

УДК 630\*187:582.475:630\*114.16(470.13-924.82)

**А.Ф. Осипов, С.Н. Кузин**

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Осипов Андрей Федорович родился в 1985 г., окончил в 2007 г. Коми государственный педагогический институт, кандидат биологических наук, научный сотрудник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет около 20 печатных работ в области экологии леса, углеродного цикла в сосняках.  
E-mail: osipov@ib.komisc.ru



Кузин Сергей Николаевич родился в 1958 г., окончил в 1981 г. Московский авиационный институт, ведущий инженер Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет 12 печатных работ в области фитолимата, CO<sub>2</sub> газообмена лесных сообществ, роста древесных растений, автоматизации биологических исследований.  
E-mail: kuzin@ib.komisc.ru



### **ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ СОСНЯКА ЧЕРНИЧНО-СФАГНОВОГО СРЕДНЕЙ ТАЙГИ\***

Рассмотрен температурный режим болотно-подзолистой почвы спелого сосняка чернично-сфагнового средней тайги. Приведена сезонная динамика температуры почвы в слое 0...60 см. Определен период благоприятных температур для роста корней древесных растений.

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

Влияние температуры почв на формирование лесных экосистем очень велико. Она обуславливает как процессы метаболизма растений, так и биологические, и химические превращения, происходящие в почве [11, 13]. Температурные условия почвенной среды определяют продуктивность фитоценозов [1, 12, 15]. Сведения о температуре почвы необходимы при моделировании динамики органического вещества почвы [10], биопродукционного процесса фитоценозов [6, 16], потока парниковых газов с поверхности почвы [8, 18]. Представляет определенный интерес и отклик температурного режима почвы на изменение климата [14, 17].

Сосновые леса на территории Республики Коми занимают 7,1 млн га, половина из которых приходится на заболоченные типы сообществ [9]. Отдельные аспекты теплового режима почв в сосняках средней тайги рассмотрены в работах Э.П. Галенко [4], А.В. Кононенко [7], К.С. Бобковой [1]. Температурный режим почвы старовозрастного ельника чернично-сфагнового

---

\*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 10-04-00067-а) и программы Президиума РАН № 16.

©Осипов А.Ф., Кузин С.Н., 2013

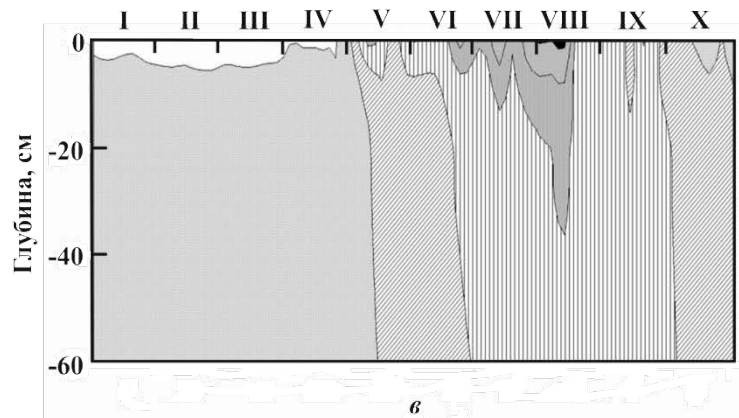
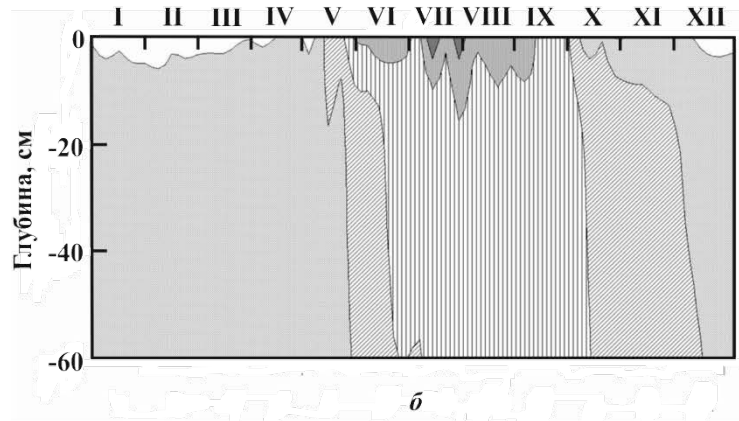
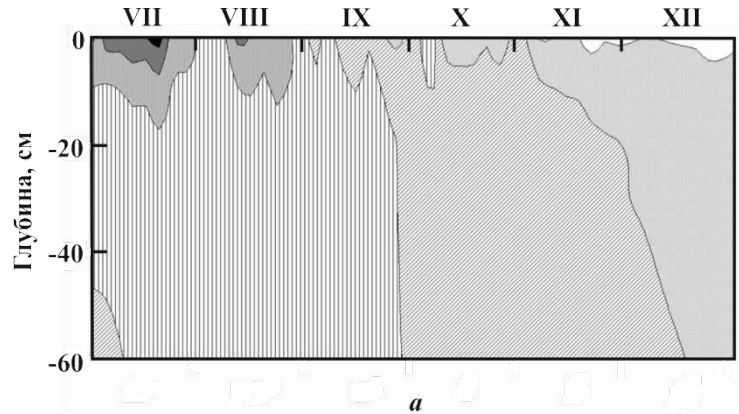
средней тайги охарактеризован в работе [3]. Однако отсутствуют данные по круглогодичной динамике температуры почвы сосновых сообществ на болотно-подзолистых почвах.

