

Науки о Земле

Температурный режим бурых лесных почв под букняками

Николай Александрович Битюков

Сочинский государственный университет, Россия
доктор биологических наук, профессор
E-mail: nikbit@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты экспериментального изучения температурного прогрева бурых лесных почв под буковыми насаждениями в среднегорной зоне Черноморского побережья Кавказа. Материалы получены на малых водосборах лесогидрологического стационара «Аибга», на вырубках и у стены леса.

Ключевые слова: микроклимат почвы, температура почвы, температурный режим почв, буковые леса, Черноморское побережье Кавказа.

УДК 630*
228(23)

Температурный режим почвы представляет собой один из основных элементов климата почвы. Впервые вопрос о климате почвы был поднят П.А. Костычевым в 1886 г. и получил дальнейшее развитие в работах С.С. Неуструева (1930), С.В. Кравкова (1937), К.П. Горшенина (1939), М.И. Филатова (1945), П.И. Колоскова (1946) и др. Наиболее полное определение понятия климата почвы дано А.М. Шульгиным (1967), рассматривающим его как многолетний режим температуры и влажности почвы, а также их географическое распределение, зависящее от комплекса природных факторов и производственной деятельности человека.

Литература по теплообмену в почве чрезвычайно обширна. Большей частью она посвящена изучению температурного режима почв, находящихся в культурном обороте (Сапожникова, 1950; Димо, 1963, 1967; Рубинштейн, 1960; Копанев, 1965; Головин, 1962; Шульгин, 1948 и др.). Обзор этих работ приводится в монографиях Шульгина (1957, 1967). Влияние лесных насаждений на температуру почв рассмотрено Н.С. Нестеровым (1909); М.И. Сахаровым (1948); А.П. Травлевым (1960); Н.Д. Пустовойтовым (1964); Н.Д. Взмуждаевым (1967); И.Н. Елагиным и В.Ф. Изотовым (1968) и др.

Многочисленные данные свидетельствуют о решающей роли растительного покрова среди факторов, влияющих на температурный режим почв, несколько меньшее значение имеет экспозиция склонов. Так, лес охлаждает почву летом и повышает ее температуру зимой, уменьшая годовые амплитуды температуры. Причем температура верхних слоев почвы изменяется в связи с возрастом и сомкнутостью древостоя. Особо отмечают влияние на температуру почвы в лесу лесной подстилки, состоящей из отмерших органических остатков, между которыми находится воздух, и теплопроводность которой меньше теплопроводности почвы (Молчанов, 1952; Травлеев, 1960 и др.).

В программу изучения температурного режима почв на стационаре «Аибга» (подробное описание см. в работах [1] и [2]) входили ежедневные наблюдения за температурой почвы на 4-х метеоплощадках под пологом леса и на 2-х метеоплощадках на открытом месте – на вырубке и у стены леса. Измерения проводили с помощью электротермометров АМ-2М, датчики которых устанавливали под пологом до глубины 1 м через 10 см, а на открытом месте – до 0,9 м через 20 см.

Температурный режим почвы рассматривается на примере конкретных погодных условий 1967 г. За гидрологический год, т.е. с ноября 1966 г. по октябрь 1967 г., произошел полный цикл расходования теплозапасов зимой и новое их накопление за вегетационный период. В начале гидрологического года в метровом слое почвы наблюдалось осеннее выравнивание температур при 12 °С. В течение ноября и декабря поверхностные горизонты постепенно охлаждались за счет понижения температуры воздуха и уменьшения притока солнечной радиации.

Охлаждение более глубоких слоев шло гораздо медленнее (около $0,1^{\circ}\text{C}$ в день), поэтому к концу декабря разница между температурами на поверхности почвы и на глубине $1,0\text{ м}$ достигла $7,0^{\circ}$. Затем в начале января эта разница несколько уменьшилась из-за наступившего потепления, а во второй половине января почва покрылась снегом.

