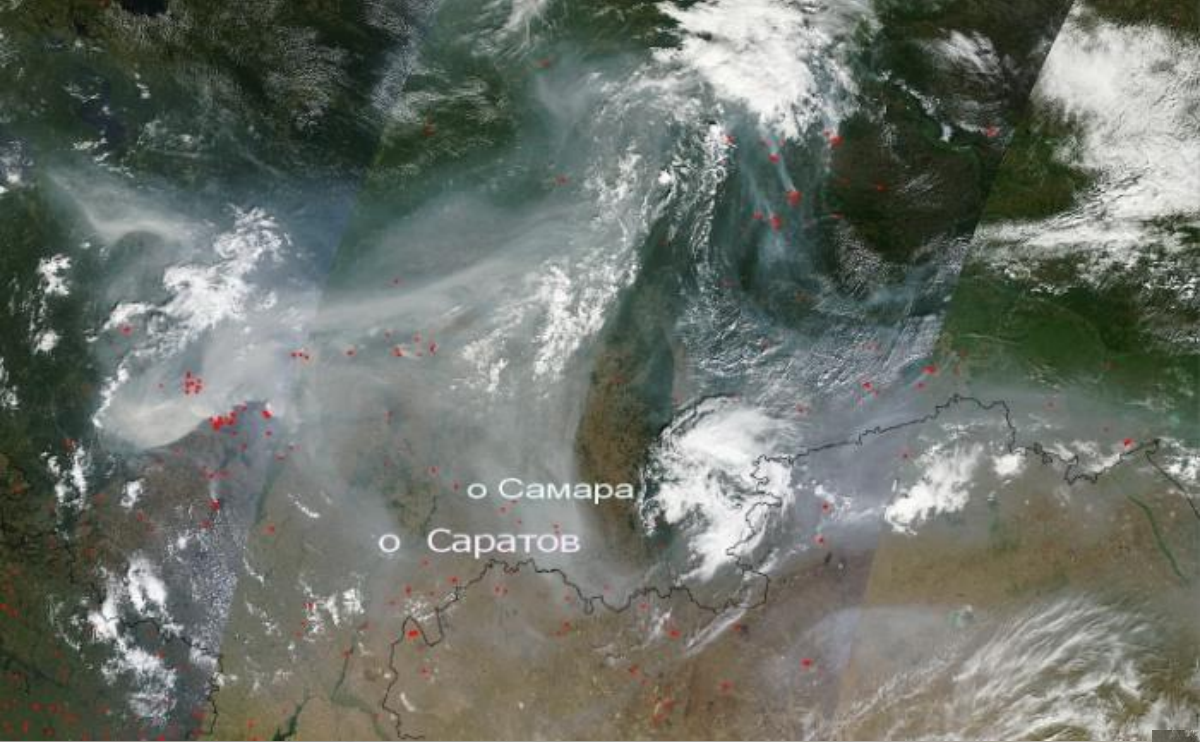
Наводнение на Амуре 2013 г.



## 2. Экосистемные услуги лесов – масштаб и значение

Наводнение на Амуре 2013 г.





**Торфяные пожары – результат утраты водорегулирующих и климаторегулирующих функций торфяных экосистем**

**Суммарные потери от гибели урожая, лесов, утраты имущества составили \$14-15 млрд. А с учетом ущерба для здоровья и дополнительной смертности – \$ 30 млрд., то есть, 2% ВВП (Бобылев и др., 2012).**

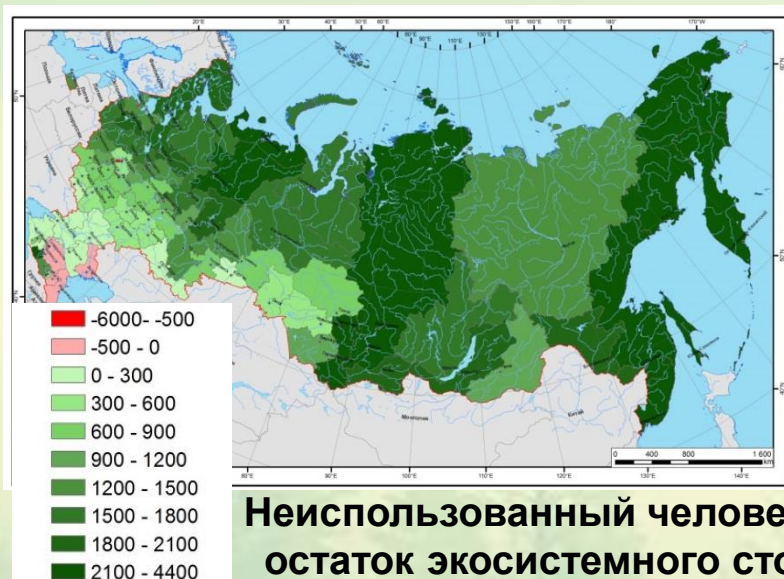


**2010 г.**





## 2. Экосистемные услуги лесов – масштаб и значение



**Неиспользованный человеком  
остаток экосистемного стока  
(м<sup>3</sup>/га/год)**



**Остаток неочищенного стока  
(м<sup>3</sup>/га/год)**



**Остаток выбросов, который не может быть уловлен  
лесами, на единицу площади региона (кг/га/год).**

### 3. Роль биоразнообразия в обеспечении экосистемных услуг



**Прекращение экосистемных функций**



# Уровни биоразнообразия

## Иерархия экологических систем

### Экосистема

Разнообразие видов, сообществ и биотопов

Комплекс территориально сопряженных экосистем  
Разнообразие экосистем

### Биосфера

Глобальное разнообразие экосистем  
Глобальное разнообразие видов

### Сообщество организмов

Разнообразие видов и соотношение между ними

## Популяционно-видовая иерархия

### Вид

Разнообразие популяций, внутривидовых форм и подвидов

### Популяция

Разнообразие особей внутри популяции, включая генетическое разнообразие  
Разнообразие структуры популяции

### Организм





**Вид**  
**Разнообразие популяций, внутривидовых форм и подвидов**

**Популяция**  
**Разнообразие особей внутри популяции, включая генетическое разнообразие**  
**Разнообразие структуры популяции**

THE STATE OF THE WORLD'S FOREST GENETIC RESOURCES

COMMISSION ON GENETIC RESOURCES FOR FOOD AND AGRICULTURE

THE STATE OF THE WORLD'S FOREST GENETIC RESOURCES COUNTRY REPORT THE RUSSIAN FEDERATION

THE STATE OF THE WORLD'S FOREST GENETIC RESOURCES THEMATIC STUDY GENETIC CONSIDERATIONS IN ECOSYSTEM RESTORATION USING NATIVE TREE SPECIES

Food and Agriculture Organization of the United Nations

Bioversity International



## Популяция

Разнообразие особей внутри популяции, включая генетическое разнообразие  
Разнообразие структуры популяции

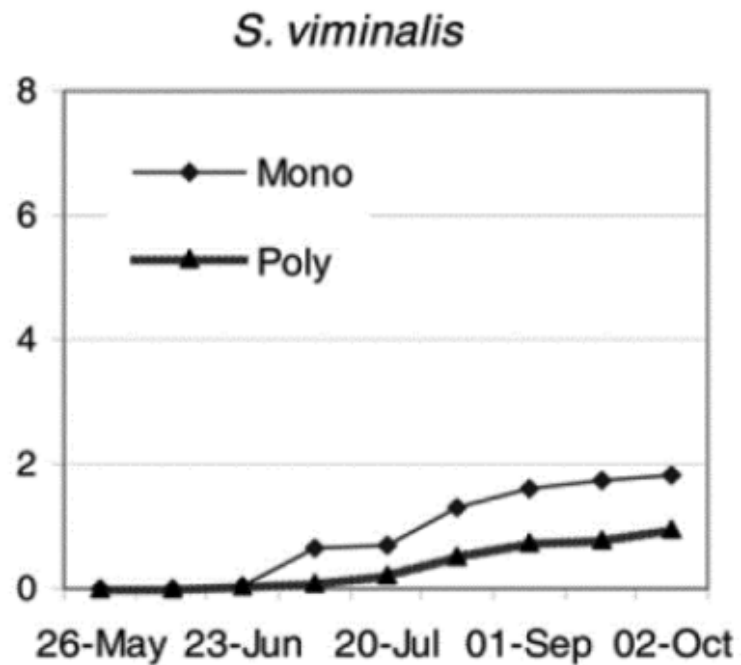
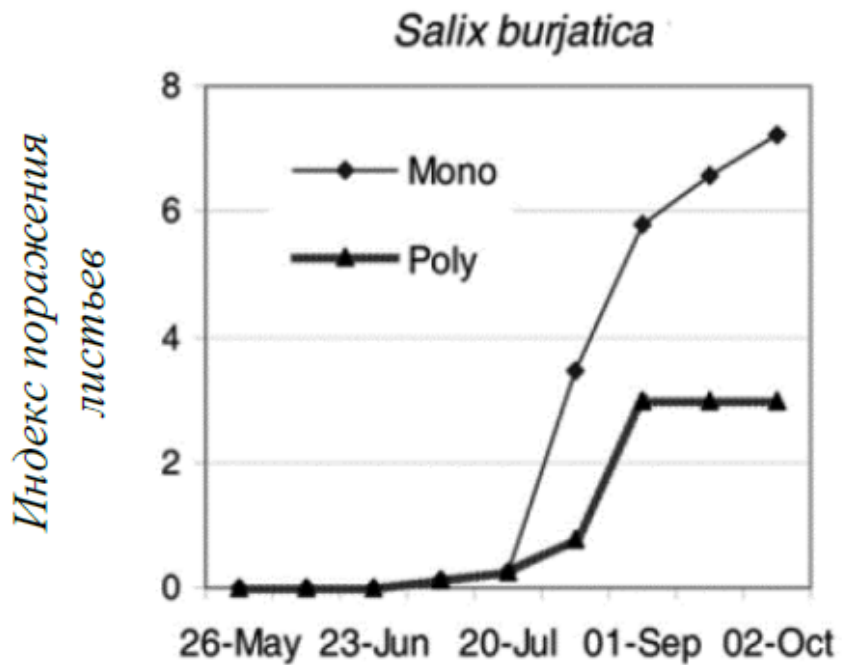


Рис. 3.4.5.2-6. Индекс поражения листьев двух видов ивы ржавчиной *Melampsora* в моно- и поликлональных посадках (Pautasso et al., 2005).



