

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИИ НА ЭМИССИЮ CO₂ С ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ВАЛДАЙСКИЙ»

А.К. Юзбеков, В.В. Тимошенко

Кафедра общей экологии
МГУ им. М.В. Ломоносова
Ленинские горы, 1, стр. 12, Москва, Россия, 119991

На примере елово-сосновых сообществ национального парка «Валдайский» изучено влияние рекреационной нагрузки на выделение углекислого газа с поверхности почвы. Выявлено статистически достоверное увеличение дыхания почвы в условиях рекреации по сравнению с контрольными постоянными точками учета. Рассмотрена зависимость эмиссии CO₂ с поверхности почвы от экологических факторов: температуры и влажности.

Ключевые слова: рекреация, лесные экосистемы, дыхание почвы, температура, влажность.

В последние годы наблюдается интенсивное расширение масштабов лесной рекреации. Дефицит объектов рекреационного назначения создает новый вид антропогенного воздействия — нерегулируемую рекреацию. Это характерно и для большинства рекреационных объектов национального парка «Валдайский», где основная рекреационная нагрузка связана с нерегулируемым посещением парка туристами и отдыхающими.

Известно, что рекреация оказывает влияние на все компоненты биогеоценоза: живой напочвенный покров, подрост, древесный ярус, животный мир и почву. При увеличении нагрузок, продолжительности периода их воздействия происходит деградация лесных экосистем и биогеоценозов в целом. Вопросы рекреационного лесопользования всесторонне рассмотрены в многочисленных работах отечественных исследователей [1]. Определены эколого-биологические основы и разработаны приемы рационального использования рекреационных лесов [2]. Негативное влияние рекреации в национальных парках особенно четко прослеживается на структуре и свойствах почвы. Почва уплотняется, изменяется ее структура [3]. Сильное уплотнение почвы создает в корнеобитаемом слое условия близкие к анаэробным, а иногда и полностью анаэробные, что неизбежно отражается на структуре почвенной микрофлоры [4; 5]. Уменьшается или полностью исчезает

лесная подстилка, это приводит к увеличению колебания температур, более сильному промерзанию почвы зимой, уменьшению количества гумуса, угнетению развития травянистых растений [6—10].

Целью настоящей работы являлось исследование влияния рекреации на эмиссию углекислого газа с поверхности дерново-слабоподзолистых почв в лесных экосистемах национального парка «Валдайский». Отмеченный интерес определяется возможной связью через парниковый эффект заметного повышения концентрации углекислого газа в атмосфере.

Объекты и методы. Исследования проводили в национальном парке «Валдайский» (центр отдыха «Северное сияние»). Парк расположен на юго-востоке Новгородской области и входит во всемирную сеть биосферных резерватов программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера».

Протяженность парка с севера на юг — 104 км, с запада на восток — 45 км. Площадь парка—158 461 га. По природному, историческому, эстетическому и рекреационному потенциалу территория парка не имеет аналогов в России. Климат умеренно континентальный с умеренно теплым летом и довольно продолжительной умеренно-холодной зимой.

Средняя годовая температура по данным метеостанции Валдай в 1993—2004 гг. составляла +3,8 °С, средняя температура самого теплого месяца (июля) +17,0 °С, самого холодного (января) –9,3 °С; продолжительность безморозного периода — 128 дней. Климат в целом характеризуется избыточным увлажнением: годовая сумма осадков за 1925—2004 гг. составила примерно 709 мм [11; 12]. С геоморфологической точки зрения территория парка относится к зоне краевых ледниковых образований, где проходила ледниковая аккумуляция. Рельеф представлен в основном тремя типами (моренным, зандровым и камовым) и характеризуется исключительной геоморфологической пестротой, чередованием холмов и гряд с западинами, ложбинами стока и небольшими равнинами [13; 14; 15]. Характерной особенностью территории парка является значительное число водных объектов (озер, рек, ручьев), площадь акватории составляет около 9% площади парка. В почвенном покрове парка преобладают дерново-слабоподзолистые почвы, для которых в данном регионе характерны относительная обогащенность первичными минералами и в зависимости от почвообразующих пород — остаточная карбонатность; на заболоченных участках — торфяно-болотные [16]. Особенностью данной территории является формирование бурых псевдоподзолистых почв под еловыми лесами, в травяном покрове которых преобладают неморальные виды.

