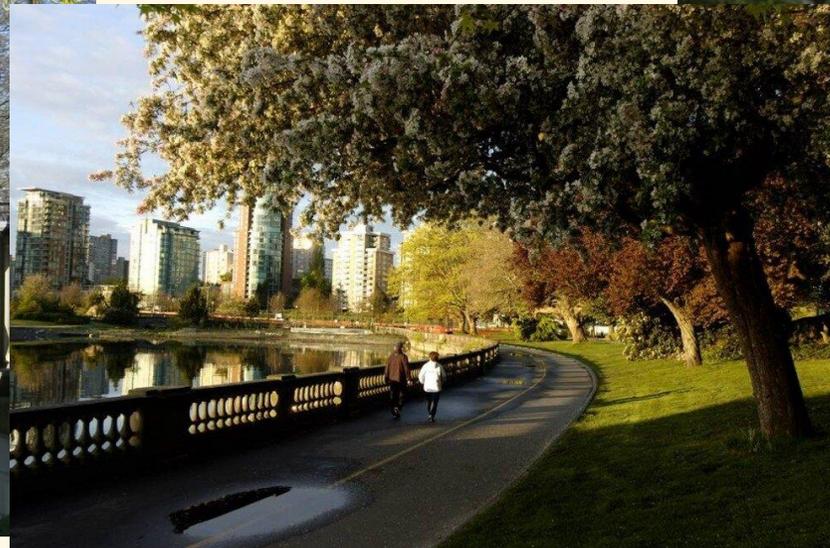


Сохранение лесных городских территорий как основа адаптации урбоэкосистем к современным изменениям климата

*О.В. Семенюк, В.М. Телеснина, Л.Г. Богатырев
МГУ им. М.В. Ломоносова, ф-т почвоведения*



УРБОЭКОСИСТЕМЫ

Последние десятилетия на фоне значительного увеличения площади урбанизированных территорий возрастает интерес к проблеме устойчивого развития городов и разработке подходов к оптимизации экологического состояния урболандшафтов.

Данная тема приобретает особую актуальность в рамках проблемы глобального потепления климата, выявления источников прямого и косвенного антропогенного влияния на углеродный баланс, а также оценки вклада эмиссии углерода в атмосферу урбанизированными территориями, что прежде всего относится к оценке биологического круговорота в условиях антропогенного воздействия.



Цель исследования - изучение биологического круговорота в урбоэкосистемах с учетом особенностей их формирования и функционирования как природно-антропогенных объектов.



При изучении биологического круговорота были выбраны такие компоненты биогеоценозов как **растительность (живой напочвенный покров)** и **подстилка** в связи с высокой мобильностью их свойств в условиях изменяющихся экологических условий и антропогенного воздействия.



РАСТИТЕЛЬНОСТЬ УРБООЭСИСТЕМ

Городские искусственно созданные зеленые насаждения часто имеют *монодоминантный* древостой, упрощенную *ярусную структуру*, отличаются особенностями видового состава с преобладанием *инвазивных видов* (клен ясенелистный, различные виды тополей и др.), в том числе и в *живом напочвенном покрове*.

Как результат антропогенного воздействия - наличие в напочвенном покрове *луговых и сорно-рудеральных видов*.

Сорно-рудеральные виды живого напочвенного покрова



**Недотрога
мелкоцветковая**



Чистотел большой



**Галинзога
четырёхлучевая**

ПОДСТИЛКА – ИНДИКАТОР ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ



Являясь **функцией растительности и других факторов окружающей среды**, она отражает ряд характеристик экосистемы, наиболее быстро реагирует на изменения среды и внешние воздействия, служит основой индикаторной системы состояния лесных экосистем (Карпачевский, 2005; Богатырев, 1990; Ильина, Сапожников, 2007; Владыченский и др., 2012; Телеснина и др., 2018), что особенно важно для оценки насаждений, находящихся под **антропогенным влиянием**.

Подстилка сочетает в себе наиболее полную отраженность окружающей среды и высокую доступность для наблюдений.

Некоторые параметры подстилки позволяют оценить скорость и интенсивность биологического круговорота органического вещества и зольных элементов.

•Параметры структуры

- 1. Строение и классификационная принадлежность
- 2. Мощность, см
- 3. Фракционный состав (%)
- 4. Зольность (%)
- 5. Запасы подстилки и зольных элементов($\text{г}/\text{м}^2$)



•Параметры функционирования

- 1. Запас легко разлагаемых компонентов (ветоши и листьев) ($\text{г}/\text{м}^2$) и его доля от общего запаса горизонта (%)
- 2. Запас фракции детрита ($\text{г}/\text{м}^2$) и его доля от общего запаса горизонта (%)
- 3. Запас зольных элементов в легко разлагаемых компонентах ($\text{г}/\text{м}^2$) и его доля в запасе зольных элементов горизонта L (%)
- 4. Отношение запасов горизонта L к запасам нижележащих горизонтов
- 5. Отношение мощностей горизонта L к мощностям нижележащих горизонтов
- 6. Объем ежегодно реализуемого органического вещества ($\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$)



