

УДК 630*114.68:630*43

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МИКРОБОЦЕНОЗОВ ПОЧВ СОСНЯКОВ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ
СРЕДНЕЙ СИБИРИ ПОСЛЕ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ВЫЖИГАНИЙ¹**

А.В. Богородская, Н.Д. Сорокин*

Изучен количественный и качественный состав различных эколого-трофических групп микроорганизмов, микробная биомасса и базальное дыхание почв сосняков лишайниково-зеленомошных средней тайги Средней Сибири после контролируемых выжиганий разной интенсивности. Установлено, что пожары независимо от их интенсивности в первый год оказывают негативное влияние на структуру и функциональную активность микробных комплексов подзолистых почв. На второй и третий послепожарные годы после огня низкой интенсивности наметился процесс стабилизации микробных комплексов почв сосняков, а после огня высокой интенсивности увеличилась численность почти всех групп микроорганизмов при доминировании аммонифицирующих бактерий, что говорит о начальном этапе восстановления процессов трансформации азота в почве. Высокие значения микробных метаболических коэффициентов свидетельствовали о значительном нарушении экофизиологического состояния почв после пожара высокой интенсивности. Пожары слабой интенсивности не оказывали большого негативного влияния на почвенно-биологические процессы, а способствовали повышению функциональной активности микроорганизмов, улучшая гидротермические и трофические условия почв.

Пожары в бореальных лесах - постоянно действующий природный фактор, нарушающий естественное равновесие между отдельными компонентами биогеоценоза, часто определяющий тип растительности и динамику растительных ассоциаций [1]. Почва как неотъемлемая составная часть лесного сообщества также испытывает на себе разностороннее влияние пожаров. Известно, что пожары меняют гидротермические и трофические условия почв [2-4], а значит, микробиологические и биохимические процессы в почвах [4-6]. Изменения в почвах, происходящие после пожаров, в значительной степени зависят от их интенсивности [7-8]. Однако существует мало исследований, касающихся влиянию пожаров разной интенсивности на почвенные микробоценозы [9-14]. Поэтому цель нашего исследования состояла в том, чтобы изучить структуру и активность микробоценозов почв сразу после контролируемых выжиганий разной интенсивности и проследить послепожарную динамику функционального состояния микробных комплексов почв, что позволит прогнозировать скорость и направленность процессов дальнейшего лесовосстановления.

Объекты и методы

Территория района исследований расположена на Сымской равнине, которая является дренированным участком восточной окраины Западно-Сибирской равнины. Климат этой зоны прохладный и влажный. Среднегодовая температура от минус 3.2 до минус 5.7 °С. Безморозный период - 86-107 дней. Годовая сумма осадков - 450-500 мм [15].

Наибольшее количество осадков приходится на летние месяцы, тем не менее, засушливые периоды здесь часты, что обуславливает горимость лесов в летний период. Крупные пожары в это время года много-

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ (04-04-49384), РФФИ-Енисей (05-04-97703).

* © А.В. Богородская (microlab@forest.akadem.ru), Н.Д. Сорокин, Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, 2005.

численны, и горимость лесов определяется как высокая. Общая лесистость составляет 73 %, заболоченность - 27 %. На сосновые леса приходится 42.5 % лесопокрытой площади [15].

Сосняк кустарничково-лишайниково-зеленомошный, где проводились экспериментальные выжигания, расположен на правом берегу р. Тогулан (в 25 км от ее устья), впадающей в р. Енисей в его среднем течении. Он произрастает на острове, окруженном болотом, и представляет собой низкую гриву, слегка возвышающую в центре, абсолютная высота которой над уровнем моря не превышает 60 м. Древостой разновозрастный, состав 10С, IV-V класса бонитета, со средним диаметром 30-35 см и высотой 22 м. Состав подроста - 10С, разновозрастный, высотой до 0.5 м. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса от 15-20 до 40 %, высота 20-35 см. Доминируют кустарнички: в более дренированных экотопах преобладает брусника (*Vaccinium vitis idaea* L.), в мезотрофных - черника (*V. myrtillus*), на участках с повышенным увлажнением - багульник (*Ledum palustre* L.), в переувлажненных - болотные кустарнички [16].