Большая часть территории парка покрыта лесами (85% территории парка). Если классифицировать лесные сообщества парка не по доминантам, а исходя из всего флористического состава, они образуют четыре основные группы: бореальные леса (сосновые, еловые и смешанные зеленомошные леса), незаболоченные флористически богатые, т.н. неморальные леса (богатые ельники, т.е. леса с участием неморальных видов в травяном покрове, дубравы, осинники, сероольшаники), заболоченные флористически богатые леса (заболоченные ельники и бе-

резняки, черноольшаники), флористически бедные заболоченные березняки и сосняки на сфагновых болотах [16; 17; 18].

В настоящее время преобладающим антропогенным фактором в парке является рекреация. Ежегодно парк посещают более 60 тыс. человек. Единовременная рекреационная емкость составляет около 19 тыс. человек летом и 4 тыс. — зимой. Центр отдыха «Северное сияние» — небольшой пансионат на территории парка с единовременной рекреационной емкостью 115 человек зимой и 150 — летом; координаты — 58,01172° с.ш. и 33,34540° в.д., преобладают елово-сосновые зеленомошные леса.

Поток CO_2 , направленный из почвы в атмосферу, определяли методом закрытых камер [19] как сумму дыхания всех почвенных организмов. Он включал дыхание организмов разлагающих подстилку, но не включал поток CO_2 , поступающий от разложения древесного дебриса. С этой целью закладывали по пять случайно расположенных постоянных точек учета в наиболее представительных биотопах центра отдыха «Северное сияние» с различными стадиями рекреационной дигрессии. Стадии рекреационной дигрессии определяли трансектным методом через процент вытоптанной поверхности напочвенного покрова [20]. К первой стадии относили участки, на которых вытоптанная площадь составляла 5—20%, ко второй — 20—35%, к третьей — 35—50% и к четвертой — более 50%. Контрольные точки учета располагались в ельнике-зеленомошнике с покровным доминированием зеленых мхов. Процент вытоптанной площади на пробных площадях с контрольными точками учета составлял менее 5%.

Каждая из таких постоянных точек учета представляла собой вкопанное на глубину около 15 см пластиковое цилиндрическое поливинилхлоридное основание 12 см в диаметре. Круглый участок почвы с подстилкой, ограниченный каждым основанием, тщательно очищали от наземной растительности, кроме напочвенных мхов и лишайников, дыхание которых в непрозрачной камере было условно отнесено к дыханию подстилки.

Общая схема измерений выглядела следующим образом. На каждое основание поочередно герметично надевалась переносная крышка с присоединенными к ней силиконовыми трубками, которые были присоединены к анализатору закрытого типа LI-6200 (Li-Cor Inc., Lincoln, Небраска, США), любезно предоставленным сотрудниками Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН д.б.н. Д.В. Карелиным и д.б.н. Д.Г. Замолодчиковым. Крышка и основание образовывали замкнутую и непрозрачную для света камеру. CO_2 -газоанализатор начинал прокачивать воздух помпой через эту замкнутую систему после того, как в приборе достигалась концентрация диоксида углерода окружающего воздуха. Далее прибор фиксировал скорость прироста концентрации внутри камеры, по которой в дальнейшем, пользуясь уравнением Клапейрона—Менделеева, рассчитывали величины потоков, используя дополнительные данные по объему, площади камер, температуре и давлению воздуха. Измерения проводили в течение трех-четырех минут на каждом основании. Дополнительно при каждом измерении определяли температуру воздуха на высоте 10 см над почвой, а также темпе-

ратуру и рН почвы в камерах на глубине 0—7 см. Достоверность различий полученных результатов оценивали с использованием критерия Стьюдента при 5%-ном уровне значимости.

Результаты и обсуждение. Исследования, проведенные в спелом елово-сосновом лесном сообществе центра отдыха «Северное сияние», показали, что эмиссия CO₂ с поверхности почвы в условиях рекреации была выше по сравнению с контрольными точками учета. Так, в июне средние значения дыхания почвы в опытных точках учета (рекреация) составляли 4,91 г С м⁻² сут.⁻¹, тогда как в контрольных точках учета — 3,53 г С м⁻² сут.⁻¹ (табл. 1, 2).

Аналогичная закономерность наблюдалась в июле: средние значения эмиссии CO₂ с поверхности почвы в опытных и контрольных вариантах составили 6,14 и 2,24 г С м⁻²сут.⁻¹ соответственно (табл. 1, 2).