Цель данной работы – анализ годичной динамики распределения температур в почве сосняка чернично-сфагнового.

Исследования проведены в среднетаежном спелом сосняке чернично-сфагновом на территории Ляльского лесозоологического стационара (62°15' с.ш., 50°42' в.д.) Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Древостой имеет состав 10С+Е,Б,Ос, V класс бонитета, средний возраст 118 лет. Плотность растущих деревьев 1210 экз./га, запас древесины 197 м<sup>3</sup>/га, средняя высота деревьев 12,9 м, диаметр 16,3 см. Сухостой (30 экз./га) имеет запас древесины 2 м<sup>3</sup>/га. Подлесок состоит из единичных кустов рябины и ивы. Подрост (2,2 тыс. экз./га) имеет состав 59Б33С8Е и представлен в основном деревьями средней категории высоты. Травяно-кустарничковый ярус с проективным покрытием 50...70 % сложен черникой (*Vaccinium myrtillus* L.), голубикой (*V. uliginosum* L.), водяникой (*Empetrum nigrum* L.), багульником (*Ledum palustre* L.), осокой шаровидной (*Carex globularis* L.) и кассандрой (*Chamaedaphne calyculata* L.). Почти сплошной моховой ярус состоит из зеленых (*Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*) и сфагновых (*Sphagnum warnstorffii*, *S. angustifolium*, *S. medium*) мхов. Встречаются пятна лишайников из рода *Cladonia*. Почва торфянисто-подзолисто-глееватая иллювиально-железистая супесчаная характеризуется торфянистой подстилкой мощностью около 19 см.

Измерение температуры проводили на поверхности почвы (среднее по трем измерениям) и на глубине 5, 10, 20, 30, 40, 60 см в непрерывном почасовом режиме с 3 июля 2008 г. по 1 ноября 2010 г. Для этого использовали датчики фирмы «НОВО» (США). Точность измерений – до 0,1 °С. На основании этих данных получали среднесуточные и среднемесячные температуры, вычисляли месячные суммы температур, определяли продолжительность периодов с температурой более 7,0 °С и более 10,0 °С [1, 13], соответствующих активной жизнедеятельности корней. Термоизоплеты по среднесуточным измерениям построены в программе Surfer 6.04.

Вегетационные периоды в годы исследований различались по своим погодным условиям. Так, в 2008 г. температура воздуха июня, июля и октября была на 0,6...3,4 °С выше средней многолетней, тогда как май, август и сентябрь были на 0,4...1,3 °С холоднее. Количество осадков за период вегетации составило 412 мм. Летние месяцы 2009 г. характеризовались незначительными (0,3...0,4 °С) отклонениями от нормы, а май, сентябрь и октябрь были теплее на 1,4...3,8 °С. Осадков выпало 465 мм. В 2010 г. отмечалась жаркая погода: среднемесячные температуры вегетационного периода были выше средних многолетних на 1,4...5,7 °С. За вегетационный период выпало 309 мм осадков, что составило 74 % от средних многолетних значений.



