

УДК 630\*116.13:582.475.2(1-924.82)(470.13)

**Э.П. Галенко, К.С. Бобкова, С.П. Швецов**

Галенко Эльмира Пантелеймоновна родилась в 1939 г., окончила в 1961 г. Ленинградский государственный университет, кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет более 80 печатных трудов в области экологии леса, фитолимата и биологической продуктивности таежных лесов европейского Северо-Востока.



Бобкова Капитолина Степановна родилась в 1939 г., окончила в 1962 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор биологических наук, профессор РАН, главный научный сотрудник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет более 160 печатных работ в области экологии леса, биоразнообразия, структуры и биологической продуктивности хвойных фитоценозов, углеродного цикла лесных экосистем Севера.



Швецов Сергей Павлович родился в 1960 г., окончил в 1984 г. Сыктывкарский государственный университет, ведущий инженер Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Область научных интересов – автоматизация биологических исследований.



**ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ ЧЕРНИЧНО-СФАГНОВОГО ЕЛЬНИКА СРЕДНЕЙ ТАЙГИ\***

Приведены данные о тепловом режиме почвы ельника чернично-сфагнового средней подзоны тайги. В деятельной толще почвы определены в сезонной динамике среднесуточные и среднемесячные температуры, суточные амплитуды колебания температуры в зависимости от типа погоды, показана пространственно-временная сезонная изменчивость температурного поля. Установлен период возможной активной жизнедеятельности корней древесных растений.

*Ключевые слова:* тайга, ельник, температурный режим почвы.

Еловые леса европейской территории России имеют обширный ареал. Их флористический состав, строение, типологическая структура отражают прежде всего зональные и территориальные особенности климата, рельефа, почвообразующих пород таежных ландшафтов [12]. Поэтому любая попытка экологического анализа этих лесов должна включать оценку локальных режимов природной среды, особенностей фитолимата насаждений. Температура деятельного горизонта почвы играет значительную роль в процессах, определяющих состояние лесных экосистем и отдельных их компонентов, динамику таких функционально важных для растений условий среды, как кислородный, питательный и водный режимы ризосферы

\* Работа выполнена по проекту РФФИ. Проект № 07-04-00 104-а.

сообществ. Изучение теплового режима почвы тесно увязано с распределением ее температур не только в данный момент, но и в течение значительных промежутков времени [9, 11, 13, 15, 16].

Отдельные аспекты теплового режима почв в еловых лесах средней тайги рассмотрены в работах [2, 4, 7, 8, 14], где исследованы в основном типичные подзолистые почвы ельников черничных и зеленомошных типов. Отмечено, что благоприятные условия для жизнедеятельности корней растений создаются в верхних горизонтах почвы. Тепловые свойства почв заболоченных типов елового леса практически не изучены.

Цель нашей работы – оценить динамику распределения температур в почве ельника чернично-сфагнового и определить факторы, обуславливающие тепловой режим ее деятельного слоя.

Исследования проводили в ельнике чернично-сфагновом (*Piceetum myrtilloso-sphagnosum*) на Ляльском лесозокологическом стационаре (62°14' с.ш., 50°40' в.д.) Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Состав древесного яруса 9Е1Б+С, ед. Пх. Древостой V класса бонитета разновозрастный (50 ... 200 лет), разновысотный без выраженной ярусности, густота 625 экз./га, запас древесины 194 м<sup>3</sup>/га. Средний диаметр ели 20 см, средняя высота 16 м. Много сухостоя (44 экз./га), валежника (200 экз./га) разной степени гниения (табл. 1). Подрост из ели, пихты, березы (5,6 тыс. экз./га). Подлесок с проективным покрытием 20 % состоит из шиповника, ивы, можжевельника, рябины, жимолости. Травяно-кустарничковый ярус с покрытием 60 ... 70 % формируют черника, хвощ, осока, линнея, седмичник, майник и др. Моховой покров, образованный сфагновыми и зелеными мхами, имеет покрытие 80 ... 90 %. Почва торфянисто-подзолисто-глеявая супесчаная, подстилаемая суглинками. Фитоценоз вписывается в динамический ряд заболачивания ельников черничных.

