Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

УДК 630*1 581.5

Оценка экологических функций лесной экосистемы в условиях мегаполиса (на примере Лесной опытной дачи РГАУ - МСХА им. К.А. Тимирязева)

Ермаков С.Ю., Тихонова М.В., Жигалева Я.С., Илюшкова Е.М., Серегин И.А., Степанов А.В.

РГАУ - МСХА им. К.А. Тимирязева

Аннотация

В статье рассматривается оценка экологических функций лесной экосистемы в различных вариантах мезорельефа в сочетании с экологическими факторами и влиянием комплексных показателей на динамику изменений экосистемных сервисов, находящихся на территории северного округа города Москвы. Оцениваются такие экологические функции как состояние древостоя, процент проективного напочвенного растительного покрова, количество и качество древесного опада, который оказывает влияние на формирование подстилки; рассчитывается индекс сходства видового состава древостоя на пяти участках трансекты, оценивается индекс видового богатства и разнообразия биоценозов.

Установлено влияние экологических показателей на разнообразие городского леса в зависимости от нахождения в мезорельефе.

Ключевые слова: ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ, ЛЕСНАЯ ТЕРРИТОРИЯ, ГОРОДСКОЙ ЛЕС, ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ, ИНДЕКСЫ БИОРАЗНООБРАЗИЯ, СОСТОЯНИЕ ДРЕВОСТОЯ, БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ

Введение

В настоящее время в мире активно разрабатываются вопросы, связанные с экосистемными услугами. Для лесных экосистем экосистемные сервисы подразделяются на четыре категории: ресурсосберегающие (источник продовольствия и древесины),

культурные (эстетическая ценность, познавательная деятельность), поддерживающие (сохранение биоразнообразия) и регулирующие (регулирование климатических условий) [1].

Лесные насаждения являются важнейшим условием создания благоприятной окружающей среды для городского населения и микроклимата района. Это связано с выполнением лесами экосистемных услуг, обеспечивающих устойчивое развитие городских территорий. Леса играют важную роль в цикле углерода не только в локальных масштабах городов, но и в регуляции глобальных биогеохимических циклов углерода и азота в наземных экосистемах биосферы в целом [2].

Урбанизация — это одна из основных причин возрастающего антропогенного воздействия на городские леса, вызывающая деградацию не только древостоя и напочвенной растительности, но и почвенного покрова. В настоящее время в мире состояние большей части городских лесов вызывает тревогу, главным образом из-за снижения площади лесных насаждений, основными причинами этого являются: вырубка лесных участков под жилищное и дорожное строительство, воздействие автотранспорта и значительная рекреационная нагрузка, которые негативно сказываются на состоянии лесной экосистемы [3].

Москва – крупнейший мегаполис Европы, окруженный со всех сторон смешанными лесами южной тайги. В последнее время ухудшилось состояние таких типичных пород для региона, как ель и береза, существенно сократилась их способность к естественному возобновлению [4].

В ряде исследований была продемонстрирована зависимость формирования верхних почвенных горизонтов с напочвенной растительностью и древостоем, а также связь почва-растение, которая влияет не только на питание, но и на устойчивость в экосистеме [4]. Многие породы деревьев не переносят переувлажненных почв, возникающее из-за изменения гидрологического режима района за счет построек и прокладывания дорог, что в итоге приводит к изменению характеристик почв и снижению количества древостоя, которые не смогли адаптироваться к изменениям. Выпадение видов растительности и некоторых пород древостоя приводит к сокращению биологического разнообразия, что в свою очередь сказывается на биологической продуктивности лесных территорий. Главным связующим звеном в лесной экосистеме между растениями и

почвой служит лесная подстилка, благодаря которой не только высвобождаются минеральные питательные вещества для травянистых растений и древесных пород, но и создаются уникальные условия, позволяющие ей выступать в качестве буфера, предотвращать промерзание, перегревание, переувлажнение почвенного покрова, тем самым сохраняя лесную экосистему в равновесном состоянии [5].

