

УДК 630\*114.68:630\*43

**ВЛИЯНИЕ ПИРОГЕННОГО ФАКТОРА НА МИКРОБНЫЕ  
КОМПЛЕКСЫ ПОЧВ СОСНЯКОВ СРЕДНЕЙ СИБИРИ\***

© 2005 г. А. В. Богородская, Н. Д. Сорокин, Г. А. Иванова

*Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН**660036 Красноярск, Академгородок*

Поступила в редакцию 23.01.2004 г.

Проведены исследования изменения количественного и качественного состава различных эколого-трофических групп микроорганизмов и ферментативной активности почв среднетаежных сосняков лишайниково-зеленомошных Средней Сибири после пожаров разной интенсивности. Установлено, что воздействие пожаров средней и высокой интенсивности приводит к обеднению количественного и качественного состава микробных группировок. На третий год после пожаров намечается стабилизация структуры микробных комплексов.

*Лесные пожары, микробные комплексы, эколого-трофические группы микроорганизмов, коэффициенты минерализации и олиготрофности, сосняки, Средняя Сибирь.*

Бореальные леса Сибири, занимающие половину поверхности земного шара, играют важную биоценологическую роль в цикле углерода в природе. Значительное количество площадей лесных массивов нарушено вследствие воздействия как экологических, так и антропогенных факторов, при этом 74% всех повреждений лесов приходится на долю пожаров. Ежегодно пожары разной интенсивности повреждают до 12-15 млн.га лесов [14]. Лесные пожары нарушают естественное равновесие между отдельными компонентами биоценозов, часто определяя тип растительности, и динамику растительных ассоциаций [2]. Почва как неотъемлемая составная часть лесного сообщества также испытывает на себе разностороннее влияние пожаров. В свою очередь одним из первых почвенных компонентов на пирогенное воздействие реагируют микробценозы, что проявляется в изменении их структуры и функциональной активности [3, 4, 10-12, 15].

**ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ**

Воздействие лесных низовых пожаров различной интенсивности на биологическую активность почв изучали в сосняках лишайниково-зеленомошной группы типов леса подзоны средней тайги Средней Сибири (60°038' с.ш., 89°041' в.д.).

Территория района исследований расположена на Сымской равнине, которая является дренированным участком восточной окраины Западно-Сибирской равнины. Климат этой зоны прохлад-

ный и влажный. Среднегодовая температура от -3.2°С до -5.7°С. Безморозный период 86-107 дней. Годовая сумма осадков 450-500 мм [5].

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 многочисленны и горимость лесов определяется как высокая [5]. Общая лесистость составляет 73%, заболоченность - 27%. На сосновые леса приходится 42.5% лесопокрытой площади [5].

В рамках комплексного российско-американского проекта с целью моделирования поведения лесных пожаров разной интенсивности и их влияния на экосистему в 2000-2001 гг. были проведены эксперименты на участках площадью 200 × 200 м. В их пределах осуществлялись контролируемые выжигания, при которых горение распространялось фронтальной кромкой по ветру.

Экспериментальные участки представлены сосняками кустарничково-лишайниково-зеленомошными. Состав древостоя на участках 10 С, средний возраст 200-250 лет, IV-V класс бонитета, средний диаметр 30-35 см, высота 22 м. Подрост 10 С, 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 [7].

\*Работа выполнена при поддержке РФФИ (01-04-49340, 01-04-4869, 04-04-49384).

**Таблица 1.** Количественные характеристики поведения экспериментальных пожаров (по данным [16])

Пр. пл.*	Дата проведения эксперимента	Глубина прогорания, см	Скорость распространения кромки огня, м мин <sup>-1</sup>	Интенсивность огня, кВт <sup>-1</sup>
14	18.07.2000 г.	6.4	9.0	9018
13	25.07.2000 г.	4.7	2.0	1067
19	28.07.2000 г.	3.5	2.9	1016

\* Пр. пл. - пробная площадь.

Почвенный покров представлен иллювиально-железистым песчаным подзолом на аллювиальном мелкозернистом бескарбонатном песке. 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<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) в профиле наряду с другими показателями свидетельствуют о низкой трофности почв [1].