Методика исследований сводилась к одновременному измерению температуры почвы на ее поверхности (среднее из трех измерений) и на глубинах 5, 10, 20, 40, 60, 80 см. Для этого использовали многоэлементные

Таблица 1

## Таксационная характеристика древостоя

Порода	Возраст, лет	Число деревьев, экз./га		Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га	Запас древесины, м <sup>3</sup> /га		Средние	
		растущих	сухих		растущей	сухой	высота, м	диаметр, см
Ель	106...200	595	44	22,0	177	3,4	16	20
Сосна	110	5	-	1,1	8	-	22	40
Пихта	50	10	-	0,1	1	-	10	10
Береза	110	15	-	1,0	8	-	20	32
Всего	-	625	44	24,2	194	3,4	-	-

транзисторные термодатчики МТ-5АТ П25, которые подключали к автоматизированной системе сбора фитоклиматических данных на базе персонального компьютера. Точность измерений 0,1 °С. Наблюдения проводили с 21 мая по 25 октября в 2004 г. и с 14 мая по 14 октября в 2005 г., отсчеты фиксировали круглосуточно каждые 15 мин и осредняли за сутки. На основании результатов измерений на каждой глубине определяли среднесуточные и среднемесячные температуры почвы в сезонной динамике, суточные амплитуды колебания температуры, пространственно-временную сезонную изменчивость температурного поля в толще почвы, вычисляли месячные суммы температур по вертикальному профилю, устанавливали период начала роста и возможной активной жизнедеятельности корней древесных растений.