Почвенный покров представлен иллювиально-железистым песчаным подзолом на аллювиальном мелкозернистом бескарбонатном песке [17]. Почва характеризуется высокой кислотностью, низким содержанием гумуса (до 0.5 %) и малодоступными формами элементов питания, что выражается в большой величине показателя C:N. Крайне малое содержание физической глины обуславливает низкую емкость поглощения подзола, что способствует быстрому перемещению вниз по профилю продуктов почвообразования. Содержание обменных оснований (Ca и Mg) и подвижного фосфора (P_2O_5) в профиле наряду с другими показателями свидетельствует о низкой трофности почв [9].

На двух практически одинаковых по условиям местообитания и структуре напочвенного покрова пробных площадях (ПП) (200×200 м) в сосняке кустарничково-лишайниково-зеленомошном в 2000 г. проведены эксперименты по моделированию поведения пожаров, представляющие контролируемые выжигания разной интенсивности. На одной из них (ПП 13) моделировали пожар низкой, а на другой (ПП 14) - высокой интенсивности.

Изучали количественный и качественный состав различных эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭКТГМ) общепринятыми методиками [18]. Идентификацию культур микроорганизмов осуществляли с использованием определителей [19, 20]. Содержание микробной биомассы (МБ) определяли методом субстрат-индуцированного дыхания [21]. Базальное дыхание (БД) исследовали по скорости выделения CO_2 почвой за 4-5 суток ее инкубирования при температуре 22°C и 60 % ПВ. Анализ проб воздуха проводили с использованием газового хроматографа (ЛХМ80). Микробный метаболический коэффициент рассчитывали как отношение скорости базального дыхания к микробной биомассе [22].

Почвенные образцы для микробиологического анализа отбирали в течение суток сразу после экспериментальных пожаров и в последующие годы. Отбор проводили в середине вегетационного периода.

Статистическую обработку данных выполняли в Microsoft Excel 2000.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Эколого-микробиологический анализ подзолистых почв изучаемых сосняков показывает, что почвы характеризуются низкой трофностью, кислой реакцией среды (рН подстилки 3.2-3.8; почвы 4.8-5.3), мало мощным профилем, что отражается в их невысокой биогенности. Среди основных ЭКТГМ отмечено низкое содержание целлюлозоразрушающих и утилизирующих органический азот бактерий. Микробные комплексы почв и подстилок характеризуются значительным количеством грибной микрофлоры, представленной преимущественно родами *Penicillium*, *Mucor*, *Cladosporium*, *Dematium* и *Trichoderma*; слабым развитием актиномицетов и преобладанием олиготрофных форм (табл. 1). В бактериальных комплексах больше неспороносных видов. Активность минерализационных процессов в верхнем слое почв обусловлена преобладанием численности микроорганизмов, утилизирующих минеральные формы азота, над численностью аммонификаторов и подтверждается величиной коэффициентов микробиологической минерализации, которые превышают 1.

Пожары не зависимо от интенсивности приводили к гибели мохово-лишайникового покрова. При пожаре слабой интенсивности сгорал верхний слой подстилки, и повреждения травяно-кустарничкового яруса были незначительны. Высокоинтенсивный пожар, при котором сильно повреждался эдификатор, приводил к выгоранию большей части подстилки (особенно в лишайниковых синузиях) и значительному нарушению живого напочвенного покрова. Внешним признаком прохождения ПП 14 огнем высокой интенсивности являлся эффект "раздевания древостоев", когда на деревьях слетает кора и оголяются стволы в результате сильно-теплого удара.

Анализ состояния микробоценозов подстилок и почв сразу после пожаров показывает, что происходят изменения численности и структуры микроорганизмов азотно-углеродного цикла, которые реагируют на интенсивность пожара в большей степени (табл. 1). Максимальны нарушения в микробных комплексах подстилок и почв после пожара высокой интенсивности на ПП 14. Здесь достоверно снижена численность всех ЭКТГМ, в составе микробных ассоциаций практически исчезает вегетативный мицелий грибов, в почве преобладают спороносные формы микроорганизмов. Выгорание напочвенного покрова приводит к обеднению почвы доступным для разложения органическим веществом. Как следствие, наблюдается значительное сни-

жение численности аммонификаторов и целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Повышается олиготрофность почв в отношении азота. Исчезновение мицелия микроскопических грибов в подстилке и верхнем (0-10 см) слое почвы сопровождается снижением их численности в нижележащем почвенном горизонте (10-20 см), что связано со снижением гидролитической кислотности подзолистого горизонта и уменьшением его влажности вследствие действия огня.

