

АГРОЭКОЛОГИЯ

УДК 631.436:556.124:630*434(571.15)

С.В. Макарычев,
В.И. Пастухов

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЗАПАСОВ ТЕПЛА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ЛЕНТОЧНЫХ БОРОВ

Ключевые слова: тепловой режим, сумма температур, гарь, рельеф, снежный покров, погода.

Введение

Источником тепла в почве является лучистая энергия Солнца. Среднее количество тепла, поступающее на поверхность Земли, составляет 8,15 Дж/С° на 1 см² в минуту (солнечная постоянная). Часть этого тепла отражается от поверхности Земли, а часть рассеивается в атмосферу растительным покровом, поэтому к поверхности почвы приходит значительно меньшее количество энергии, которая поглощается и передается вглубь почвы благодаря ее тепловым свойствам.

Тепловой режим почвы определяется совокупностью явлений поглощения, передвижения, передачи тепла и распределением температур на разной глубине и в разные периоды. Основным показателем этого режима – температура почвы. На ее температуру влияют климат, растительность, рельеф, снежный покров, а также механический состав, влажность, плотность.

Роль теплового режима для растений и биологических процессов определяется количеством тепла, влаги и воздуха в почве. Наилучший рост корневых систем растений наблюдается в интервале 10-25°С. С увеличением количества тепла происходит размножение бактерий, повышается их биологическая активность, следовательно, переработка органического вещества, усиливается процесс газообмена и передвижения влаги в почве. При снижении температуры все процессы замедляются, а при падении температуры ниже 0°С начинается замерзание почвы. Но между температурой почвы и растений обнаруживается и обратная связь: растительный покров существенно воздействует на динамику температуры в почве [1]. Кроме того, к факторам, влияющим на тепловой режим почвенной толщи, относятся снежный и другие покровы, а

также стихийные бедствия и производственная деятельность человека.

Результаты исследований

С целью выявления особенностей формирования теплового режима в дерново-подзолистых почвах северо-восточной части ленточных боров Алтайского Приобья в зависимости от погодных условий, режима почвенной влажности и характера напочвенного покрова нами в 2008-2010 гг. проведены сопряженные наблюдения на гари и под лесным покровом, не подвергнутому пирогенному воздействию.

Первые измерения температуры в почве состоялись 30 мая 2008 г. Погода в это время была пасмурна и безветренна. Представленные абсолютные значения температуры свидетельствуют о том, что максимум почвенных температур отмечался на нижней трети склона юго-западной экспозиции в 13 ч (+21,6°С), в межгрядном понижении на гари – +19,1°С. Наименьшая температура поверхности в это время была на вершине увала под лесом.

С 14 на 15 июня были организованы суточные наблюдения за температурным режимом дерново-подзолистой почвы. Погода в этот период была безветренная, 14 июня 2008 г. облачно с прояснениями, с 15 июня 2008 года переменная облачность в первой половине дня, а во второй половине пасмурно.

Максимальные суточные колебания температуры наблюдались на поверхности почвы. При увеличении глубины происходило затухание, и уже на 50-сантиметровой глубине изменение температуры практически не наблюдалось [2].

Эти данные показывают, что максимум температур отмечался на нижней трети склона юго-западной экспозиции, где отсутствует лесной покров, за исключением отдельных обгоревших и отмерших деревьев. Слабее прогревалась почвенная толща в межгрядном понижении. Наименьшая сум-

ма суточных температур имела место под лесным покровом, защищающим поверхность почвы от прямых солнечных лучей. В середине июня 2008 г. максимум почвенной температуры отмечался на нижней трети склона юго-западной экспозиции под горелым лесом в 16 ч ($+35,6^{\circ}\text{C}$), на вершине увала под лесом – $+24,7^{\circ}\text{C}$. Наименьшая температура поверхности в это время была в межгрядном понижении на гари. На глубине 20 см характер распределения температуры оказался аналогичным. Наиболее резкое падение почвенных температур в ночные часы отмечалось на вершине увала, где к 4 ч почва остыла до $+13^{\circ}\text{C}$, тогда как в межгрядном понижении на гари и на нижней трети склона юго-западной экспозиции – лишь до $+14$ и $+13,2^{\circ}\text{C}$ соответственно. Утром в 10 ч эти участки стали прогреваться быстрее, чем вершина увала. Динамика температуры на глубинах 50 и 100 см выражены значительно слабее. Так, на 100-сантиметровой глубине в межгрядном понижении на гари и на нижней трети склона юго-западной экспозиции, а также на вершине увала в течение суток она изменялась в пределах от $+9,9$ до $+11,6^{\circ}\text{C}$ ($1,5^{\circ}\text{C}$).