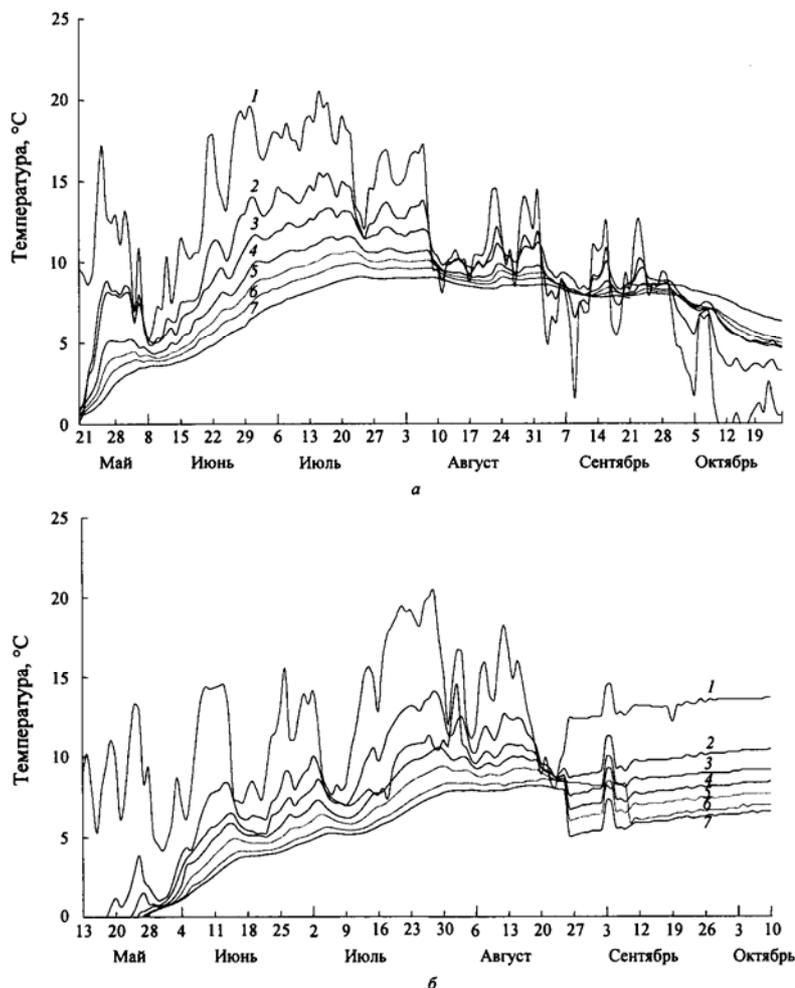


Рис. 1. Сезонная динамика среднесуточной температуры почвы в 2004 г. (а) и 2005 г. (б) на разной глубине: 1 – 0; 2 – 5; 3 – 10; 4 – 20; 5 – 40; 6 – 60; 7 – 80 см

Наблюдения показали, что в теплый период года интенсивное прогревание почвы старовозрастного ельника чернично-сфагнового начинается в III декаде мая (рис. 1). Полог древостоя с подлеском и травяно-кустарничковый ярус в это время минимально препятствуют проникновению солнечной радиации к поверхности почвы и дальнейшему распространению тепла вниз по почвенному профилю. Среднесуточная температура почвы возрастает от нуля в первой половине мая (начало вегетации) до  $+(8 \dots 15)^\circ\text{C}$  во второй половине июля – августе. Наибольшие ее значения в 5–20-сантиметровом слое почвы в III декаде июля равны  $+(15 \dots 12)^\circ\text{C}$ . Во II декаде октября, когда среднесуточная температура поверхности почвы отрицательна (2004 г.), на глубине 5 см она снижается до  $+(3 \dots 4)^\circ\text{C}$ , а в слое 10 ... 80 см сохраняется на уровне  $+(5 \dots 7)^\circ\text{C}$ .

В 2005 г. отмечен аномально теплый период с 24 августа по 17 октября, когда в дневные часы в сентябре воздух прогревался до  $+(10 \dots 17)^\circ\text{C}$ , в октябре удерживался на уровне  $+(8 \dots 10)^\circ\text{C}$ . В результате температура почвы на глубинах 5 ... 80 см, опустившись в конце августа до  $+(9 \dots 6)^\circ\text{C}$ , в сентябре вновь поднялась до  $+(11,5 \dots 7,6)^\circ\text{C}$  и сохранялась такой в течение всего периода наблюдений.

Сезонная динамика средних месячных температур почвенного профиля (рис. 2) характеризуется постепенным их ростом с мая до июля – августа и затем медленным снижением. Осенью, когда верхние слои почвы начинают постепенно остывать, бывает период, в который температура почвы по вертикали практически одинакова. Это явление наблюдалось в сентябре и сохранялось в слое 10 ... 80 см в октябре 2004 г. С глубиной наступление максимальных температур сдвигается с июля на август: в 2004 г. – с 60 см, в 2005 г. – с 5 см.