Таблица 1

Численность азотмобилизующих микроорганизмов в тыс. КОЕ/г абсолютно сухой почвы и коэффициенты минерализации и олиготрофности почв в первый год после пожаров разной интенсивности

ПП, год проведения выжигания	Почвенный горизонт и глубина взятия образца, см	Аммонификаторы	Прото-трофы	КАА/МПА	Грибы	Олиготрофы	ПА/МПА
Зеленомошная синузия							
14 2000 г.	A0	32±3	36±3	1.10	5±0.5	37±3	1.20
	9-15	39±4	46±5	1.10	44±4	170±12	4.30
	14-30	18±2	26±2	1.40	10±2	74±4	4.10
13 2000 г.	A0	67±4	72±8	1.10	26±4	211±21	3.10
	9-15	27±4	46±5	1.70	37±5	250±25	9.20
	14-30	14±3	18±1	1.20	-	22±4	1.50
Контроль 2000 г.	A0	984±81	1406±95	1.40	1848±96	2137±104	2.20
	A1 (0-10)	477±87	496±74	1.20	846±21	721±91	1.90
	A2 (10-20)	25±3	30±4	1.20	34±4	41±10	2.80
Лишайниковая синузия							
14 2000 г.	A0	27±4	38±4	1.41	5±0,4	94±10	3.48
	9-15	28±3	42±4	1.51	20±3	210±21	7.50
	14-30	9±2	10±0.9	1.10	0	20±2	2.22
13 2000 г.	A0	54±10	74±7	1.41	20±4	180±20	3.33
	9-15	21±4	41±4	1.90	16±4	206±22	9.81
	14-30	-	6±0.7	-	-	15±2	-
Контроль 2000 г.	A0	519±70	722±70	1.40	1167±30	1244±116	2.11
	A1 (0-10)	212±41	407±57	1.92	657±89	596±37	2.10
	A2 (10-20)	17±2	24±3	1.42	44±8	31±4	2.65

Для почв после пожара низкой интенсивности на участке 13 характерны те же общие тенденции изменения структуры микробных комплексов, что и после пожара высокой интенсивности, но численность основных ЭКТГМ на диагностических средах выше в 2 раза, чем при пожаре высокой интенсивности (табл. 1).

Следует отметить, что микрофлора почвы под лишайниковой синузией испытывает большее воздействие пирогенного фактора, чем почва под моховой синузией, что, очевидно, связано с лучшим прогоранием лишайника вследствие его меньшей влажности. Это согласуется с данными по содержанию органического вещества в почвах после пожаров.

В результате пожаров происходит обеднение качественного состава микрофлоры. В микробных комплексах преобладают бактерии рода *Pseudomonas*: *P. desmolyticum*, *P. licuida*. Среди спорообразующих форм доминируют виды: *Bacillus cereus*, *B. mycoides*, *B. mucelogenosus*. В составе микроскопических грибов наиболее часто встречаются *Penicillium*, *Mucor*, *Dematium*, дрожжи рода *Lypomyces*.

В почвах, не подверженных влиянию огня, помимо указанных выше микроорганизмов, встречаются следующие виды: *Pseudomonas. herbicola*, *P. licuefaciens*, спорообразующие формы *Bacillus idosus*, *B. filaris*, *B. virgulus*; среди грибов, как правило, присутствует *Trichoderma*.

Годовая динамика структуры и численности ЭКТГМ и их соотношение как показатель физиологической адаптации почв после пожаров разной интенсивности позволит проследить этапы направленности микробиологических процессов трансформации азота и углерода в почве, что приведет к пониманию скорости процессов послепожарного лесовосстановления.

Так, если после пожара высокой интенсивности в 2000 г. наблюдалось значительное снижение микробиологических процессов деструкции органики в почве, то уже через 2 года отмечается возрастание численности микроорганизмов азотно-углеродного цикла (рис. 1). В подстилках как зеленомошных, так и лишайниковых синузий на ПП 14 в 2002 г. наблюдается резкое повышение численности аммонификаторов и олиготрофов при низкой минерализации органических соединений почвы. Преобладание аммонификаторов в группировке почвенных микроорганизмов свидетельствует о поступлении большого количества органики за счет опада хвои, веточек и обогащения почвы зольными элементами. Поступление с золой в подстилку после пожара высокой интенсивности большого количества щелочных продуктов пиролиза обуславливает снижение кислотности подстилки и обогащает почву подвижными соединениями фосфора, калия и аммонийного азота [23-24].