## Популяция

Разнообразие особей внутри популяции, включая генетическое разнообразие  
Разнообразие структуры популяции

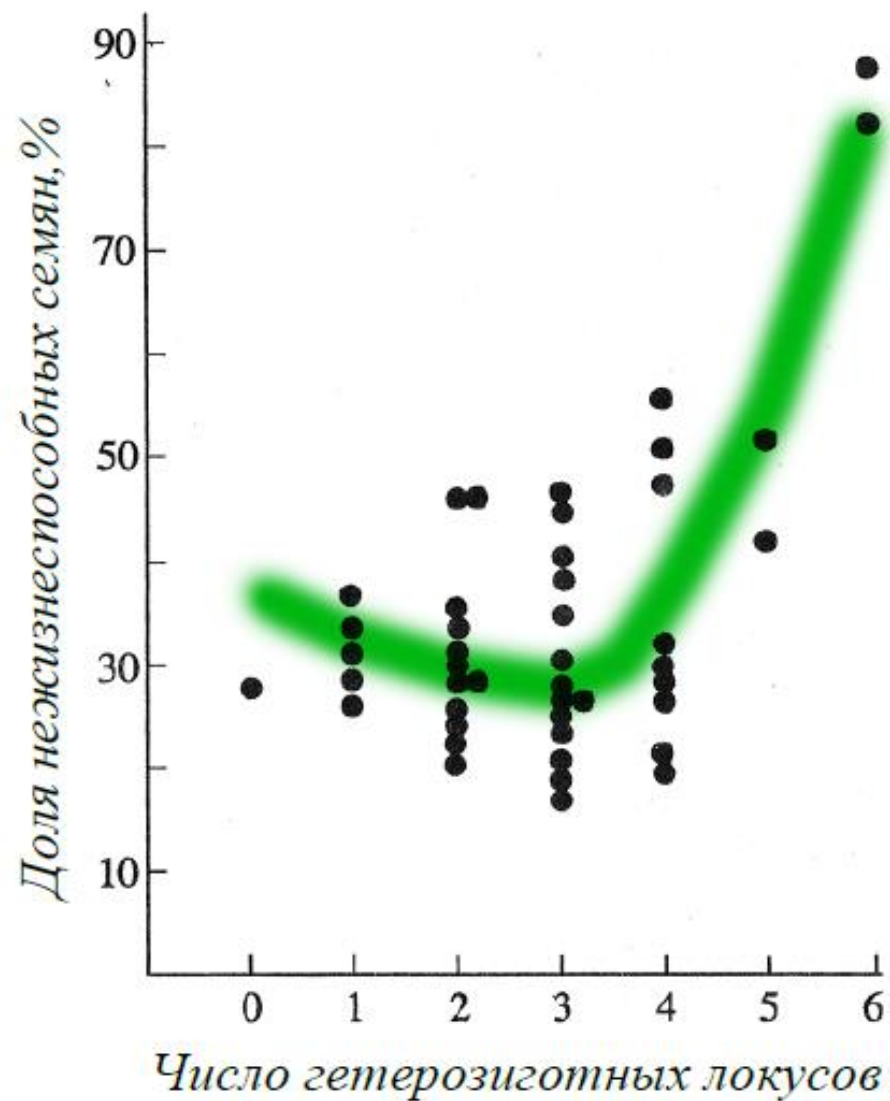


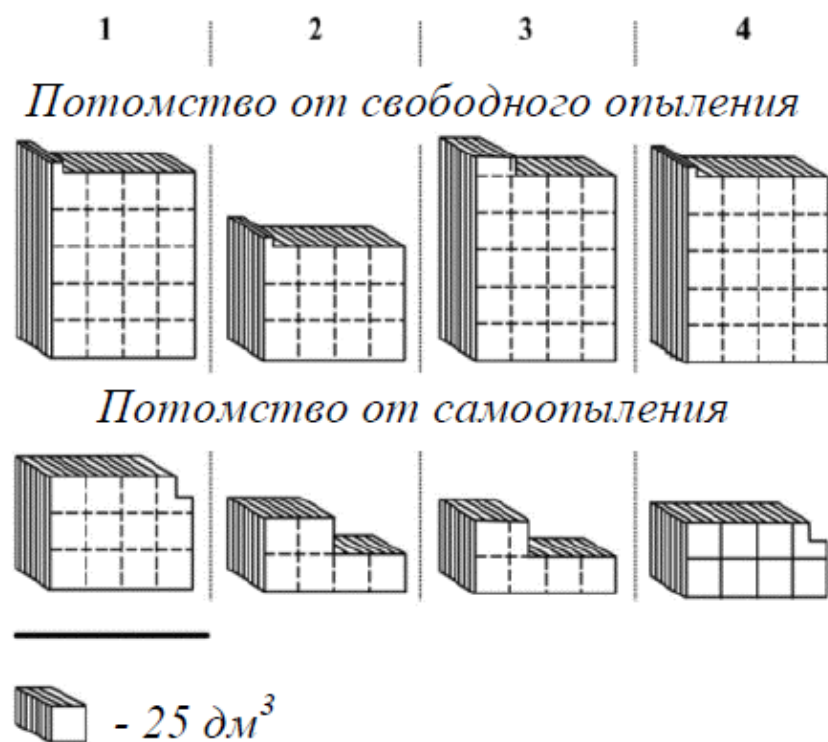
Рис. 3.4.5.2-13. Зависимость доли мертвых семян от гетерозиготности материнских деревьев европейской ели (Алтухов, 2003).



## Популяция

Разнообразие особей внутри популяции, включая генетическое разнообразие  
Разнообразие структуры популяции

Другой пример – потомство ели, полученное при свободном опылении, имело через 61 год в несколько раз более крупные стволы, чем потомство, полученное при самоопылении (рис. 3.4.5.2-7).

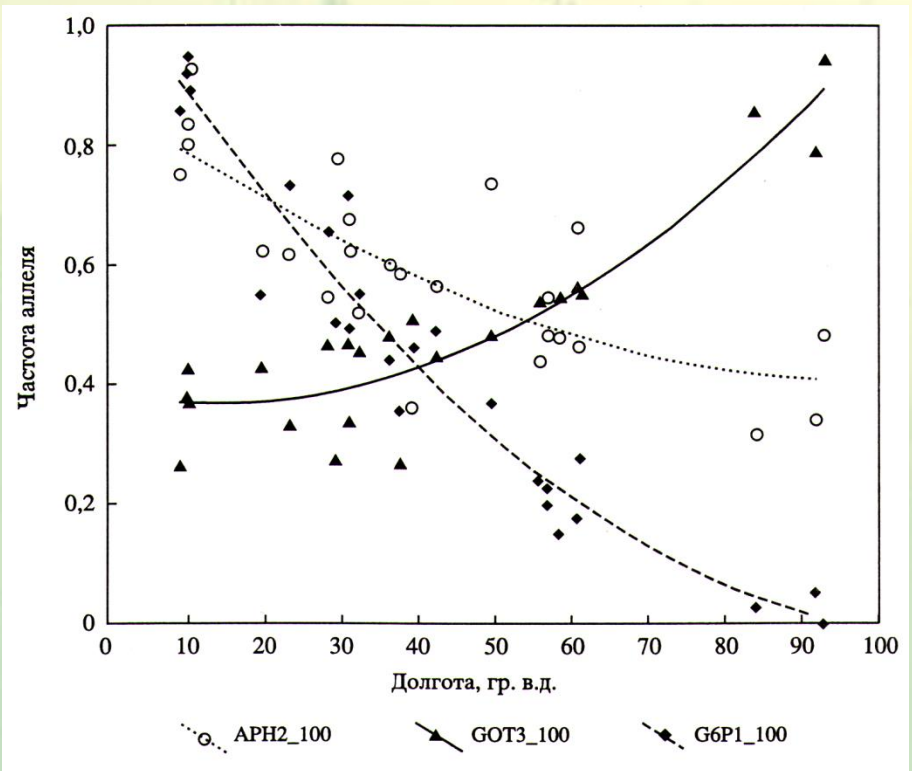


*Рис. 3.4.5.2-7. Средний объем ствола в возрасте 61 года у потомков 4-х деревьев (1, 2, 3, 4 – семенные деревья), полученных при свободном опылении и при самоопылении (из Muller-Starck et al., 2005).*

