

К ВОПРОСУ О  
ТОЛЕРАНТНОСТИ РАСТЕНИЙ К  
АЭРОТЕХНОГЕННОМУ  
ЗАГРЯЗНЕНИЮ

**Лянгузова И.В.**

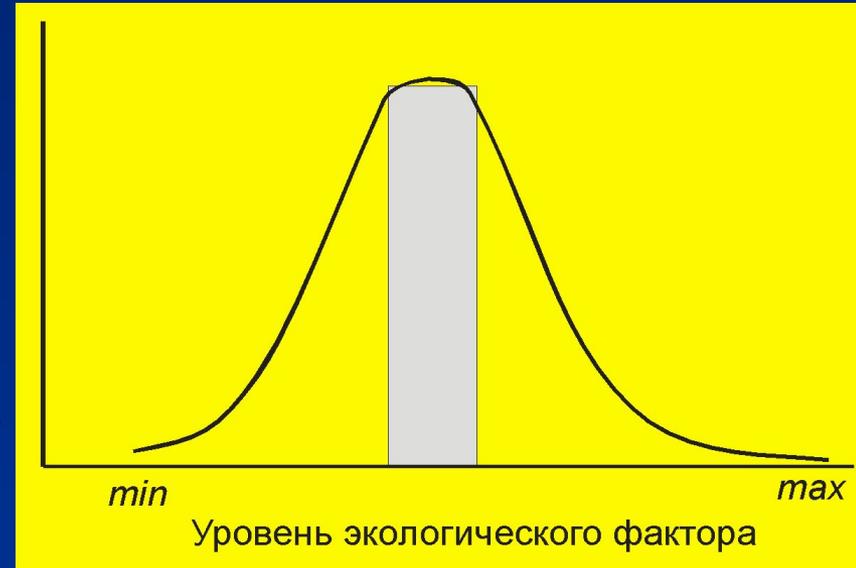
*irina@lya.spb.ru*



# Толерантность (tolerance) – терпимость

(Мюллер, 1943; Ганшина, 1971; Pocket Russian Dictionary, 1995)

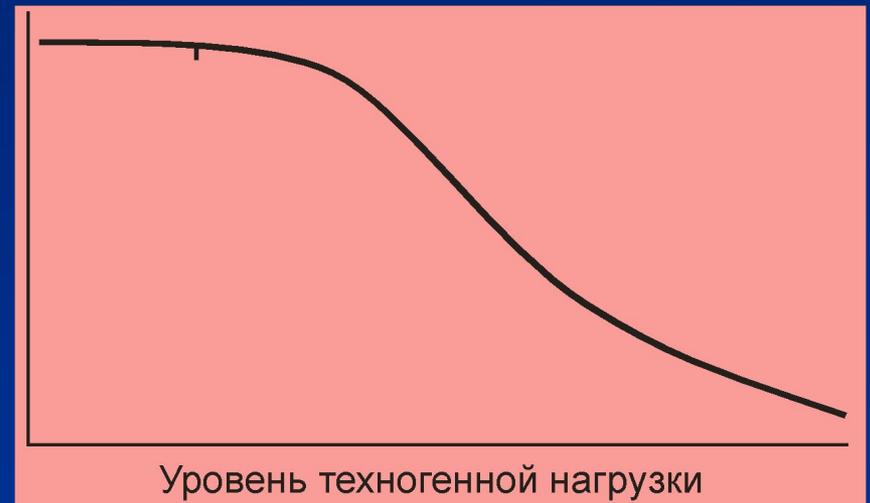
- **Выносливость** организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей – закон минимума (Либих, 1846).
- Само присутствие и процветание организма в данном местообитании зависит от целого комплекса условий. Отсутствие или невозможность процветания определяется недостатком или избытком любого из ряда факторов, уровень которых может оказаться близким к пределам переносимого данным организмом (Шелфорд, 1915).



- Организмы характеризуются экологическим минимумом и экологическим максимумом; диапазон между этими двумя величинами составляет то, что принято называть **пределами толерантности** (Одум, 1975).

# Устойчивость $\neq$ толерантность

- **Устойчивость** – способность системы сохранять неизменными свои свойства при внешнем воздействии (Воробейчик, 2003)



- **Толерантность** – это способность сохранять жизнедеятельность в условиях постоянного поступления поллютантов в биосферу (Лозановская и др., 1998).

# Динамика атмосферных выбросов комбината «Североникель»

(г. Мончегорск Мурманская обл.)