Необходимость проведения исследований на территориях городских лесов, учет и оценка состояния и биологического разнообразия древостоя, напочвенной растительности и динамики почвенных характеристик необходимы для поддержания баланса и возможности регулирования и восстановления экосистемы.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились на территории Лесной опытной дачи (ЛОД) РГАУ - МСХА им. К.А. Тимирязева в северной части города Москва. ЛОД является фоновой территорией для городских лесных экосистем, так как территория долгое время относилась к категории особо охраняемой природной территории. Мониторинговые наблюдения проводились на ранее заложенной трансекте, пересекающей ЛОД с северо-востока на юго-запад и имеющей длину около 800 метров, с перепадом высот 9 метров. По линии трансекты заложены пять ключевых участков 50х50 метров, находящихся в различных вариантах мезорельефа и отличающихся почвенными характеристиками, режимом увлажнения, напочвенно-растительным покровом, древесной растительностью и уровнем рекреационной нагрузки.

Первый и второй ключевые участки расположены на прямом коротком слабопокатом склоне моренного холма северо-восточной экспозиции: в средней №2 (ССВ) и в нижней части склона №1 (ПСВ). Участок №3 (ВМХ) расположен на выположенной вершине моренного холма и является автоморфной системой с глубоким залеганием грунтовых вод. Ключевые участки №4 (СЮЗ) и №5 (ПЮЗ) заложены на противоположном пологом склоне повышенной длины юго-западной экспозиции: в средней (СЮЗ) и нижней (ПЮЗ) частях склона слабовыгнутой формы (рис. 1).

Мониторинг включал как полевые, так и лабораторные методы исследований. Полевые методы включали в себя визуальную оценку древостоя, напочвенной растительности. Проводился отбор проб почвы (ГОСТ 17.4.4.02-84) из верхних

горизонтов (2-10 см) на определение весовой влажности, породный перечет древостоя на каждом участке, оценку состояния древостоя по 5-ти бальной шкале по методике Казанской Н.С. [6], определение сомкнутости крон и процент напочвенной растительности (глазомерно), опад и лесная подстилка отбирались для определения влажности и зольности в лабораторных условиях. Проводили сравнительный анализ коэффициента сходства Жаккара древесной растительности и индекса разнообразия Симпсона по ключевым участкам, а также рассчитан индекс видового богатства Менхиника [7]. Для определения индексов проводился учёт породного состава древостоя на участках площадью 50 м^2 [8].

В лабораторных условиях определялся гумус по методу Тюрина в модификации Никитина (ГОСТ 26213-91) [1]. Определялась влажность почвы и подстилки термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268-89). Определялась зольность (общая зола) опада и подстилки (ГОСТ Р 51411-99).

