

ВЛИЯНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ РАСТЕНИЙ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ

А.К. Квиткина¹, Н.С. Смирнов²

¹ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пуцзино, Россия

² Печоро-Ильчский биосферный заповедник, с. Якша, Россия

За последние 25 лет площади лесов в мире сократились с 4128 млн га до 3999 млн га (ФАО, 2016), что чревато исчезновением естественных лесных экосистем и постепенным замещением их на вторичные леса и посадки. Травянистые растения лесного полога влияют на активность микробных сообществ подстилки и верхних горизонтов почвы, регулирующих процессы разложения органического вещества и высвобождения микро- и макроэлементов. При этом влияние биологического разнообразия растений вкупе с содержанием микроэлементов на активность микробной биомассы почвы в естественных лесных экосистемах почти не установлено. Изучение особенностей биологического круговорота естественных лесов, не утративших разнообразие растительного покрова, важно как для оценки запасов и потоков углерода в биосфере, так и для оценки биоразнообразия биосферные функции лесов в комплексе с почвами. Настоящее исследование направлено на установление взаимосвязи между биологической активностью почвы и видовым разнообразием растительного сообщества в уникальных еловых лесах Печоро-Ильчского заповедника, что дополнит знания о роли растительности в микробных процессах.

Цель данного исследования – установить влияние видового разнообразия растительного сообщества на активность микробной биомассы почвы в еловых лесах Печоро-Ильчского заповедника, а также уточнить связи этих показателей с химическими свойствами почв и подстилок.

Печоро-Ильчский заповедник и национальный парк Югыд-ва вместе образуют массив «Девственные леса Коми», объект Всемирного природного и культурного наследия ЮНЕСКО. Еловые леса являются доминирующими и занимают 72 % от покрытой лесом территории заповедника.

Заповедник делится на три части: равнинную, предгорную и горную. Исследования проводились в предгорной части заповедника, в нижнем течении малой реки Большая Порожня (приток р. Печоры), 62–63° с.ш., 58–59° в.д., 250–400 м над ур. м. Особенностью данной территории является то, что на относительно небольшом предгорном участке наблюдается разнообразие очв. Ранее на данной территории исследована типология лесов и выделены 4 секции темнохвойных лесов: высокотравная, зеленомошная, сфагновая, крупнопоротниковая секция. Геоботанические описания, используемые в данной работе, выполнены Смирновым Н.С., Браславской Т.Ю., Квиткиной А.К., Смирновой О.В., описания почвы сделаны Семиколенных А.А. и др. На данных пробных площадях были отобраны образцы почвы и лесной подстилки из межкранового пространства в бореально-высокотравном (3 обр.), мелкотравно-зеленомошном (3 обр.), чернично-зеленомошном (3 обр.), кустарничково-долгомошном (4 обр.) и крупнопоротниковом (3 обр.) пихто-ельнике с кедром и березой (далее в тексте обозначены как «ельники»). Всего отобрано 16 образцов почвы и подстилки из межкранового пространства.

Почву отделяли от подстилки, определяли влажность, рН, а также содержание углерода, азота и микроэлементов в сухом образце. Концентрации химических элементов измеряли рентгенфлуоресцентным методом в пересчете на MgO, P₂O₅, Al₂O₃, K₂O, CaO, TiO₂, MnO, Fe₂O₃, а также S. Во влажных образцах верхнего слоя почвы 0–5 см в лабораторных условиях определяли микробное дыхание (базальное дыхание почв) и микробную биомассу. Для этого влажную почву предварительно инкубировали при 22 °С. Концентрацию углекислого газа измеряли на газовом хроматографе «Кристаллюкс-4000». Скорость выделения углекислого газа почвенными микроорганизмами определяли по формуле:

$$R = (\%CO_2\text{почв.} - \%CO_2\text{возд.}) \times V \times 12 \times 60 / 1000 / 100 / 22,4 / m / t, \quad (1)$$

где R – скорость базального дыхания, мкг С/(г почвы×час); %CO₂ – концентрация углекислого газа во флаконе, %; V – объем флакона, мл; m – масса абсолютно сухой почвы, г; t – время накопления CO₂, мин. Микробную биомассу определяли методом субстрат-индуцированного дыхания (СИД, мкг С/(г почвы×час)), которое рассчитывали по формуле (1), измеряя выделение CO₂ после внесения раствора глюкозы 10 мкг/г сухой почвы. Микробную биомассу (Смик, углерод микробной биомассы, мкг/г сухой почвы), рассчитывали по формуле: Смик = 56×СИД + 0,37.

Измерения образцов проведены в трех аналитических повторностях. Расчеты проведены в Excel и STATISTICA, далее указаны средние значения и ошибки среднего. Геоботанических данных обработаны с помощью программы PC-ORD методом NMS.