Таблица 1

Эмиссия CO₂ с поверхности почвы в атмосферу: рекреация

Дата проведения измерений	Номер постоянной точки учета (рекреация)	Стадия дигрессии	Температура почвы на глубине 10 см, °С	Эмиссия CO ₂ , гСм ⁻² ч ⁻¹	Эмиссия CO ₂ , гСм ⁻² сут ⁻¹	Влажность, %
Июнь	1	IV	10,2	0,12	2,83	Не определялись
	2	III	10,6	0,12	2,85	
	3	III	13,6	0,22	5,21	
	4	IV	14,9	0,36	8,72	
	5	II	12,3	0,21	4,94	
Средние значения			12,2	0,21	4,91	
Июль	1	IV	19,4	0,11	2,57	00,8
	2	III	18,6	0,12	2,98	10,7
	3	III	25,3	0,03	0,79	4,6
	4	IV	23,6	0,79	19,04	24,3
	5	II	22,0	0,23	5,36	21,2
Средние значения			21,8	0,26	6,14	14,5

Таблица 2

Эмиссия CO₂ с поверхности почвы в атмосферу: контроль

Дата проведения измерений	Номер постоянной точки учета (контроль)	Стадия дигрессии	Температура почвы на глубине 10 см, °С	Эмиссия CO ₂ , гСм ⁻² ч ⁻¹	Эмиссия CO ₂ , гСм ⁻² сут ⁻¹	Влажность, %
Июнь	6	< 5	11,0	0,2	4,89	Не определялись
	7		10,4	0,16	3,75	
	8		11,2	0,15	3,52	
	9		11,5	0,13	3,16	
	10		10,6	0,10	2,35	
Средние значения			10,9	0,15	4,91	
Июль	6	< 5	18,3	0,12	2,97	22,0
	7		18,4	0,13	3,22	23,6
	8		18,6	0,05	0,30	11,3
	9		18,6	0,08	1,96	20,1
	10		18,6	0,07	1,75	14,7
Средние значения			18,5	0,26	6,14	18,3

Вероятно, увеличение дыхания почвы в условиях рекреации по сравнению с контрольными точками учета обусловлено как различной степенью дигрессии и уплотненности верхних почвенных горизонтов, так и твердости почвы. Уплотнение почвы нарушает структуру, уменьшает водопроницаемость и меняет воздушный режим. В результате этого в корнеобитаемом слое создаются анаэробные или близкие к ним условия. Нарушаются сложившиеся окислительно-восстановительные процессы, снижается биологическая активность [21].

Известно, что температура и влажность почвы являются наиболее существенными факторами, определяющими скорость деструкции органического вещества и интенсивность дыхания почв [22; 23]. Из таблиц 1 и 2 видно, что в условиях рекреации с увеличением температуры и, как следствие, снижения влажности почвы эмиссия углекислого газа возрастает. Напротив, в контрольных точках учета в этих условиях наблюдается снижение дыхания почвы. Возможно, достоверное увеличение потока углекислого газа из почвы в условиях рекреационного воздействия связано с изменением активности анаэробной микрофлоры почвы: увеличиваются затраты (потребность микробного комплекса в субстрате) на адаптацию [24].

Таким образом, оценка углеродного потока с поверхности почв в условиях рекреационного воздействия является одним из основных задач будущих исследований углеродного баланса лесных сообществ особо охраняемых природных территорий.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Рысин Л.П., Абатуров А.В., Савельева Л.И. и др. Динамика и устойчивость рекреационных лесов. — М.: Т-во научных изданий КМК, 2006.
- [2] Таран И.В. Эколого-биологические основы рекреационного использования лесов Западной Сибири. — Красноярск, 1980.
- [3] Егоров А.Г. Изменение твердости почв прибрежных территорий среднего течения реки Томи в условиях рекреационного воздействия // Современные проблемы науки и образования. — 2010. — № 2. — С. 9—14.
- [4] Большакова В.С. Изменение микрофлоры лесной почвы при нарушении коренного сосняка в лесопарковых условиях // Лесоводственные исследования в Серебряноборском опыном лесничестве. — М.: Наука, 1973. — С. 77—87.
- [5] Егорова С.В., Лаврова В.А. Влияние рекреационного лесопользования на микрофлору и азотфиксирующую активность почв в сосняках // Природные аспекты рекреационного использования леса. — М.: Наука, 1987. — С. 108—125.
- [6] Зеликов В.Д., Пионнова В.Г. Влияние уплотнения почвы на насаждения в лесопарках // Лесное хозяйство. — 1961. — № 12. — С. 34—36.
- [7] Бганцова В.А., Бганцов В.Н., Соколов Л.А. Влияние рекреационного лесопользования на почву. — М.: Наука, 1987. — С. 70—95.
- [8] Соколов Л.А., Шуба С.А. Влияние промерзания и оттаивания на свойства почв в зонах рекреационных нагрузок // Науч. докл. высш. школы. Биол. науки. — 1982. — № 7. — С. 104—110.
- [9] Вахрамеева М.Г. Охрана растительного мира. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988.
- [10] Абрамова Л.И., Игнатов М.С. Мохообразные в условиях рекреационного лесопользования // Влияние рекреации на лесные экосистемы и их компоненты. — Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2004. — С. 177—124.
- [11] Справочник по климату СССР. Вып. 3. — Л.: Гидрометеиздат, 1968.