В верхнем органогенном слое почвы (0-10 см) под моховой синузией количество микроорганизмов контроля существенно выше, по сравнению с опытом. Особенно это касается группы аммонификаторов и олиготрофов - микроорганизмов, развитие которых в значительной степени зависит от присутствия органических веществ. Очевидно, выгорание органики и снижение содержания гумуса в почве моховой синузии привело к депрессии микроорганизмов. Этим же можно объяснить более низкую численность бактерий, утилизирующих органический и минеральный азот, и в слое почвы 10-20 см опытного участка. Выгорание органических веществ в вышележащем горизонте (0-10 см) обеспечивает вымывание элементов питания в нижележащий горизонт. При этом резкое повышение численности олиготрофов как раз свидетельствует о дефиците легкодоступных элементов питания. В почве под лишайниковой синузией, напротив, отмечено повышение численности аммонификаторов при некотором снижении использующих минеральные формы азота микроорганизмов (рис.1).

После пожара низкой интенсивности через 2 года отмечена одинаковая тенденция в подстилках моховых и лишайниковых синузий: численность всех ЭКТГМ на диагностических средах резко снижена (рис.1). Такое уменьшение количества микроорганизмов можно связать с достаточно сильным прогоранием подстилки и, как следствие, значительным снижением органического углерода и азота, который микроорганизмы используют для питания. В то же время, после пожара в подстилке ПП 13 в следующем послепожарном году отмечалось возрастание в 2 раза показателя гидролитической кислотности [9], что здесь оказывало непосредственное влияние на снижение численности гетеротрофных микроорганизмов.

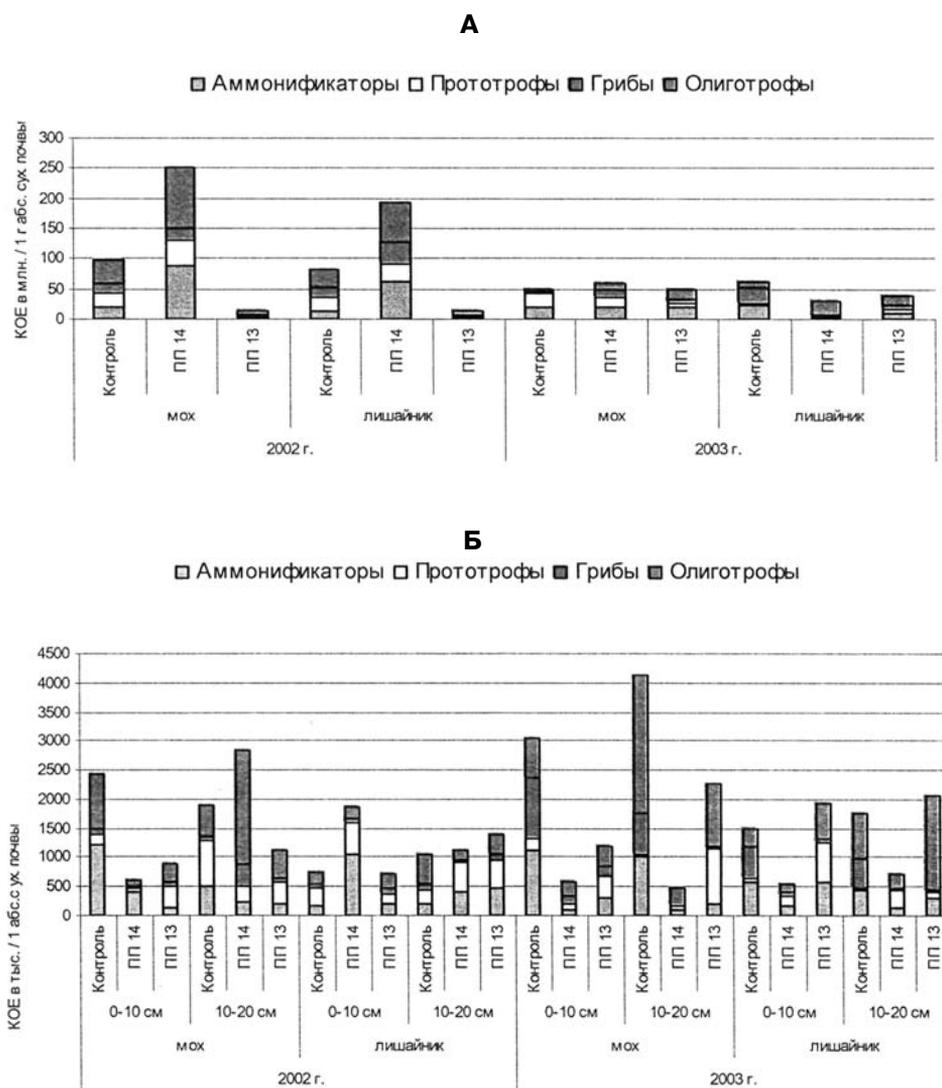


Рис. 1. Структура и послепожарная динамика численности ЭКТГМ в подстилках (А) и почвах (В) сосняков (пос. Ярцево)