Результаты. Всего на исследуемой территории было обнаружено 111 видов растений, относящихся к ярусам А, В, С, D (древесный ярус, второй ярус, травянистый ярус, моховой покров). Видовое разнообразие снижалось в ряду: бореально-высокотравное, мелкотравно-зеленомошное, кустарничково-долгомошное, чернично-зеленомошное, крупнопоротниковое сообщество. Среднее число видов на данных площадках (с учетом ярусов А, В, С, D): 54,3–34,0–30,3–27,0–24,7. Для травянистого яруса (С) на данных площадках: 37,7–23,3–20,5–20,5–14,0. При этом только бореальное высокотравье достоверно отличалось от всех высокой видовой насыщенностью, отличия между остальными сообществами на уровне тенденций.

Показатели биологической активности почв характеризовали высокую степень разнородности естественных участков. Микробное дыхание между сообществами не различалось и варьировало от $1,73 \pm 0,7$ мкг С/г почвы в час в кустарничково-долгомошном сообществе до $1,1 \pm 0,5$ мкг С/г почвы в час в крупнопоротниковом сообществе.

Микробная биомасса выявила тенденцию снижения в ряду: мелкотравно-зеленомошный (796 ± 181) \geq бореально-высокотравный (779 ± 154) $>$ кустарничково-долгомошный (508 ± 129) $>$ чернично-зеленомошный (489 ± 106) $>$ крупнопоротниковый ельник (372 ± 92) мкг С/г сухой почвы. По мере уменьшения микробной биомассы можно выделить две группы сообществ – высокоактивные: мелкотравно-зеленомошный и бореально-высокотравный ельник, и слабоактивные: кустарничково-долгомошный, чернично-зеленомошный, крупнопоротниковый ельник. При этом зависимости между содержанием органического и микробного углерода в верхнем горизонте почвы разных типов напочвенного покрова хвойных лесов Печоро-Илычского заповедника не обнаружено (таблица 1).

Таблица 1. Химические и биологические свойства верхнего горизонта (0–5 см) почвы

Напочвенный покров	С орг, %	Н общ, %	С/Н	Смик, мкг/г почвы
Бореально-высокотравный	6,24	0,51	14,3	779
Мелкотравно-зеленомошный	3,56	0,24	17,3	796
Кустарничково-долгомошный	4,06	0,22	21,5	508
Чернично-зеленомошный	3,62	0,17	24,8	489
Крупнопоротниковый	3,86	0,26	17,3	372

Обнаружена корреляция между средним содержанием микробной биомассы в почве и видовой насыщенностью как в сообществе, так и отдельно в травянистом ярусе (рис. 1). Наиболее высокой микробной биомассой отличались ельники с наибольшим видовым богатством: бореально-высокотравный и мелкотравно-зеленомошный.

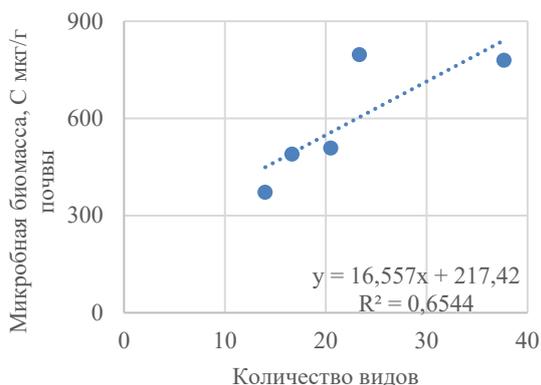


Рис. 1. Связь микробной биомассы с количеством видов растений в ярусе С (n = 5), рассчитанная по средним данным

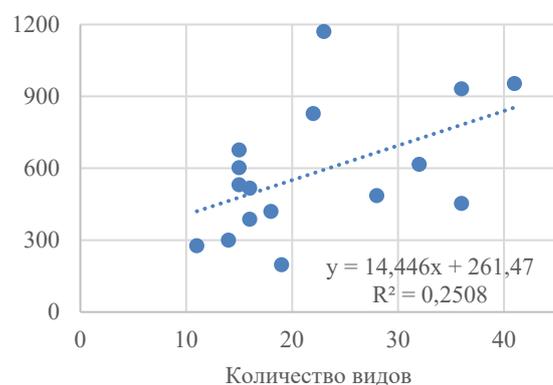


Рис. 2. Связь микробной биомассы с количеством видов растений в ярусе С (n = 16)

Сфагновая секция включала среднее количество видов и характеризовалась средними показателями микробиологической активности. Наиболее низкими значениями содержания микробной биомассы и низким количеством видов отличались крупнопоротниковый и чернично-зеленомошный ельник (рис. 1). Зависимость микробной биомассы от количества травянистых видов в сложных лесных сообществах имеет вид $y = 16,6 \times x + 217$ ($R^2 = 0,65$). Однако такая сильная связь наблюдалась только при сравнении средних величин для сообществ. Корреляция содержания микробной биомассы и числа видов на отдельных площадках ниже ($r^2 = 0,251$) (рис. 2). Зависимость микробной биомассы от числа видов при сравнении не усредненных данных, а отдельных площадок имела вид $y = 14,45 \times x + 261,5$ ($R^2 = 0,251$).