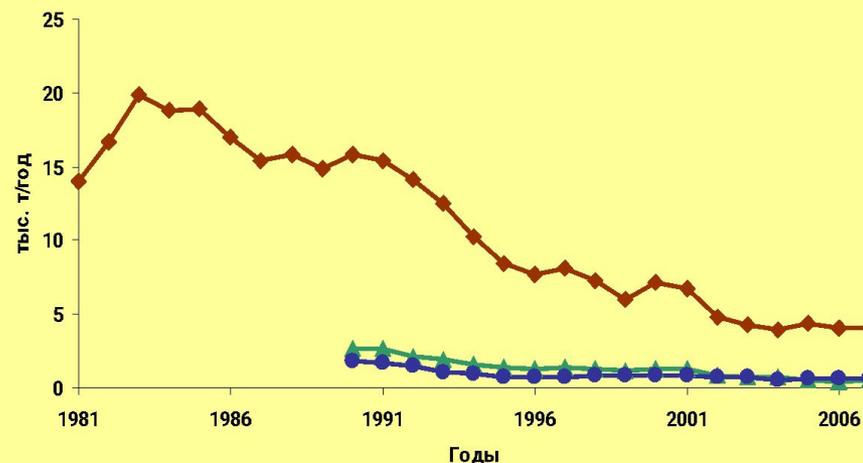
(по данным: Pozniakov, 1993; Ежегодник ГМК, 2007)



### Сернистый ангидрид



### Твердые вещества, никель и медь



Содержание в твердых веществах:  
Ni – 0.97-2.7; Cu – 0.72-1.8 т

# Сосняки лишайниково-зеленомошные



Фоновые районы  
65 - 75 км



Буферная зона  
30 - 35 км



Импактная зона  
8 - 15 км



# Ельники зеленомошные

# Динамика индекса техногенной нагрузки ( $I_t$ )

$I_t$  - суммарное превышение концентраций подвижных форм Ni и Cu в органогенном горизонте Al-Fe-подзолистых почв в зоне загрязнения по отношению к их содержанию в том же горизонте почв фонового района



Буферная зона:

$I_t = 9.2$  отн. ед. (4-22)

Импактная зона:

$I_t = 75$  отн. ед. (34-97)

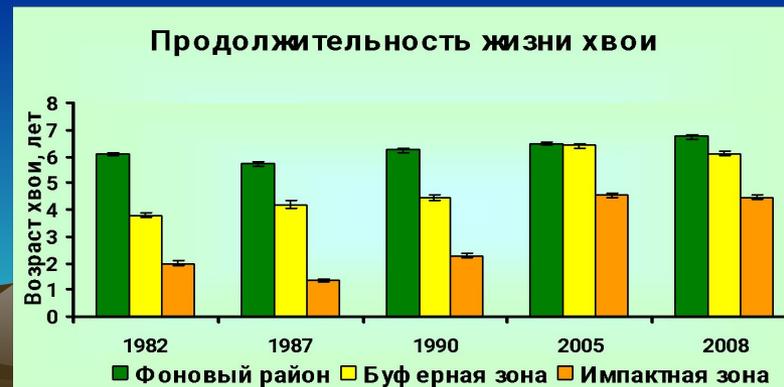
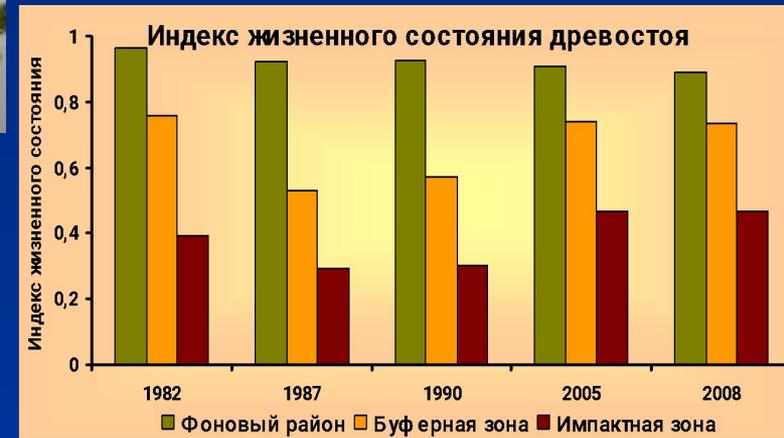
# Древесный ярус

(Ярмишко В.Т.,  
Лянгузова И.В.)



Категории жизненного состояния  
*Pinus sylvestris*

## Содержание Ni и Cu в хвое *P. sylvestris*



# Мохово-лишайниковый ярус

(Горшков В.В., Баккал И.Ю., Лянгузова И.В.)

Содержание в талломах *Cladina stellaris* (мг/кг)

(над чертой – 1982 г., под чертой – 2008 г.)

Фоновый район



Буферная зона



Импактная зона

Полевой эксперимент  
(1986-2008 гг.)

Контроль



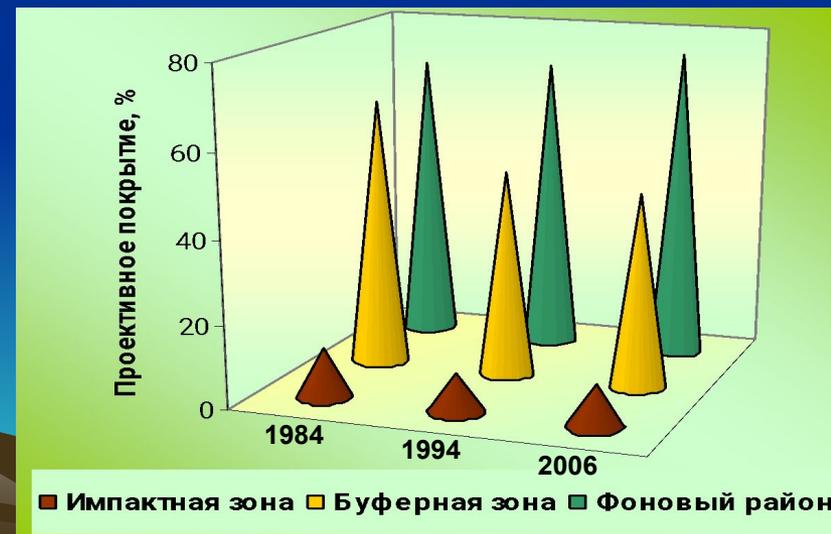
Импактная зона



Фото 2008 г.