Действие пирогенного фактора на ПП 13 проявляется и на почву. Здесь в верхнем слое почвы (0-10 см) численность ЭКТГМ также снижена, однако в почве под моховой синузией возрастает активность микробиологической минерализации, что благоприятно влияет на условия формирования растительного покрова на участке. Однако уже на глубине 10-20 см трудно говорить о каких-либо закономерностях влияния огня на состав и структуру ЭКТГМ.

Через три года после пожаров высокой и низкой интенсивности в подстилках как моховой, так и лишайниковой синузий общая численность микроорганизмов сравнима с контролем. Наблюдается стабилизация комплекса аммонификаторов и микромицетов, тогда как активность микробиологической минерализации в подстилках снижена по сравнению с контролем (рис. 1). Следует отметить и возрастание олиготрофности на третий год после пожаров (особенно это касается подстилки лишайниковой синузии ПП 14), что подтверждается низким содержанием здесь легкогидролизуемого азота. В верхних слоях почвы ПП 13 и 14 отмечено снижение общей численности микроорганизмов, но заметно увеличение активности микробиологической минерализации почвы (особенно для ПП 13), что приводит к накоплению легкогидролизуемого азота и вымыванию его в нижележащие горизонты, оказывая благоприятное влияние на процесс послепожарного лесовозобновления.

В почве после низкоинтенсивного пожара развитие всех ЭКТГМ идет лучше, чем после пожара высокой интенсивности, а в почве лишайниковой синузии даже отмечена более высокая биологическая активность, чем в контроле. Через 3 года после пожаров высокой и низкой интенсивности появляется большее разнообразие в качественном составе микробных группировок. Количество неспорных микроорганизмов теперь преобладает над спорными. Среди аммонифицирующей группировки доминировали представители родов *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Achromobacter*, *Bacillus*, встречались также бактерии рода *Mycobacterium*.

В целом можно отметить стимулирующее действие огня слабой интенсивности на развитие некоторых комплексов микроорганизмов. Усиление минерализации привнесенного органического вещества, в свою очередь, обеспечивает необходимый уровень питания растений и улучшает трофические функции корней. Поэтому вместе с ростом биологической активности и улучшением трофического режима почв при пожарах слабой интенсивности отмечается в целом положительное влияние на лесорастительные условия, что выражается в более активном лесовозобновлении.

К основным характеристикам функционирования микробных популяций помимо численности разных эколого-трофических групп микроорганизмов можно отнести величину микробной биомассы (МБ) и показатель активности функционирования микробоценозов - выделение углекислоты. Взаимосвязь этих показателей позволяет давать оценку состояния микробных комплексов после нарушений [25].

Годовая динамика величины микробной биомассы на ПП 14 после высокоинтенсивного пожара показывает, что в подстилках в 2002 г. эта величина снижается незначительно, в 2003 г. в 3-4 раза ниже контроля, в 2004 г. через 4 года после выжигания в моховой синузии на уровне контроля, а в лишайниковой синузии значительно снижена (рис. 2А). В органогенном слое почвы (0-10 см) содержание МБ уменьшается в 3-10 раз, причем минимальные значения его отмечены в почве под лишайниковой синузией (рис. 2Б). Через два года после пожара низкой интенсивности (ПП 13) содержание МБ в подстилке снижается в 2 раза в моховой синузии и в 3 раза - в лишайниковой, через три года - имеет максимальные значения в обеих синузиях и в последующие послепожарные годы находится на уровне контроля (рис.2А). В верхнем слое почвы на ПП 13 значения МБ снижены в 3 раза на второй год после пожара, а в последующие годы увеличивается и достигает уровня контроля (рис. 2Б).

Скорость базального дыхания наименьшая в пирогенной подстилке ПП 14 в 2002 году, тогда как в почве снижена незначительно (рис. 2). В последующие послепожарные годы на ПП 14 интенсивность БД увеличивалась в пирогенной подстилке, а в почве была низкой, особенно в 2003 г. Через 2 года после пожара низкой интенсивности в подстилке скорость БД снижена, а в последующие годы выше уровня контроля. В верхнем слое почвы на ПП 13 отмечается значительное увеличение интенсивности БД в 2002 г., несколько снижается в 2003 г. и в 2004 г. регистрируется уровень контроля.