Динамика температуры почвы сосняка чернично-сфагнового по месяцам (I – XII) в 2008 (а), 2009 (б), 2010 гг. (в)

Начало наблюдений за температурным режимом в 2008 г. совпало со временем интенсивного прогрева почвы и обильным развитием биоты. Средняя температура на нижней границе органогенного горизонта (20 см) в это время составила 9,0 °С, на глубине 60 см – 7,5 °С (см. рисунок *а*). Таким образом, в начале наблюдения толща почвы была уже достаточно прогретой для осуществления процессов жизнедеятельности корневых систем растений. Увеличение температуры в органогенном горизонте продолжилось до начала III декады июля, достигнув среднесуточного значения 11,2 °С. На глубине 60 см максимальная температура (9,5 °С) наблюдалась в середине III декады июля. Далее следовало понижение температуры почвы по всему профилю до середины II декады августа. Затем наблюдалось некоторое повышение, а с начала сентября происходило постепенное снижение. Отрицательные температуры на поверхности почвы имели место в I декаде ноября, но недолго. Начиная с конца II декады ноября, отрицательные температуры на поверхности почвы продолжались до конца 2008 г. В этот период температура в органогенном горизонте понизилась до 2,8 °С, а на глубине 60 см – до 3,5 °С.

В 2009 г. отрицательные температуры на поверхности почвы продолжались до конца I декады мая (см. рисунок *б*). Отрицательных значений температуры в ризосфере почвы в это время не выявлено, хотя в органогенном горизонте она понизилась до 1,0 °С, а на глубине 60 см – до 1,5 °С. В мае – июне происходило интенсивное прогревание почвы, чему способствовало относительно слабое развитие травяно-кустарничкового яруса. Вегетационный период 2009 г. отличался благоприятными условиями температурного режима. Увеличение температуры органогенного горизонта продолжалось до конца июля, достигнув 11,5 °С, почвы на глубине 60 см – до середины I декады августа, однако период с благоприятными для роста корней температурами в слое 0...60 см продолжался до конца I декады октября. Кратковременный период с отрицательными среднесуточными температурами был выявлен в конце III декады октября, а постоянно они наблюдались с конца I декады декабря. К концу года среднесуточная температура органогенного горизонта понизилась до 2,5 °С, на глубине 60 см – до 3,0 °С.

В 2010 г. отрицательные среднесуточные температуры поверхности почвы продолжались с начала года до середины II декады апреля (см. рисунок *в*). Затем началось интенсивное прогревание почвы, которое продолжалось до середины августа. Максимальная температура в органогенном горизонте составила 12,5 °С, на глубине 60 см – 11,0 °С. Сентябрь этого года характеризовался довольно благоприятными термическими условиями, когда температура почвенного профиля 0...60 см была выше 8,0 °С. В конце наблюдений (1 ноября 2010 г.) температура органогенного горизонта и толщи на глубине 60 см составляла выше 5,0 °С.

Ранее было отмечено [1], что в средневозрастном сосняке чернично-сфагновом средней тайги органогенный горизонт почвы прогревался до 8,0 °С в конце III декады мая, слой 0...60 см – к концу июня. Максимальная температура в подстилке достигала 13,0 °С в III декаде июля, на глубине 60 см – 11,0 °С. На конец наблюдения (II декада октября 1984 г.) температура в слое 0...20 см опустилась до 4,0 °С, на глубине 60 см – до 5,0 °С.

Таблица 1

## Сумма среднесуточных температур (°С) почвы на различных глубинах

Месяц	Глубина почвенного профиля, см						
	0	5	10	20	30	40	60
Январь	–	–	–	–	–	–	–
	–45,4	15,2	49,6	73,6	74,6	79,9	89,4
Февраль	–	–	–	–	–	–	–
	–33,5	6,7	31,7	50,1	50,7	54,8	62,2
Март	–	–	–	–	–	–	–
	–11,5	9,0	31,7	47,9	48,9	52,6	59,4
Апрель	–	–	–	–	–	–	–
	–3,0	13,5	31,4	42,9	43,9	46,9	52,8
Май	–	–	–	–	–	–	–
	173,6	130,7	107,6	91,2	89,6	85,5	80,4
Июнь	–	–	–	–	–	–	–
	413,0	324,4	270,9	232,9	228,7	216,1	195,7
Июль	–	–	–	–	–	–	–
	504,1	414,7	349,5	289,2	282,0	268,5	248,1
Август	–	–	–	–	–	–	–
	404,6	371,9	347,6	316,4	312,3	303,7	290,0
Сентябрь	–	–	–	–	–	–	–
	190,8	236,9	254,8	263,6	263,2	263,3	262,8
Октябрь	–	–	–	–	–	–	–
	313,6	309,4	305,1	298,5	297,5	294,8	289,4
Ноябрь	–	–	–	–	–	–	–
	108,4	164,5	191,5	208,6	209,8	212,3	217,5
Декабрь	–	–	–	–	–	–	–
	75,3	152,9	194,5	217,6	218,5	223,9	232,4
	–	–	–	–	–	–	–
	77,5	131,9	176	200,8	201,5	206,5	215,2
	–	–	–	–	–	–	–
	4,1	81,5	120,6	147,0	148,6	153,8	162,4
	–	–	–	–	–	–	–
	15,4	87,5	121,0	139,3	139,2	144,5	154,4
	–	–	–	–	–	–	–
	–35,3	46,6	83,1	107,9	109,2	114,6	123,8
	–	–	–	–	–	–	–
	–24,2	42,0	80,9	102,1	102,6	108,4	119,1
	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–