В течение всей зимы выпавший глубокий снежный покров и мощная лесная подстилка предохраняли поверхностные слои почвы от промерзания. В самые сильные морозы, когда среднесуточная температура воздуха была $-13,6^{\circ}\text{C}$, а минимум достигал -17°C , температура под подстилкой не опускалась ниже $0,1^{\circ}\text{C}$. Колебания температуры почвы под снегом в течение почти 2-х месяцев не превышали $0,6^{\circ}\text{C}$. Однако охлаждение всего метрового слоя продолжалось всю зиму и достигло наибольшей степени к середине марта (при температуре на поверхности $0,4^{\circ}\text{C}$, а на глубине $1,0\text{ м}$ – $3,9^{\circ}\text{C}$). В начале апреля приток солнечной радиации обусловил прогревание поверхностных горизонтов и выравнивание температур по метровому профилю при $5-6^{\circ}\text{C}$.

Начало вегетационного периода характеризовалось температурами на поверхности почвы $8-13^{\circ}\text{C}$, а на глубине $1,0\text{ м}$ – $6-7^{\circ}\text{C}$. В апреле и мае распространение тепла вглубь шло интенсивно вследствие сравнительно большой теплопроводности влажной почвы. С уменьшением теплопроводности (по мере иссушения почвы) и поступления тепла под полог леса скорость проникновения тепла вглубь снижается; так, термоизоплета 10° в мае продвигалась со средней скоростью около 4 см/сут. , а термоизоплета 14° – около $1,5\text{ см/сут.}$

Прогревание метрового слоя продолжалось до начала сентября. Максимум температуры на поверхности почвы отмечен в середине августа, а на глубине 1 м – на 25 дней позже. Последние два месяца вегетационного периода происходило охлаждение почвы с постепенным выравниванием температур по профилю, и к концу вегетации температура около 12°C наблюдалась по всему метровому слою.

Суточные колебания температуры почвы под пологом леса имеют наибольшие значения ранней весной, когда почва мало защищена от воздействия прямых солнечных лучей. В это время амплитуда колебаний температуры поверхности почвы в безоблачный день превышает 10° . Изучение температуры почвы в течение дня в ясную погоду показывает, что в этих условиях температура поверхности почвы изменяется от $5,1^{\circ}\text{C}$ (в $7-8\text{ ч}$) до $15,4^{\circ}\text{C}$ (в 15 ч). Кривая суточного хода температуры почвы имеет два пика – аналогично суточному ходу солнечной радиации под пологом. На глубине 5 см температура изменялась от $6,3^{\circ}\text{C}$ утром до $9,5^{\circ}\text{C}$ в $16-18\text{ ч}$, а на 15 см – от $6,2$ до $8,0^{\circ}\text{C}$.

Амплитуды суточных изменений температуры составили на поверхности $10,3^{\circ}\text{C}$, на глубине 5 см – $3,2^{\circ}$, на глубине 10 см – $2,4^{\circ}$, на глубине 20 см – $0,8^{\circ}$, на глубине 40 см – $0,3^{\circ}\text{C}$. Следовательно, суточные колебания температуры почвы в лесу распространяются до глубины 40 см при наиболее благоприятных условиях – отсутствии затенения лесным пологом весной и солнечной погоде. При полном облиствении суточная амплитуда температуры даже на поверхности почвы резко уменьшается (до $1,0-2,2^{\circ}\text{C}$), а глубина распространения суточных колебаний не превышает 20 см . Лишь осенью, с опадением листвы, суточные колебания температуры увеличиваются до $4-5^{\circ}\text{C}$.

Температура почвы на открытом месте (у стены леса и на вырубке) имеет более резкий годовой ход по сравнению с температурным режимом под кронами. Так, зимой охлаждение по всему метровому слою почвы приводит к тому, что температура на вырубке (на глубине $0,9\text{ м}$) на $0,9-1,3^{\circ}$ ниже, чем в лесу. Из-за отсутствия лесной подстилки на вырубке минимальная температура в поверхностном слое под снегом достигла $-0,1^{\circ}\text{C}$. Минимум теплозапасов отмечен в первой декаде марта; при этом температура на глубине $0,9\text{ м}$ опустилась до $2,9^{\circ}\text{C}$. Весеннее прогревание в поверхностных горизонтах на вырубке на $3-6^{\circ}$ опережало аналогичный процесс под пологом. Максимум температуры на поверхности почвы на вырубке смещен на первую декаду мая ($34,1^{\circ}\text{C}$), поскольку развитие травяного покрова в дальнейшем предохраняло почву от перегрева. Максимум теплозапасов приходится на 3-ю декаду августа при температуре от $20,3^{\circ}\text{C}$ на поверхности до $17,0^{\circ}\text{C}$ на глубине $0,9\text{ м}$. Во второй половине вегетационного периода тепловые запасы постепенно убывают, а в конце вегетации наблюдается наложение друг на друга волн холода, распространяющихся по профилю.