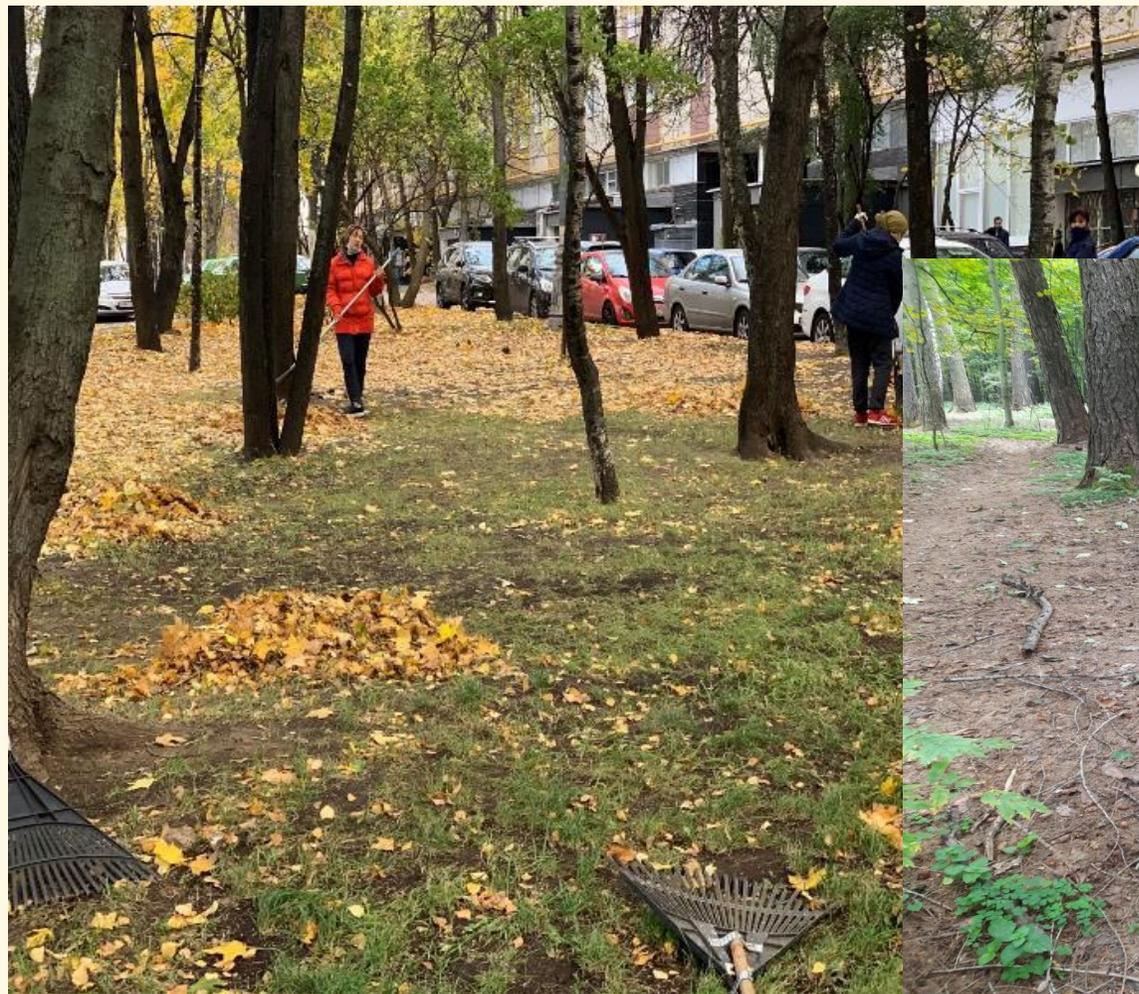
Объекты исследования – городские экосистемы парков
Битцевский лес, Измайлово, ботанический сад и кампус МГУ

Лиственные (липа, клен, береза) и хвойные насаждения (ель,
лиственница) в условиях различного антропогенного воздействия

В отличие от природных, городские экосистемы функционируют под влиянием антропогенного воздействия, что определяет особенности биологического круговорота в городских условиях. Прежде всего это относится к **применению систем ухода** за насаждениями и **рекреационной нагрузке**

Системы ухода за зелеными городскими насаждениями включают кошение травостоя, применение удобрений, удаление подроста и подлеска в вертикальной структуре насаждений и **сбор подстилки**.

Лиственные насаждения.





Уборка и вывоз подстилки снижает

- 1. возможность самопроизвольного возгорания**
- 2. вероятность поступления опада в водостоки с последующим загрязнением**
- 3. негативное влияние аллергического компонента подстилки на здоровье населения**
- 4. вероятность травм для пешеходов в сырую погоду при попадании листьев на пешеходные дорожки**
- 5. уровень потенциального загрязнения почвы**
- 6. вероятность поступления загрязняющих агентов в грунтовые воды**

ПОДСТИЛКИ ЛИСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Объекты исследования

Береза повислая
(*Betula pendula*)



Клен платановидный
(*Acer platanoides*)



Липа мелколистная
(*Tilia cordata*)



Условно эталонные биогеоценозы - древесные насаждения на территории ботанического сада МГУ

