

ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИИ НА СТОИМОСТЬ ЭКОСИСТЕМНЫХ СЕРВИСОВ БИТЦЕВСКОГО ЛЕСОПАРКА ГОРОДА МОСКВЫ

Г. В. Стома, О. В. Семенюк

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
Москва, Россия,
e-mail: gstoma@yandex.ru, olgatour@rambler.ru

THE EFFECT OF RECREATION ON THE COST OF ECOSYSTEM SERVICES OF THE BITSEVSKY FOREST PARK IN MOSCOW

G. V. Stoma, O. V. Semenyuk

Аннотация. В городских условиях на парковых территориях рекреация оказывает влияние на различные компоненты экосистем, в том числе и почвы, изменяя их свойства, экологическое состояние, функции и стоимость экосистемных услуг. На примере Битцевского парка показано, что максимальные изменения (в 1,7 раза) в условиях среднего уровня рекреации испытывают численность и разнообразие почвенных беспозвоночных и запасы подстилки. Именно эти свойства обеспечивают снижение эффективности выполнения обеспечивающих и регулирующих экосистемных услуг, определяемых почвой, на 70 %. Для экспресс индикации рекомендуется использовать такие свойства как запасы подстилки и плотность почв. Сравнение широкого спектра основных почвенных свойств условного фона и рекреационных участков показывает, что в целом не отмечается весьма существенных изменений в экологическом состоянии и функционировании почв, и соответственно снижения стоимости их экосистемных услуг.

Ключевые слова: урбоэкосистемы, лесопарки, почвы, экологические функции почв, экосистемные сервисы, рекреационная нагрузка

Abstract. In urban areas, recreation affects various components of ecosystems, including soils, changing their properties, ecological state, functions and cost of ecosystem services. The example of Bitsevsky Park shows that the maximum changes (1,7 times) in the conditions of the average level of recreation are experienced by the number and diversity of soil invertebrates and litter reserves. It is these properties that provide a 70 % reduction in the efficiency of providing and regulating EMs determined by soil. For express indication, it is recommended to use such properties as litter reserves and soil density. Comparison of a wide range of basic soil properties of conditional background and recreational areas shows that, in general, there are no very significant

changes in the ecological state and functioning of soils, and, accordingly, a decrease in the cost of their ecosystem services.

Keywords: urban ecological systems, forest park, soils, environmental functions, ecosystem services, recreational load

В городских условиях ценнейшим рекреационным ресурсом являются лесопарки, парки, роль которых в создании благоприятных и комфортных условий для жизни населения и обеспечение устойчивого развития территории велика. Зеленые насаждения выполняют широкий спектр важнейших экологических функций: водоохранные и почвозащитные, сохраняют более благоприятные мезоклиматические условия, поглощают пыль, токсиканты и избыток углекислого газа, насыщают воздух кислородом, служат оздоровлению, являются местами отдыха населению. Влияние рекреации на растения обнаруживается уже на ее начальной стадии: механические повреждения стволов и корней растений, уменьшение массы ассимилирующих органов, исчезновение подроста, изменение состава травяного яруса, нарушение естественного воспроизводства древостоя [Шапочкин и др., 2003; Рысин, 2012]. Под влиянием данного антропогенного влияния изменяются и почвенные свойства, в основном это связано с трансформацией подстилки, уплотнением почв, изменением структурного состояния, содержания углерода и т. д. [Почва, Город, Экология, 1997; Кузнецов и др., 2014, 2017; Рысин, 2012]. Амплитуда трансформации почвенных свойств при рекреации зависит от нескольких факторов: типа леса, уровня нагрузки и отклика каждого отдельного свойства.

В основе многих рекреационных исследований лежит положение о пяти стадиях рекреационной дигрессии. Количественные показатели, оцениваемые по доли вытоптанной поверхности почвы до минерального горизонта, определяются разными авторами примерно одинаково [Казанская и др., 1978; Шапочкин и др., 2003]. Критической (предельно допустимой) является нагрузка, соответствующая 3 стадии дигрессии [Шапочкин, 2003].