Таким образом, под пологом леса температурный режим характеризуется положительными температурами и довольно плавным их изменением в течение года по наблюдаемому профилю почвы. Наибольшим температурным воздействиям подвергается

верхний 10-сантиметровый слой, где отмечаются максимальные вертикальные градиенты. Большое влияние на температурный режим оказывают выпадающие летом и осенью ливневые осадки; они выравнивают температуру по глубине за счет увеличения коэффициента теплопроводности и переноса тепла гравитационной влагой.

На вырубках температурный режим отличается гораздо большей интенсивностью процессов прогрева и охлаждения почвенных горизонтов. При этом наиболее резкие колебания температуры распространяются глубже, чем в лесу, – до 30 см. Температурный режим здесь во многом зависит от развития напочвенного травяного покрова, защищающего поверхность почвы от воздействия прямых солнечных лучей.

Описанный выше режим температуры почвы под пологом леса в основных чертах повторяется ежегодно (табл. 1). Как показали наблюдения, особенности каждого года состоят, прежде всего, в различной степени зимнего охлаждения. При устойчивом снежном покрове охлаждение метрового слоя происходит равномерно, и к началу вегетационного периода температура на глубине 1,0 м опускается до 3–4 °С. При отсутствии устойчивого снежного покрова и в теплые зимы почва не получает значительного охлаждения, и к началу вегетационного периода температура на глубине 1,0 м снижается до 6–7 °С.

Исходя из данных табл. 1, следует, что максимальные температуры под пологом в метровом слое изменялись в течение трех вегетационных периодов от 14,6 до 21,8 °С, а на вырубке – от 16,4° до 34,1 °С. Минимальные температуры более устойчивы во времени (2,4–9,8 °С в лесу и 2,8–10,9 °С на вырубке). Наибольшая амплитуда колебаний температуры присуща верхнему 10-сантиметровому слою, причем на вырубке в этом слое температура в течение вегетации почти в 2 раза больше, чем в лесу. С глубиной амплитуда колебаний уменьшается, и разница между вырубкой и лесом сглаживается; тем не менее она остается по всей наблюдаемой глубине – под пологом леса амплитуда изменений температур на 15–20 % меньше, чем на вырубке.

Таблица 1

Экстремумы температуры почвы по горизонтам за вегетационные периоды

Глубина слоя, см	Температура почвы в вегетационные периоды, °С								
	1967 год			1968 год			1969 год		
	наибольшая	наименьшая	амплитуда	наибольшая	наименьшая	амплитуда	наибольшая	наименьшая	амплитуда
<i>Средняя под пологом леса</i>									
Поверхность	21,7	5,5	16,2	19,5	9,8	9,7	21,8	2,4	19,4
10	18,2	4,8	13,4	18,6	5,5	12,2	19,0	5,6	13,4
30	16,9	5,0	11,9	16,8	4,6	12,4	17,8	7,9	9,9
50	16,1	4,8	11,3	16,2	4,3	11,9	16,9	7,4	9,5
70	15,2	4,5	10,7	15,5	4,0	11,5	16,3	7,6	8,7
90	14,6	4,3	10,3	14,9	4,0	10,9	15,5	6,8	8,7
<i>Средняя на вырубке</i>									
Поверхность	34,1	6,2	27,9	30,0	10,9	19,1	27,2	2,8	24,4
10	24,3	6,4	17,9	20,0	5,0	15,0	20,5	4,3	16,2
30	20,0	5,3	14,7	18,9	4,4	14,5	19,4	6,9	12,5
50	18,7	5,0	13,7	–	–	–	18,9	6,9	12,0
70	18,2	4,8	13,4	18,1	3,8	14,3	17,9	7,8	10,1
90	17,3	4,4	12,9	16,4	3,6	12,8	17,0	7,2	9,8

Средняя за вегетацию температура почвы убывает с глубиной (табл. 2), причем более интенсивно – в верхних слоях, и гораздо медленнее – на глубине 70–90 см. На вырубках весь метровый слой в течение вегетации теплее, чем под пологом, на 0,5–5,8 °С, и убывание температуры с глубиной, особенно в поверхностных горизонтах, происходит в несколько раз быстрее, чем в лесу.