- [12] Кокорева Л.В., Кузнецова Ю.Н., Шалаева Т.А. Климат Валдая и тенденции его изменения // Исследования природного и историко-культурного комплексов национального парка «Валдайский». — Валдай, 2005. — С. 74—77.
- [13] Геоморфология и четвертичные отложения Северо-Запада европейской части СССР. — Л.: Наука, 1969.
- [14] Паутова И.А., Шмидт В.М., Паутов А.А., Постовалова Г.Г. Высшие водные растения озера Селигер // Вести. ЛГУ. — 1987. — Сер. 3, Вып. 2 (№ 10). — С. 40—44.
- [15] Атласов А.И. Тектонико-геоморфологические особенности района национального парка «Валдайский» // Исследования природного и историко-культурного комплексов национального парка «Валдайский». — Валдай, 2005. — С. 55—57.
- [16] Коротков К.О. Леса Валдая. — М.: Наука, 1991.
- [17] Коротков К.О., Морозова О.В. Леса Валдайского лесничества // Классификация растительности СССР (с использованием флористических критериев) / Под ред. Б.М. Миркина. — М.: Издательство МГУ, 1987. — С. 121—133.
- [18] Морозова О.В., Царевская Н.Г., Белоновская Е.А. Сосудистые растения национального парка «Валдайский» / Под ред. В.С. Новикова. — М.: Изд. Комиссии РАН по сохранению биологического разнообразия и ИПЭЭ РАН, 2010.
- [19] Замолодчиков Д.Г., Карелин Д.В. Организация инструментальных оценок концентраций и потоков CO^o и других парниковых газов между атмосферой и лесными экосистемами умеренного пояса // Научный отчет. — М., 2009.
- [20] ОСТ 56-100-95. Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные комплексы. — М., 1995.
- [21] Бганцова В.А., Соколов Л.А. Влияние рекреационного лесопользования на почву // Природные аспекты рекреационного использования леса. — М.: Наука, 1987.— С. 70—95.
- [22] Swift M.J., Heal O.W., Anderson J.M. Decomposition in terrestrial ecosystems. — Blackwell Scientific Publications, London, 1979.
- [23] Мамаев В.В., Молчанов А.Г. Зависимость выделения CO₂ с поверхности почвы от факторов окружающей среды в дубравах южной лесостепи // Лесоведение. 2004. № 1. — С. 56—67.
- [24] Помазкина Л.В., Соколова Л.Г., Звягинцева Е.Н. Мониторинг трансформации углерода в агроэкосистемах Байкальского региона в зависимости от загрязнения почв фторидами алюминиевого производства и климатических факторов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2010. — Т. 12, № 1. — С. 1049—1053.

THE INFLUENCE OF THE RECREATION ON THE ISSUE CO₂ FROM A SOIL SURFACE AT THE FOREST ECOSYSTEMS OF THE NATIONAL PARK «VALDAISKI»

A.K. Yuzbekov, Y.Y. Timoshenko

Department of General ecology

Faculty of biology

Lomonosov Moscow State University

Leninskie gory, h. 1, MSU, Moscow, Russia, 119991

The influence of recreational loading on allocation of carbonic gas from a soil surface was investigated on the example of forest ecosystems of national park «Valdaiski». The authentic increase in respiration of soil in the conditions of a recreation in comparison with control constant points of the account was revealed statistically. Dependence of issue CO₂ from a surface of soil from ecological factors is considered: temperature and humidity.

Key words: recreation, forest ecosystems, respiration of soil, temperature, humidity.