Рекреационная нагрузка в лесопарках распределяется неравномерно. Максимальное ее воздействие испытывают почвы тропинойной сети, по мере удаления от тропинок оно ослабевает. В московских лесопарках от лесного массива к тропинкам наблюдается деградация подстилки (уменьшается ее мощность, запасы и изменяется фракционный состав). В слое 0–20 см повышаются плотность, твердость, влажность, содержание Сорг, рНвод, электропроводность и потенциальная биологическая активность (в 1,1–3,9 раза), ухудшается структурное состояние почв и снижа-

ются обилие, биомасса и разнообразие почвенных беспозвоночных (в 2–20 раз) [Кузнецов и др., 2014].

В соответствии с изменением свойств почв под влиянием рекреации выполнение почвами экологических функций и экосистемных сервисов будет изменяться.

Сформированная в настоящее время концепция экосистемных услуг (сервисов) предполагает регулирование деятельности человека с помощью экономических механизмов, одним из которых является стоимостная оценка природных ресурсов и экосистемных услуг. Экосистемные услуги (ЭУ) — это экономические выгоды для потребителей, представленные тремя категориями: обеспечивающие — материальные продукты, получаемые от экосистем (пища, топливо, генетические ресурсы и т. д.); регулирующие — выгоды от регулирования экосистемных процессов (состояние климата, атмосферы и т. д.); социально-культурные — нематериальные выгоды (эстетические, образовательные, культурное наследие и т. д.) [CICES, 2013].

В настоящее время нет единой методологии и подхода к оценке ЭУ, а использование существующих, дает результаты, которые по некоторым услугам разнятся в десятки раз. Набор ЭУ тоже используется ограниченно. Определение ценности природных парков в большинстве случаев сводится к оценке растительного сообщества, другие компоненты ландшафта остаются без внимания. Прежде всего, этот недостаток проявляется в отсутствии оценки вклада почв, которые отвечают за реализацию широкого набора экосистемных услуг и, в отличие от растительности, являются невозобновляемым природным ресурсом. Поэтому особое значение приобретает информация о состоянии лесных экосистем и их компонентов при разной рекреационной нагрузке, необходимая для прогнозирования динамики рекреационных лесов и выбора оптимального управления.

Цель исследования — выбор свойств почв и их экологических функций для оценки экосистемных услуг почв лесопарковой территории в зоне влияния рекреации. Исследования проводились в природно-историческом парке «Битцевский лес» г. Москвы. В качестве объекта исследования выбран дубово-липовый лесной массив усадьбы Узкое (квартал 7) на среднесуглинистых дерново-подзолистых почвах на покровных суглинках [Кузнецов и др., 2014; Семенюк и др., 2019]. Пробные площадки выделены на ненарушенных участках (условный фон) и на 3 стадии дигрессии, так как при ней наблюдается переход БГЦ в иную ситуацию [Шапочкин и др., 2003]. Доля дорожно-тропиночной сети составляет 10 %. Образцы почв и подстилок отбирались на доминирующих средневывраженных тропинках (шириной 50–80 см) и притропиночных зо-

нах в полосе шириной 100 см [Шапочкин и др., 2003]. Разработка подхода проводилась на основе данных, представленных в работах В. А. Кузнецова с соавт. (2014). Рассчитывались средневзвешенные значения почвенных свойств для общей площади влияния рекреации, а так же с использованием предложенного авторами ранее метода оценки стоимости ЭУ, основанных на ассоциации с экологическими функциями почв, экологического состояния почв и экосистемных услуг [Семенюк и др., 2019].