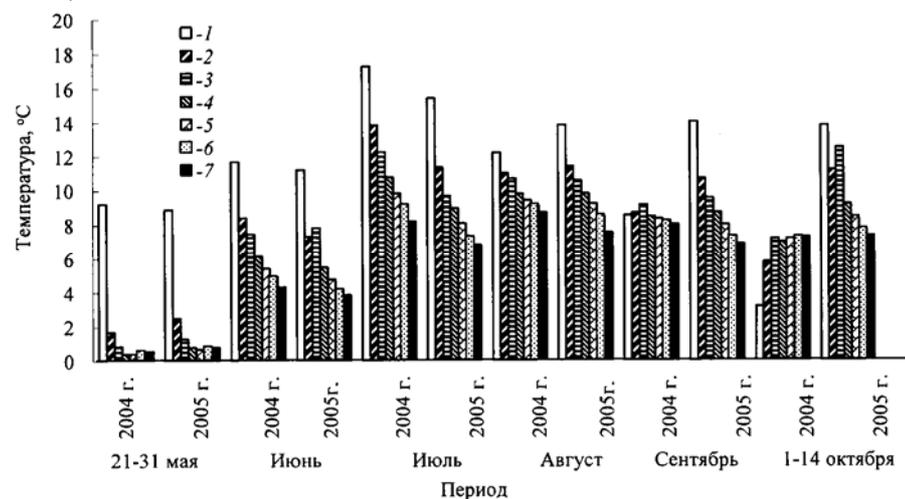


Рис. 2. Среднемесячная температура почвы в 2004 и 2005 г.г. на разной глубине: 1 – 0; 2 – 5; 3 – 10; 4 – 20; 5 – 40; 6 – 60; 7 – 80 см

Таблица 2

## Суммы температур, °С

Период	Глубина почвенного профиля, см						
	0	5	10	20	40	60	80
21–31 мая	<u>130,8</u>	<u>65,2</u>	<u>61,5</u>	<u>38,5</u>	<u>29,7</u>	<u>23,9</u>	<u>17,8</u>
	98,2	27,8	14,0	8,7	7,5	8,4	8,4
Июнь	<u>304,4</u>	<u>218,8</u>	<u>194,3</u>	<u>160,4</u>	<u>141,4</u>	<u>128,6</u>	<u>112,9</u>
	347,9	226,6	178,0	170,5	148,5	129,4	120,1
Июль	<u>535,6</u>	<u>429,1</u>	<u>379,7</u>	<u>334,1</u>	<u>304,7</u>	<u>281,9</u>	<u>254,2</u>
	478,0	352,6	299,9	278,1	251,1	224,8	212,2
Август	<u>378,8</u>	<u>341,9</u>	<u>331,3</u>	<u>303,5</u>	<u>292,6</u>	<u>283,1</u>	<u>270,2</u>
	428,9	354,1	328,4	304,2	286,1	284,1	256,2
Сентябрь	<u>256,8</u>	<u>260,9</u>	<u>275,0</u>	<u>254,7</u>	<u>250,7</u>	<u>246,7</u>	<u>240,8</u>
	393,2	299,8	267,9	244,3	224,1	212,3	193,0
1–14 октября	<u>45,2</u>	<u>81,9</u>	<u>100,6</u>	<u>98,2</u>	<u>100,2</u>	<u>101,5</u>	<u>102,0</u>
	193,4	157,0	139,5	129,0	118,9	108,9	103,1
21 мая – 14 октября	<u>1651,6</u>	<u>1397,8</u>	<u>1342,4</u>	<u>1071,6</u>	<u>1119,3</u>	<u>1065,7</u>	<u>997,9</u>
	1939,6	1417,9	1227,7	1134,8	1036,2	967,9	893,0

Примечание. В числителе данные 2004 г., в знаменателе – 2005 г.

В табл. 2 приведены месячные суммы температур по почвенному профилю за период наблюдений в 2004 и 2005 гг. Температура на поверхности почвы – величина очень динамичная, моментально реагирующая на колебания температуры воздуха и особенно солнечной радиации, интенсивность которой под пологом леса может меняться хаотически в зависимости от солнечных бликов, теней и полутеней. Следовательно, анализ температуры поверхности почвы мало целесообразен, ввиду большой неточности показаний. Рассмотрим закономерности распределения сумм температур в почве на глубине от 5 до 80 см. Если принять за 100 % тепловые ресурсы почвы на глубине 5 см, то на уровне 80 см накапливается тепло к концу мая на 27 ... 30, в июне – 52 ... 53, июле – до 60, августе – 72 ... 79 %. Следовательно, внутрипочвенные термоградиенты в рассматриваемом слое почвы в летние месяцы имеют отрицательный знак. Направление теплового потока – от поверхности почвы к подстилающей породе, теплообмен идет по типу инсоляции. Нагрев почвогрунта определяется интенсивностью солнечной радиации и альбедо деятельной поверхности. В сентябре тепловые характеристики почвенной толщи 5 ... 80 см различаются незначительно. В октябре знак внутрипочвенных термоградиентов меняется на противоположный, и температура почвы на глубине 10 ... 80 см уже выше, чем на уровне 5 см, за исключением показаний в аномально теплом октябре 2005 г. Направление теплового потока – от подстилающей породы к поверхности почвы, теплообмен идет по типу излучения. Значение внутрипочвенных термоградиентов в холодный период года определяет мощность и плотность снежного покрова и степень континентальности климата [6].