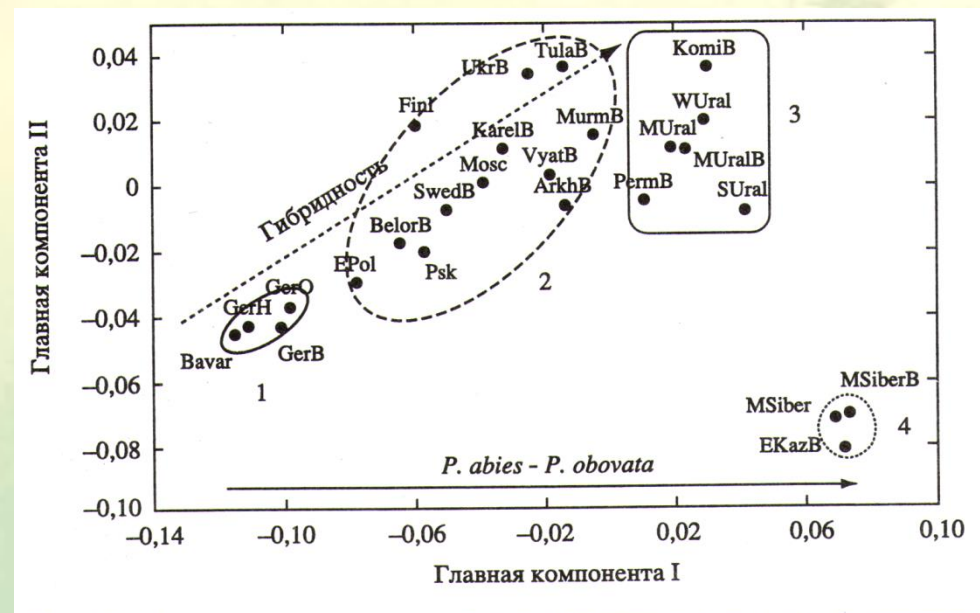


# Вид

## Разнообразие популяций, внутривидовых форм и подвидов



**Рис. 75.** Профили частот аллелей ряда изоферментных локусов в популяциях ели в зависимости от географической долготы



**Рис. 76.** Кластеризация популяций ели в проекции двух первых главных компонент по данным изоферментного анализа [Krutovskii, Bergmann, 1995; Политов, Крутовский, 1998]





# Вид

## Разнообразие популяций, внутривидовых форм и подвидов

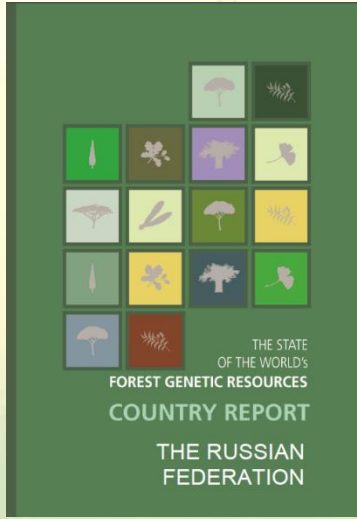
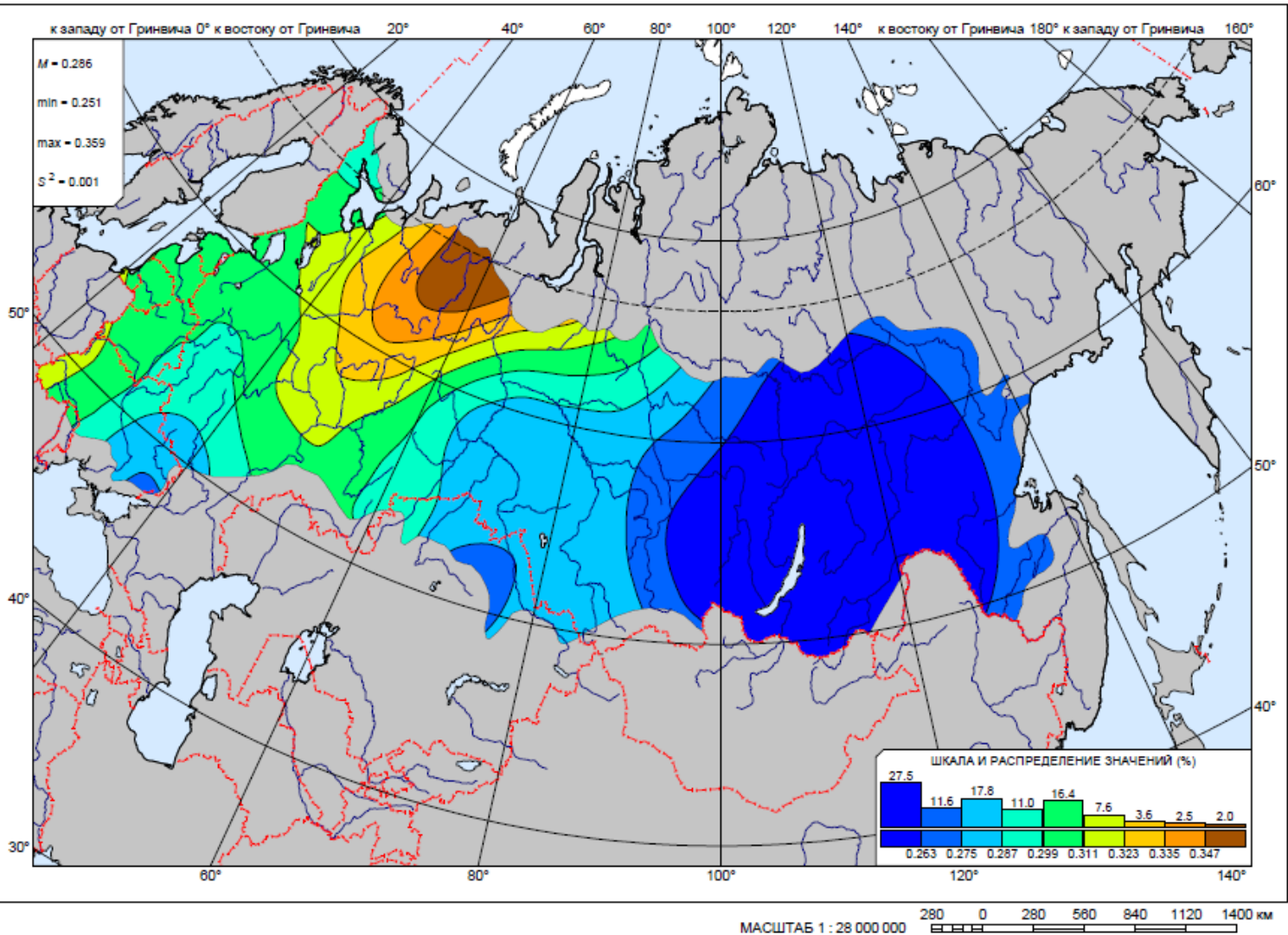


Figure III.1.1. Distribution of the average expected heterozygosity over the area of common pine

Сообщество организмов

Разнообразие видов и соотношение между ними



Сообщество организмов

Разнообразие видов и соотношение между ними



## Зависимость эффективности экологических функций от видового разнообразия



Эксперименты доказали, что экосистемные функции деградируют при искусственном снижении видового разнообразия

# Сообщество организмов

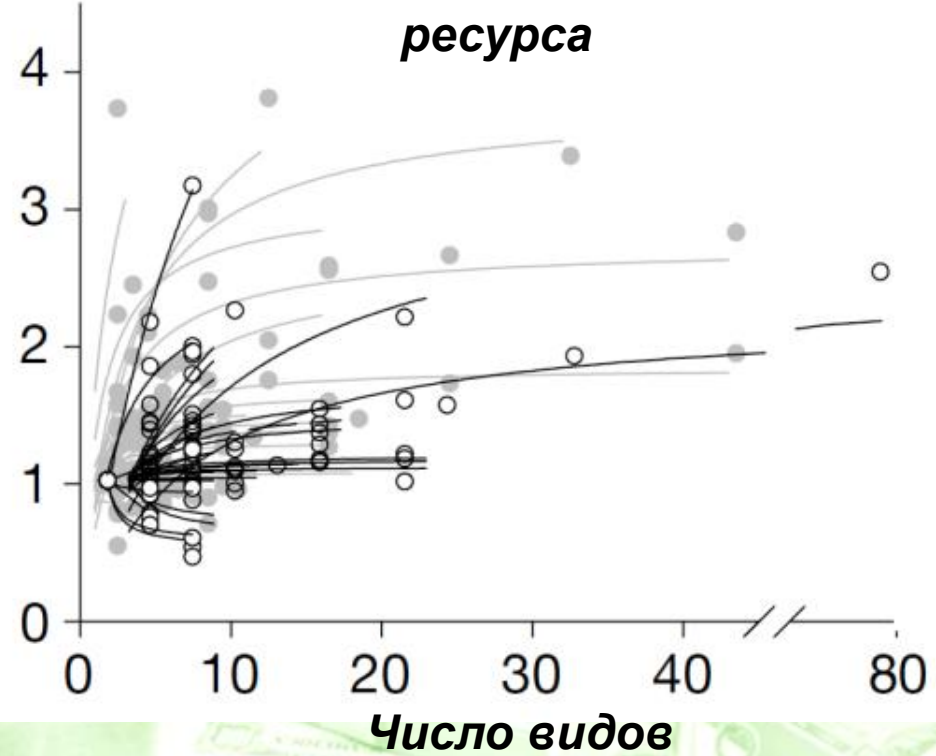
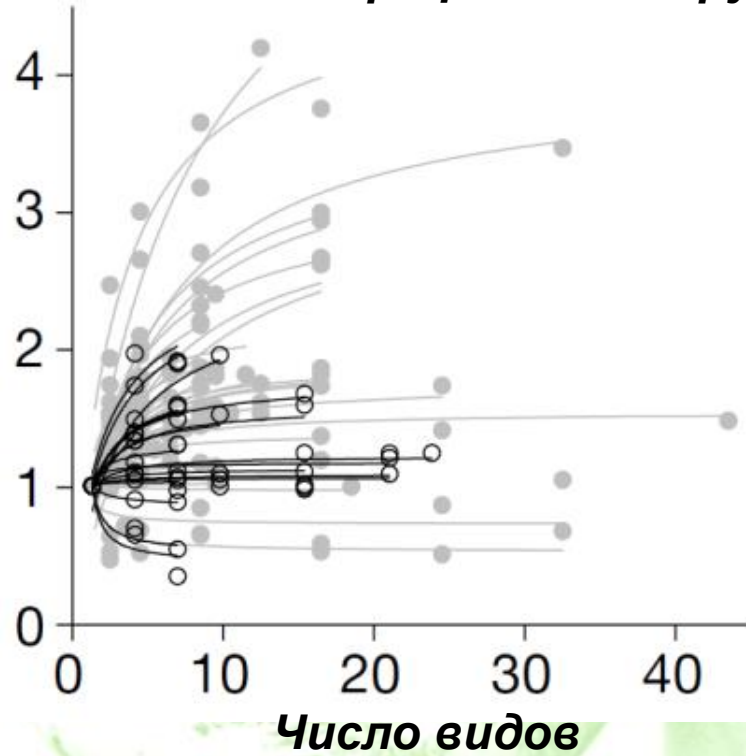
Разнообразие видов и соотношение между ними



**Биомасса трофических групп**

**Полнота использования ресурса**

Показатель изменения функции



Зависимости между числом видов и показателями экосистемных функций в экспериментальных сообществах различных трофических уровней. Черным обозначены – водные сообщества, серым – наземные. Каждая кривая соответствует данным одного исследования. В качестве показателя изменения функции использовано отношение среднего для трофической группы значения биомассы или использования ресурса к среднему значению для монокультур всех видов в этой группе (Cardinale et al., 2006).

