

РЕЖИМ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ В ПРОФИЛЕ ЧЕРНОЗЕМА  
ПОД НАСАЖДЕНИЯМИ СИРЕНИ МАЙЕРАTEMPERATURE AND MOISTURE REGIMES IN CHERNOZEM PROFILE  
UNDER MEYER LILAC PLANTATIONS

**Ключевые слова:** чернозем выщелоченный, сирень, температура, влажность, продуктивные влагозапасы (ПЗВ), гидротермический режим.

Температурный режим почвы обусловлен прежде всего солнечной инсоляцией и теплообменом в системе «почва-атмосфера», следуя за температурным состоянием приземного слоя воздуха. С целью изучения гидротермического режима чернозема выщелоченного, занятого сиренью Майера, нами были проведены натурные наблюдения за ее температурой в теплое время 2018-2019 гг. до метровой глубины через каждые 10 см в условиях дендрария НИИ садоводства Сибири. Прогревание почвенного профиля в 2019 г. под насаждениями декоративной сирени началось во 2-й декаде мая. Тем не менее уже на 20-сантиметровой глубине отмечалась нулевая температура, а ниже она оставалась отрицательной. При этом зимнее охлаждение профиля чернозема сохранялось вплоть до третьей декады июня. Окончательно почва прогрелась только в начале июля. Вследствие малого количества снега, накопленного зимой, влажность почвы после его таяния была удовлетворительной только в гумусовом горизонте. Ситуация изменилась в середине июня, когда ПЗВ под действием атмосферных осадков достигли 263 мм. К середине августа было отмечено иссушение почвенного профиля, и ПЗВ стали «неудовлетворительными». В дальнейшем прошедшие дожди привели к увеличению почвенного увлажнения. В 2018 г. температура воздуха оказалась гораздо выше, чем в 2019 г. В течение июля и августа сумма температур почвенного профиля колебалась в пределах 200°C. При этом продуктивные запасы влаги были ниже, чем в 2019 г. В начале июня 2019 г. суточные колебания температуры отмечались до глубины 20 см, а сумма температур в гумусовом горизонте была максимальной в 19:00 ч, а минимальной – утром. В августе колебания суточной температуры в черноземе исчезли на глубине 40 см,

поэтому в нижележащих горизонтах температурное поле приобрело стационарное состояние.

**Keywords:** leached chernozem, Meyer lilac (*Syringa meyeri*), temperature, moisture content, available moisture storage, hydrothermal regime.

Soil temperature regime is determined, first of all, by solar radiation and heat exchange in the “soil-atmosphere” system following the temperature state of the surface air layer. In order to study the hydrothermal regime of leached chernozem under Meyer lilac, field observations of soil temperature on the warm seasons of 2018 and 2019 to one meter depth every 10 cm were carried out in the arboretum of the Research Institute of Gardening in Siberia. Warming up of the soil profile in 2019 under ornamental lilac plantations began during the second ten-days of May. However, already at a depth of 20 cm, zero temperature was observed, and below it remained negative. Winter cooling of the chernozem profile persisted until the third ten-days of June. The soil finally warmed up only in early July. Due to small amount of snow accumulated in winter, soil moisture after melting was satisfactory only in the humus horizon. The situation changed in mid-June, when the available moisture storage under the influence of precipitation reached 263 mm. By mid-August, drying of the soil profile was observed, and the available moisture storage became “unsatisfactory”. Subsequently, the rains led to increase of soil moisture. In 2018, the air temperature was much higher than in 2019. During July and August, the accumulated temperature of soil profile fluctuated within 200°C. The available moisture storage was lower than in 2019. At the beginning of June 2019, daily temperature fluctuations were observed down to a depth of 20 cm, and the accumulated temperature in the humus horizon was maximum at 7 p.m. and minimum in the morning. In August, fluctuations in daily temperature in the chernozem disappeared at a depth of 40 cm, so in the underlying horizons the temperature field acquired a stationary state.

**Гефке Ирина Валентиновна**, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: ivgefke@mail.ru.

**Макарычев Сергей Владимирович**, д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: Makarychev1949@mail.ru.

**Пивоварова Елена Григорьевна**, д.с.-х.н., доцент, профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: pilegri@mail.ru.

**Gefke Irina Valentinovna**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: ivgefke@mail.ru.

**Makarychev Sergey Vladimirovich**, Dr. Bio. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: Makarychev1949@mail.ru.

**Pivovarova Elena Grigorevna**, Dr. Agr. Sci., Assoc. Prof., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: pilegri@mail.ru.