	Ni	Cu
Фоновый район	$\frac{14.2 \pm 0.9}{5.1 \pm 0.1}$	$\frac{5.6 \pm 0.2}{6.6 \pm 0.3}$
Буферная зона	$\frac{120 \pm 17}{34 \pm 6}$	$\frac{32 \pm 5}{39 \pm 6}$

Динамика проективного покрытия мохово-лишайникового яруса



# Травяно-кустарничковый ярус

(Горшков В.В., Баккал И.Ю., Лянгузова И.В.)

Содержание Ni и Cu в листьях 3 видов р. *Vaccinium*



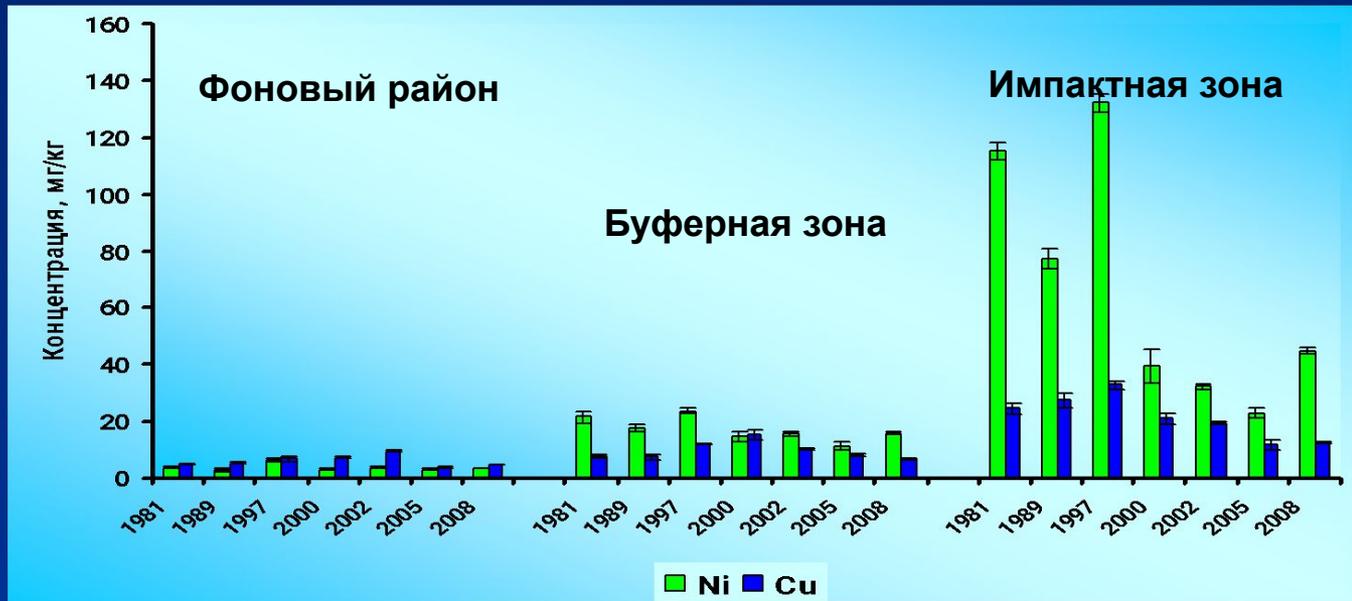
Импактная зона



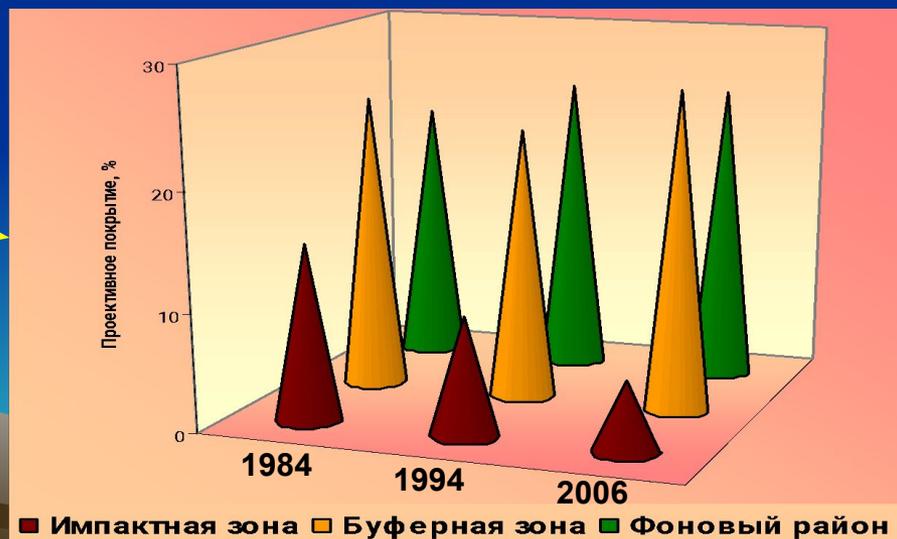
Буферная зона



Фоновый район

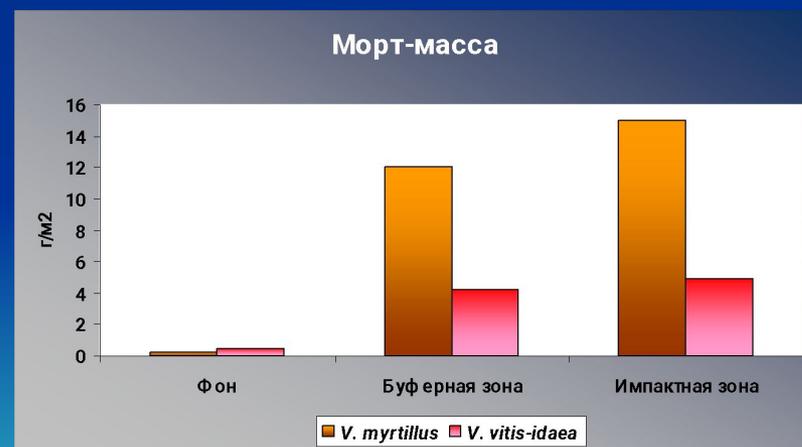