Объектами непосредственного исследования являлись три пробные площади (пр. пл.), пройденные пожарами разной интенсивности: пр. пл. 14 (2000 г., высокая интенсивность), пр. пл. 13 (2000 г., средняя интенсивность), пр. пл. 19 (2001 г., низкая интенсивность) (табл. 1). Скорость распространения огня и интенсивность горения были рассчитаны Д. Макреем с соавт. [16]. Эти данные позволили нам сравнивать влияние пожаров разной интенсивности на микробоценозы почв. При исследовании влияния пожаров на микрофлору использовали общепринятые методики [8].

Образцы почв и подстилки отбирали из прикопок с соблюдением правил отбора почвы для микробиологического анализа. Изучали общую численность и состав эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭКТГМ) с использованием ряда диагностических сред: мясо-пептонного агара (МПА) - для учета аммонификаторов, сусло-агара (СА) - для микромицетов, крахмало-аммиачного агара (КАА) - для прототрофов, использующих минеральные соединения азота, почвенного голодного агара (ПА) - для олиготрофов, среды Эшби - для олигонитрофилов. Все посева проводились в трехкратной повторности. Идентификацию культур микроорганизмов осуществляли с использованием определителей [5, 6, 9]. Изучение активности каталазы, уреазы, протеазы проводили по

[13]. Статистическую обработку данных выполняли при помощи программы Microsoft Excel' 97.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности гидротермических условий песчаных подзолов, повышенное содержание в растительном опаде труднорастворимых органических соединений, слабая обеспеченность почвы необходимыми питательными элементами и высокая кислотность почвенных растворов обуславливают бедность микрофлоры этих почв.

Аналитические данные свидетельствуют о том, что в 2000-2001 гг. в сосняках лишайниково-зеленомошных суммарная численность основных таксономических групп микроорганизмов (бактерии, грибы) в почвах под зеленомошными синузидиями почти в 2 раза выше, чем под лишайниковыми, что связано с большей увлажненностью органических почвенных горизонтов под мхом. Среди основных эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭКТГМ) отмечено низкое содержание целлюлозоразрушающих и утилизирующих органический азот бактерий (табл.2). Слабое развитие азотобактера и преобладание олиготрофной и олигонитрофильной группировок определяют низкую биологическую активность песчаных подзолов. 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. Особенности физико-химических и химических свойств исследуемых почв определяют развитие преимущественно олиготрофных форм микроорганизмов, способных довольствоваться ничтожным содержанием элементов минерального питания и азота. Слабая обеспеченность почв органическими компонентами обуславливает развитие олиготрофных и олигонитрофильных форм микроорганизмов, использующих элементы питания из "рассеянного" состояния (коэффициенты олиготрофности превышают 2).

Показатели интенсивности выделения углекислоты и ферментативной активности почвы соответствуют величине численности микроорганизмов - они в 1.5-2 раза выше в почве под моховой синузидией по сравнению с почвой под лишайниковой (табл. 3). Низовые пожары высокой, средней и слабой интенсивности резко изменяют соотношение микроорганизмов азотно-углеродного цикла (табл. 2). Выгорание напочвенного покрова приводит к обеднению почвы доступным для разложения органическим веществом. Как следствие, наблюдается снижение численности аммонификаторов и исчезновение вегетативного мицелия микроскопических грибов.

**Таблица 2.** Численность азотмобилизирующих микроорганизмов и коэффициенты минерализации и олиготрофности почв в первый год после пожаров разной интенсивности