Экологическое состояние почв оценивали по методике М. Н. Строгановой с соавт. (2003). Из предложенных для оценки 18 параметров почв выбраны 11 (табл. 1). С учетом изменения соответствующего свойства относительно оптимальных его значений рассчитаны частные коэффициенты, которые служат показателем деградации отдельного свойства почв и использовались при экономической оценке отдельных ЭУ лесопарка (табл. 2). Ухудшение экологического состояния почв приводит к снижению эффективности их функционирования, что определяет снижение стоимости экосистемных сервисов.

Расчет экономической стоимости ЭУ проводится с использованием ряда подходов, из которых наиболее активно используется метод рыночных цен. Последние значительно изменяются со временем, и в этом случае наиболее оптимальным решением может быть использование коэффициентов, отражающих различие между оцениваемыми объектами.

Таблица 1. Свойства почв лесопарка «Битцевский лес» на фоновой территории (1) и рекреационных зонах (2)

	Параметры почвы	Значение параметра	
		1	2
1	Численность почвенной мезофауны в слое 0–20 см, экз/м ²	470	300
2	Разнообразие почвенной мезофауны (индекс Шеннона),ед	3,47	2,81
3	Плотность сложения в слое 0–10 см, г/см ³	1,05	1,21
4	Водопроницаемость с поверхности, м/сут	110	45
5	Гранулометрический состав. % физической глины	23	32
6	Запасы гумуса в слое 0–20 см, т/га	71	65
7	Содержание тяжелых металлов (по СПК, ед)**	6,6	6,6
8	Величина рН в слое 0–10 см, ед	4,96	5,24
9	Величина электропроводности в слое 0–10 см мСм\см	0,14	0,17
10	Запасы подстилки (г/м ²)	1555	917
11	Мощность органогенной толщи, см	27	21

**Таблица 2. Экосистемные функции, почвенные свойства
и экосистемные услуги почв парка «Битцевский лес»
на фоновой территории (1) и рекреационных зонах (2)**

Экологические функции	Ранги экосистемных услуг	Почвенные свойства	Экологический показатель (ЭП) отдельного почвенного свойства, балл		Снижение ЭП, разы
			1	2	
Секция ЭУ: обеспечивающие услуги, дивизион — материалы					
Среда обитания, регуляция состава, структуры БГЦ	Биомасса Генетический материал почвенной биоты	Численность, почвенных беспозвоночных Разнообразие	5	3	1,7
			5	3	1,7
Секция ЭУ: регулирующие услуги и устойчивость, дивизион — потоки					
Защита от эрозии	Устойчивость масс вещества и контроль уровня эрозии	Запасы подстилки Гранулометрический состав Водопроницаемость	7,5	4,5	1,7
			5	4	1,3
			4	3	1,3
Секция: регулирующие услуги и устойчивость, дивизион — поддержание физических, химических, биологических условий					
Буферный и защитный барьер	Фильтрация и аккумуляция химических элементов	Запасы гумуса в слое 0–20 см Величина pH Величина ЕС Содержание тяжелых металлов Плотность слоения	7,5	6	1,3
			3	3	1
			7,5	7,5	1
			5	5	1
			5	4	1,3
Аккумуляция и трансформация вещества и энергии, почвенное плодородие	Процессы выветривания, процессы почвообразования	Свойства, ответственные за формирование почвенного профиля (мощность гумусированной толщи)	7,5	6	1,3

Для условного фона и нарушенных рекреацией участков показатели экологического состояния таких свойств почв как величина рН, ЕС и содержание тяжелых металлов аналогичны, как и регулирующие услуги, с которыми они ассоциированы (см. табл. 2). К свойствам, для которых отмечено ухудшение экологического состояния (в 1,3 раза), относятся: гранулометрический состав, водопроницаемость, плотность сложения, запасы гумуса в слое 0–20 и мощность гумусированного слоя, влияя в той же мере на снижение стоимости регулирующих ЭУ. Максимальные изменения (в 1,7 раза) в условиях рекреации испытывают численность и разнообразие почвенных беспозвоночных и запасы подстилки. Именно эти свойства обеспечивают снижение эффективности выполнения обеспечивающих и регулирующих ЭУ, определяемых почвой, на 70 %.