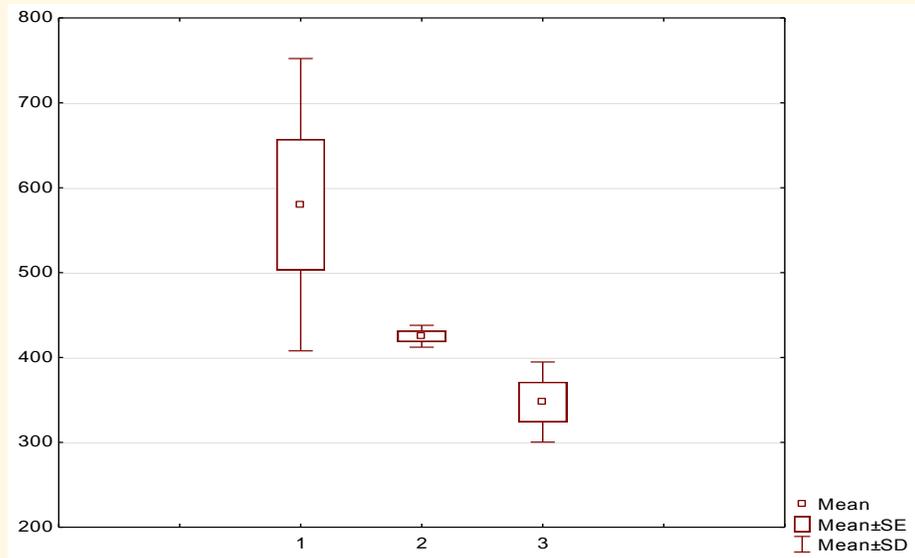
Биогеоценозы с периодическим и регулярным режимом ухода - древесные насаждения парковой территории МГУ

Мощность подстилок в условиях регулярного и периодического ухода лиственных насаждений, см

Эдификатор	Условно эталонные (ботанический сад)	Периодический уход (раз в несколько лет)	Регулярный уход (ежегодно)
Береза	$1,5 \pm 0,7$	$0,6 \pm 0,4$	$0,8 \pm 0,5$ покрытие менее 50%
Липа	$1,6 \pm 0,9$	$2,8 \pm 2,3$	
Клен	$2,0 \pm 0,7$	$1,3 \pm 0,4$	

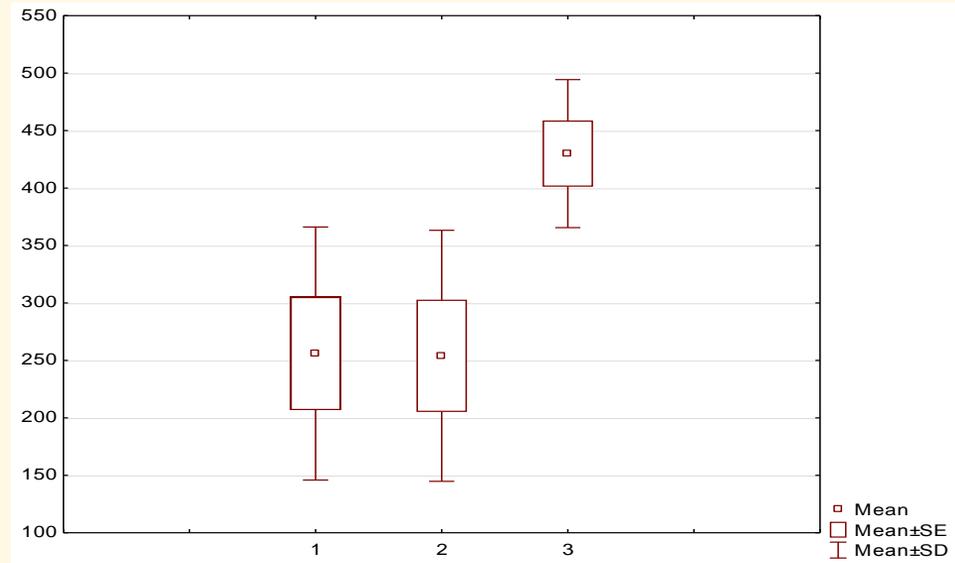


Запасы подстилок лиственных насаждений, г/м²

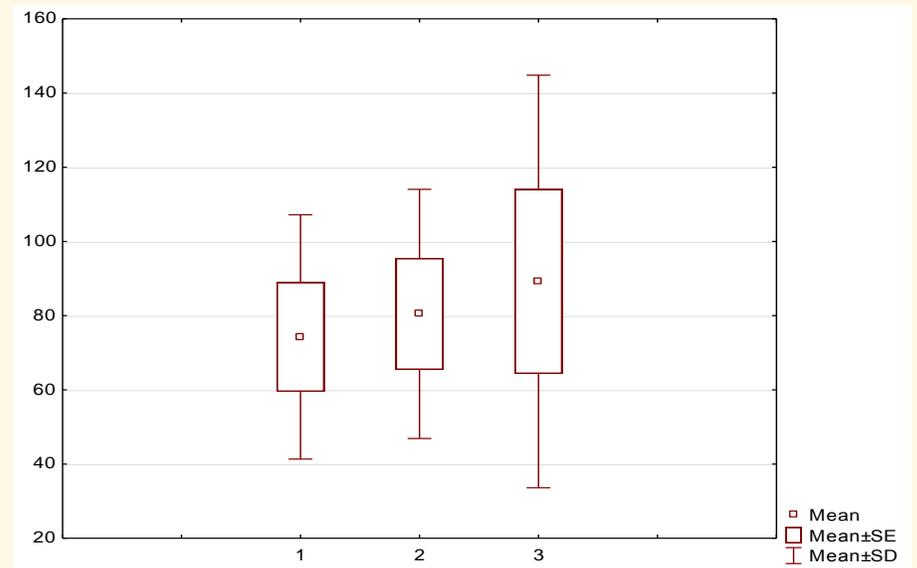


Условно эталонные

1 – береза, 2 – липа, 3 - клен



Периодический уход



Регулярный уход

Потеря запасов подстилок (г/м², %) в условиях естественного биологического круговорота и при сборе подстилок при уходе за зелеными насаждениями