Средние за вегетационный период температуры воздуха и почвы разнятся в пределах 0,3–1,1° в ту или другую сторону. На вырубке температура на поверхности почвы выше температуры воздуха в среднем на 3,4–6,0°.

Зависимость между среднесуточными температурами воздуха и поверхности почвы под пологом древостоя прослеживается достаточно четко. Разумеется, зависимость эта

коррелятивная (вследствие неодинаковых погодных условий для каждого дня) и характеризуется показателем точности 17,3% при коэффициенте корреляции $r \pm m_r = 0,919 \pm 0,013$. Аналитическое выражение связи между температурой воздуха и поверхности почвы под кронами имеет вид:

$$T_{\text{п}} = 0,93 t_{\text{в}} + 1,6. \quad (1)$$

Таблица 2

Распределение средних температур почвы по глубине за вегетационный период

Метеоплощадка	Температура почвы по слоям, °С					
	2 см	10 см	30 см	50 см	70 см	90 см
<i>1967 г.</i>						
Под пологом леса	14,4	13,0	12,4	12,1	11,4	11,3
У стены леса	17,5	14,1	13,6	13,2	12,8	12,3
На вырубке	20,2	16,8	14,4	13,9	13,6	12,8
<i>1968 г.</i>						
Под пологом леса	15,4	13,9	13,0	12,5	12,0	11,6
У стены леса	18,6	16,0	15,1	13,9	13,7	13,1
На вырубке	20,1	15,6	14,7	–	13,5	12,1
<i>1969 г.</i>						
Под пологом леса	14,5	13,8	13,4	13,0	12,6	12,2
У стены леса	16,6	16,5	15,8	13,9	13,6	13,3
На вырубке	18,3	15,5	15,3	–	14,2	13,6

Интересно проследить, как глубоко распространяются годовые колебания температуры почвы в условиях стационара “Айбга”. Экстраполирование среднемесячных таутохрон метрового слоя дает точку пересечения на глубине 2,7–3,0 м при температуре 9,5–10,0 °С. Полученные экстраполяцией данные хорошо увязываются с наблюдениями за температурой воды на 4-м ручье в 15 м ниже по течению от места его выклинивания. Наблюдения, проводившиеся в зимний период и включавшие наиболее морозные годы, дали колебания температуры воды в пределах от 9,1 до 10,3 °С. Среднее значение температуры воды + 9,7 °С, т.е. ручей имеет довольно стабильную температуру воды, характеризующую температуру глубоких слоев почвы, откуда в ручей выклиниваются родники.

С другой стороны, определение среднегодовых температур почвы дает для леса величину 9,5-9,7 °С (кроме поверхности почвы) (табл. 3).

Таблица 3

Распределение средних температур почвы по глубине за гидр. год

Метеоплощадка	Температура почвы, °С, по слоям					
	2 см	10 см	30 см	50 см	70 см	90 см
<i>1.XI.1966 г. – 31.X.1967 г.</i>						
Под пологом леса	10,2	9,7	9,7	9,7	9,5	9,6
У стены леса	12,1	10,1	10,2	10,2	10,3	10,3
На вырубке	13,6	11,5	10,4	10,4	10,5	10,4
<i>1.XI.1968 г. – 31.X.1969 г.</i>						
Под пологом леса	10,0	9,7	9,7	9,8	9,7	9,6
У стены леса	10,9	10,9	10,7	10,2	10,3	10,4
На вырубке	12,0	10,8	10,8	–	10,3	10,3