Пр. пл., год проведения эксперимента	Почвенный горизонт и глубина взятия образца, см	Бактерии на МПА*	Бактерии на КАА*	КАА/МПА	Грибы на СА*	Олиготрофы на ПА*	ПА/МПА
<b>Зеленомошная синузия</b>							
14 2000 г.	A1 (4-8)	32 ± 3	36 ± 3	1.10	5 ± 0.5	37 ± 3	1.20
	A2 (9-15)	39 ± 4	46 ± 5	1.10	44 ± 4	170 ± 12	4.30
	B (14-30)	18 ± 2	26 ± 2	1.40	10 ± 2	74 ± 4	4.10
13 2000 г.	A1 (4-8)	67 ± 4	72 ± 8	1.10	26 ± 4	211 ± 21	3.10
	A2 (9-15)	27 ± 4	46 ± 5	1.70	37 ± 5	250 ± 25	9.20
	B (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
19 2001 г.	A0	1967 ± 156	699 ± 84	0.36	1322 ± 58	3655 ± 145	1.86
	A1 (0-5)	2899 ± 256	1838 ± 962	0.63	1485 ± 89	1999 ± 452	0.69
	A1 (5-10)	896 ± 57	2410 ± 187	2.69	814 ± 25	31 ± 3	0.04
	A2 (10-20)	393 ± 17	776 ± 45	1.98	353 ± 17	1603 ± 166	4.08
Контроль 2001 г.	A0	5475 ± 178	1833 ± 156	0.35	2515 ± 123	10152 ± 2212	1.85
	A1 (0-5)	672 ± 121	1043 ± 117	1.55	238 ± 56	486 ± 122	0.72
	A1 (5-10)	1146 ± 452	2178 ± 196	1.90	93 ± 12	62 ± 8	0.05
	A2 (10-20)	399 ± 16	799 ± 58	2.01	768 ± 56	3185 ± 199	7.98
<b>Лишайниковая синузия</b>							
14 2000 г.	A1 (4-8)	27 ± 4	38 ± 4	1.41	5 ± 0.4	94 ± 10	3.48
	A2 (9-15)	28 ± 3	42 ± 4	1.51	20 ± 3	210 ± 21	7.50
	B (14-30)	9 ± 2	10 ± 0.9	1.10	0	20 ± 2	2.22
13 2000 г.	A1 (4-8)	54 ± 10	74 ± 7	1.41	20 ± 4	180 ± 20	3.33
	A2 (9-15)	21 ± 4	41 ± 4	1.90	16 ± 4	206 ± 22	9.81
	B (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
19 2001 г.	A0	806 ± 32	265 ± 14	0.33	174 ± 10	1825 ± 112	2.26
	A1 (0-5)	778 ± 25	82 ± 6	0.11	134 ± 12	306 ± 45	0.39
	A1 (5-10)	838 ± 51	1022 ± 32	1.22	134 ± 8	337 ± 35	0.41
	A2 (10-20)	162 ± 11	304 ± 21	1.88	61 ± 6	1044 ± 89	6.44
Контроль 2001 г.	A0	4025 ± 86	1217 ± 56	0.30	1170 ± 42	4883 ± 115	1.21
	A1 (0-5)	1102 ± 44	1144 ± 45	1.04	375 ± 21	239 ± 44	0.22
	A1 (5-10)	814 ± 26	1638 ± 32	2.02	93 ± 7	309 ± 28	0.38
	A2 (10-20)	101 ± 10	525 ± 12	5.20	30 ± 5	51 ± 8	0.51

\* В колонеобразующих единицах (КОЕ), тыс. г<sup>-1</sup> абсолютно сухой почвы.