Примечание. Первая строка – данные 2008 г., вторая – 2009 г., третья – 2010 г.

Сезонная динамика суммы среднесуточных температур за месяц характеризуется их постепенным ростом с января по июль с последующим уменьшением (табл. 1). Следует отметить, что в июле–августе 2010 г. сумма сред-

несуточных температур на всех глубинах была выше, чем в аналогичные периоды 2008–09 гг. Это обусловлено аномально жарким летом 2010 г. Однако в сентябре–октябре 2008 и 2010 гг. сумма среднесуточных температур была ниже, чем в 2009 г. Этому, вероятно, способствовали благоприятные погодные условия в сентябре 2009 г.

Рассмотрим распределение температур в толще почвы. Примем за 100 % сумму температур на глубине 5 см. В таком случае на глубине 60 см тепловые ресурсы в мае, июне, июле, августе составляют соответственно 55...61, 61...67, 60...70, 78...84 %. Следовательно, внутрипочвенные градиенты температуры в торфянисто-подзолисто-глеевой супесчаной почве имеют отрицательный знак. Нагрев нижележащих горизонтов идет по типу инсоляции. В сентябре тепловые ресурсы по всему профилю почвы примерно равны, а в октябре знак внутрипочвенных градиентов становится положительным. Начинается отдача теплоты в атмосферу почвенной толщей. Положительные внутрипочвенные градиенты, которые, согласно В.Н. Димо [5] и Р.-Е. Melander с соавторами [17], в зимнее время определяют мощность и плотность снежного покрова, а также степень континентальности климата, наблюдаются с октября по апрель.

Температурный режим почвы в значительной мере определяет жизнедеятельность подземных органов растений. Как показывают данные табл. 2, продолжительность периода с благоприятными для роста корней температурами различается. Так, температура органогенного горизонта выше 7,0 °С в различные годы исследования наблюдалась в течение 90...114 дн., на глубине 60 см – 78...106 дн. Более благоприятным для осуществления процессов жизнедеятельности корней был 2009 г., менее – 2008 г. Аналогичная картина имеет место и для периода с температурой выше 10,0 °С, продолжительность которого составила 48...62 дн. в органогенном горизонте, на глубине 60 см почва не прогревалась до такой температуры в 2008 г. В 2009 г. благоприятный период для роста растений длился 45, в 2010 г. – 22 дн. Согласно данным К.С. Бобковой [1], в сосняках средней тайги продолжительность периода с благоприятной для роста корней температурой в органогенном горизонте составляет 2,0...3,0 мес., в слое до 80 см – 1,5...2,0 мес. Автором также отмечено, что торфянисто-подзолисто-глееватая гумусовая почва средневозрастного сосняка чернично-сфагнового прогревается раньше, чем подзолистая почва сосняка черничного.

Таблица 2

**Продолжительность периода (дн.) с температурами,\* благоприятными для роста корней древесных растений в сосняке чернично-сфагновом**

Год	Подстилка	Слой 0...60 см
2008	90**/48	78/0
2009	114/62	106/45
2010	101/51	96/22

\*В числителе приведены данные для температуры выше 7,0 °С, в знаменателе – для 10,0 °С.

\*\*Начало периода с этими температурами не выявлено.

Показано, что большая часть (73 %) тонких корней древесных растений в сосняках чернично-сфагновых располагается в органогенном горизонте почвы. Следует отметить, что в сосновых сообществах на болотно-подзолистых почвах рассматриваемого региона на жизнедеятельность растений большое влияние оказывают переувлажнение почвы и недостаток кислорода в верховодке [2].