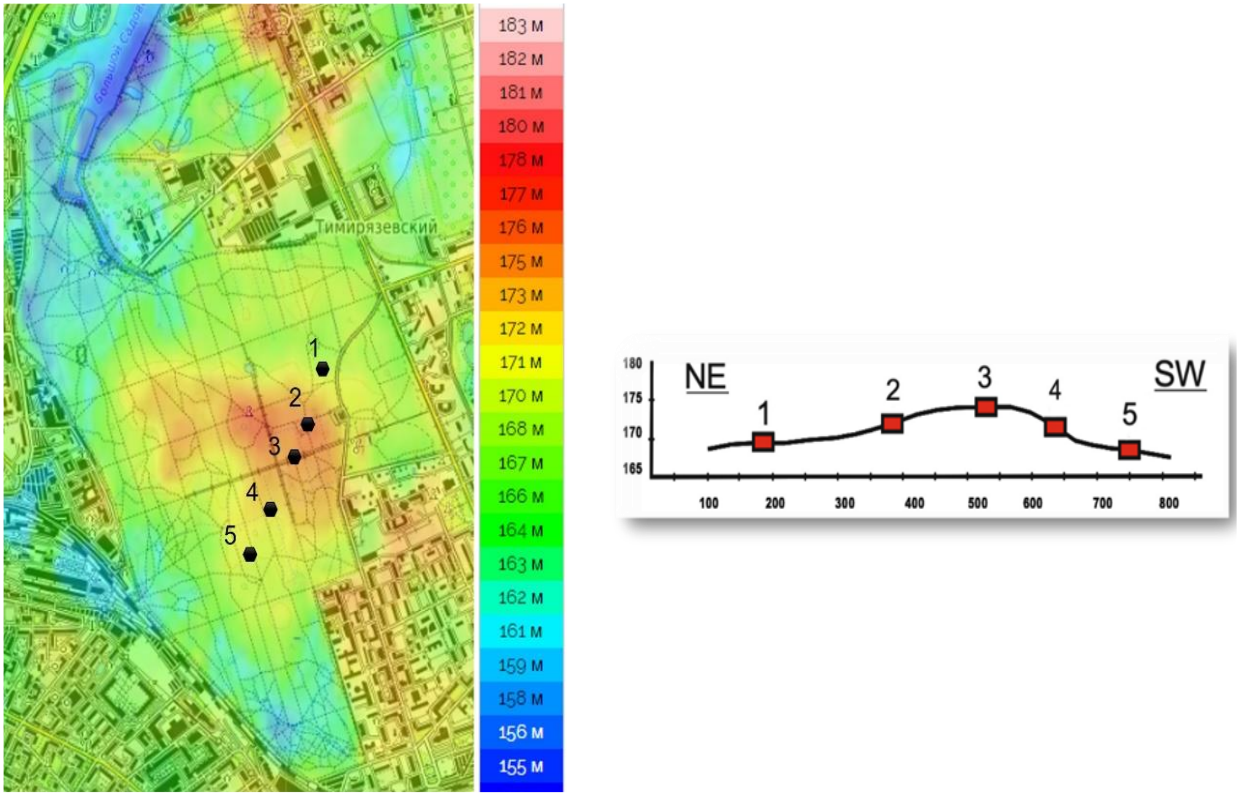

Рис. 1. Расположение трансекты на Лесной опытной даче и схема ключевых участков

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

Результаты исследований

По данным, полученным в 2018-2019 годы, можно судить о том, что на состояние лесной экосистемы влияет множество экологических факторов, но основными, являются влажность почвы и рекреационная нагрузка, которые значимо влияют на все экосистемные функции леса. Состав и состояние древостоя, напочвенный растительный покров и его проективное покрытие на участках, биологическое разнообразие видов, напрямую зависят от количества влаги в почве и уровня антропогенной нарушенности. Процесс и скорость разложения опада зависит от влажности видового древесного, а также растительного состава.

Динамика показателей влажности почвы в различных вариантах мезорельефа демонстрирует максимальные значения на участке №2, который расположен в средней части прямого короткого слабопокатого склона моренного холма северо-восточной экспозиции. Влажность колебалась здесь от 30 до 50% в период с ноября 2018 года по май 2019 года. Остальные участки в этот период имели примерно одинаковые значения. Влажность почвы составляла 5-33%.

Максимальные за период измерений значения влажности отмечены на участке № 5, который расположен на пологом склоне повышенной длины юго-западной экспозиции. В нижней части склона слабовыгнутой формы, показатель влажности составил 72%, тогда как на других частях трансекты влажность была примерно одинаковая и колебалась от 55 до 63%.

Минимальные показатели влажности почвы, равные 7% за весь период измерений наблюдались на участке №1 в сентябре 2019 года. Количество осадков варьировалось от 7 до 71 мм, максимальные значения пришлись на сентябрь 2019 года (рис. 2).

Распределение доминирующих древесных пород и процент проективного напочвенного покрова по ключевым участкам различен в зависимости от мезорельефа, влажности участков, степени сомкнутости крон (рис. 3). Эти показатели являются основными факторами в распределении опада и, следовательно, количестве органического вещества в почве и в лесной подстилке. Также это является основным показателем в оценке биологического разнообразия и обилии видов.