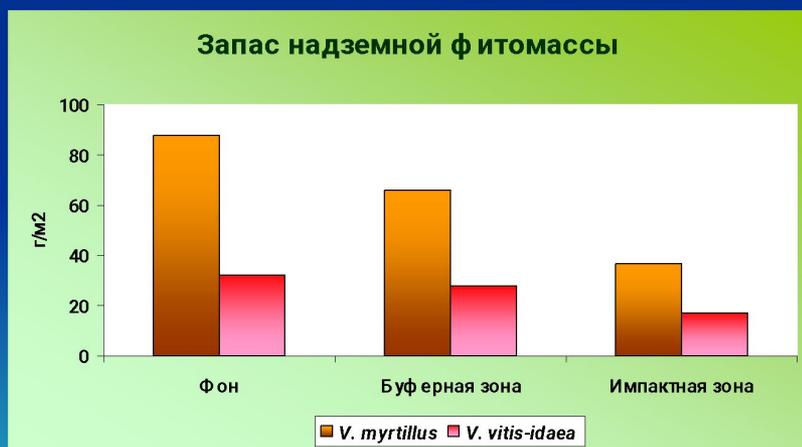
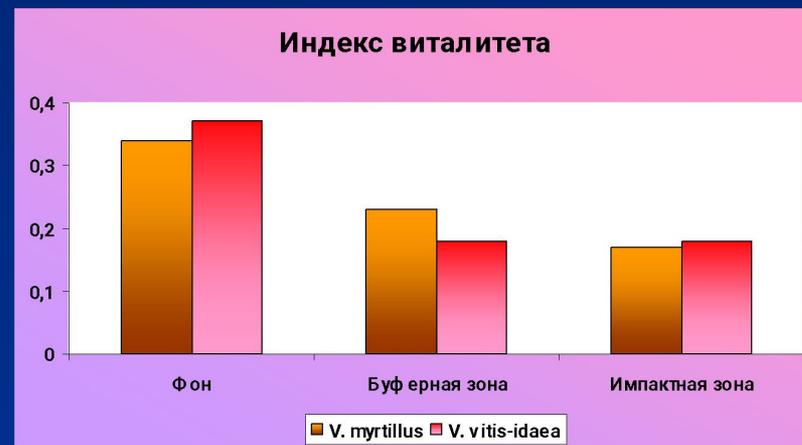


Динамика проективного покрытия травяно-кустарничкового яруса



# Реакция популяций *Vaccinium myrtillus* и *V. vitis-idaea* на аэротехногенное загрязнение

(Мазная Е.А., Лянгузова И.В.)



# Онтогенетическая структура популяций *Vaccinium myrtillus*



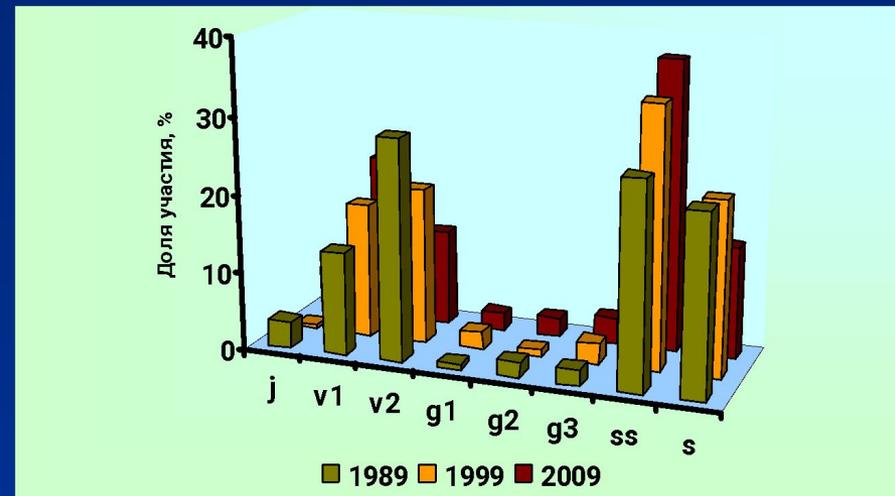
- сукцессивные ЦП нормального типа
- спектры ЦП обоих видов бимодальны
- полночленность спектров ЦП обоих видов
- высокая толерантность ЦП к воздействию аэротехногенного стресса