Таким образом, температурный режим почв под пологом девственных буковых древостоев имеет свои особенности, которые определяются своеобразием теплофизических свойств бурых лесных почв и состоят в следующем. В лесу при среднегодовой температуре 9,6 °С амплитуда ее колебания на поверхности почвы в течение года достигает 21,6° на глубине 1,0 м – 10,9 °С. Более всего температурным колебаниям подвержен верхний 10-сантиметровый горизонт. Суточные колебания температуры почвы затухают на глубине

около 30 см, а годовые – около 3 м. Температура поверхности почвы при отсутствии снежного покрова достаточно хорошо коррелирует с температурой воздуха. В рассматриваемых условиях, зимой, благодаря защитному влиянию подстилки и снежного покрова, почва в лесу никогда не промерзает. Все это создает благоприятные условия для роста такой теплолюбивой и влаголюбивой породы, как бук восточный.

Примечания:

1. Битюков Н.А., Коваль И.П. О режимах влажности и температуры бурых горнолесных почв под буковыми лесами // Почвоведение, 1967. № 3. С. 18-22.
2. Битюков Н.А. Исследование водного и теплового режимов буковых лесов Черноморского побережья Кавказа // Автореф. дисс. ... канд. географ. наук. МГУ. М., 1972. 24 с.
3. Битюков Н.А. Режим влажности бурых лесных почв Черноморского побережья Кавказа // Почвоведение. 1973. № 11. С. 77-85; Bityukov N.A., Pestereva N.M., Shagarov L.M. GIS-based Environmental Monitoring of Montane Forest Ecosystems in Protected Areas // European Researcher, 2012, Vol.(27), № 8-2. P. 1293-1298.
4. Битюков Н.А. Экология горных лесов Причерноморья. Сочи: ФГУ НИИгорлесэкол, 2007. 397 с.
5. Большаков А.Ф. О тепловом режиме почв // Проблемы сов. почвоведения, 1941. № 12. С. 71-76.
6. Будыко М.И. Тепловой баланс земной поверхности // Сб. «Тепловой и водный режим земной поверхности». Л.: Гидрометеиздат, 1960. С. 101-120.
7. Взмуждаев Н.А. Температурный режим серых лесных почв предгорий Северо-Западного Кавказа // Почвоведение, 1967. № 4. С. 60-65.
8. Де-Фриз Д.А. Тепловой режим почв // Сб. «Климатология и микроклиматология». Изд. «Прогресс». М., 1964. С. 20-25.
9. Димо В.Н. К вопросу о зависимости между температуропроводностью и влажностью почв // Почвоведение, 1948. № 12. С. 28-33.
10. Димо В.Н. Методы изучения теплового режима почв // Почвоведение, 1963. № 6. С. 48-55.
11. Димо В.Н. Температура почв и воздуха почвенно-биоклиматических областей СССР // Почвоведение. 1967. № 12. С. 28-35.
12. Каганов М.А., Чудновский А.Ф. Определение коэффициента температуропроводности по данным срочных измерений температуры // Изв. АН СССР, серия геофиз. и географ. 1960. С. 51-60.
13. Коваль И.П., Битюков Н.А. Экологические основы пользования лесом на горных водосборах. Краснодар, 2001. 408 с.
14. Копанев И.Д. О температурном режиме в холодный период // Почвоведение, 1965. № 6. С. 38-42.
15. Травлеев А.П. О термоизоляционной роли лесной подстилки // Почвоведение, 1960. № 10. С. 25-30.
16. Чудновский А. Ф. Теплофизика почв. М., 1976. 402 с.
17. Шульгин А.М. Температурный режим почв. Л.: Гидрометеиздат, 1957. 251 с.

Temperature Conditions of Brown Forest Soils under Beech Forests

Nikolai A. Bityukov

Sochi State University, Russia
Dr. (biological), Professor
E-mail: nikbit@mail.ru

Abstract. The article features the results of experimental study of warming up by temperature the brown forest soils lying under beech trees in the mid-mountain areas of the Black Sea coast. The data have been collected at small watersheds Aibga Station, while cutting down the trees.

Keywords: soil microclimate, soil temperature, soil temperature conditions, beech tree forest, Black Sea coast of the Caucasus.

UDC 630*
228(23)