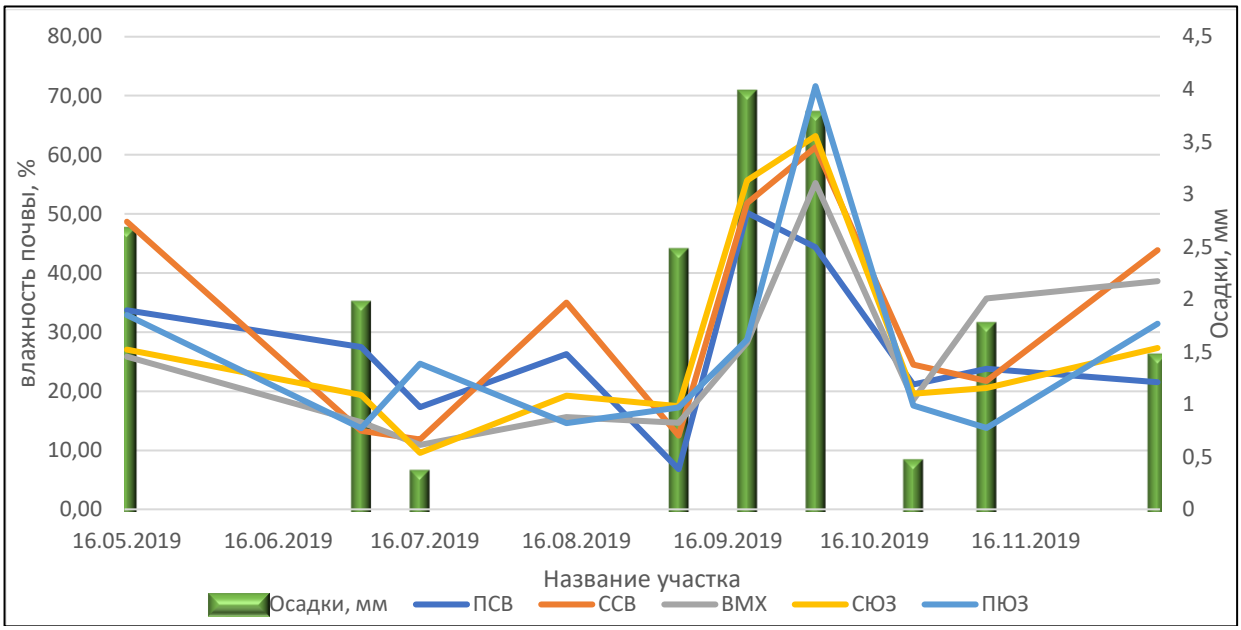

Рис. 2. Влажность почвы на ключевых участках

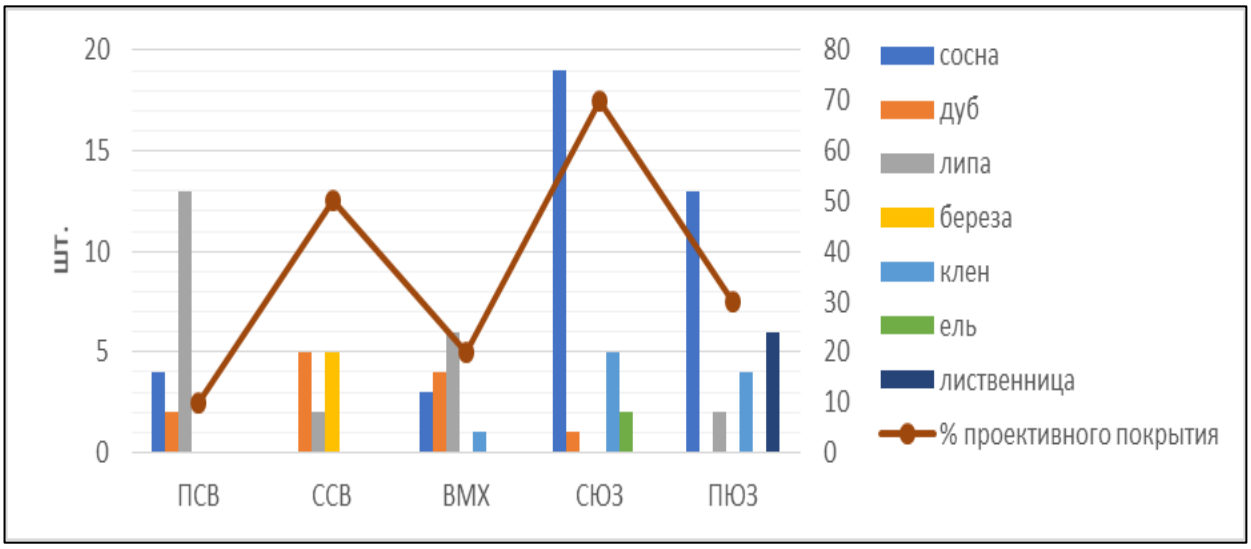

Рис. 3. Распределение древостоя и напочвенной растительности по ключевым участкам

На участках юго-западной экспозиции доминирующими породами являются хвойные породы: ель обыкновенная (*Pícea ábies*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) и лиственница сибирская (*Lárix sibírica*). На северо-восточном - лиственные породы: береза повислая (*Betula pendula*), дуб черешчатый (*Quércus róbur*), липа сердцелистная (*Tília cordáta*). На вершине моренного холма - смешанный лес: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), клен остролистый (*Ácer platanoídes*), дуб черешчатый (*Quércus róbur*), липа

сердцелистная (*Tília cordáta*).