В целом величины МБ и БД имели годовую природную вариабельность: наибольшие их значения отмечены в 2003 г. в подстилках обеих синузий и в 2002 г. в почве (рис. 2). Это указывает на взаимосвязь этого процесса с гидротермическими условиями почв [25, 26].

Для оценки функциональной активности микробных комплексов после пирогенеза нами использован микробный метаболический коэффициент (qCO_2), который рассчитывается как отношение базального дыхания к микробной биомассе. Возрастание величины метаболического коэффициента почвы в результате природных или антропогенных воздействий может свидетельствовать об изменении экофизиологического статуса микроорганизмов и, тем самым, быть показателем нарушения в микробном сообществе. По изменению qCO_2 в известной степени можно судить о нарушении гомеостатического состояния почвы [22, 25].

Максимальное увеличение коэффициентов отмечено через 2 года после пожаров, причем в почве на ПП 13 после низкоинтенсивного пожара значение qCO_2 выше чем на ПП 14 (рис. 3). Это можно объяснить тем, что значительное увеличение скорости БД не было связано с увеличением пула микробной биомассы, но, вероятно, отражало интенсивную минерализацию привнесенной в большом количестве не полностью сто-

ревшей органики, продукты пиролиза которой вымываются из подстилки в нижележащие почвенные горизонты [26].

В 2003 г. на обоих участках коэффициенты снижены, а в 2004 г. сравнимы с контролем, отмечено лишь увеличение в 3 раза μCO_2 на ПП 14 в почве под лишайниковой синузией (рис. 3). Следовательно, в целом экофизиологическое состояние микробоценозов почв через 4 года после пожаров восстанавливается, исключая зоны с максимальным воздействием пирогенного фактора.

Таким образом, исследование воздействия пожаров разной интенсивности в среднетаежных сосняках на микробоценозы почв показало, что пожары независимо от их интенсивности в первый год оказывают негативное влияние на структуру и функциональную активность микробных комплексов подзолистых почв. Отмечено снижение численности и биомассы микроорганизмов, обеднение качественного состава, повышение олиготрофности почв в отношении азота. На второй и третий послепожарные годы после огня низкой интенсивности наметился процесс стабилизации микробных комплексов почв сосняков, а после огня высокой интенсивности увеличилась численность почти всех групп микроорганизмов при доминировании аммонифицирующих бактерий, что свидетельствует о начальном этапе восстановления процессов трансформации азота в почве. Высокие значения микробных метаболических коэффициентов свидетельствовали о значительном нарушении экофизиологического состояния почв после пожара высокой интенсивности. Пожары слабой интенсивности не оказывают большого негативного влияния на почвенно-биологические процессы, а способствуют повышению функциональной активности микроорганизмов, улучшая гидротермические и трофические условия почв.