Насаждения	Снижение запасов подстилки					
	Ежегодно органическое естественном круговороте	реализуемое вещество в биологическом	Потеря органического вещества при сборе подстилки в условиях ухода			
			Периодический уход		Регулярный уход	
	Запас, г/м ²	Доля, % ²	Запас, г/м ²	Доля, %	Запас, г/м ²	Доля, %
береза	150	24	250	58	520	87
липа	230	37	250	50	480	84
клен	270	34	200	44	360	90

ПОДСТИЛКИ ХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

По сравнению с подстилками лиственных насаждений **еловые насаждения** характеризуются значительным депонированием органического вещества в подстилках, запасы которых могут достигать **10000 г/м²**.

Последняя функция приобретает особую актуальность в рамках проблемы глобального изменения **климата** и нарушением **баланса органического вещества и углерода**.



Объекты исследования (ООПТ «Битцевский лес»)

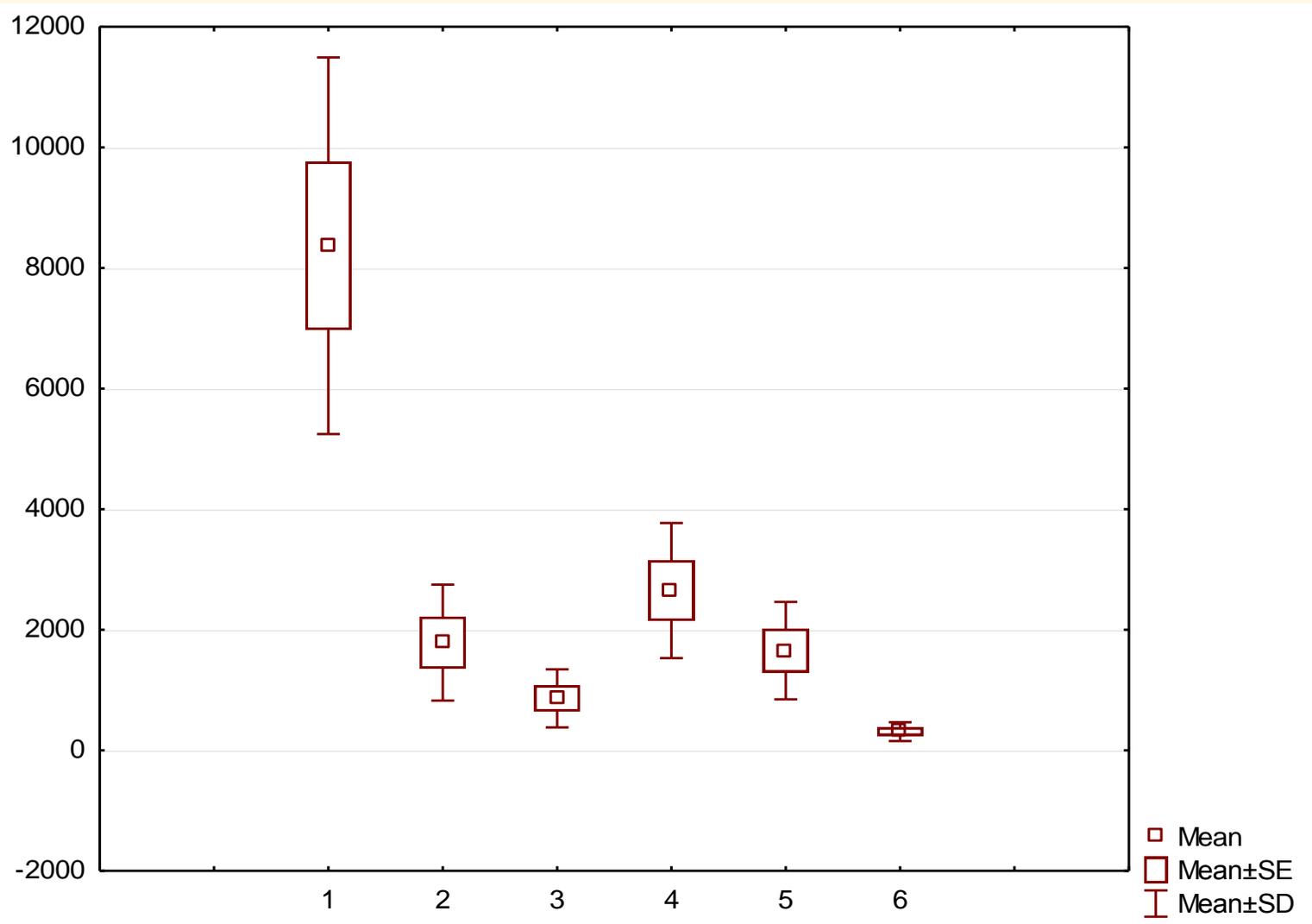
Ельник зеленчуковый (9Е1Л), **контроль**