Максимальный процент распределения проективного покрытия напочвенной растительности наблюдался на участке №4, где он составил 70%, минимальное значение - 10% - на ключевом участке №1, что связано с близостью участка к дорожно-тропиночной сети, также на этом участке было выявлено максимальное уплотнение почвы, сказавшееся на деградации древостоя (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика растительности на ключевых участках

	ПСВ (№1)	ССВ (№2)	ВМХ (№3)	СЮЗ (№4)	ПЮЗ (№5)
Коэффициент состояния древостоя (по 5-ти бальной шкале)	III	II	II	I	I
Площадь проективного покрытия напочвенной растительности, %	10	50	20	70	30
Сомкнутость крон, %	60	40	70	20	30

Установлено, что по всем показателям максимально деградированным является участок №1, здесь отмечено большое количество усыхающих деревьев и сухостоя, сомкнутость крон для лиственных пород очень низкая и составила всего 0,6% из 1. От этих показателей напрямую зависит количество органического вещества и зольность лесной подстилки, а также распределение и количество опада, что в свою очередь влияет на показатели видового разнообразия древесных пород (рис. 4).

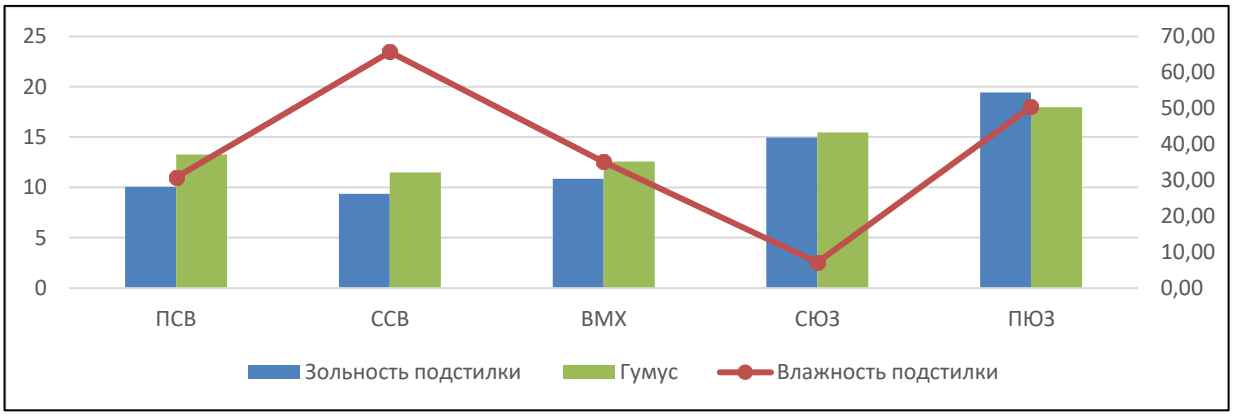

Рис.4. Зольность лесной подстилки в %, показатели гумуса в %, влажность подстилки (%)

Максимальные значения зольности подстилки и содержания гумуса наблюдались

на участке, расположенном на участке №5, где преобладающей породой является сосна обыкновенная *(Pinus sylvestris).* Минимальные значения на участке №2, преобладающей породой на нем является дуб черешчатый *(Quércus róbur).*

При сравнительном анализе разнообразия видов древесных пород на ключевых участках проведён расчёт коэффициента (индекса) сходства Жаккара, рассчитан индекс разнообразия Симпсона и индекса видового богатства Менхиника.

Полученные значения различаются по степени сходства видового состава. Высокое сходство между видовым составом древостоя соответствует на участках ПСВ, ВМХ и ПСВ, СЮЗ (Cj=0,67), высокая степень сходства видового состава (Cj=0,60) отмечается также при сравнении видового состава участков ВМХ и ПЮЗ. Степень сходства видового состава в 50% отмечается между насаждениями ССВ и ПСВ. Между остальными насаждениями степень сходства видового состава (Cj=0,40 – 0,43) получена между древостоями ССВ, СЮЗ, ПЮЗ (табл. 2).