# Сообщество организмов

## Разнообразие видов и соотношение между ними

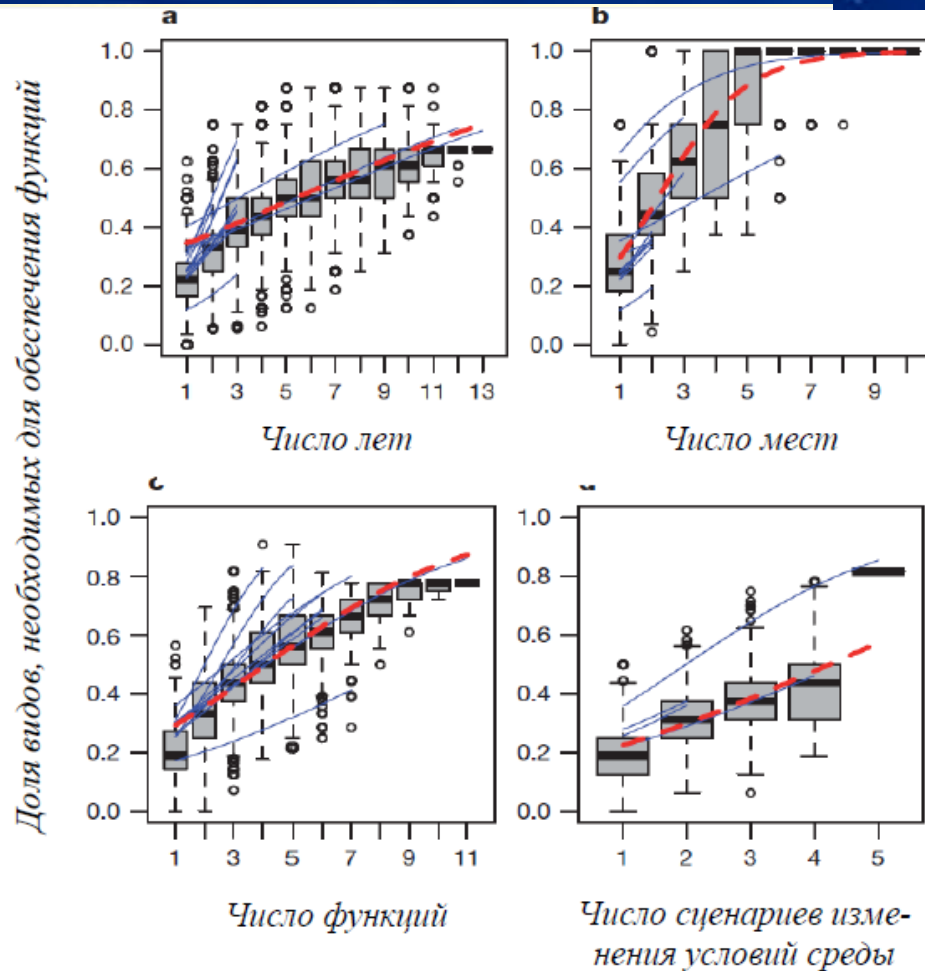
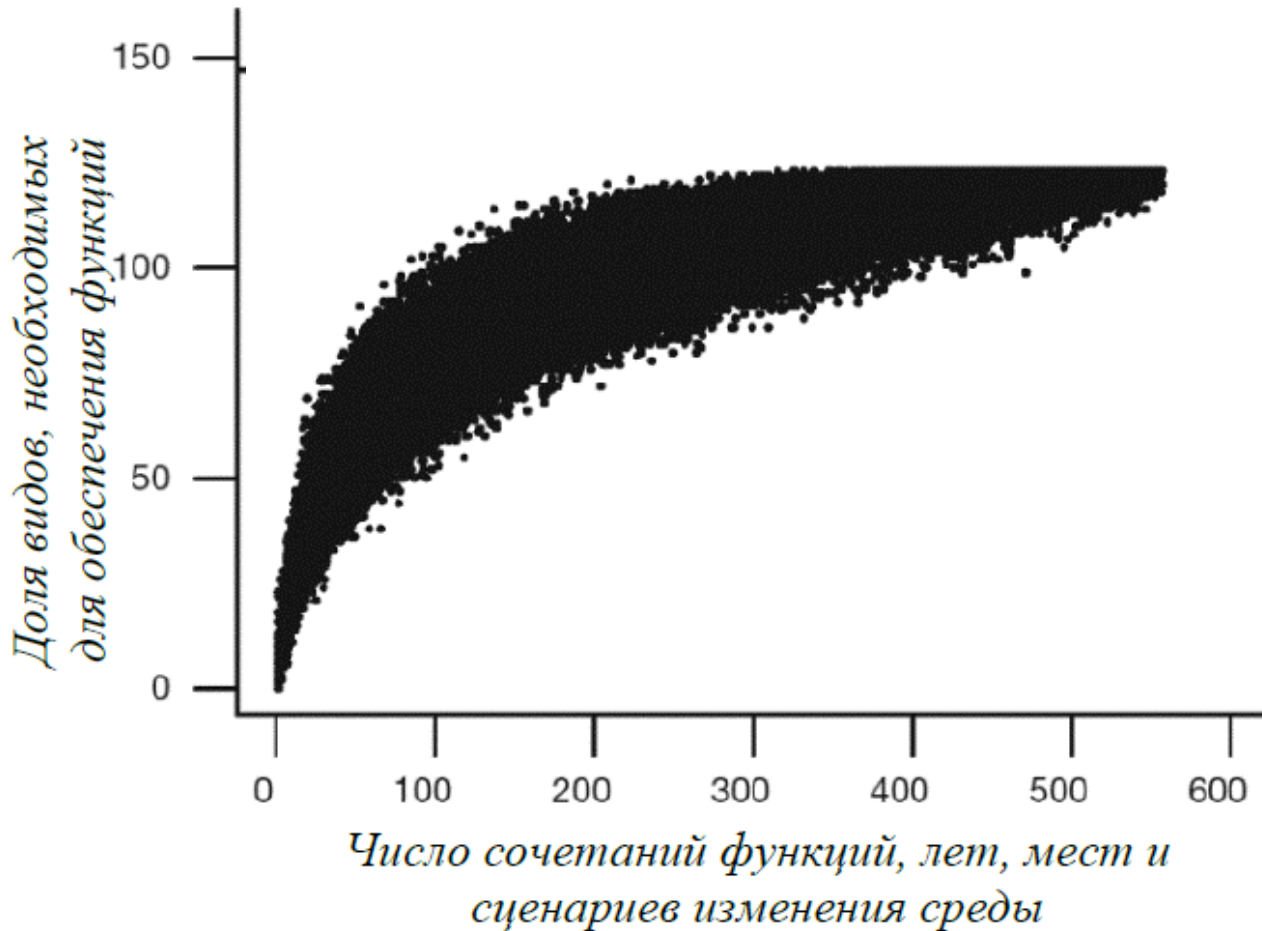


Рис. 3.4.2.2-20. Доля видов (от числа исследованных в экспериментах), которые необходимы для выполнения экосистемных функций, растет с увеличением числа лет (а), числа мест (б), числа функций (в) и числа сценариев изменения условий среды (д) (Isbell et al., 2011).