Типы сообществ отличались между собой видовым разнообразием напочвенного покрова, и, как следствие, содержанием элементов в подстилке. В подстилке богатого видами бореально-высокотравного пихто-ельника наблюдали наибольшее содержание кальция, и минимальное содержание кремния. В подстилке бедного видами крупнопоротникового леса было наибольшее содержание Al, Si, K, Ti. В подстилке богатого видами мелкотравно-зеленомошного леса наблюдали максимальное содержание Mg, Mn, Fe и много Ca, K, Al. В подстилке бедного видами долгомошного леса наблюдали довольно большое содержание P и Fe и низкое содержание Mg, Ti. В подстилке бедного видами чернично-зеленомошного леса наблюдали наименьшее содержание Fe, Ti, K, Si, Al, Mg.

Во всех пяти изученных сообществах наблюдалось накопление серы, фосфора, кальция преимущественно в подстилке по сравнению с почвой. В тоже время в почве, по сравнению с подстилкой, наблюдалось накопление магния, алюминия, кремния, титана, калия и железа. Преобладание содержания марганца в почве или подстилке зависело от типа растительного сообщества. В бореально-высокотравном пихто-ельнике содержание марганца в почве в 2 раза превышало его содержание в подстилке. В крупнопоротниковом лесу содержание марганца преобладало то в подстилке, то в почве. В других типах леса содержание марганца в подстилке преобладало над почвой. Наибольшее содержание серы, фосфора, кальция и магния в почве характерно для бореально-высокотравного сообщества. В подстилке эти различия, в основном, сохраняются. Наименьшее содержание S, P, K в почве характерно для чернично-зеленомошного и мелкотравно-зеленомошного леса. Наибольшее содержание кремния и титана, и наименьшее содержание железа в почве характерно для чернично-зеленомошного сообщества. Наибольшее содержание алюминия, калия, железа наблюдалось в почве крупнопоротниковой секции.

Выводы. Результаты анализа показали наличие положительной корреляции между видовым богатством растительного сообщества и показателями микробной активности почвы. Наименьшие значения базального дыхания и содержания микробной биомассы были зафиксированы в крупнопоротниковой секции, характеризующейся низким видовым разнообразием. В то же время наивысшие значения микробной биомассы и дыхательной активности были зарегистрированы в бореально-высокотравной и мелкотравно-зеленомошной подсекциях, обладающих максимальным видовым богатством. Интересно, что зеленомошная секция делилась на высокоактивную мелкотравно-зеленомошную и низкоактивную кустарничково-зеленомошную подсекции, показывающие схожие биологические активности с кустарничково-долгомошной.

Микробная активность была приурочена к увеличению pH и накоплению Ca, Mg, S, P и снижению содержания Si, Ti как в лесной подстилке, так и в почве.

В ходе исследования было установлено, что биологическая активность микробной биомассы верхней части почвы в еловых лесах Печоро-Ильчского заповедника снижается с уменьшением видового разнообразия растительного сообщества и увеличивается с его возрастанием. Эти результаты подтверждают гипотезу о том, что высокое видовое разнообразие способствует улучшению микробной активности, тем самым играя важную роль в поддержании экосистемных процессов. Результаты работы могут быть полезны для дальнейших исследований в области экологии и охраны окружающей среды, а также для повышения эффективности управления природными ресурсами.

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (рег. № 123030300031–6).

Литература

Бобкова К.С., Галенко Э.П., Загирова С.В., Патов А.И. Сенькина С.Н., Машика А.В. Коренные еловые леса предгорного ландшафтного района Печоро-Ильчского заповедника // Труды Печоро-Ильчского заповедника. Сыктывкар. 2005. Вып. 14. С. 19–24.

Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М.: Наука, 2004. Кн.1. 479 с.; Кн. 2. 575 с.

Луговая Д.Л., Смирнова О.В., Запрудина М.В. и др. Микромозаичная организация и фитомасса напочвенного покрова в основных типах темнохвойных лесов Печоро-Ильчского заповедника // Экология. № 1. 2013.С. 3–10.

Семиколенных А.А., Бовкунов А.Д., Алейников А.А. Почвы и почвенный покров таежного пояса Северного Урала (верховья реки Печора) // Почвоведение. 2013. № 8. С. 911–923.

Смирнов Н.С. Типологическое и видовое разнообразие темнохвойных лесов нижнего течения реки Б. Порожня (приток р. Печоры, Печоро-Ильчский заповедник) // Экология. 2013. № 1. С. 30–38.

Смирнова О.В., Алейников А.А., Смирнов Н.С., Луговая Д.Л. Пионовая тайга // Природа. 2014. № 2. С. 54–63.