Таблица 3

## Суточные амплитуды температуры почвы, °С, в 2004 г.

Тип погоды	Глубина, см	Период					
		21–31 мая	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	1–25 октября
Ясно	0	<u>9...12</u> 10,4	<u>5...12</u> 8,3	<u>5...10</u> 8,0	<u>4,5...13</u> 8,1	<u>2...11</u> 5,0	<u>1...5,3</u> 2,6
	5	<u>0...3</u> 1,7	<u>1...3</u> 2,2	<u>1...3</u> 2,3	<u>1...4</u> 2,2	<u>0,8...3</u> 1,3	<u>0,5...0,8</u> 0,7
	10	<u>0...1</u> 0,5	<u>0,5...3</u> 0,8	<u>0...0,5</u> 0,2	0	<u>0,0...1,0</u> 0,3	<u>0...0,3</u> 0,1
	20	<u>0...1</u> 0,5	<u>0...2</u> 0,4	<u>0...0,2</u> 0	0	0	0
	40	<u>0...1</u> 0,5	<u>0...2</u> 0,2	0	0	0	0
	60	<u>0...1</u> 0,5	0	0	0	0	0
	80	<u>0...1</u> 0,5	0	0	0	0	0
	Переменно	0	<u>11...16</u> 13,0	<u>2...11</u> 8,3	<u>4...10</u> 7,5	<u>2...16</u> 9,7	<u>2...7,5</u> 3,9
5		<u>1...4</u> 2,7	<u>1...3</u> 2,2	<u>1...3</u> 2,3	<u>1...6</u> 5,4	<u>0,5...1,8</u> 1,1	<u>0,3...0,8</u> 0,5
10		<u>0,5...3,0</u> 1,5	<u>0...2</u> 0,8	<u>0...0,4</u> 0,1	<u>0...1</u> 0,4	<u>0...0,5</u> 0,2	<u>0...0,4</u> 0,1
20		<u>0,5</u> 0,5	<u>0...0,5</u> 0,4	0	0	0	0
40		<u>0...0,5</u> 0,3	<u>0...0,5</u> 0,2	0	0	0	0
60		<u>0...0,5</u> 0,2	0	0	0	0	0
80		<u>0...0,5</u> 0,2	0	0	0	0	0
Пасмурно		0	<u>3</u> 3	<u>1...4</u> 2,5	–	<u>1...4</u> 2,6	<u>1</u> 1,0
	5	<u>1</u> 1	<u>0,5...1</u> 0,8	–	<u>0,5...1</u> 0,9	<u>0,2...1</u> 0,6	0
	10	0	–	–	<u>0...0,5</u> 0,1	<u>0...0,5</u> 0,2	0
	20	0	–	–	0	0	0
	40	0	–	–	0	0	0
	60	0	–	–	0	0	0
	80	0	–	–	0	0	0

Примечание. В числителе диапазон варьирования, в знаменателе среднее значение.

Показателями микроклимата почвы являются скорость ее прогревания на глубине суточного затухания колебаний температуры, продолжительность периода с температурами, обеспечивающими ростовые процессы и активную жизнедеятельность корней растений. Проанализированы суточные колебания температуры почвы в зависимости от типа погоды и глубины в старовозрастном ельнике чернично-сфагновом (табл. 3). Так, в ясную погоду и дни с переменной облачностью на поверхности почвы они достигают  $+ (12 \dots 16) \text{ }^\circ\text{C}$ , но уже на глубине 5 см резко затухают до  $(0 \dots 6) \text{ }^\circ\text{C}$ . На глубинах 10 и 20 см температура колеблется в пределах  $0 \dots 3 \text{ }^\circ\text{C}$ , в слое 40 ... 80 см только в мае и июне есть несущественные (доли градуса) колебания. В пасмурную погоду суточная амплитуда температуры почвы весьма незначительна: на поверхности почвы – до 4, на глубине 5 см – до 1; 10 см – до  $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , ниже практически не прослеживается.