## Сообщество организмов

Разнообразие видов и соотношение между ними

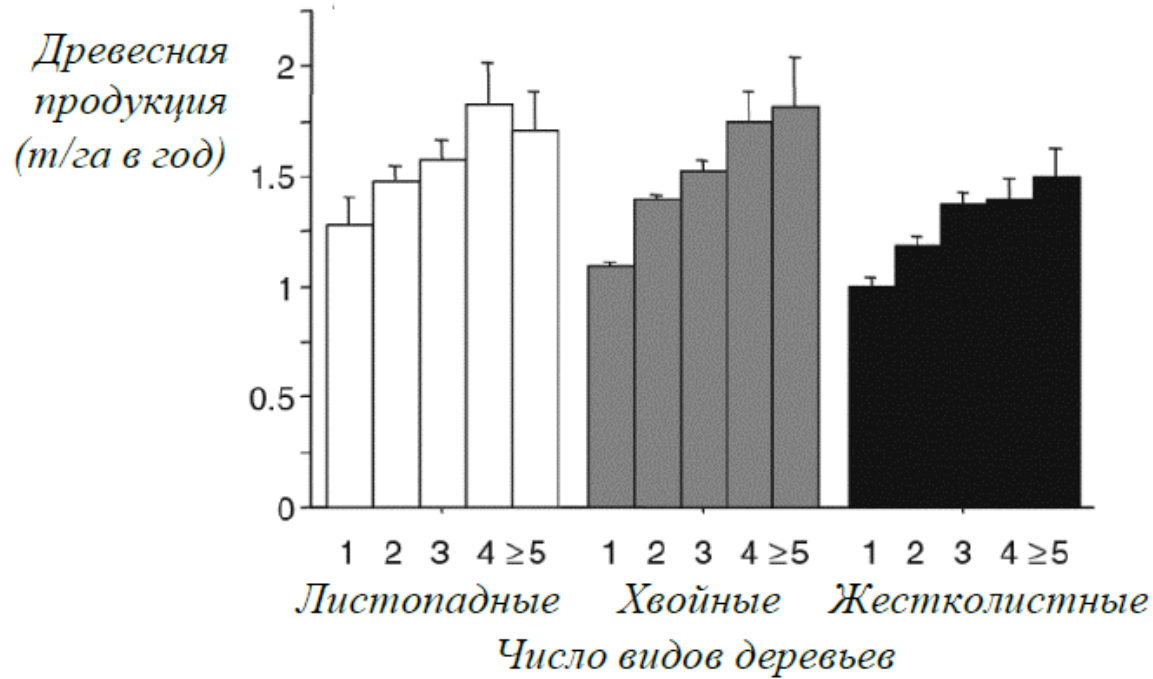


*Рис. 3.4.2.2-21. Рост числа видов, необходимых для выполнения функций, при увеличении числа учитываемых наборов условий, лет, мест и сценариев изменения среды.*

*(Isbell et al., 2011).*

## Сообщество организмов

### Разнообразие видов и соотношение между ними



*Рис. 3.4.2.3-4. Древесная продукция листопадных, хвойных и жестколистных древостоев из разного числа видов (Vila et al., 2007).*

# Сообщество организмов

## Разнообразие видов и соотношение между ними

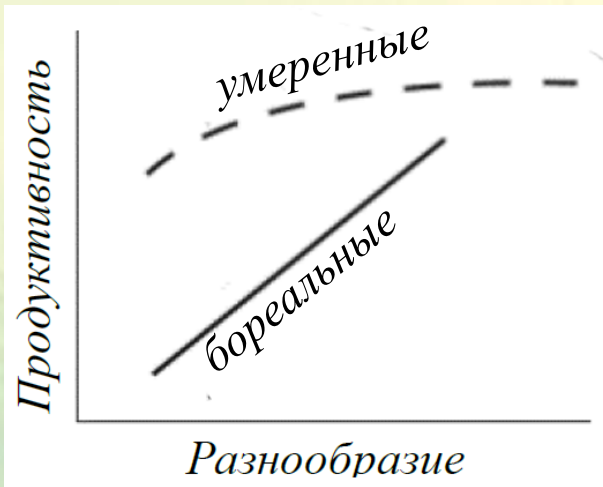
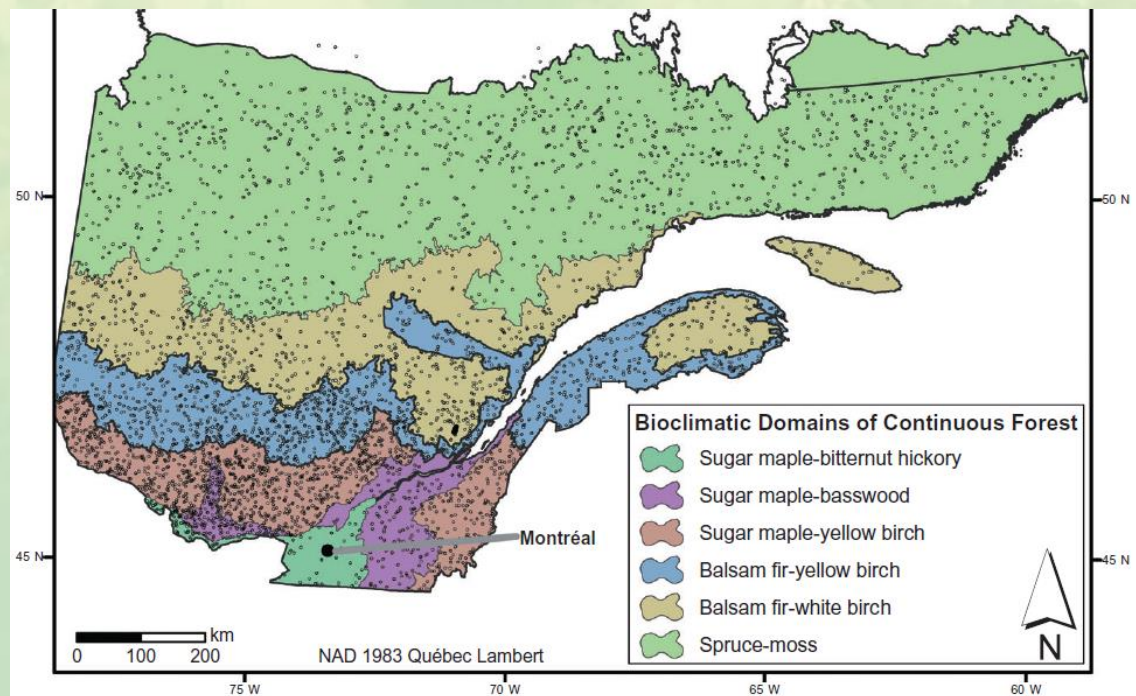


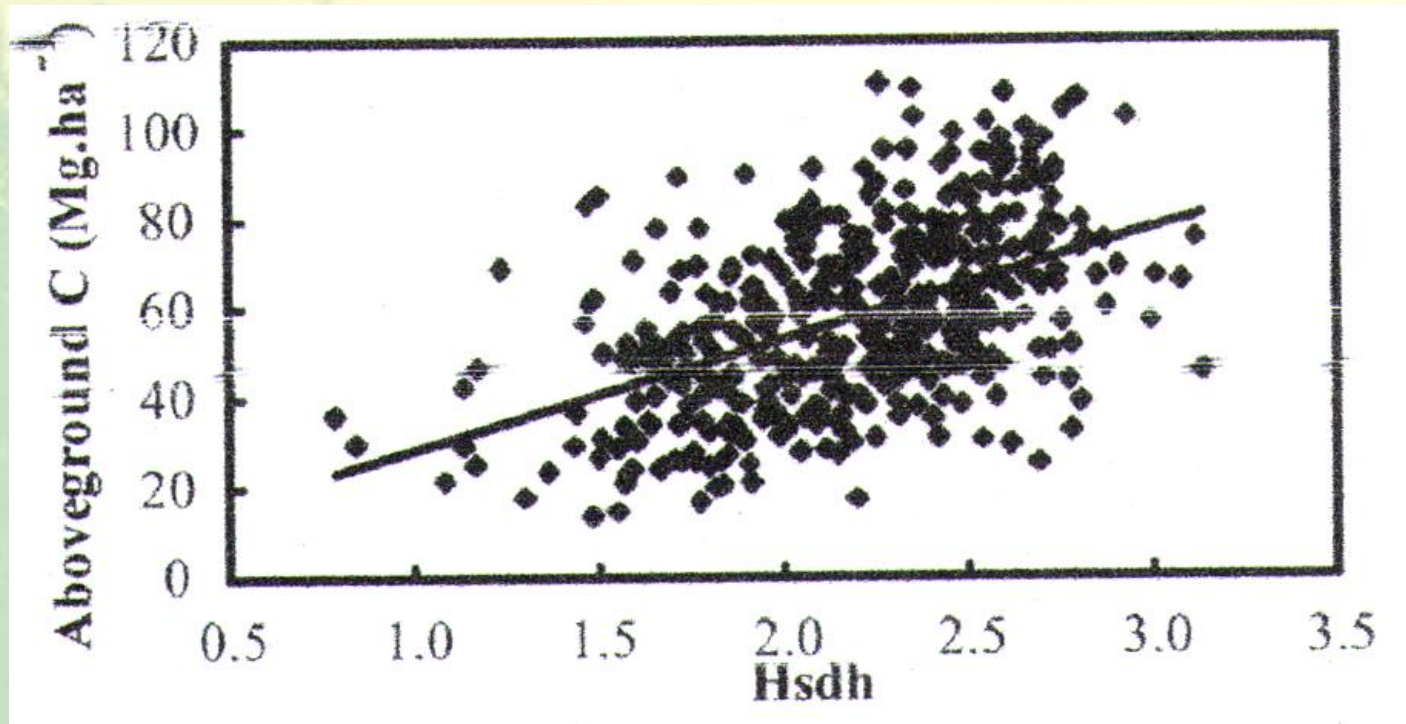
Рис. 3.5.1.4-2. Предполагаемый вид взаимозависимостей продуктивности и разнообразия в лесах разных типов. (Paquette, Messier, 2011).