### Введение

При возделывании сельскохозяйственных культур, в том числе и декоративных, определяющую роль играют влажность почвы и температура ее генетических горизонтов, а также процессов газообмена в области корневой системы растений [3]. Режим почвенной температуры включает в себя совокупность солнечного тепла, поступающего в почву, а также процессов его распространения и рассеивания в годичном, сезонном или суточном цикле. В конечном счете, формирование температурного поля в генетических горизонтах почвенного покрова зависит от погодных условий, растительности, теплофизических характеристик почвы и антропогенеза [1, 2]. Наибольший интерес для исследований представляет корнеобитаемый слой почвы, в котором имеют место кардинальные изменения гидротермического режима, особенно в зимнее время. Летом также возникают негативные климатические явления и, прежде всего, отсутствие дождей, что приводит к засухе, следовательно, поражению корней декоративных культур. Для предотвращения подобных эксцессов необходимо использование оросительных мелиораций, обеспечивающих необходимый для растений запас влаги.

**Целью** исследования явилось исследование особенностей формирования температурно-влажностных полей в метровой толще чернозема выщелоченного под растительным покровом, представленным сиренью Майера [4]. Были решены следующие **задачи**: 1) проведены натурные наблюдения за динамикой влажности почвы; 2) установлен режим температуры в почве в течение вегетационных периодов 2018-2019 гг. на территории дендрария Института садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко.

### Объекты и методы

Объект исследования – сирень Майера и чернозем выщелоченный суглинистый. Сирень Мейера – карликовый сорт сирени, высотой до 1,5 м. Выдерживает морозы до  $-40^{\circ}\text{C}$ , засухоустойчива, не требовательна к влаге, не переносит затопления. Измерения температуры и влажности проводили через каждые 10 см до метровой глубины. Влажность определяли взвешиванием отобранных образцов почвы [5],

а температуру – с помощью электронных датчиков, также дублировали расчетами по известной температуре воздуха [6-8].

### Результаты исследований

Почвенный профиль чернозема представлен средним суглинком за исключением иллювиального горизонта, имеющего тяжелосуглинистый гранулометрический состав. Плотность сложения почвы соответствует пределу от 1100 до 1300  $\text{кг}/\text{м}^3$ . Влажность завядания (ВЗ) не превышает 11%, а наименьшая влагоемкость (НВ) – 22% от массы сухой почвы.

В таблице 1 представлены особенности формирования температурного поля в толще чернозема в течение вегетационного периода 2019 г., откуда следует, что повышение температуры в почвенной толще проявилось в десятых числах мая, когда она достигла  $5^{\circ}\text{C}$  в поверхностном слое. Но ниже 20 см наблюдалась отрицательная температура, а ее сумма составила  $20^{\circ}\text{C}$ . В начале июня эта сумма достигла  $17^{\circ}\text{C}$ , хотя более глубокие слои почвы оставались в области промерзания, которое сохранилось практически до конца июня. Тем не менее в первой декаде июля сумма температур метрового слоя почвы оказалась равной  $74^{\circ}\text{C}$ , и только в августе температура стала понижаться.

Таблица 2 содержит данные о содержании влаги в почвенном профиле в течение вегетации.

Весной влажность почвы оказалась незначительной, поскольку количество снежной массы, накопленной за зиму, было минимальным, а его высота не превышала 30 см. Исключение составил только верхний пахотный слой. В нем ПЗВ составили 73 мм, тогда как в метровой толще чернозема характеризовались «удовлетворительным» уровнем. Только ближе к середине июня эти запасы в результате прошедших дождей увеличились до 263 мм, а уровень по А.Ф. Вадюниной стал «очень хорошим» [5]. После прекращения осадков величина увлажнения в 40-сантиметровом слое чернозема снизилась до 35 мм, а в целом по профилю – до 126 мм. В августе имела место дальнейшая потеря почвенной влаги, и ПЗВ перешли на уровень «неудовлетворительных».

Таблица 1

**Распределение температурного поля чернозема**

Горизонт	Срок	Май		Июнь		Июль		Август	
		14	27	12	27	15	30	12	29
	Тв	5	9	6	8	12	22	26	14
	h, см	Температура почвенного профиля							
А	0,5	+4	+5	+5	+8	+12	+18	+24	+18
	10	+1	+4	+5	+8	+12	+17	+22	+17
	20	0	+3	+4	+7	+10	+15	+21	+16
	30	-1	+1	+3	+6	+8	+13	+20	+16
	40	-2	0	0	+3	+8	+10	+19	+15
Σ	0-40	+2	+13	+17	+32	+50	+63	+106	+82
АВ	50	-2	-2	0	+2	+7	+10	+16	+15
	60	-2	-2	-1	+1	+5	+9	+15	+15
Σ	50-60	-4	-4	-1	+3	+12	+19	+31	+30
В	70	-4	-2	-2	0	+4	+8	+15	+14
	80	-4	-4	-2	-1	+3	+6	+14	+14
	90	-5	-5	-3	-3	+3	+5	+13	+13
	100	-5	-5	-4	-4	+2	+5	+13	+12
Σ	70-100	-18	-16	-11	-8	+12	+24	+55	+53
Σоб	0-100	-20	-7	+5	+17	+74	+106	+192	+165