В результате можно принять, что в спелом ельнике чернично-сфагновом средней подзоны тайги в теплый период года суточные колебания температуры почвы затухают на глубине от 10 (в пасмурные дни) до 20 см. Ранее нами было показано, что в зеленомошных типах спелых хвойных сообществ средней тайги это происходит на глубине 30 ... 40 см [4, 5]. Такое различие, видимо, следует объяснить увеличением влажности почвы ельника чернично-сфагнового по сравнению с зеленомошным. Сезонная динамика этого показателя свидетельствует о том, что суточное колебание температуры почвы резко затухает в конце периода вегетации – обычно в сентябре.

Путем прямых измерений нами была оценена пространственно-временная изменчивость температуры почвы в рассматриваемом ельнике в течение вегетационных сезонов 2004 и 2005 гг. Динамику и характерные признаки температурного режима почвы отражают термоизоплеты, построенные по среднесуточным значениям на глубинах 0 ... 80 см (рис. 3).

Исследованиями К.С. Бобковой [2] показано, что ростовые процессы корней ели в средней подзоне тайги начинаются при прогреве почвы до  $+(4 \dots 5) \text{ }^\circ\text{C}$ , а их активный рост и формирование при  $+8 \text{ }^\circ\text{C}$  и выше. По результатам наблюдений за термическим режимом почвы определен период, обеспечивающий начало жизнедеятельности и активный рост корней на разной глубине. Так, верхний 5–20-сантиметровый слой почвы чернично-сфагнового ельника прогревается до  $+(4 \dots 5) \text{ }^\circ\text{C}$  весной в конце мая (2004 г.) – первой декаде июня (2005 г.), а на глубине 40 см – в первой половине июня. Установлена продолжительность периода возможной активной жизнедеятельности корней древесных растений, когда температура почвы равна  $+ 8 \text{ }^\circ\text{C}$  и выше. В 2004 г. такой период в слое 5 ... 20 см наблюдался с конца июня до начала октября (100 ... 105 дн.), в 2005 г. с 16 июня по 8 июля и сохранялся до конца периода наблюдений. С глубиной прогревание почвы до активных температур запаздывает на 6 ... 9 дн. в каждом 20-сантиметровом слое.