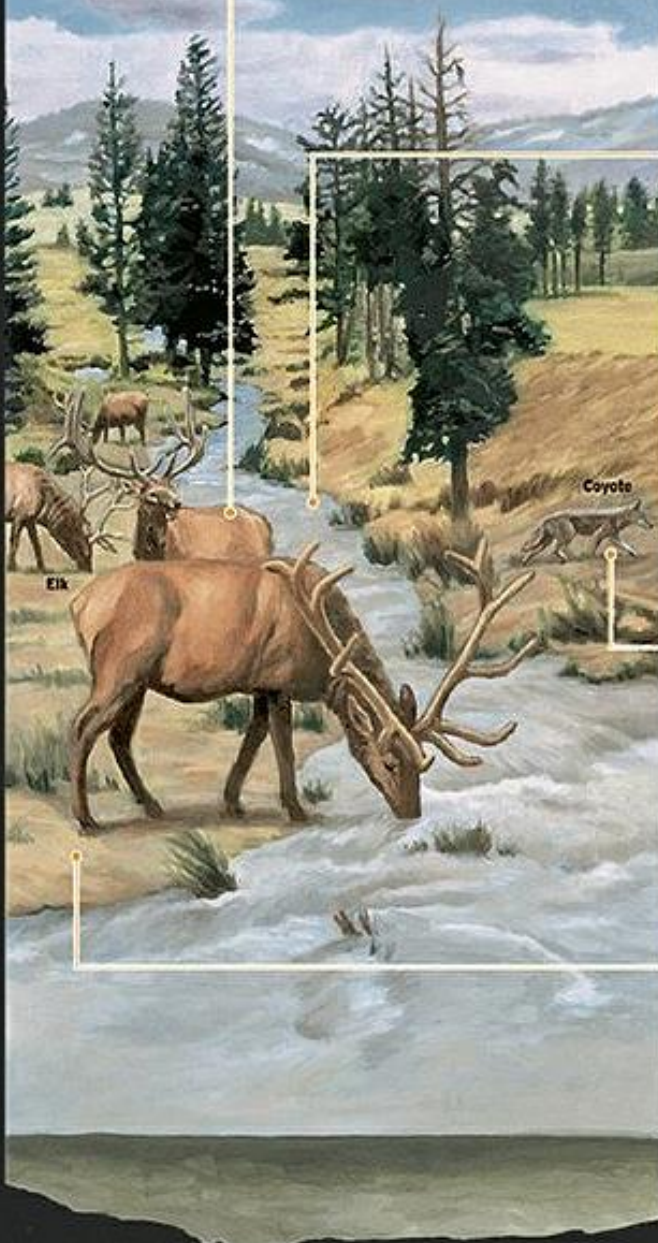
## Сообщество организмов

Разнообразие видов и соотношение между ними



Зависимость запаса углерода в фитомассе от разнообразия еловых лесов в Канаде (комбинированный индекс Шеннона-Винера для видового и размерного разнообразия деревьев) Wang et al., 2010

## Before



### Elk

**BEFORE:** Without cunning predators keeping them on their toes, elk mow down lush willows and other vegetation along rivers and streams.

**AFTER:** More alert for wolves, elk spend less time feeding in some streamside areas and instead spread across the landscape.

### Rivers and streams

**BEFORE:** With plants chewed down and little vegetation to hold them in place, stream banks wash away and silt darkens water.

**AFTER:** Willows and other plants rebound, their roots stabilizing soil along the edges of streams.

### Scavengers

**BEFORE:** On their own for food.

**AFTER:** Each wolf in Yellowstone kills an average of two elk per month. Their leftovers become a feast for scavengers, including ravens, eagles and sometimes grizzly bears.

### Coyotes

**BEFORE:** In absence of wolves, coyotes multiply and take over the role of leading predator. But their influence on elk is not as great. Coyotes compete with foxes, depressing fox numbers.

**AFTER:** Wolves kill many coyotes. With coyotes depressed, rodents and other animals they once preyed on are left as prey for foxes, badgers and eagles.

### Beavers

**BEFORE:** Sparse streamside greenery offers little for beavers to eat. Few beavers remain to engineer dams.

**AFTER:** Plants lure more beavers. They build dams, creating ponds that slow streams. Water and plants attract songbirds. Silt settles out, leaving water cleaner, and deeper pools may be cooler and more hospitable for fish.

## After



Eagle

Bear

Elk

Elk carcass

Wolf

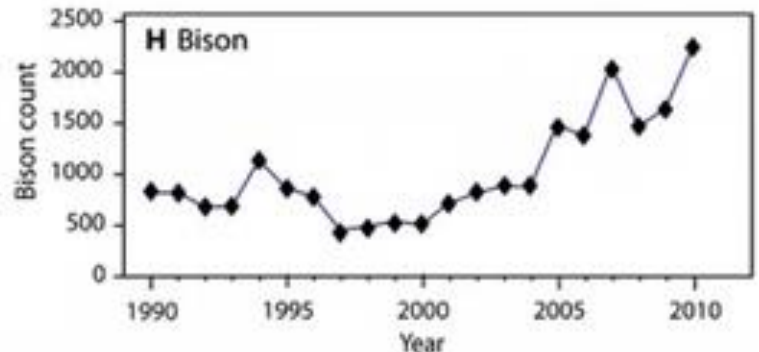
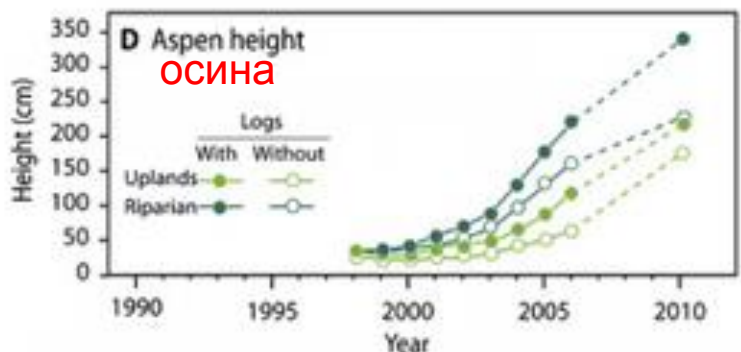
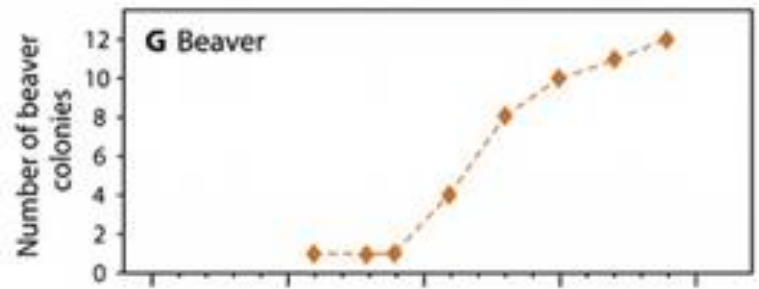
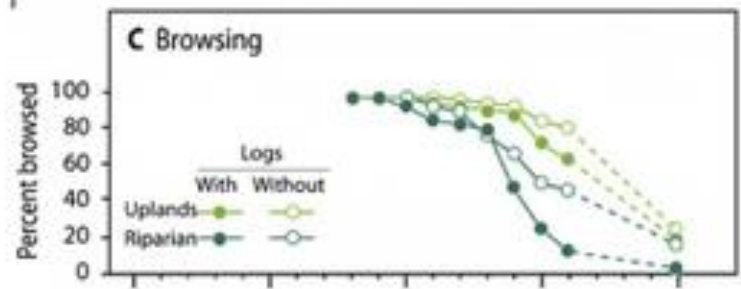
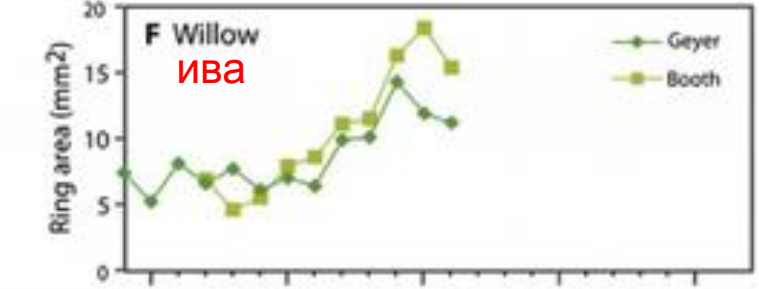
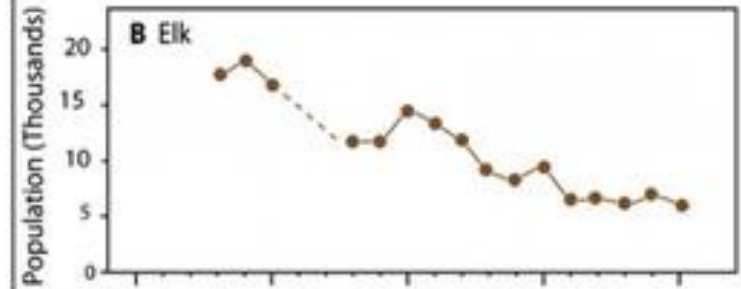
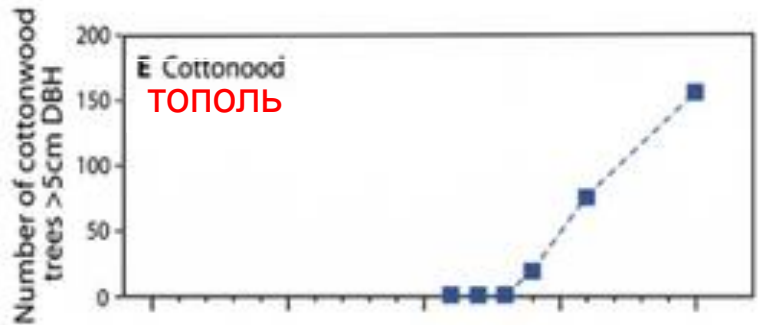
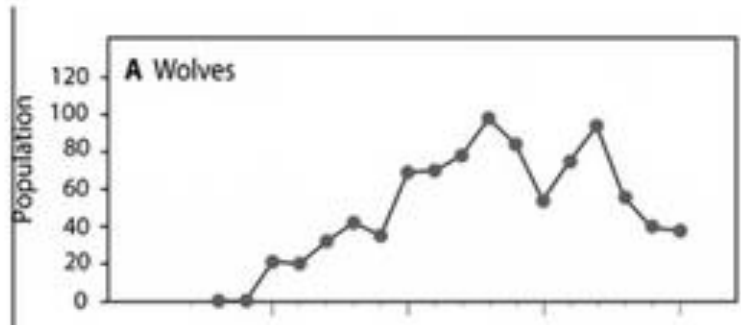
Fox