В период с 10 по 11 июля 2008 г. наблюдения показали, что в целом характер распределения суточных температур остался неизменным. В то же время температура почвы под лесом на склоне северо-восточной экспозиции оказалась минимальной. Погода 10 июля 2008 г. была облачная с прояснениями, ветер слабый, 11 июля 2008 г. – пасмурная, ветер слабый. В 19 ч верхний слой почвы на нижней трети склона юго-западной экспозиции, на гари и в межгрядном понижении нагрелся до $+21,7$ и $+22,1^{\circ}\text{C}$ соответственно, а на вершине увала – $+19,6^{\circ}\text{C}$. Менее всего поверхность почвы прогрелась на склоне северо-восточной экспозиции под пологом леса и составила $+18,9^{\circ}\text{C}$. К 22 ч температура почвенной толще снизилась. Ночная температура на вершине увала (на контроле) оказалась значительно выше. Это объясняется тем, что лес препятствует выходу тепла из почвы в атмосферу. Тем не менее северо-восточный склон (контроль) остыл значительно.

Аналогичные измерения температуры почвы проведены в августе 2008 г. Оказалось, что на вершине увала к 13 ч температура поверхности почвы достигла максимального значения $+28,2^{\circ}\text{C}$. На нижней трети склона юго-западной экспозиции и в межгрядном понижении под горелым лесом достигает следующих значений – от $+21,2$ до $+22,3^{\circ}\text{C}$. Наименьшая температура по-

верхности в это время была на склоне северо-восточной экспозиции $17,4^{\circ}\text{C}$.

Наиболее резкое падение почвенных температур в ночные часы отмечалось на склоне северо-восточной экспозиции, где к 7 ч почва остыла до $+14^{\circ}\text{C}$. Динамика температуры на глубинах 50 и 100 см выражена значительно слабее. Погода 8-9 августа 2008 г. была ясной, безветренной, лишь во второй половине 9 августа 2008 г. отмечалась переменная облачность. Следует отметить, что в июле сумма суточных температур была наибольшей по сравнению с июнем и августом. Тем не менее в августе температурная обстановка на различных вариантах выровнялась. Это связано с тем, что солнечные лучи слабо прогревали почву на северо-восточном склоне под сосновым лесом.

Погода 6 сентября 2008 г. была безветренной с переменной облачностью. Измерения температуры в 13 ч показали, что максимум температуры был в межгрядном понижении на гари на поверхности почвы и составил $+25,2^{\circ}\text{C}$. Наименьшая температура поверхности в это время была зафиксирована на склоне северо-восточной экспозиции под пологом леса – $+16,8^{\circ}\text{C}$. Сильнее прогрелось межгрядное понижение, значительно слабее склон северо-восточной экспозиции под лесным покровом.

С падением температуры воздуха к 21 ч 20 сентября 2008 г. температура поверхности почвы в межгрядном понижении, на вершине увала, склоне северо-восточной экспозиции снизилась, достигнув одинаковых значений от $+6,4$ до $+7,9^{\circ}\text{C}$.

Из наблюдений за температурой почвы мы видим, что 4 ноября 2008 г. в 16 ч температура колебалась на всей метровой толще на всех участках мезорельефа в пределах от $+4,9$ до $+6,1^{\circ}\text{C}$.

К концу ноября 2008 г. с понижением температуры атмосферного воздуха -4°C температура поверхности почвы стала уменьшаться. Наиболее резко она упала в межгрядном понижении и на нижней трети склона юго-западной экспозиции на гари до $-0,8^{\circ}\text{C}$ соответственно. На участках, защищенных лесом, верхний слой почвы охладился лишь до $-0,3^{\circ}\text{C}$.

Наблюдения за температурой почвенной толще были продолжены в 2009 и в 2010 гг.

Результаты температурных наблюдений в мае 2009 г. показывают, что на всех участках мезорельефа идет постепенное увеличение температуры в метровой почвенной толще. Температура почвы в межгрядном понижении и на нижней трети склона юго-западной экспозиции на гари выше, чем на вершине увала и северо-восточном склоне

под пологом леса. Возможно, здесь проход света затрудняют деревья.