# Динамика характеристик ЦП *Vaccinium myrtillus* в импактной зоне

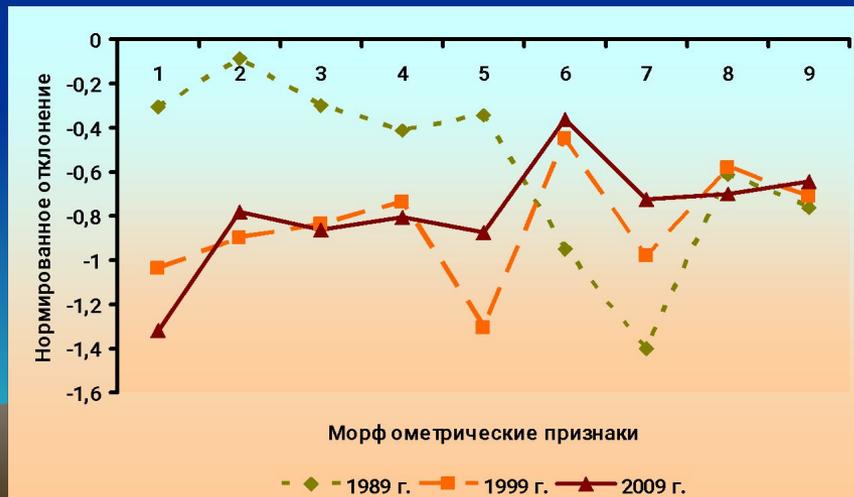
## Плотность и индекс виталитета ЦП



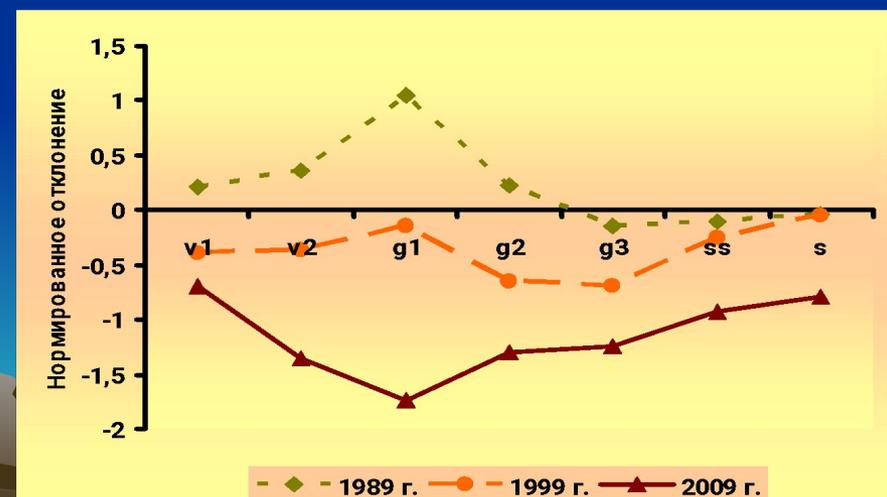
## Онтогенетическая структура ЦП



## Морфометрические признаки кустов



## Календарный возраст кустов



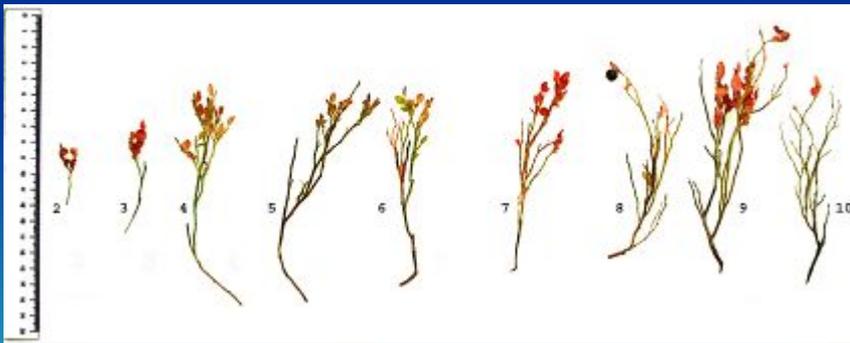
# Реакция *Vaccinium myrtillus* на аэротехногенное загрязнение

(Мазная Е.А., Ефимова М.А.)