Таблица 2. Индекс сходства видового состава Жаккара в исследуемых объектах

Исследуемые объекты	Исследуемые объекты				
	ПСВ(№ 1)	ССВ(№ 2)	ВМХ(№ 3)	СЮЗ(№ 4)	ПЮЗ(№ 5)
ПСВ (№ 1)	1,0	0,50	0,67	0,67	0,43
ССВ (№2)	0,50	1,0	0,33	0,40	0,40
ВМХ (№ 3)	0,67	0,33	1,0	0,33	0,60
СЮЗ (№ 4)	0,67	0,40	0,33	1,0	0,33
ПЮЗ (№ 5)	0,43	0,40	0,60	0,33	1,0

Самая низкая степень сходства видового состава, показывающая существенное отличие от других объектов, отмечается между древостоями ССВ, ВМХ; СЮЗ, ВМХ и ПЮЗ, СЮЗ. В данных сравниваемых участках индекс сходства видового состава Жаккара составил 0,33.

Результаты оценки видового разнообразия древесных растений на объектах исследований по индексу разнообразия Симпсона на всех объектах колеблются незначительно, поскольку видовое разнообразие древостоев в них мало различается. Вместе с тем, можно выделить участки на ССВ и ПЮЗ, где этот индекс составил 0,33 (самое низкое разнообразие) и 0,58(самое высокое разнообразие) соответственно (табл. 3).

Оценка видового богатства древостоя исследуемых участков по индексу

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Менхиника демонстрирует, что участки ПСВ и ПЮЗ имеют самое высокое значение индекса, соответственно здесь отмечается самое высокое видовое богатство, 0,82 и 0,80. На участках ВМХ и СЮЗ индексы снижаются до значений 0,70 и 0,77. Низким видовым богатством отличается участок ССВ с индексом Менхиника равным 0,40, основной породой здесь является клен остролистый (табл. 3).

Таблица 3. Индексы видового богатства и разнообразия биоценозов

Название объекта исследования	Индексы видового богатства	Индексы видового разнообразия
	Менхиника	Симпсона
ПСВ (№1)	0,82	0,42
ССВ (№2)	0,40	0,33
ВМХ (№ 3)	0,70	0,40
СЮЗ (№4)	0,77	0,47
ПЮЗ (№5)	0,80	0,58

Выводы

Исследуемые участки отличались не только положением в мезорельефе, но и растительностью, влажностью почвенного покрова и рекреационной нагрузкой. Проанализированные экосистемные функции продемонстрировали заметное влияние на распределение органического вещества в почве, состояние напочвенной растительности и древостоя. Максимально деградированный участок №1 (ПСВ), где наиболее поврежден древостой, коэффициент состояния здесь равен III из V возможных баллов, на данном участке отмечается низкий процент площади проективного покрытия напочвенной растительности, он составил всего 10%. Но несмотря на деградационные процессы, индекс видового богатства по Менхинику составил 0,82 – самый большой показатель из всех исследуемых участков. Наиболее благоприятным участком по всем факторам является точка №4 (СЮЗ), где коэффициент состояния равен I из V. Древостой в хорошем состоянии, процент площади проективного покрытия напочвенной растительности равен 70%, что покрывает большую территорию исследуемого участка. Данный участок имеет один из самых высоких показателей органических веществ в лесной подстилке.

Результаты оценки видового разнообразия древесных растений на объектах исследований по индексу разнообразия Симпсона на всех объектах колеблются

незначительно, поскольку видовое разнообразие древостоев в них мало различается

Оценка сходства видового состава древостоев по индексу Жаккара позволяет выявить высокое сходство между видовым составом пород на участках ПСВ, ВМХ и ПСВ, СЮЗ (Cj=0,67),

Самая низкая степень сходства видового состава отмечается между древостоями ССВ, ВМХ; СЮЗ, ВМХ и ПЮЗ, СЮЗ. В этих сравниваемых участках индекс сходства видового состава Жаккара составил 0,33. В зависимости от местонахождения в мезорельефе ключевых участков видовое разнообразие древесных растений различно, степень сходства между ними тоже разная.