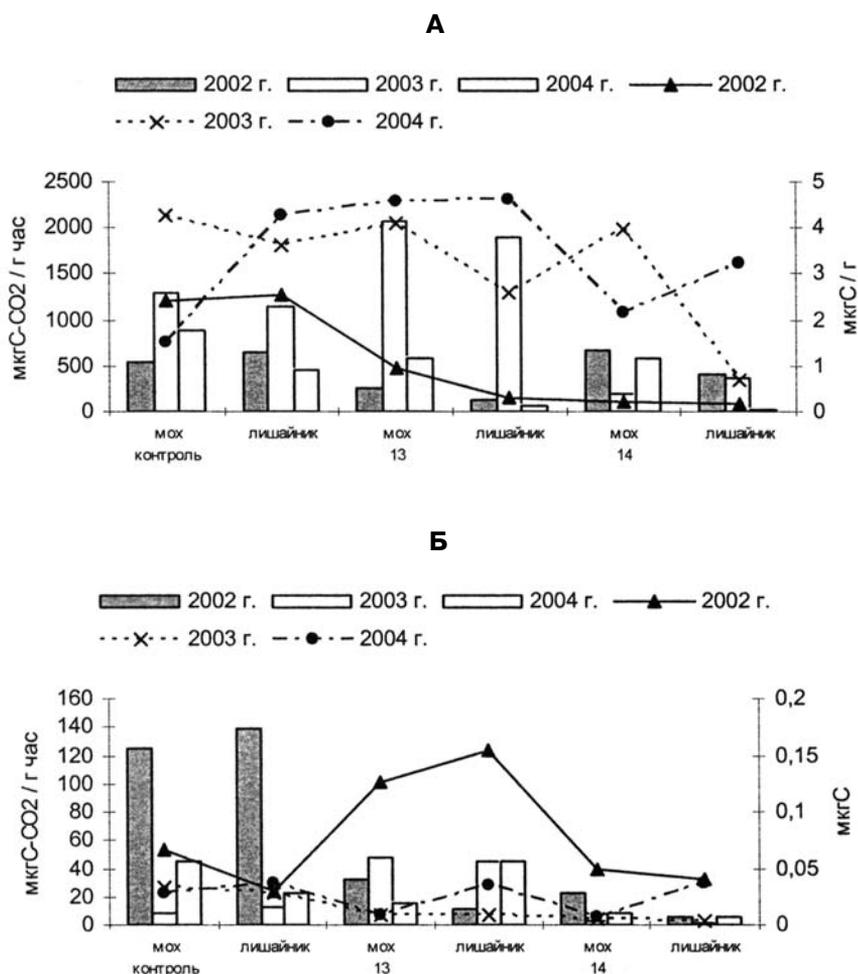


Рис. 2. Послепожарное изменение микробной биомассы и базального дыхания: А - в подстилках; Б - в почвах

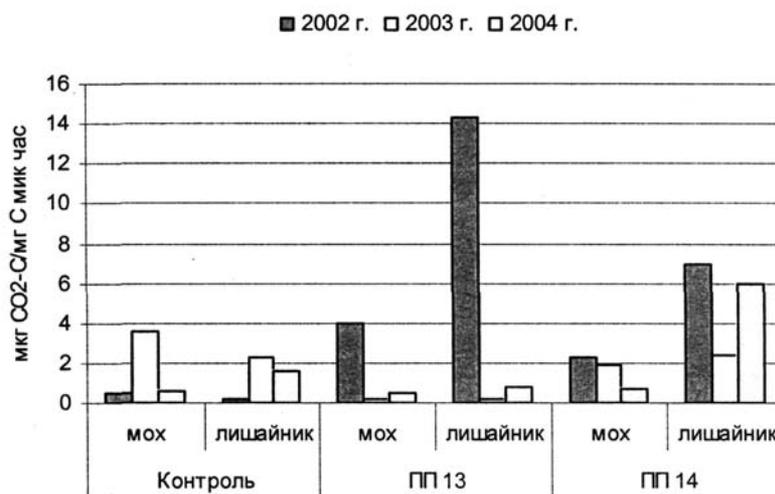


Рис. 3. Микробные метаболические коэффициенты (qCO_2) в пирогенных почвах

Авторы выражают глубокую признательность за финансовую поддержку своих исследований Национальному управлению космических исследований (NASA), программе исследования изменений земных покровов и землепользования (LCLUC), Американскому фонду гражданских исследований и развития (CRDF), Лесной службе Департамента сельского хозяйства США, Канадской лесной службе Министерства природных ресурсов Канады, Сибирскому отделению Российской академии наук, Российскому фонду фундаментальных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валендик Э.Н. Борьба с крупными лесными пожарами / Э.Н. Валендик. - Новосибирск: Наука, 1990. - 232 с.
2. Fernandez I., Cabaneiro A., Carballas T. Organic matter changes immediately after a wildfire in an atlantic forest soil and comparison with laboratory soil heating // Soil Boil. Biochem. 1997. 29. № 1. P. 1-11.
3. Thomas A.D., Walsh R.P.D., Shakesby R.A. Nutrient losses in eroded sediment after fire in eucalyptus and pine forests in the wet Mediterranean environment of northern Portugal // Catena. 1999. 36. P. 283-302.
4. Viro P.J. Effects of forest fire on soil // Fire and Ecosystems (Kozlowski T.T. and Ahlgren C.E., Eds.), Academic Press, New York. P. 7-45.
5. Сорокин Н.Д. Влияние лесных пожаров на биологическую активность почв / Н.Д. Сорокин // Лесоведение. - 1983. № 4. - С. 24-28.
6. Nearly D.G., Klopatek C.C., DeBano L.F., Ffolliott P.F. Fire effects on bellowground sustainability: review and synthesis // Forest Ecol. Manag. 1999. 122. P. 51-71.
7. Ahlgren I.F., Ahlgren C.E. Effects of prescribed burning on soil microorganisms in a Minnesota Jack pine forest // Ecology. 1965. 46. P. 306-310.
8. Raison J.R. Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformations: a review // Plant and soil. 1979. 51. P. 73-108.
9. Безкоровайная И.Н. Пирогенная трансформация почв сосняков средней тайги Красноярского края / И.Н. Безкоровайная, Г.А. Иванова, П.А. Тарасов и др. // Сибирский экологический журнал. - 2005. - № 1. - С. 143-152.
10. Богородская А.В. Влияние пирогенного фактора на микробные комплексы почв сосняков Средней Сибири / А.В. Богородская, Н.Д. Сорокин, Г.А. Иванова // Лесоведение. - 2005. - № 2. - С. 25-11.
11. Гуняженко И.В. Изменение микрофлоры лесных почв в результате действия огня разной интенсивности / И.В. Гуняженко // Лесоведение и лесное хозяйство. - Минск: Высшая школа, 1970. Вып. 3. - С. 34-39.
12. Попова Э.Н. Изменение биологической активности лесных почв в результате воздействия огня различной интенсивности / Э.Н. Попова // Биологическая диагностика. - М.: Наука, 1976. - С. 67-73.
13. Прокушкин С.Г. Экологические последствия пожаров в лиственничниках Северной тайги Красноярского края / С.Г. Прокушкин, Н.Д. Сорокин, П.А. Цветков // Лесоведение. - 2000. № 4. - С. 16-21.
14. Pietikainen J., Fritze H. Microbial biomass and activity in the humus layer following burning: short-term effects of two different fires // Can. J. For. Res. 1993. 23. P. 1275-1285.
15. Крылов Г.В. Типы леса Западной Сибири / Г.В. Крылов, В.М. Потанович, Н.Ф. Кожеватова. - Новосибирск: Наука, 1958. - 210 с.