Таблица 3. Влияние пожаров разной интенсивности на биологическую активность почв

Пр. пл.	Почвенный горизонт и глубина взятия образца, см	Выделение CO <sub>2</sub> , Мг 100 г <sup>-1</sup> почвы в сут.	Ферментативная активность			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг 100 г <sup>-1</sup> почвы	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг 100 г <sup>-1</sup> почвы
			Каталаза, см <sup>3</sup> O <sub>2</sub> за 3 мин	Протеаза, %	Уреаза, мг NH <sub>4</sub> на 1 г почвы		
Зеленомошная синузия							
Контроль	A0	47 ± 2.7	46.6 ± 5.2	37 ± 5.6	74.2 ± 4.7	3.50 ± 0.1	0.30 ± 0.03
	A1 (0-10)	19.8 ± 0.9	30.4 ± 3.7	26 ± 6.1	21.4 ± 1.4	2.50 ± 0.18	0.38 ± 0.02
	A2 (10-20)	12.8 ± 0.3	27.1 ± 2.1	17 ± 4.1	14.7 ± 1.8	1.01 ± 0.06	0.15 ± 0.09
14	B (20-50)	3.4 ± 0.2	5.8 ± 0.7	8 ± 2.1	8.6 ± 1.9	0.10 ± 0.02	-
	A1 (4-8)	6.1 ± 0.5	6.4 ± 0.4	6 ± 0.5	8.7 ± 0.5	0.96 ± 0.05	0.09
	A2 (9-15)	8.6 ± 0.6	21.6 ± 0.6	18 ± 0.7	18.8 ± 0.6	0.99 ± 0.05	0.18
13	B (14-50)	0.9 ± 0.2	8.2 ± 0.5	10 ± 0.4	7.1 ± 0.5	0.54 ± 0.05	0.09
	A1 (4-8)	12.4 ± 1.0	10.8 ± 0.9	14 ± 2.0	18.3 ± 1.1	1.44 ± 0.04	0.08
	A2 (9-15)	9.8 ± 0.8	12.1 ± 0.8	16 ± 2.0	14.6 ± 0.9	1.67 ± 0.04	0.09
19	B (15-50)	3.4 ± 0.8	4.8 ± 0.7	8 ± 0.8	8.1 ± 0.7	0.59 ± 0.03	0.04
	A0	8.7 ± 0.4	15.5 ± 3.9	-	19.3 ± 0.5	-	-
	A1 (0-10)	21.5 ± 1.1	21.7 ± 4.2		21.5 ± 1.1		
	A2 (10-20)	14.2 ± 0.2	8.2 ± 0.8		11.2 ± 0.5		
Лишайниковая синузия							
Контроль	A0	32.2 ± 2.4	28.6 ± 4.7	22 ± 4.1	28.1 ± 3.1	3.62	0.27
	A1 (0-10)	15.5 ± 0.9	14.4 ± 2.2	18 ± 4.7	14.7 ± 2.9	1.94	0.26
	A2 (10-20)	12.2 ± 0.5	10.6 ± 0.6	12 ± 2.4	7.4 ± 1.1	1.07	0.11
	B (20-50)	2.4 ± 0.1	5.8 ± 0.3	4 ± 1.1	3.2 ± 0.7	-	-
14	A1 (4-8)	5.7 ± 0.5	4.6 ± 0.3	4 ± 0.5	7.6 ± 0.4	0.74 ± 0.04	0.07
	A2 (9-15)	6.9 ± 0.5	1.4 ± 0.7	18 ± 1	14.8 ± 0.6	0.98 ± 0.05	0.14
	B (14-50)	0.7 ± 0.2	6.1 ± 0.7	8 ± 0.5	5.6 ± 0.4	0.67 ± 0.04	0.09
13	A1 (4-8)	10.2 ± 1.4	10.6 ± 2.1	9 ± 1.0	14.1 ± 2.1	1.06 ± 0.04	0.09
	A2 (9-15)	4.6 ± 0.6	15.4 ± 3.2	14 ± 3.0	7.2 ± 1.3	0.91 ± 0.02	0.14
	B (15-50)	0.9 ± 0.2	4.7 ± 0.8	4 ± 0.5	3.4 ± 1.6	1.04 ± 0.02	0.11
19	A0	6.2 ± 0.5	9.5 ± 2.4	-	8.2 ± 1.2	-	-
	A1 (0-10)	14.2 ± 0.6	22.4 ± 3.2		18.7 ± 1.5		
	A2 (10-20)	13.1 ± 0.5	10.7 ± 1.5		6.4 ± 0.8		

После пожаров средней интенсивности (пр. пл. 13) в почве преобладают спорозонные формы микроорганизмов и бактерии, использующие в качестве источника роста минеральный азот. Снижается численность аммонификаторов в 15 раз и целлюлозоразрушающих микроорганизмов в 2 раза. Возрастает олиготрофность почв в отношении азота (ПА/МПА > 3).

Существенные изменения в результате влияния пожара происходят в биохимической активности почв (табл. 3). Интенсивность дыхания снижается в 2 раза, а ферментативная активность в слое 0-10 см уменьшается в 2-4 раза. Все это свидетельствует о резком изменении напряженности окислительных и гидrolитических процессов.

Воздействие пожара высокой интенсивности (пр. пл. 14) приводит к уменьшению в 2 раза численности и биомассы всех эколого-трофических групп в верхнем биологически активном слое почвы по сравнению с таковыми при пожаре средней интенсивности.