Таблица 2

**Распределение и продуктивные запасы влаги в метровом слое чернозема**

Горизонт	Срок	Май		Июнь		Июль		Август	
		14	27	12	27	15	30	12	29
	h, см	Влажность почвенного профиля							
А	0,5	23,7	29,1	36,2	14,4	11,1	26,3	10,4	36,0
	10	29,6	16,7	42,8	16,8	18,5	26,2	17,4	40,7
	20	21,5	23,5	34,7	14,5	11,5	27,7	17,6	43,2
	30	25,9	26,1	50,8	29,1	27,7	23,5	12,3	38,1
	40	23,9	31,4	36,5	24,2	16,3	21,3	9,0	33,8
	Σпзв	73,0	73,9	145,9	47,0	34,6	72,0	15,4	136,3
АВ	50	16,8	32,3	38,8	27,7	25,9	15,5	17,5	40,8
	60	17,2	29,9	38,3	20,1	22,6	17,6	8,4	20,2
	Σпзв	15,4	46,2	63,8	30,8	31,9	15,4	6,6	46,2
В	70	14,8	33,8	35,9	28,8	20,9	17,3	9,9	19,9
	80	13,2	48,8	39,2	25,7	30,6	23,1	10,2	15,8
	90	10,0	48,9	36,3	31,5	25,9	16,4	11,8	20,0
	100	15,8	55,3	26,6	29,6	23,4	23,2	11,7	24,1
	Σпзв	13,7	143,3	94,6	75,1	59,5	38,0	2,0	39,0
0-100	Σоб	102,1	263,4	304,3	152,9	126,0	125,4	27,3	221,5

Примечание. При 0,75НВ ПЗВ в горизонте составили А 72 мм; в АВ – 49,5 мм; в В – 58,5 мм.

В 2018 г. гидротермический режим в черноземе под сиренью имел свои особенности (табл. 3).

Температура атмосферы в 2018 г. была значительно выше, чем в 2019 г. Поэтому в июле-августе сумма температур всего почвенного профиля изменялась в пределах 200<sup>0</sup>С, а 19 июля достигла 221<sup>0</sup>С. При этом повышение почвенной температуры было более динамично,

в результате чего сумма температур уже в июне стала равна 104<sup>0</sup>С, но продуктивные запасы влаги в то же время оказались меньше. В результате гидротермический режим прежде всего зависел от погодных особенностей вегетации.

Кроме сезонных наблюдений нами также были измерены температуры чернозема в суточном цикле в июне и августе 2019 г. (табл. 4, 5).

Результаты измерений температуры, представленные в таблице 4, позволяют утверждать, что ее суточные колебания имели место до глубины 20 см. Глубже температурное поле было стационарным, причем на поверхности температура составила 3<sup>0</sup>С, а на 19 см – 2<sup>0</sup>С. В целом в гумусовом слое чернозема сумма температур оказалась максимальной в 19:00 ч, а минимальной – в 7:00 ч. В горизонте АВ она равнялась

+1<sup>0</sup>С, а в иллювиальном – 5<sup>0</sup>С. Во всем почвенном профиле эта сумма изменялась от +13 до +19<sup>0</sup>С. За 24 ч в июне в метровом слое чернозема сумма температур достигала 104<sup>0</sup>С.

Температурное поле 30 августа 2019 г. в профиле чернозема имело иной вид по сравнению с началом вегетации. День был солнечным (табл. 5), но температура воздуха не превышала 20<sup>0</sup>С днем, а в 7:00 ч – 7<sup>0</sup>С.