Beaver

Beaver dam

Fish





**Экосистемы и ландшафты**  
**Разнообразие видов и сообществ**

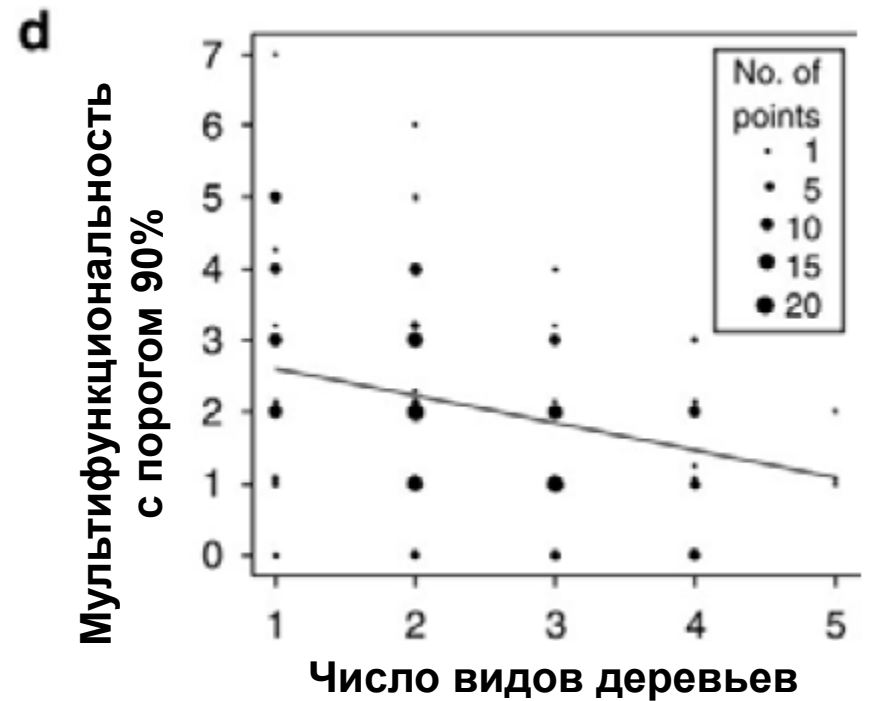
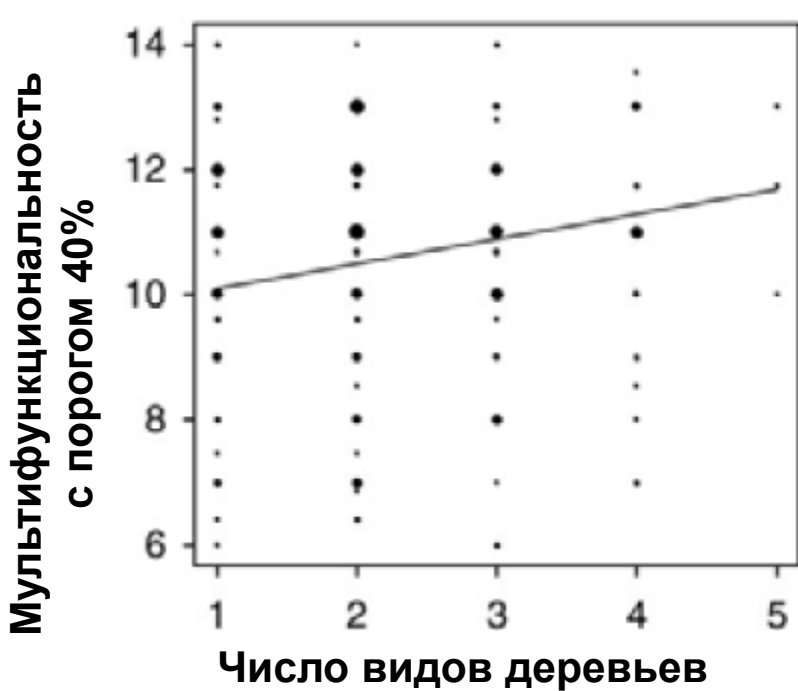


# Экосистемы и ландшафты

## Разнообразие видов и сообществ

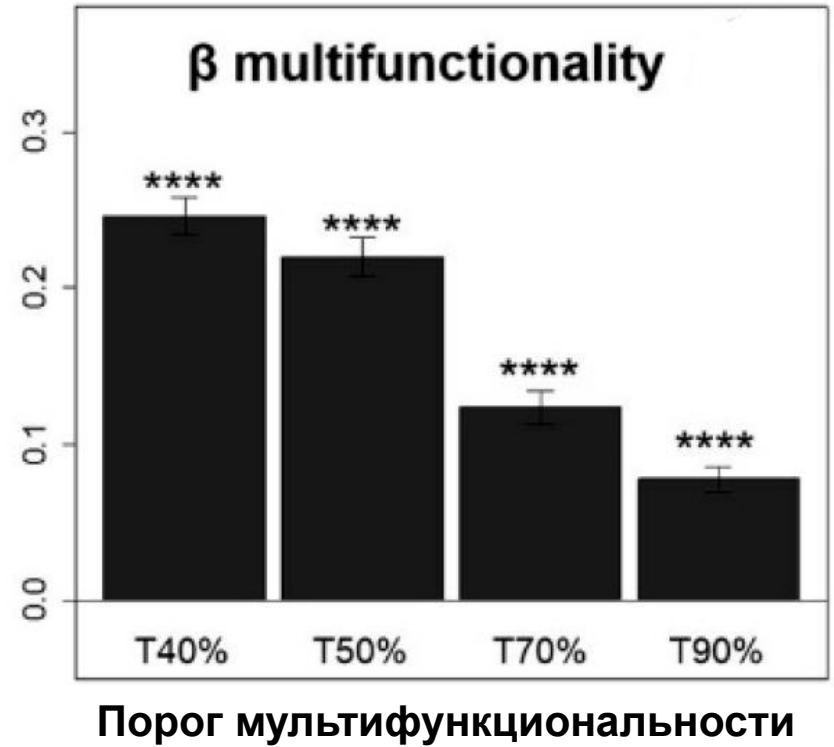
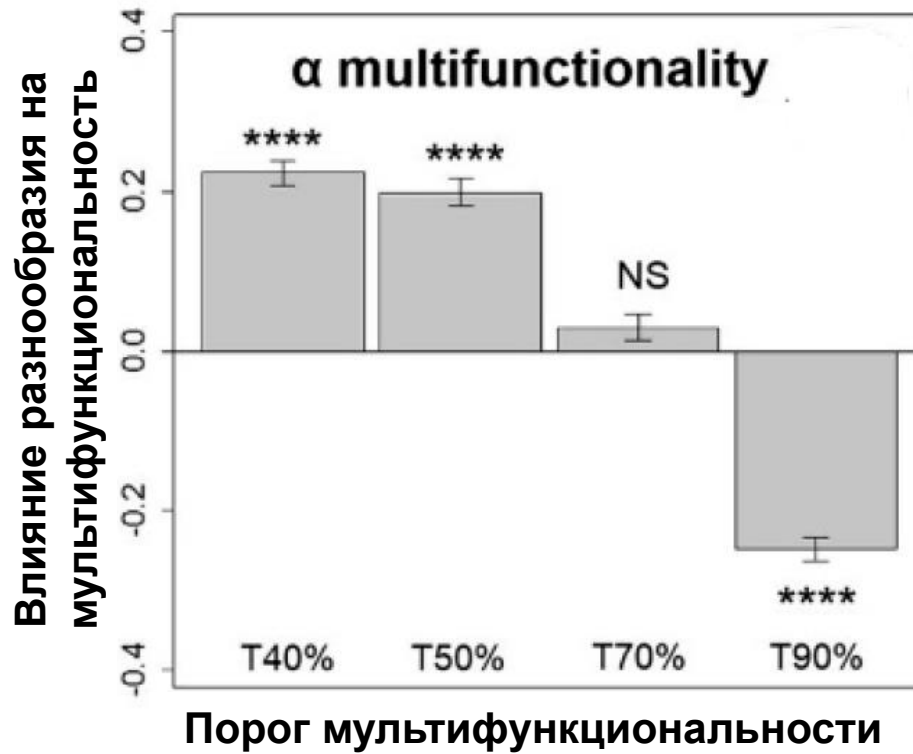


Анализ 16 экосистемных функций на 209 участках леса в 6 странах Европы – от бореальных до средиземноморских лесов (Plas et al., 2016)



# Экосистемы и ландшафты

## Разнообразие видов и сообществ



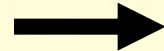
# 4. Конфликт целей управления при использовании разных услуг