В начале июня 2009 г. наиболее высокая температура поверхности почвы наблюдалась как на гари, так и под не тронутым пожаром лесе в 15 часов. При этом максимальные значения температуры наблюдались на территории, лишенной древесной растительности. Так, на гари в межгридном понижении и на нижней трети склона юго-западной экспозиции температура поверхности почвы в 15 ч составила $+26,3$ и $+25,7^{\circ}\text{C}$ соответственно, а на вершине увала и склоне северо-восточной экспозиции (не горелый лес) – $+23,4$ и $+19,3^{\circ}\text{C}$. В нижележащих горизонтах распределение температуры имело ту же закономерность: под не тронутым пожаром лесе почвенный профиль имел меньшую температуру по сравнению с участком леса, лишенного древесной растительности.

14-15 июня были проведены суточные наблюдения за температурой почвы. Оказалось, что сумма температур была максимальна на участках под сосновым лесом. Слабее прогрелась почва на гари как в 20-сантиметровом слое, так и в метровой почвенной толще.

С наступлением ночи температура поверхности и нижних горизонтов почвы стала уменьшаться. Наиболее резко она понизилась в межгридном понижении на гари, где к 7 ч утра верхний слой почвы охладился до $+13,9^{\circ}\text{C}$, а на склоне (лес) – лишь до $+17,1^{\circ}\text{C}$.

В начале июля 2009 г. для более подробного изучения температуры почвы на различных участках мезорельефа были добавлены две точки измерений (межгридное понижение и под пологом леса).

Погода 15 июля 2009 г.: ветер слабый, переменная облачность. Освещенность в 13 ч: межгридное понижение (гарь) – 85×10^3 лк, нижняя треть склона юго-западной экспозиции (гарь) – 75×10^3 лк, вершина увала (лес) – 13×10^3 лк, склон северо-восточной экспозиции (лес) – 13×10^3 лк, межгридное понижение (лес) – 35×10^3 лк, нижняя треть склона юго-западной экспозиции (лес) – 16×10^3 лк.

В этот период в 13 ч дня верхний слой почвы на северо-восточном склоне под естественным древостоем нагрелся до температуры $+26,4^{\circ}\text{C}$, а минимум температуры верхнего слоя почвы был зафиксирован в межгридном понижении и составил $+20,1^{\circ}\text{C}$. В 16 ч дня характер распределения температур по всему метровому слою почвы на различных вариантах не изменился. В ночные часы (к 4 ч утра) температура поверхности почвы на гари опустилась до

$+14,7^{\circ}\text{C}$, а под пологом леса температура почвы на поверхности – $+15-20^{\circ}\text{C}$ в зависимости от экспозиции.

1 августа 2009 г. в 15 ч были проведены промежуточные наблюдения за температурой. Естественно, что под пологом леса температура поверхности почвы и всего почвенного профиля была ниже, чем на гари. На 20-сантиметровой глубине температура не превышала $+16,2-16,4^{\circ}\text{C}$, кроме варианта (нижняя треть склона юго-западной экспозиции под пологом леса), где температура составила $+18,2^{\circ}\text{C}$.

Сентябрьские температуры почвы в 15 ч дня под естественным древостоем оказались ниже, чем на открытых участках. Освещенность: межгридное понижение (гарь) – 43×10^3 лк, нижняя треть склона юго-западной экспозиции (гарь) – 56×10^3 лк, вершина (лес) – 15×10^3 лк, склон северо-восточной экспозиции (лес) – 20×10^3 лк, нижняя треть склона юго-западной экспозиции (лес) – 16×10^3 лк, межгридное понижение (лес) – 10×10^3 лк. Погода: ветер слабый, пасмурно. Во второй половине сентября отмечалось снижение температуры по всему почвенному профилю как на гари, так и на нетронутой пожаром территории.

В октябре 2009 г. средняя месячная температура воздуха опустилась до $4,8^{\circ}\text{C}$. В связи с этим снижалась температура почвенной толщи. На гари и на северо-восточном склоне под пологом леса температура верхнего слоя почвы опустилась ниже нуля.

Наблюдения за температурой почвенной толщи были продолжены в 2010 г. Зима 2009-2010 г. была холодной.