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

**Таблица 4.** Численность азотобилизирующих микроорганизмов и коэффициенты минерализации и олиготрофности почв через год (пр. пл. 19) и через два года (пр. пл. 13 и 14) после пожаров разной интенсивности

Пр. пл., год проведения эксперимента	Почвенный горизонт и глубина взятия образца, см	Бактерии на МПА*	Бактерии на КАА*	КАА/МПА	Грибы на СА*	Олиготрофы на ПА*	ПА/МПА
Зеленомошная синузия							
14 2000	A0	87351 ± 7973	42020 ± 509	0.48	16935 ± 594	101357 ± 1867	1.16
	A1 (0-10)	407 ± 43	50 ± 10	0.12	50 ± 10	114 ± 19	0.28
	A2 (10-20)	228 ± 19	271 ± 24	1.18	378 ± 95	1955 ± 195	8.57
13 2000	B (20-50)	115 ± 12	89 ± 16	0.78	62 ± 8	982 ± 23	8.51
	A0	1496 ± 712	2312 ± 452	1.55	1088 ± 58	7072 ± 108	4.73
	A1 (0-10)	152 ± 41	346 ± 75	2.28	62 ± 11	305 ± 75	2.00
19 2001	A2 (10-20)	197 ± 18	395 ± 28	2.00	42 ± 9	466 ± 16	2.37
	B (20-50)	42 ± 6	132 ± 19	3.15	0	1432 ± 112	34.01
	A0	1800 ± 801	4350 ± 223	2.42	2580 ± 573	39300 ± 7390	21.83
Контроль	A1 (0-10)	162 ± 29	450 ± 75	2.78	113 ± 36	506 ± 123	3.10
	A2 (10-20)	67 ± 12	940 ± 96	5.31	96 ± 9	1191 ± 458	8.46
	B (20-50)	89 ± 17	474 ± 58	5.59	21 ± 1	755 ± 155	19.07
Контроль	A0	19978 ± 8722	22238 ± 2239	2.23	17038 ± 740	39472 ± 9992	0.40
	A1 (0-10)	1209 ± 564	184 ± 43	0.15	84 ± 45	962 ± 804	0.80
	A2 (10-20)	494 ± 25	800 ± 137	1.62	74 ± 17	518 ± 153	1.05
	B (20-50)	346 ± 32	529 ± 35	1.53	52 ± 12	315 ± 23	1.10
Лишайниковая синузия							
14 2000	A0	60424 ± 1578	32204 ± 1211	0.53	35524 ± 1408	65293 ± 1525	1.08
	A1 (0-10)	1046 ± 175	544 ± 56	0.52	78 ± 14	177 ± 36	0.17
	A2 (10-20)	398 ± 42	526 ± 47	1.32	36 ± 5	164 ± 51	0.41
	B (20-50)	97 ± 7	202 ± 11	2.08	21 ± 8	195 ± 12	2.01
13 2000	A0	3453 ± 144	2093 ± 123	0.60	1680 ± 121	4760 ± 118	1.38
	A1 (0-10)	201 ± 52	166 ± 46	0.83	97 ± 54	236 ± 44	1.17
	A2 (10-20)	459 ± 26	481 ± 78	1.05	100 ± 23	352 ± 34	0.77
	B (20-50)	105 ± 8	1377 ± 112	13.11	28 ± 5	1061 ± 115	10.15
19 2001	A0	3016 ± 154	16859 ± 14446	5.59	13069 ± 1959	57536 ± 7114	19.08
	A1 (0-10)	148 ± 14	262 ± 52	1.77	191 ± 28	749 ± 132	5.06
	A2 (10-20)	203 ± 51	1494 ± 210	7.36	239 ± 51	828 ± 200	4.08
	B (20-50)	89 ± 35	573 ± 54	6.44	48 ± 9	389 ± 96	4.37
Контроль	A0	13256 ± 152	21727 ± 146	1.64	16246 ± 1856	30398 ± 4528	2.29
	A1 (0-10)	175 ± 48	294 ± 44	1.68	56 ± 21	224 ± 42	1.28
	A2 (10-20)	204 ± 88	246 ± 28	1.5	99 ± 26	486 ± 23	2.38
	B (20-50)	98 ± 12	140 ± 16	1.45	14 ± 4	126 ± 14	1.29

\* В колонеобразующих единицах (КОЕ), тыс. г<sup>-1</sup> абсолютно сухой почвы.