Экосистемные услуги

Цели управления

Продукционные

Максимум изымаемой из сообщества биомассы



Снижение постоянно поддерживаемой биомассы

Снижение разнообразия

Средообразующие

Устойчивое и эффективное функционирование



Максимум постоянно поддерживаемой биомассы

Оптимальное (естественное) разнообразие

Информационные

Сохранение естественного разнообразия



Оптимальное (естественное) разнообразие

Рекреационные

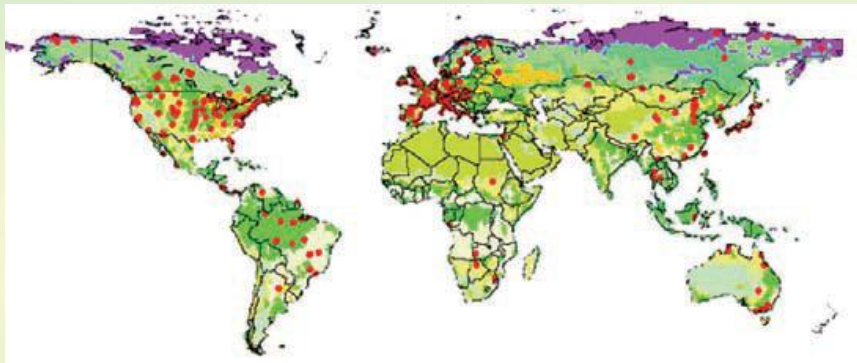
Максимальная устойчивая рекреационная нагрузка



Нарушения структуры и функций биосистем



# Нарушение экосистемных функций при антропогенной трансформации экосистем

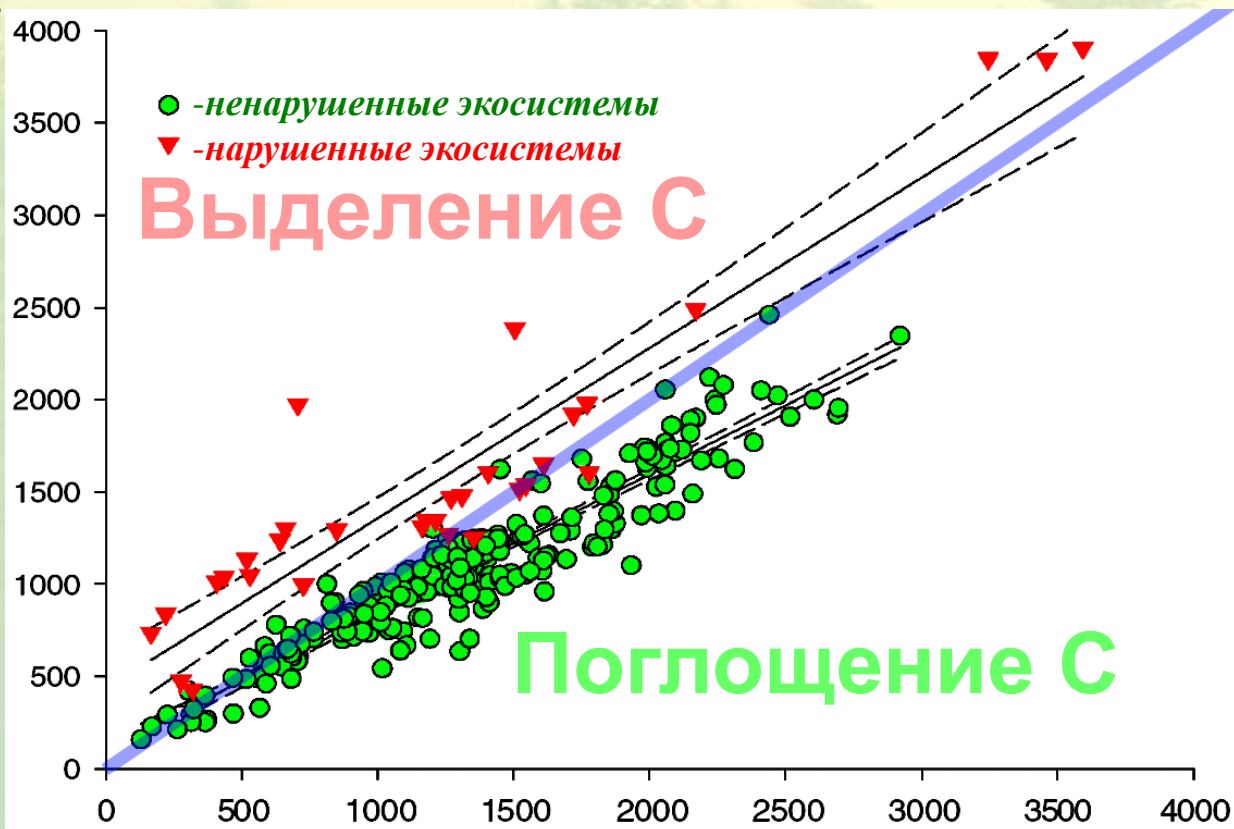


Соотношение выделения и поглощения углерода при дыхании и фотосинтезе в нарушенных и ненарушенных экосистемах

Анализ данных о потоках CO<sub>2</sub> между экосистемами и атмосферой, собранных по программе FLUXNET в разных типах экосистем по всему миру, показал наличие достоверного повышения интенсивности дыхания нарушенных экосистем по сравнению с ненарушенными

(Baldocchi, 2008)

Дыхание сообществ,  
г С / м<sup>2</sup> в год



Продукция фотосинтеза, г С на м<sup>2</sup> в год



# 4. Конфликт целей управления при использовании разных услуг

Экосистемные услуги

Цели управления

**Продукционные**

**Максимум изымаемой биомассы**

**Снижение постоянно поддерживаемой биомассы и разнообразия**

Средообразующие

Устойчивое и эффективное функционирование

Максимум постоянно поддерживаемой биомассы

Оптимальное (естественное) разнообразие

Информационные

Сохранение естественного разнообразия

Оптимальное (естественное) разнообразие

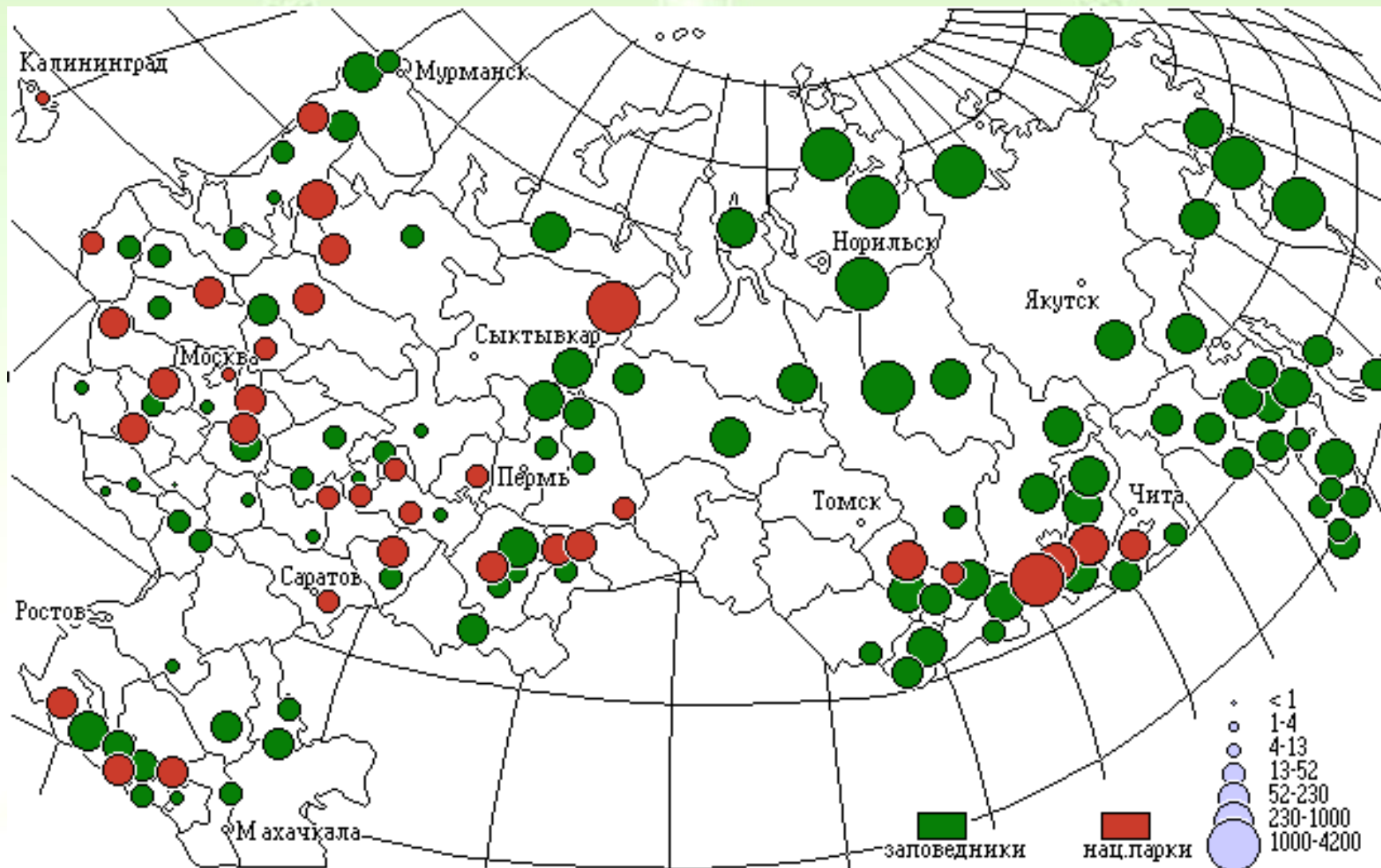
**Рекреационные**

**Максимальная устойчивая рекреационная нагрузка**

**Нарушения структуры и функций биосистем**

# 4. Конфликт целей управления при использовании разных услуг

**103** заповедника - менее **2%** площади страны



# 4. Конфликт целей управления при использовании разных услуг

**103** заповедника - менее **2%** площади страны



A large stack of cut logs is piled up on the left side of the image. The logs are stacked in a somewhat haphazard manner, with some showing the circular end grain and others showing the bark. The background is a dense forest of tall, thin trees, likely pines or spruces, under a clear blue sky. The foreground is filled with green grass and some low-lying vegetation.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**