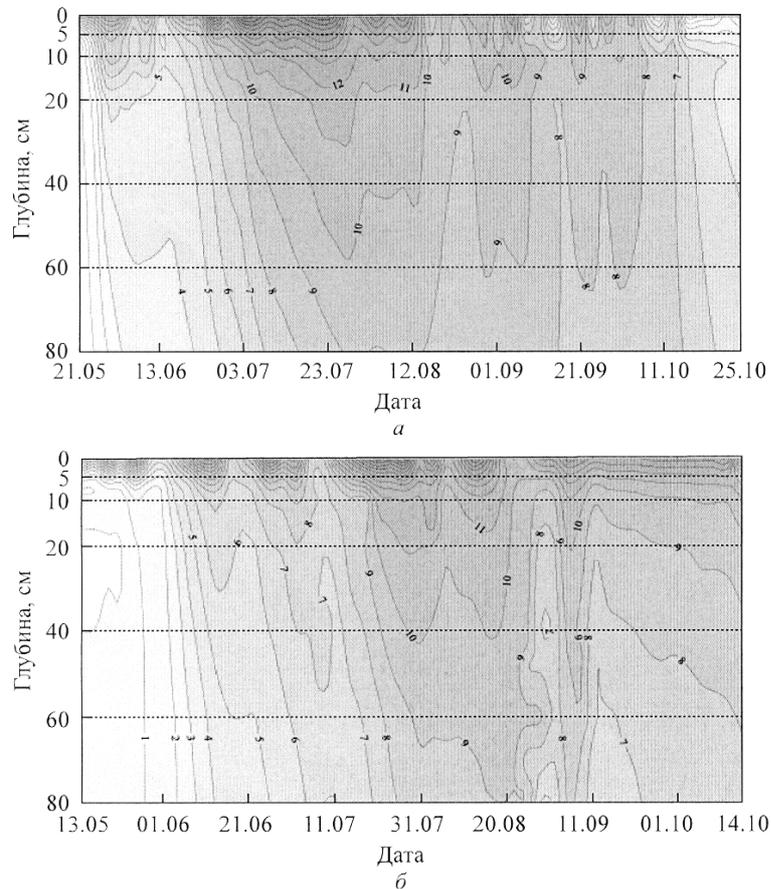


Рис. 3. Термоизоуплеты почвы, °С, в 2004 г. (а) и 2005 г. (б)

Сравнение тепловых ресурсов почв на различной глубине трех спелых хвойных древостоев (табл. 4) средней тайги показало, что ельник чернично-сфагновый значительно теплее зеленомошного и черничного влажного. По степени накопления тепла в почве его можно приравнять к таким фитоценозам, как сосново-еловый черничный и сосняк чернично-зеленомошный [4, 5]. Период возможной активной жизнедеятельности корневых систем в ельнике чернично-сфагновом соответственно в 1,1–1,3 и 1,4–2,0 раза продолжительнее, чем в ельниках зеленомошном и черничном влажном.

В целом тепловой режим почвы старовозрастных ельников всех трех типов обеспечивает возможность активного роста корней на глубине 0 ... 80 см, хотя на 80 см этот период не превышает 30 ... 60 дн. Несмотря на то, что почва ельника чернично-сфагнового теплее, древостой его менее продуктивен. Так, в ельнике зеленомошном запасы древесины составляют 235 [8], черничном влажном – 220 [2], чернично-сфагновом – 194 м<sup>3</sup>/га. Если в зеленомошных и черничных типах сообществ одним из основных лимити-

Таблица 4

**Продолжительность периода возможной активной жизнедеятельности корней  
древесных растений**

Древостой	Почва	Глубина, см	Диапазон	Среднее значение
			варьирования	
			дн.	
Ельник зелено- мошный [8]	Типичная подзолистая	5	97...103	101
		10	90...97	92
		20	82...87	84
		40	30...78	61
		60	57...75	69
Е. черничный влажный [2]	Торфянисто-подзолисто- глееватая иллювиально- гумусовая супесчаная на суглинках	5	60...90	72
		10	59...85	69
		20	58...80	67
		40	8...64	41
		60	0...64	35
Е. чернично- сфагновый	Торфянисто-подзолисто- глеевая супесчаная на суглинках	5	104...120	112
		10	110...111	110
		20	89...101	95
		40	64...95	80
		60	48...90	69
		80	31...62	47

рующих факторов продуктивности фитоценоза является температура почвы [5, 1], то в чернично-сфагновом ельнике еще и избыток влаги. Согласно А.Я. Орлову [10], А.В. Веретенникову [3], К.С. Бобковой [2], в почвах заболоченных типов хвойных сообществ таежной зоны довольно часто происходят анаэробные процессы, негативно влияющие на жизнедеятельность корней древесных растений. Так, в торфянисто-подзолисто-глеевой почве ельника долгомошно-сфагнового во влажные годы почва большую часть вегетации переувлажнена и находится в состоянии периодического анаэробнобиоза [2]. В почвенной воде ризосферы (0 ... 40 см) концентрация кислорода составляет всего 0,2 ... 3,1 мг/л, при этом рост корней идет вяло или совсем прекращается [10], нарушаются обменные процессы, в частности снижаются фотосинтетическая активность и транспирация [3].