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*.

Через два года после пожара средней интенсивности (пр. пл. 13) в верхнем органическом слое почвы (0-10 см) как зеленомошных, так и лишайниковых синузий намечается процесс стабилизации микробных комплексов по сравнению с первым годом, когда было зафиксировано резкое

снижение численности всех ЭКТГМ (табл. 4). Также в два раза повышается активность микробиологической минерализации почвы, что приводит к накоплению легкогидролизуемого азота и вымыванию его в нижележащие горизонты.

Анализ состояния микробсообществ после пожара сильной интенсивности (пр. пл. 14) через два года показывает возрастание численности микроорганизмов всех групп, за исключением микроицетов. Дополнительное поступление в почву зольных элементов и уменьшение кислотности подстилки снижает численность микроскопических грибов в результате усиления конкуренции со стороны бактериальной микрофлоры (табл. 4). Резко повышается численность олиготрофов, что свидетельствует о дефиците легкодоступных элементов питания.

На фоне общего увеличения численности микроорганизмов (пр. пл. 14) минерализация органических соединений почвы низкая ( $KAA/MPA < 1$ ). Преобладание аммонификаторов в группировке почвенных микроорганизмов свидетельствует о поступлении большого количества органики за счет опада хвои, веточек и обогащения почвы зольными элементами.

Временную динамику численности ЭКТГМ определяют не только способность микрофлоры к самовосстановлению и особенности послепожарной трансформации органогенных горизонтов, но и погодные условия года проведения учетов. Так, благоприятное сочетание тепла и влаги в 2002 г. привело к увеличению численности микроорганизмов изучаемых эколого-трофических групп как на контрольном, так и на экспериментальных участках по сравнению с годом проведения выжиганий (2000 г.). Следует отметить, что на фоне достаточной увлажненности почвы в 2002 г. не регистрируется заметных отличий в интенсивности развития микробсообществ под лишайниковыми и зеленомошными синузиями, которые наблюдались ранее (табл. 4).

В первый же год после воздействия огня слабой интенсивности (пр. пл. 19) для подстилок зеленомошных синузий характерно уменьшение численности всех групп микроорганизмов в 1.5-3 раза и увеличение количества микроорганизмов основных физиологических групп в нижележащих горизонтах почвы, испытывающих пирогенное воздействие (0-10 см). Это объясняется тем, что почва вследствие ее низкой теплопроводности не нагревается до критической температуры, при которой гибнет микрофлора, а стимулирующее действие моментального прохождения огня способствует росту и размножению микроорганизмов и активизации микробиологических процессов. Подстилка и почва под лишайниковыми синузиями после прохождения огня слабой интенсивности испытывает более сильное воздействие

вследствие низкой влажности лишайника, который лучше горит и не предохраняет почву от термического воздействия (табл. 2).

На второй год после пожара слабой интенсивности (пр. пл. 19) характерно восстановление микробных комплексов и увеличение в несколько раз активности микробиологической минерализации (табл. 4).

В целом можно отметить стимулирующее действие огня слабой интенсивности на развитие некоторых комплексов микроорганизмов и увеличение ферментативной активности почв. 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 улучшение лесорастительных условий, что выражается в более активном лесовозобновлении.

**Заключение.** Таким образом, исследование воздействия пожаров разной интенсивности в среднетаежных сосняках на микрофлору и биохимическую активность 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 ферментативной активности микроорганизмов, обеднение качественного состава, повышение олиготрофности почв в отношении азота. Через два года после пожара средней интенсивности наметился процесс стабилизации микробных комплексов, а после пожара высокой интенсивности увеличилась численность почти всех групп микроорганизмов при доминировании аммонифицирующих бактерий, что свидетельствует о начальном этапе восстановления процессов трансформации азота в почве. Пожары слабой интенсивности не оказывают большого негативного влияния на почвенно-биологические процессы, а способствуют повышению функциональной активности микроорганизмов, улучшая гидротермические и трофические условия почв.