Максимальное понижение температуры поверхности почвы 1 января 2010 г. отмечалось на вершине увала под сосновым лесом $-10,9^{\circ}\text{C}$. В главе II показано, что январь и февраль 2010 г. были холоднее среднемесячной нормы, что отразилось на температурах почвы.

Наблюдения за температурой почвы весной 2010 г. показывают, что на всех участках мезорельефа идет постепенное прогревание почвы. В марте 2010 г. максимум температуры почвы отмечался на вершине увала, покрытого лесом ($-4,8^{\circ}\text{C}$).

3 мая 2010 г. температура воздуха достигла $+19,1^{\circ}\text{C}$. Распределение температур в почве позволило сделать вывод, что максимум температуры поверхности почвы отмечался на нижней трети склона юго-западной экспозиции, составив $+9,5^{\circ}\text{C}$. В межгридном понижении, на гари $+8,3^{\circ}\text{C}$. Наименьшая температура поверхности была в межгридном понижении под пологом леса $+3,8^{\circ}\text{C}$.

Таблица 1

Сумма температур в метровом слое дерново-подзолистой почвы на гари, 2010 г.

Дата	Межгрядное понижение	Нижняя треть склона юго-западной экспозиции
03.05	36,8	36,8
02.06	118,2	117,4
03.07	159,8	145,4
02.08	136,3	122,9

Таблица 2

Сумма температур в метровом слое дерново-подзолистой почвы под лесным покровом (контроль), 2010 г.

Дата	Вершина увала	Склон северо-восточной экспозиции	Межгрядное понижение	Нижняя треть склона юго-западной экспозиции
03.05	34,1	8,5	3,4	17,9
02.06	117,9	116,8	115,7	115,8
03.07	125,4	120,7	120,1	118,7
02.08	134,7	132,9	118,5	120,4

Средняя температура воздуха 2 июня 2010 г. составила 14,4°C. Наблюдения за температурой почвы показали, что в целом характер распределения температур в почвенной толще остается неизменным. Меньше всего поверхность почвы прогрелась в межгрядном понижении под пологом леса (+19,9°C).

Одним из важных показателей, который наиболее полно характеризует температурный режим в почвенном профиле, может быть сумма температур на различной глубине почвенной толщи [3].

В 2010 г. в течение вегетации температура почвенного профиля постепенно нарастала и достигла максимального значения 2 июля 2010 г. В целом почвенный профиль характеризовался высокими температурами вплоть до августа. Суммарные температуры почвы на разных глубинах в значительной степени связаны с погодными условиями по изучаемым периодам.

Заключение

Большое влияние на жизнь леса оказывают осадки холодного периода.

Прежде всего, отметим, что снег в своей толще и под ним создает особый микроклимат. Он – плохой проводник тепла, что затрудняет теплообмен между почвой и воздухом. Разница температур на поверхности снега и под ним при высоте 15-20 см в холодные периоды зимы достигает 15-20°C (Васильченко, 1975, 1978; Хабаров, 1979, 2000). Кроме того, осадки холодного периода в Западной Сибири – источник ус-

тойчивого поступления влаги, на их долю приходится более 30% общего количества осадков [4]. Также снег защищает подрост сосны от вымерзания.

Почва в лесу промерзает незначительно или совсем не промерзает в отличие от гари, где толщина снежного покрова ниже. В связи с этим весной впитывание талой воды идет интенсивнее, что положительно отражается на всех процессах жизнедеятельности леса и обеспечивает инфильтрацию талой воды во внутренние слои почвы.

Проведенный анализ показал, что наиболее существенные различия в температуре имеют место на поверхности и в верхних слоях почвы.

Прогревание более глубоких слоев почвы запаздывает на всех элементах рельефа, его показатели гораздо ниже, чем на поверхности.

Библиографический список

1. Макарычев С.В., Мазиров М.А. Теплофизика почв: методы и свойства. – Суздаль, 1996. – 231 с.
2. Макарычев С.В., Величкина С.В. Формирование режима тепла и влаги в черноземах Приобья при разных способах обработки // Вестник АГАУ. – 2003. – № 4(12). – С. 16-21.
3. Васильченко Г.В. Снежный покров и сад. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 120 с.
4. Хабаров С.Н. Влагосберегающие приемы в садах Западной Сибири // Садоводство. – 2000. – № 1-2. – С. 58-64.