Полученные данные продемонстрировали, что самые высокие значения индекса Менхиника, говорящие о самом высоком видовом богатстве, установлены для участков ПЮЗ и ПСВ - 0,80 и 0,82 соответственно. На участке ПЮЗ древостой представлен лиственницей обыкновенной (*Pinus laryx)*, сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*), клёном остролистным (*Ácer platanoídes)*, липой сердцелистной (*Tília cordáta)*. На участке ПСВ отмечены древесные ель обыкновенная *(Pícea ábies)*, сосна обыкновенная *(Pinus sylvestris)*, дуб черешчатый (*Quércus róbur)*, клен остролистый (*Ácer platanoídes)*, липа сердцелистная (*Tília cordáta*)., вяз шершавый (*Úlmus glábra)*. На участках ВМХ и СЮЗ этот показатель снижается до значений 0,70 и 0,77. Самое низкое видовое богатство отмечено на участке ССВ, где индекс Менхиника составил 0,40. Здесь произростают дуб черешчатый (*Quércus róbur)*, клен остролистый (*Ácer platanoídes)*, липа сердцелистная (*Tília cordáta), п*реобладающей породой является клен остролистый (*Ácer platanoídes)*.

Результат исследования видового разнообразия древесных пород на объектах исследований по индексу Симпсона показал его незначительное колебание. При этом можно выделить участки на ССВ – с самым низким значением индекса – 0,33 и ПЮЗ с индексом равным 0,58 (самое высокое разнообразие).

Оценка сходства видового состава древостоев по индексу Жаккара позволяет выявить высокое сходство между видовым составом пород на участках ПСВ, ВМХ и ПСВ, СЮЗ (Cj=0,67), высокая степень сходства видового состава с индексом, равным 0,60, отмечена также при сопоставлении видового состава участков ВМХ и ПЮЗ. Степень сходства видового состава в 50% отмечается между насаждениями ССВ и ПСВ. Самая низкая степень сходства видового состава, где индекс Жаккара составил 0,33, выявлена

между древостоями ССВ, ВМХ; СЮЗ, ВМХ и ПЮЗ, СЮЗ. Это говорит о существенном отличии состава древостоев сравниваемых объектов.

В различных вариантах мезорельефа с отличающимися доминирующими породами деревьев перераспределение органического вещества в подстилке и, соответственно в почве разительно отличается. В зависимости от основных древесных пород на ключевых участках, отличается процент проективного покрытия и его видовой состав, на что влияет не только влажность почвы, но и состояние древостоя, а также сомкнутость крон. Состояние и количество опада отличается по фракционному составу, что приводит к отличию в содержании органических веществ в лесной подстилке и в почве, что в свое время оказывает влияние на состояние растительности и приводит к изменению почвенных показателей.

Список использованных источников

1. Бобылев С.Н., Захаров В.М. Экосистемные услуги и экономика. – 2009. - М.: ООО «Типография ЛЕВКО», 2009. - 72 с.
2. Щепащенко Д.Г., Мухортова Л.В., Швиденко А.З. Роль почв в углеродном бюджете лесов Российской Федерации // Почвоведение - продовольственной и экологической безопасности страны: тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции, Белгород. – Белгород: Издательский дом "Белгород". - 2016. – С. 393-394.
3. Толкачев О.В. Воздействие урбанизации на население бурозубок лесных экосистем: автореферат дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. – Екатеринбург. - 2007. – 24 с.
4. Белов Д.А., Александров П.С. Состояние части насаждений городских лесов города Москвы [Электрон. ресурс] // Academy. 2019. №5 (44). Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-chasti-nasazhdeniy-gorodskih-lesov-goroda-moskvy
5. Лиханова Н.В. Роль растительного опада в формировании лесной подстилки на вырубках ельников средней тайги // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2014. – № 3 (339). – С. 52-66.
6. Лебедева Н.В. и др. География и мониторинг биоразнообразия. - М.: Изд-во НУМЦ. – 2002. – 432 с.
7. Озден С., Аян С. Лесные преступления как угроза устойчивому лесопользованию // Сибирский лесной журнал. – 2016. – № 4. – С. 49-55.
8. Таллер Е.Б., Комарова Т.В., Тихонова М.В. Оценка динамики биомассы растительных сообществ в ходе постагрогенной сукцессии в условиях центрально - лесного заповедника // доклады ТСХА. Международная научная конференция,

посвященная 175-летию К.А. Тимирязева. – Москва. - 2019. - С. 691-695.

==========

Цитирование:

Ермаков С.Ю., Тихонова М.В., Жигалева Я.С., Илюшкова Е.М., Серегин И.А., Степанов А.В. Оценка экологических функций лесной экосистемы в условиях мегаполиса (на примере Лесной опытной дачи РГАУ - МСХА им. К.А. Тимирязева) [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – № 3. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/3/st_308.pdf.
DOI: https://doi.org/10.51419/202123308.