\*\*\*

Авторы выражают глубокую признательность за финансовую поддержку своих исследований Сибирскому отделению Российской академии наук, Российскому фонду фундаментальных 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 хозяйст-

ва США, Канадской лесной службе Министерства природных ресурсов Канады.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Безкоровайная И.Н., Иванова Г.А., Тарасов П.А., Сорокин Н.Д., Богородская А.В., Иванов В.А., Конрад С.Г., Макарае Д.Д.* Пирогенная трансформация почв сосняков средней тайги Красноярского края // Сиб. экологический журн. 2004. № 4. С. 525-529.
2. *Валендик Э.Н.* Борьба с крупными лесными пожарами. Новосибирск: Наука, 1990. 232 с.
3. *Валендик Э.Н., Векшин В.Н., Верховец С.В., Забелин А.И., Иванова Г.А., Кисляхов Е.К.* Управляемый огонь на вырубках в темнохвойных лесах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 209 с.
4. *Гуляженко И.В.* Изменение микрофлоры лесных почв в результате действия огня разной интенсивности // Лесоведение и лесное хозяйство. Минск: Вышэйшая шк., 1970. Вып. 3. С. 34-39.
5. *Жуков А.Б., Коротков И.А., Кутафьев В.П., Назимова Д.И., Речан С.П., Савин Е.Н., Чередникова Ю.С.* Леса Красноярского края // Леса СССР. М.: Наука, 1969. Т. 4. С. 248-320.
6. *Красильников Н.А.* Определитель бактерий и актиномицетов. М.: Наука, 1949. 464 с.
7. *Крылов Г.В., Потанович В.М., Кожеватова Н.Ф.* Типы леса Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1958. 210 с.
8. *Методы почвенной микробиологии и биохимии.* М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
9. *Определитель бактерий Берджи.* В 2-х томах. М.: Мир, 1998. Т. 1. С. 430; Т. 2. С. 431-800.
10. *Попова Э.Н.* Изменение биологической активности лесных почв в результате воздействия огня различной интенсивности // Биологическая диагностика. М.: Наука, 1976. С. 67-73.
11. *Прокушкин С.Г., Сорокин Н.Д., Цветков П.А.* Экологические последствия пожаров в лиственных лесах северной тайги Красноярского края // Лесоведение. 2000. № 4. С. 16-21.
12. *Сорокин Н.Д.* Влияние лесных пожаров на биологическую активность почв // Лесоведение. 1983. № 4. С. 24-28.
13. *Хазиев Ф.Х.* Ферментативная активность почв. М.: Наука, 1976. 179 с.
14. *Conard S.G., Ivanova G.A.* Wildfire in Russian boreal forest - potential impacts of fire regime characteristics on emissions and global carbon balance estimates // Environmental Pollution. 1997. V. 98. № 3. P. 305-313.
15. *Grasso G.H., Ripabelli G., Sammareo M.L., Mazzoleni S.* Effect of heating on the microbial population of grassland soil // The Internat. J. Wild. Fire. 1996. V. 6. № 2. P. 67-70.
16. *McRae D.J., Conard S.G., Ivanova G.A., Sukhinin A.I., Baker S.P., Samsonov Y.N., Blake T.W., Ivanov V.A., Ivanov A.V., Churkina T.V., Hao W.M., Koutzenogii K.P.* Fire regimes, variability in fire behavior, and fire effects on combustion and chemical and carbon emissions in Scotch Pine forests of Central Siberia // Internat. J. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change (MITI). (в печати).

## The Influence of Fire on Microbocenoses of Soils in Central Siberian Pine Forests

A. V. Bogorodskaya, N. D. Sorokin, and G. A. Ivanova

The quantitative and qualitative composition of different physiological groups of microorganisms and the enzymatic activity of soils were studied in pine forest of the Central Siberian middle taiga after fires of different intensity. For the first year after fire, the influence of fires of middle and high intensity has led to an increase in the population of microorganisms and resulted in the poorer composition of different microorganisms' groups. During the third year after fires, microbial complexes were stabilized.