Таким образом, выполненные нами исследования позволяют определить тепловой режим деятельного слоя почвы и связанное с ним состояние лесных экосистем.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биопродукционный процесс в лесных экосистемах Севера [Текст] / отв. ред. К.С. Бобкова, Э.П. Галенко. – СПб., 2001. – 278 с.
2. Бобкова, К.С. Биологическая продуктивность хвойных лесов европейского Северо-Востока [Текст] / К.С. Бобкова. – Л., 1987. – 156 с.

3. *Веретенников, А.В.* Физиологические основы устойчивости древесных растений к временному избытку влаги в почве [Текст] / А.В. Веретенников. – М., 1968. – 136 с.
4. *Галенко, Э.П.* Температурный режим почв в зеленомошных типах леса средней тайги [Текст] / Э.П. Галенко // Экология роста и развития сосны и ели на Северо-Востоке европейской части СССР: тр. Коми фил. АН СССР. – Сыктывкар, 1979. – № 44. – С. 90–103.
5. *Галенко, Э.П.* Фитоклимат и энергетические факторы продуктивности хвойного леса Европейского Севера [Текст] / Э.П. Галенко. – Л., 1983. – 129 с.
6. *Димо, В.Н.* Тепловой режим почв СССР [Текст]: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.532 / В.Н. Димо; [Всесоюз. акад. с.-х. наук. Почвенный ин-т]. – М., 1971. – 58 с.
7. *Забоева, И.В.* Почвенно-экологические условия еловых сообществ [Текст] / И.В. Забоева // Биопродукционный процесс в лесных экосистемах Севера. – СПб., 2001. – С. 112–131.
8. *Кононенко, А.В.* Гидротермический режим таежных и притундровых почв европейского Северо-Востока [Текст] / А.В. Кононенко. – Л., 1986. – 144 с.
9. *Молчанов, А.А.* Лес и климат [Текст] / А.А. Молчанов. – М., 1961. – 279 с.
10. *Орлов, А.Я.* Рост и жизнедеятельность сосны, ели и березы в условиях затопления корневых систем [Текст] / А.Я. Орлов // Влияние избыточного увлажнения почв на продуктивность лесов. – М., 1966. – С. 112–154.
11. *Протопопов, В.В.* Средообразующая роль темнохвойного леса [Текст] / В.В. Протопопов. – Новосибирск: Наука, 1975. – 328 с.
12. Растительность европейской части СССР [Текст] / под ред. С.А. Грибовой, Т.И. Исаченко, Е.М. Лавренко. – Л., 1980. – 426 с.
13. *Сапожникова, С.А.* Микроклимат и местный климат [Текст] / С.А. Сапожникова. – Л., 1950. – 242 с.
14. *Чертовской, В.Г.* Еловые леса европейской части СССР [Текст] / В.Г. Чертовской. – М., 1978. – 176 с.
15. *Шульгин, А.М.* Климат почвы и его регулирование [Текст] / А.М. Шульгин. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – 341 с.
16. *Шульгин, А.М.* Температурный режим почвы [Текст] / А.М. Шульгин. – М., 1957. – 242 с.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН  
Поступила 11.09.06

*E.P. Galenko, K.S. Bobkova, S.P. Shvetsov*

Institute of Biology, Komi Research Centre, Ural Branch of RAS

### **Thermal Regime of Soil in Blueberry-sphagnum Spruce Forest of Middle Taiga**

Data on thermal regime of soil in blueberry-sphagnum spruce forest of middle taiga sub-zone are provided. Daily and monthly average temperature, daily average temperature amplitude variations depending on the weather type are determined in the active soil thickness within the seasonal dynamics; space-time seasonal variability of the temperature field is shown. The period of possible vital activity of woody plant root system is set.

Keywords: taiga, spruce forest, soil temperature regime.