Ельник крапивно-живучковый (8Е2Л),
нарушенный



Общие запасы подстилок, г/м²



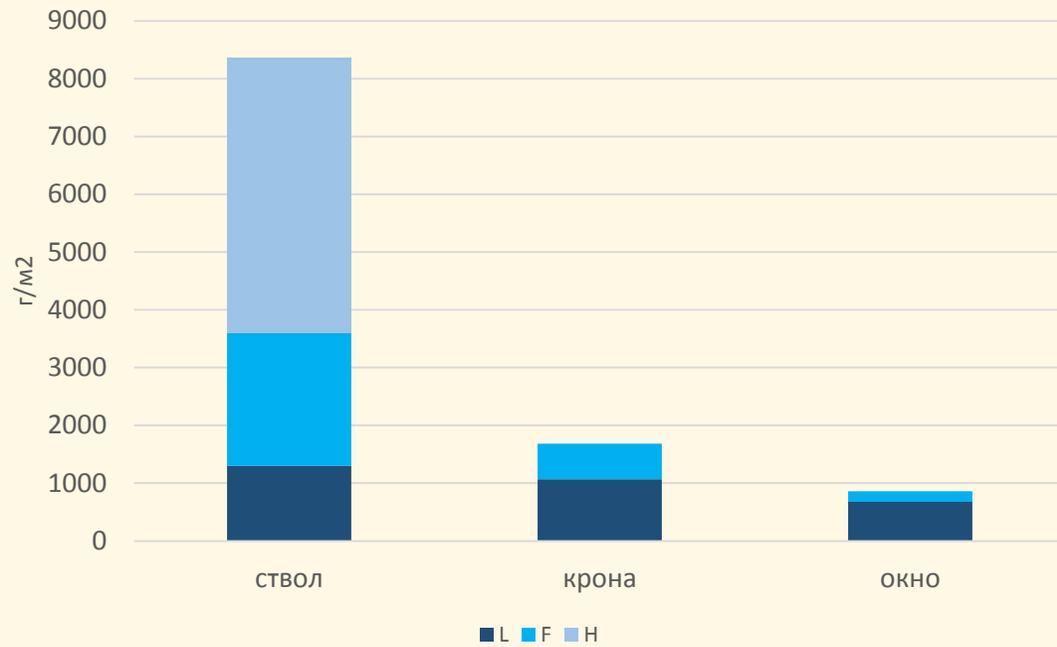
Контроль:

1 – ствол, 2 – крона, 3 – окно

Ельник нарушенный:

4 – ствол, 5 – крона, 6 – окно

Запасы подстилки в ельниках, г/м²



Ельник (контроль)



Ельник нарушенный

Показатели функционирования подстилок, указывающие на интенсивность биологического круговорота

Показатели		Ельник зеленчуковый			Ельник крапивно-живучковый		
		ствол	крона	окно	ствол	крона	окно
Детрит	Запасы, г/м ²	185,4	248,2	90,1	44,0	37,0	8,4
	Доля, %	14,5	19,8	13,3	3,3	5,3	3,2
ЛРК	Запасы, г/м ²	4,6	4,3	5,9	37,1	32,2	25,0
	Доля, %*	0,3	0,8	1,1	2,8	4,6	9,5
Соотношение доли подстилок разных типов Г:Ф:Д (%)		100:0:0	0:60:40	0:20:80	0:80:20	0:40:60	0:20:80
Отношение мощности горизонта L к мощности горизонта F		0,3***	1,0	0,5	0,8	0,4	0,7
Отношение запасов горизонта L к запасам горизонта F		0,2***	1,5	0,8	0,4	0,5	0,7

Запасы подстилок, кг/100 м²

Компонент биогеоценоза	Ельник (контроль)		Ельник нарушенный	
	Общий запас, кг	% от общего запаса	Общий запас, кг	% от общего запаса
Приствольно е пространств о	68.9	31	21.8	13
Крона	148	66	139.7	85
Окно	7.9	4	2.2	1
Сумма	224.8	100	163.8	100

Объекты исследования (Измайловский парк)