Ранее А.Я. Орловым и С.П. Кошельковым [13] отмечено, что органогенный горизонт в сосняках чернично-сфагновых южной тайги прогревается раньше, чем в сосняках черничных и долгомошных. Однако их более глубокие слои прогреваются позже. Причиной, вероятно, может служить избыток влаги в сообществах на болотно-подзолистых почвах, на нагрев которой, а следовательно, и окружающей почвенной толщи требуется большее количество теплоты. В почве среднетаежного сосняка черничного свежего [3] в органогенном горизонте продолжительность периода с температурой выше 10,0 °С в различные годы варьировала от 35 до 80 дн., на глубине 40 см – от 5 до 35 дн.

Таким образом, тепловой режим торфянисто-подзолисто-глеевой или лювиально-железистой почвы спелого сосняка чернично-сфагнутого средней тайги обеспечивает возможность активного роста корней в слое 0...60 см. Более благоприятные термические условия для жизнедеятельности растений существуют в органогенном горизонте, в котором находится большая часть физиологически активных корней.

Выполненное нами исследование продолжает определение теплового режима болотно-подзолистых почв и связанные с ним функции лесных экосистем Европейского Северо-Востока России.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобкова К.С. Биологическая продуктивность хвойных лесов Европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1987. 157 с.
2. Веретенников А.В. Влияние временного избыточного увлажнения на физиологические процессы древесных растений. М.: Наука, 1964. 88 с.
3. Галенко Э.В., Бобкова К.С., Швецов С.П. Температурный режим почвы чернично-сфагнутого ельника средней тайги // Лесн. журн. 2008. № 3. С. 19–28. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Галенко Э.П. Фитоклимат и энергетические факторы продуктивности хвойного леса Европейского Севера. Л.: Наука, 1983. 129 с.
5. Димо В.Н. Тепловой режим почв СССР: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. М., 1971. 58 с.
6. Комаров А.С. Пространственные индивидуально-ориентированные модели лесных экосистем // Лесоведение. 2010. № 2. С. 60–68.
7. Кононенко А.В. Гидротермический режим таежных и притундровых почв Европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1986. 144 с.
8. Курганова И.Н. Эмиссия и баланс диоксида углерода в наземных экосистемах России: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2010. 50 с.
9. Леса Республики Коми / Под ред. Г.М. Козубова., А.И. Таскаева. М., 1999. 332 с.

10. Моделирование динамики органического вещества почв / А.В. Смагин [и др.]. М.: Изд-во МГУ, 2001. 120 с.
11. Молчанов А.А. Лес и климат. М.: Наука, 1961. 279 с.
12. Обмен веществ и энергии в сосновых лесах Европейского Севера / Отв. ред. Н.И. Казимиров. Л.: Наука, 1977. 304 с.
13. Орлов А.Я., Кошельков С.П. Почвенная экология сосны. М.: Наука, 1971. 324 с.
14. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России / Под ред. Г.А. Заварзина. М.: Наука, 2007. 315 с.
15. Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: предельная продуктивность и география. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 406 с.
16. Цельникер Ю.Л., Корзухин М.Д., Семенов С.М. Модельный анализ широтного распределения продуктивности лесных пород России // Лесоведение. 2010. № 2. С. 36–45.
17. Mellander P.-E., Laudom H., Bishop K. Modelling variability of snow depths and soil temperatures in Scots pine stands // Agricultural and Forest Meteorology. 2005. Vol. 133. P. 109–118.
18. Zamolodchikov D.G., Karelin D.V. Arctic hot and CO<sub>2</sub> springs: Natural model of impact of climate change on terrestrial ecosystems // Mem. Nat. Inst. Polar. Res. 2001. Spec. Issue 54. P. 437–443.

Поступила 23.12.10

**A.F. Osipov, S.N. Kuzin**

Institute of Biology, Komi Scientific Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

#### **Thermal Regime of the Soil in Blueberry-Sphagnum Pine Forest in Middle Taiga**

The article considers the thermal regime of peaty-podzolic soil in mature bilberry-sphagnum pine forest in middle taiga. Seasonal dynamics of soil temperature in a 0...60 cm layer is presented. The period of favourable temperature for root growth of trees is determined.

*Key words:* taiga, pine forest, thermal regime of soil.

---