## Фоновый район



## Импактная зона



- упрощение морфоструктуры
- сокращение длительности жизни основных скелетных осей
- снижение числа и длины боковых побегов
- увеличение числа укороченных ксилоризом и усиление их ветвления
- интенсификация смен надземных побеговых систем и усиление их геофитизации

# Активизация спящих почек на надземных (А) и подземных побегах (Б), геофитизация побегов (В)

А



Б



В



# Трансформация экобиоморфы *V. myrtillus* из рыхлокустовой в плотнокустовую подушковидную

Фоновый район



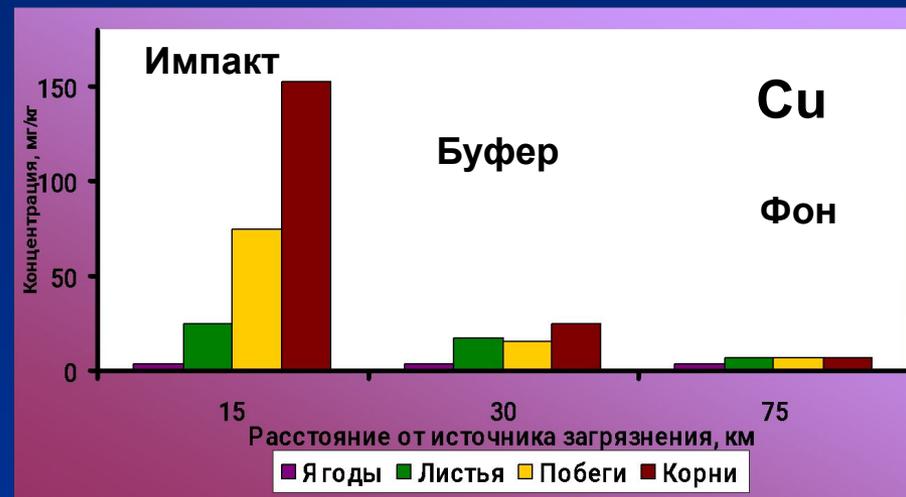
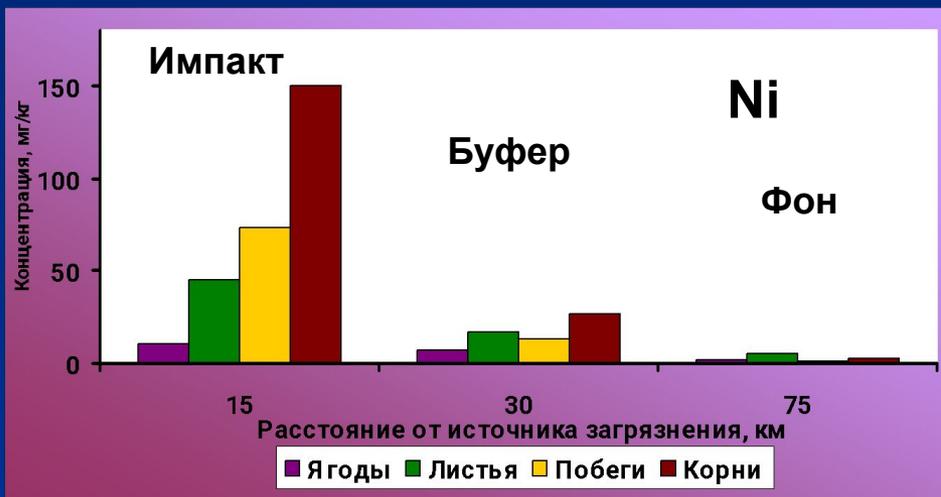
Импактная зона



В основе толерантности *V. myrtillus* лежит морфологическая пластичность, т.е. способность изменять свою мофроструктуру в стрессовых условиях существования, что приводит к выживанию как отдельных частей, так и ЦП в целом, даже в пределах импактной зоны

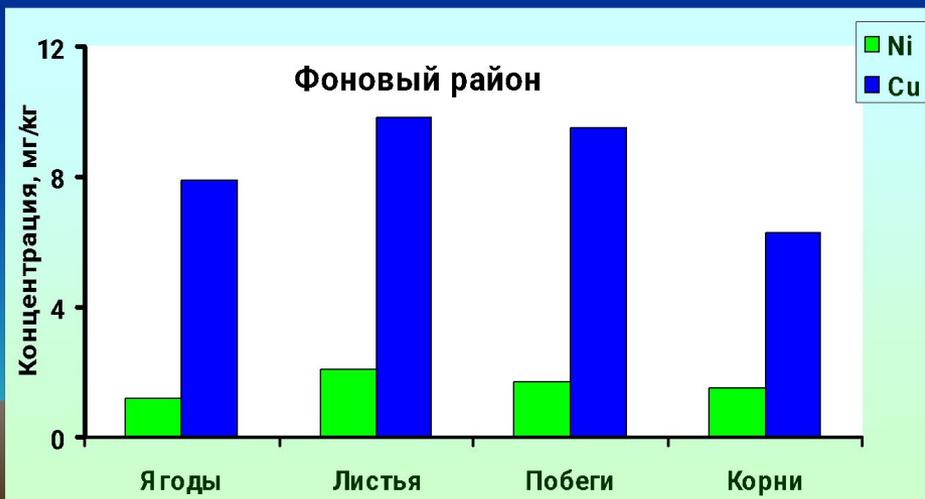
# Содержание Ni и Cu в различных органах кустарничков

## *Vaccinium myrtillus*



**A**

## *Vaccinium vitis-idaea*



# Общее число семян в 1 ягоде

(Лянгузова И.В., Мазная Е.А., Комалетдинова Э.М.)