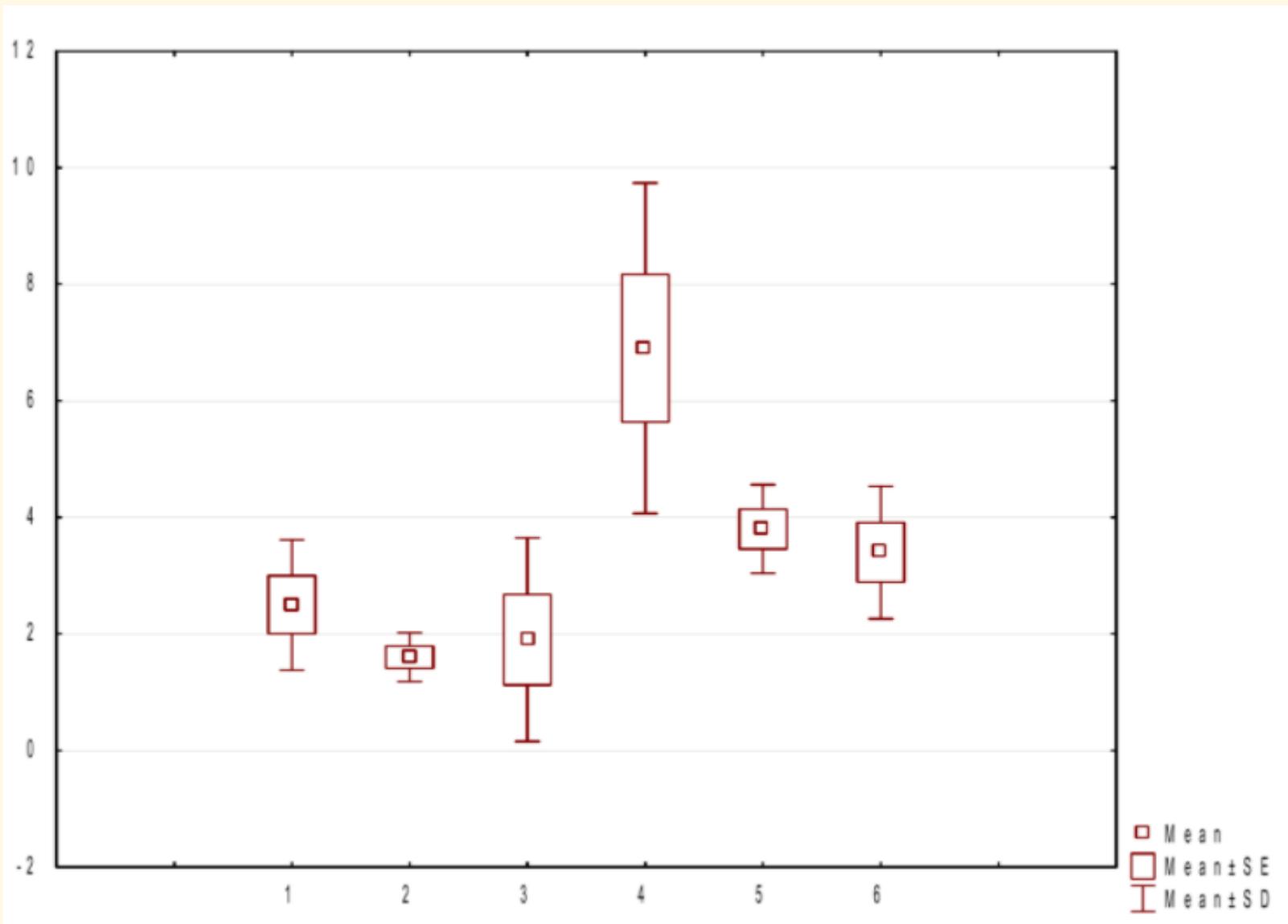


Лиственничник кислочно-зеленчуковый (**контроль**)
1 стадия депрессии



Лиственничник недотрогово-крапивно-зеленчуковый (**нарушенный**)
4 стадия депрессии

Мощности подстилок лиственных насаждений, см



Нарушенные насаждения:

1- ствол

2 – крона

3 – окно

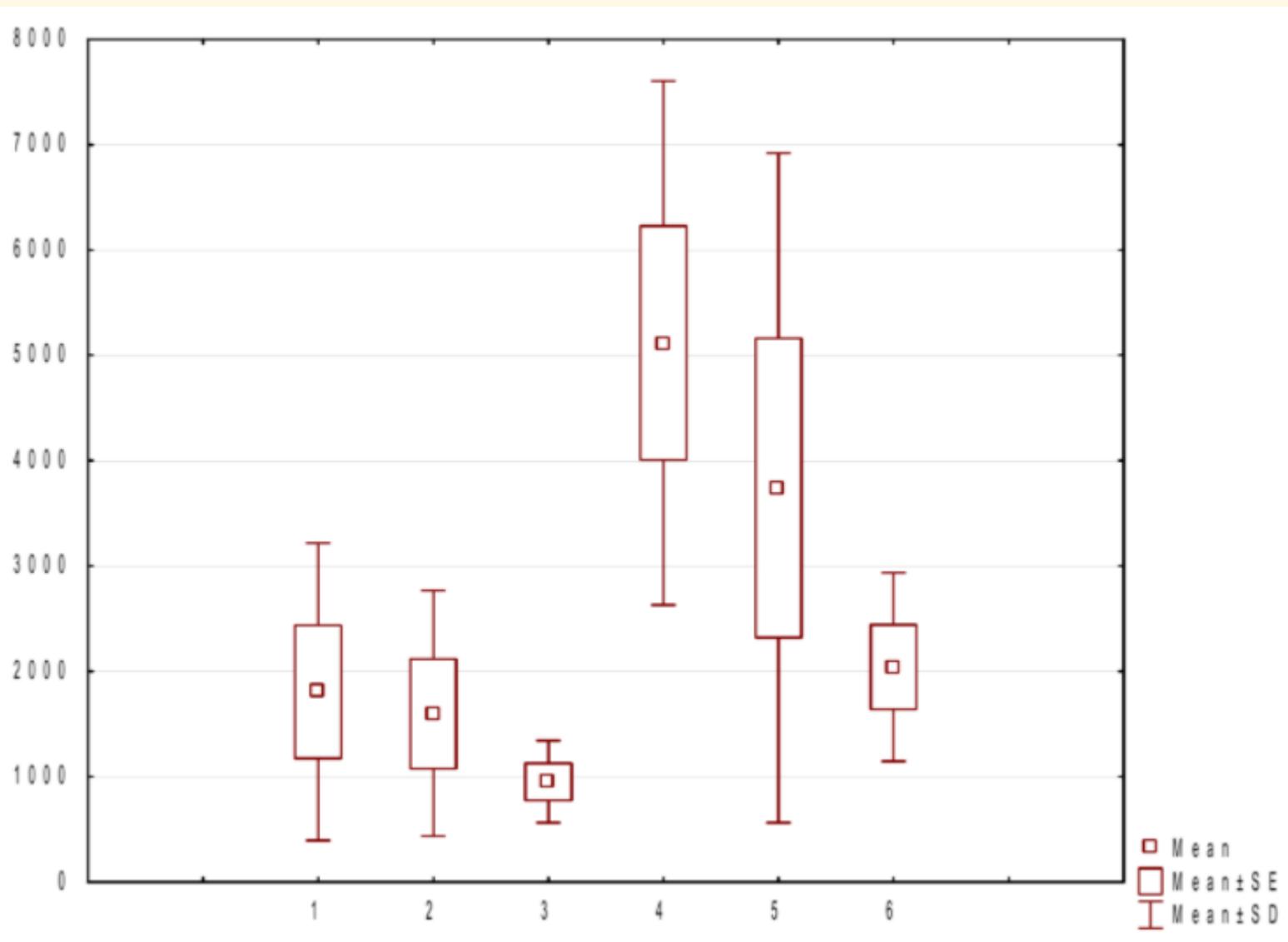
Контроль:

4 – ствол

5- крона

6 - окно

Запасы подстилок лиственных насаждений, г/м²



Нарушенные насаждения:

1- ствол

2 – крона

3 – окно

Контроль:

4 – ствол

5- крона

6 - окно

Показатели биологического круговорота

Фитоценоз	Ствол	Крона	Окно
Лиственничник контрольный	0,65	0,33	0,32
Лиственничник нарушенный	0,81	1,6	6,0

Отношение мощности горизонта L к мощности нижележащих горизонтов

Фитоценоз	Ствол	Крона	Окно
Лиственничник контрольный	0,19	0,14	0,23
Лиственничник нарушенный	0,83	0,79	7,6

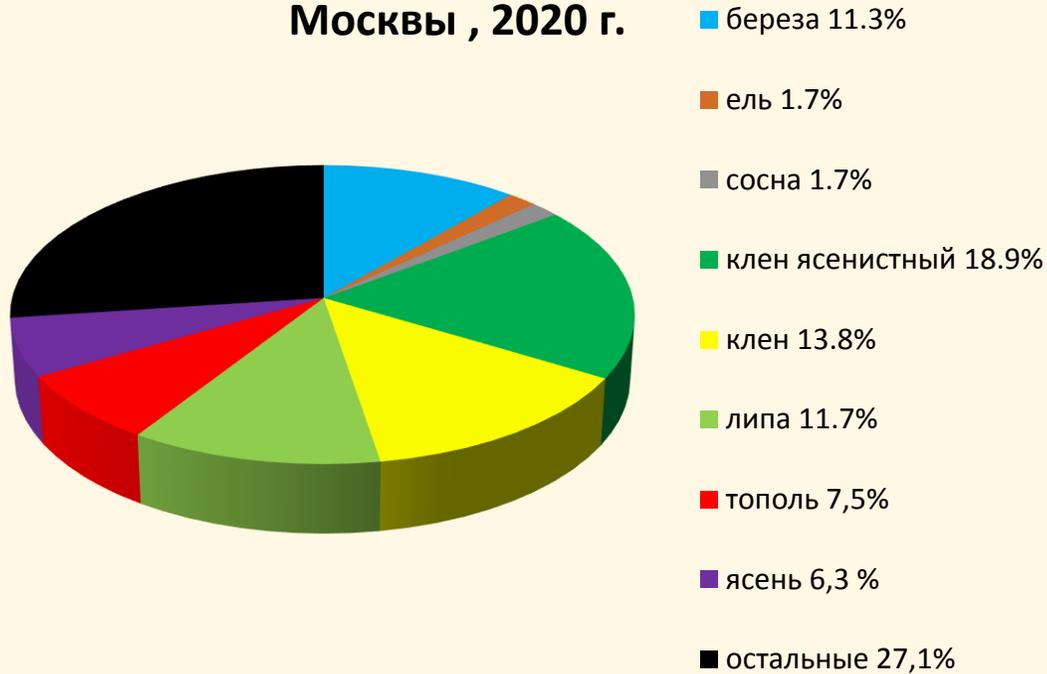
Отношение запасов горизонта L к запасам нижележащих горизонтов

Запасы углерода (кг/100м²) и его потери (%) из подстилок хвойных насаждений в условиях рекреации