16. Назимова Д.И. Леса Красноярского края / Д.И. Назимова, С.П. Речан, Е.Н. Савин и др. - М.: Наука, 1969. - С. 248-320.
17. Классификация почв России. - М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН, 2000. - 236 с.
18. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. - М.: Изд-во МГУ, 1991. - 304 с.
19. Определитель бактерий Берги: В 2 т. - М.: Мир, 1997. Т.1. - С. 1-436; Т. 2. - С. 437-800.
20. Скворцова И.Н. Идентификация почвенных бактерий / И.Н. Скворцова. - М.: Изд-во МГУ, 1983. - 63 с.
21. Anderson T.-H., Domsh K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil // Soil Biol. and Biochem. 1978. 10. P. 215-221.
22. Anderson T.-H., Domsh K.H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental condition, such as, pH, on the microbial biomass of forest soil // Soil Biology and Biochemistry. 1993. 25. P. 393-395.
23. Попова Э.П. Продолжительность пирогенного воздействия на свойства лесных почв / Э.П. Попова // В.кн: Горение и пожары в лесу Красноярска. - 1978. - 52 с.
24. Kutiel P., Shaviv A. Effects of simulated forest fire on the availability of N and P in Mediterranean soils // Plant and soil. 1989. № 1. P. 57-63.
25. Ананьева Н.Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв / Н.Д. Ананьева. - М.: Наука, 2003. - 223 с.
26. Wuthrich C., Schaub D., Weber M., Marxer P., Conedera M. Soil respiration and soil microbial biomass after fire in a sweet chestnut forest in southern Switzerland // Catena. 2002. 48. P. 201-215.

ECOLOGICAL STATUS OF MICROBIOCENOSIS OF PINE STANDS SOILS IN MIDDLE TAIGA OF MIDDLE SIBERIA AFTER CONTROLLED BURNING

A.V. Bogorodskaja, N.D. Sorokin

Quantitative and qualitative structure of different physiological groups of microorganisms, microbial biomass and basal respiration of soils had been studied in pine stand of lichen-greenmoss middle taiga of Middle Siberia after controlled burning of varying intensity. It is established, that fires irrespective of their intensity in the first year negative influence on structure and functional activity of microbial complexes podsollic of soils. On the second and the third postfire years after fire of low intensity the stabilization process of microbial complexes of pine stands was marked, and after fire of high intensity number almost all groups of microorganisms has increased at domination ammonifiers that testifies to the initial stage of restoration of processes of transformation of nitrogen in soil. High values of microbial metabolic coefficient testified to significant disturbance of ecophysiological status of soils after a fire of high intensity. Fires of low intensity did not render the big negative on soil - biological processes, and promoted increase of functional activity of microorganisms, improving hydrothermal and trophic conditions of soils.