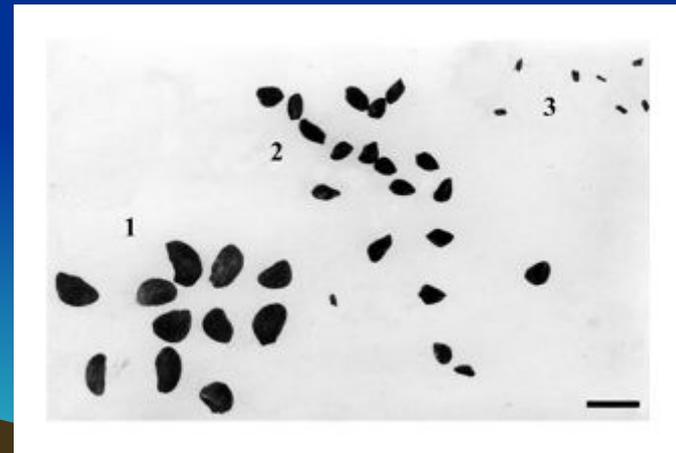
*Vaccinium myrtillus*

*Vaccinium vitis-idaea*

Фон Буфер Импакт

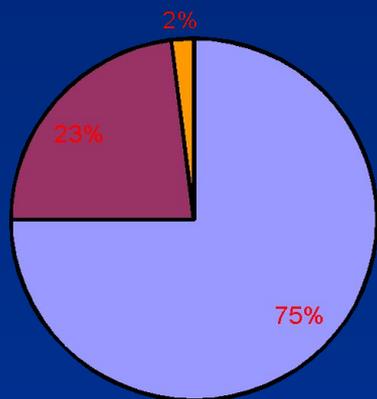
*Vaccinium uliginosum*

Семена *V. myrtillus*

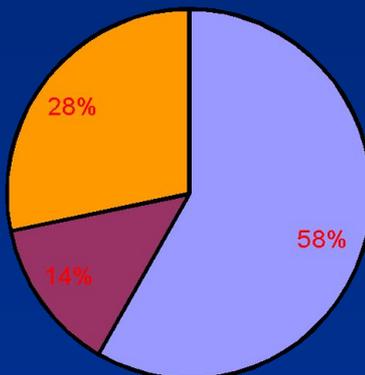


# Фракционный состав семян

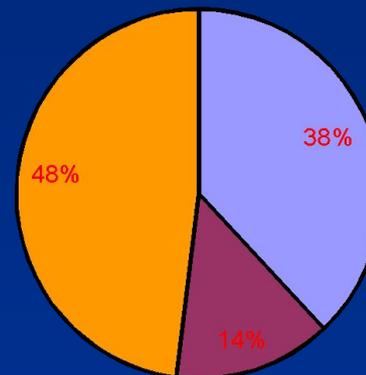
## Фоновый район



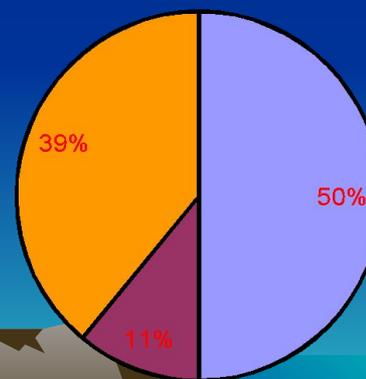
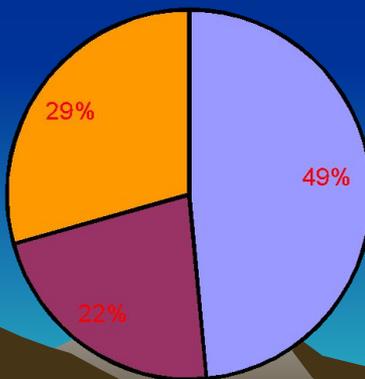
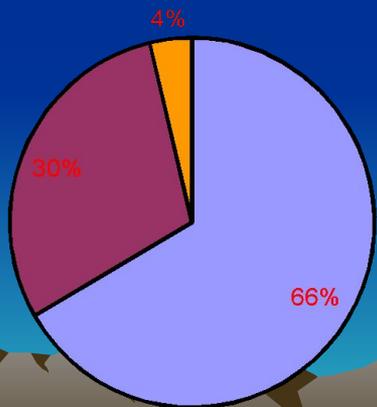
*Vaccinium myrtillus*