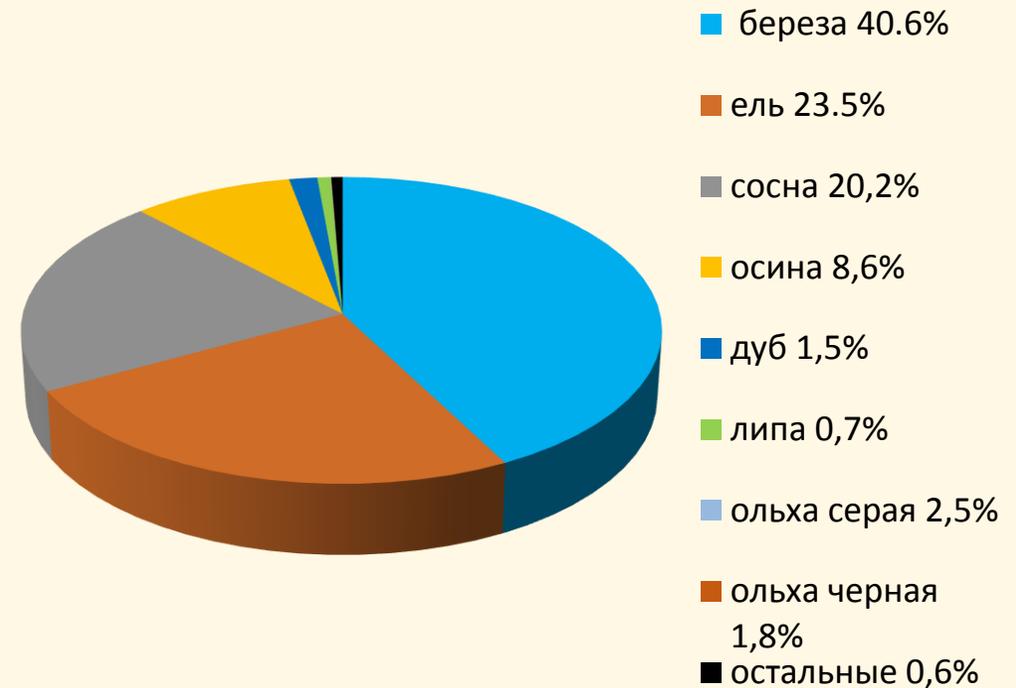
Насаждения		Запасы углерода		
		Общий запас, кг/100м ²	Потеря запаса, кг\м ²	Доля потери от общего запаса, %
Ельник	контроль	83,2		
	рекреация	60,6	22,6	27
Лиственничник	контроль	116,1		
	рекреация	50,0	66,1	57

Породный состав зеленых насаждений Москвы и области (Доклад «О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2020 году». Москва, 2021; Официальный сайт УФС ГС по Москве и Московской области // URL: <https://mosstat.gks.ru/folder/64495>)

Породный состав зеленых насаждений Москвы, 2020 г.



Породный состав лесов Московской области, 2018 г.



На ландшафтном уровне посредством законодательной базы необходимо закрепить количественные показатели по доле зеленого каркаса в общей площади города и **оптимизировать соотношение видов древесных пород**, что должно обеспечить максимальное депонирование атмосферного углерода.

Заключение

- **В урбоэкосистемах по сравнению с природными отмечается увеличение интенсивности биологического круговорота, что связано с изменением соотношения древесных пород в зеленом каркасе города, применением системы ухода за зелеными насаждениями, с прямым деструктивным воздействием рекреации на подстилки при вытаптывании, с изменением состава живого почвенного покрова, в котором увеличивается биоразнообразие и, как следствие, поступает более богатый зольными элементами и разнообразный по биохимическому составу опад, что способствует активизации микробиоценоза.**
- **Результаты исследования показывают, что в городских экосистемах живой почвенный покров и подстилки являются индикаторами изменения экологических условий и антропогенного воздействия, а также направленности биологического круговорота.**
- **На биоценоотическом уровне возможна оптимизация баланса углерода в направлении снижения антропогенных поступлений CO_2 в атмосферу как за счет его накопления в живом и мертвом органическом веществе, так и за счет снижения интенсивности разложения органического вещества наземного детрита городских зеленых насаждений.**
- **В городских условиях изменение направленности круговорота органического вещества в сторону его депонирования в составе наземного детрита может быть реализовано как путем регулирования интенсивности ухода за зелеными насаждениями, так и за счет снижения его потери при рекреации - проектными решениями организации ландшафтных объектов с отведением транзитных потоков посетителей от мест расположения хвойных насаждений .**

- Несмотря на то, что хвойные породы по сравнению с лиственными менее устойчивы в городской среде, являются более дорогими как при выращивании посадочного материала, так и в уходе, относительно низкая скорость биологического круговорота в хвойных биогеоценозах и формирование значительного запаса органического вещества в подстилках, позволяет рассматривать еловые насаждения как наиболее эффективные с точки зрения депонирования углерода биогеоценозы и рекомендовать увеличение их долевого участия в формировании зеленого каркаса города.
- Хвойные насаждения характеризуются активным накоплением органического вещества, и снижение скорости этого процесса отражается на показателях подстилок, что позволяет отнести эти насаждения к наиболее предпочтительным объектам для мониторинговых наблюдений в условиях мегаполиса
- Наибольшие потери органического вещества при рекреационном воздействии отмечены для лиственных фитоценозов, что определяет необходимость максимальной сохранности этих насаждений
- Наиболее экологически ценными среди городских насаждений по причине стабильного состояния баланса углерода являются мало нарушенные. Они нуждаются в сохранении и увеличении площади, в том числе путем уменьшения активности использования

Погода

Спасибо за внимание