Необходимо отметить, что для определения некоторых почвенных свойств требуется применение весьма трудоемких и затратных по времени методов, например, оценка биомассы и разнообразия почвенных беспозвоночных. Очевидно, что определение запасов подстилки, которая оказалась не менее информативна при оценке степени изменения экологического состояния почв, удобнее и проще в методическом аспекте. Из большого набора изученных свойств для экспресс оценки можно так же рекомендовать определение плотности сложения. Казалось бы, что это данное предложение отчасти очевидно, но в данном случае именно эти два показателя получили обоснование на основе расчетов и характеризуются достаточно простой методики их определения.

Полученные материалы широкого спектра основных почвенных свойств условного фона и рекреационных участков показывают, что в целом не отмечается весьма существенных изменений в экологическом состоянии почв, и соответственно снижения эффективности реализации их ЭУ. По-видимому, одно из классических решений снижения стихийной рекреации — регулирование трафика и прокладка сети дорожек из плитки или иных материалов приводит к большему усечению экологических функций парковых территорий. Такая дорожная сеть представлена запечатанными почвами, которые практически не выполняют свои экологические функции, что резко снижает стоимость услуг парковых экосистем. Возможно использование настилов на сваях, но, по-видимому, широкое их применение не совсем рационально. Неким компромиссным решением может быть использование дорожек, где для верхнего слоя используется гравийная или другие виды отсыпок. Такие конструкции могут задерживать некоторое количество ор-

ганического вещества, поступающего с латеральным переносом, являются местообитанием микроорганизмов, характеризуются небольшой эмиссией углекислого газа [Семенюк и др., 2013], выполняя ряд функций, типичных для почвенных тел, что особенно актуально для особо охраняемых природных территорий.

ЛИТЕРАТУРА

- Казанская Н. С., Ларина В. В., Марфенин Н. Н. Рекреационные леса. М.: Лесн. пром., 1977. 96 с.
- Кузнецов В. А., Стома Г. В., Бодров К. С. Состояние сообщества мезопедобионтов в московских лесопарках как индикатор рекреационной нагрузки и формирования импактных зон вдоль тропинок // Вест. Моск. ун-та. Сер. Почвоведение. 2014. № 1. С. 44–52.
- Кузнецов В. А., Рыжова И. М., Стома Г. В. Изменение свойств почв лесопарков Москвы при высоком уровне рекреационной нагрузки // Почвоведение. 2017. № 10. С. 1270–1281
- Почва, город, экология // Отв. ред. В. Добровольский. М.: Фонд «за экономическую грамотность», 1997. 320 с.
- Рысин Л. П., Рысин С. Л. Урболесоведением. М.: Товарищество научных изданий, КМК, 2012. 240 с.
- Семенюк О. В., Ильяшенко М. А., Бобрик А. Д. Биоиндикация парковых почв усадебного комплекса Архангельское // Проблемы агрохимии и экологии. 2013, № 3. С. 35–39.
- Семенюк О. В., Бодров К. С., Стома Г. В., Яковлев А. С. Оценка стоимости экосистемных услуг природного парка «Битцевский лес» // Вест. Моск. ун-та. Серия: Почвоведение. 2019. № 3. С. 23–30.
- Строганова М. Н., Прокофьева Т. В., Прохоров А. Н. и др. Экологическое состояние городских почв и стоимостная оценка земель // Почвоведение. 2003. № 7. С. 867–875.
- Шапочкин М. С., Кисилева В. В. и др. Комплексная методика изучения влияния рекреации на экосистемы городских и пригородных лесов. Научные труды Национального парка «Лосиный остров», М. 2003, Вып. 1. С. 12–28.
- Common International Classification of Ecosystem Services (CICES). 2013. <https://cices.eu>.