*V. vitis-idaea*

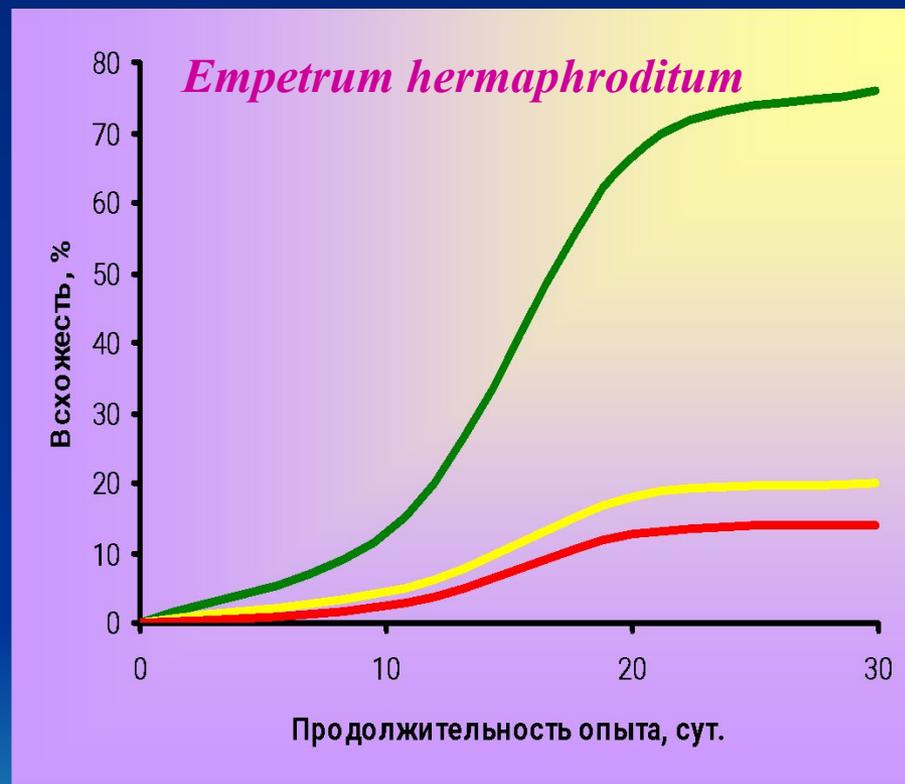
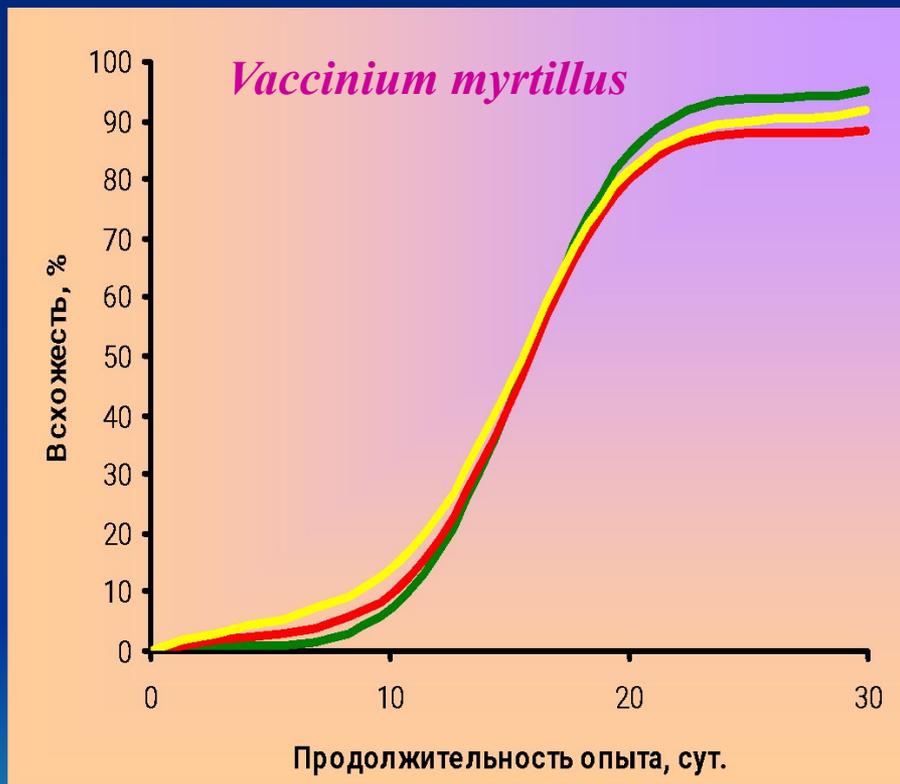


*V. uliginosum*



## Импактная зона

# Прорастание семян *Vaccinium myrtillus* и *Empetrum hermaphroditum*, собранных по градиенту загрязнения



- Фоновый район
- Буферная зона
- Импактная зона

# Заключение

- Пределы толерантности компонентов северотаежных лесных сообществ, слагающих их популяций, различных видов растений к аэротехногенному загрязнению различаются.
- Пороговыми значениями, определяющими состояние почвенного покрова, являются:
- $I_p=10-30$  – ТКЯ – норма; МЛЯ – угнетен;
- $I_p=40-140$  – ТКЯ – угнетен; МЛЯ – полностью разрушен
- Механизмы, лежащие в основе толерантности, различаются на разных уровнях организации биоты



Восстановлени  
е  
растительных  
сообществ

Сохранение  
объемов  
выбросов

Полное  
прекращение  
выбросов

**Буферная зона**

**Импактная зона**

**Буферная зона**

**Импактная зона**

ДрЯ – 10-20 лет  
ТКЯ – норма  
МЛЯ - угнетен

ДрЯ – нарушен  
ТКЯ – нарушен  
МЛЯ – разрушен

ДрЯ – 10-20 лет  
ТКЯ – норма  
МЛЯ – 60 лет

ДрЯ – 40-50 лет  
ТКЯ – 125 лет  
МЛЯ – 200 лет