Таблица 3

**Температура атмосферы (Т<sub>о</sub>), суммарная температура 100-сантиметрового слоя (Σ Т), продуктивные влагозапасы в профиле чернозема. 2018 г.**

Срок	Май		Июнь	Июль		Август			Сентябрь
	02	15	09	01	19	01	17	29	15
Т <sub>о</sub>	15	7	35	27	28	27	25	14	4
Сирень									
Σ Т	-34	-39	104	196	221	183	206	97	80
ПВЗ	89,1	166,0	43,6	114,0	34,5	38,3	38,2	22,7	13,9

Таблица 4

**Суточное распределение температуры в профиле чернозема под насаждениями сирени Майера 02.06.19 г.**

Время суток		10:00	13:00	16:00	19:00	1:00	7:00	10:00	
Т <sub>в</sub>		+7	+12	+18	+16	+8	+6	+7	
Горизонт	h, см	Температура почвенного профиля							
А	0,5	+5	+5	+7	+8	+6	+5	+5	
	10	+4	+4	+5	+6	+5	+5	+4	
	20	+4	+4	+4	+5	+5	+4	+4	
	30	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	
	40	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	
Σ	0-40	+17	+17	+20	+23	+20	+18	+17	
Σ общая		0-100	+13	+13	+16	+19	+15	+14	+13

Примечание. Погода в течение суток была пасмурной, так как суточная сумма температур в метровом слое почвы составила только +103<sup>0</sup>С.

Таблица 5

**Суточное распределение температуры в профиле чернозема под насаждениями сирени Майера 30.08.19 г.**

Время		10:00	13:00	16:00	19:00	1:00	7:00	10:00	
Т <sub>в</sub>		+7	+12	+20	+16	+8	+6	+7	
Горизонт	h, см	Сумма температур почвенного профиля							
А; Σ	0-40	+86	+88	+91	+89	+86	+86	+87	
АВ; Σ	50-60	+31	+31	+31	+31	+31	+30	+31	
В; Σ	70-100	+53	+53	+53	+53	+53	+53	+53	
Σ общая		0-100	+170	+172	+175	+173	+170	+169	+171

В августе изменения температуры в течение суток в черноземе не наблюдались уже на 40-сантиметровой глубине, поэтому ниже температурное поле оставалось стабильным. Сумма температур в гумусовом горизонте (0-40 см) в течение суток варьировала в пределах от 86<sup>0</sup>С в

10:00 ч до 91<sup>0</sup>С в 16:00 ч. В горизонте АВ оставалась неизменной, как и в иллювиальном горизонте. В метровом слое чернозема она в данный момент времени была близка к 172<sup>0</sup>С, а ее сумма за сутки достигала 1200<sup>0</sup>С.

**Выводы**

1. Прогревание почвенного профиля в 2019 г. под насаждениями декоративной сирени началось во второй декаде мая. На глубине 20 см температура равнялась нулю, а глубже была отрицательной. Окончательно почва прогрелась только в начале июля, а с середины августа началось охлаждение. К середине июня ПЗВ в профиле чернозема достигли 263 мм под действием атмосферных осадков, а в августе имело место иссушение почвы. Осенью осадки увеличили увлажнение почвы.

2. Лето 2018 г. было теплее, чем в 2019 г. В июле-августе суммарная температура метрового слоя чернозема приближалась к 200<sup>0</sup>С, но ПЗВ были меньше, чем в 2019 г.

3. Изменения суточной температуры 2 июня 2019 г. наблюдались только до 20 см. В результате за сутки сумма температур в профиле чернозема составила только 104<sup>0</sup>С. 30 августа колебания температуры фиксировались до глубины 40 см, а глубже температурное поле оказалось стационарным. В метровом слое чернозема сумма температур в данный момент времени была близка к 172<sup>0</sup>С, а за сутки составила 1200<sup>0</sup>С.

**Библиографический список**

1. Шульгин, А. М. Снежная мелиорация и климат почвы / А. М. Шульгин. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. – 72 с. – Текст: непосредственный.

2. Хабаров С. Н. Агроэкосистемы садов юга Западной Сибири / С. Н. Хабаров. – Новосибирск: Наука СО, 1999. – 308 с. – Текст: непосредственный.

3. Макарычев, С. В. Теплофизическое состояние плодовых садов Алтайского Приобья / С. В. Макарычев, И. В. Гэфке, А. В. Шишкин. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – 191 с. – Текст: непосредственный.

4. Абаимов, В. Ф. Дендрология / В. Ф. Абаимов. – Москва: Академия, 2009. – 363 с. – Текст: непосредственный.

5. Шеин, Е. В. Теории и методы физики почв / Е. В. Шеин, Л. О. Карпачевский. – Москва: Гриф и К, 2007. – 616 с. – Текст: непосредственный.

6. Определение профильного распределения температуры почвы на основании температуры

ее поверхности / А. Г. Болотов, Е. В. Шеин, М. А. Мазиров, А. И. Мартынов. – Текст: непосредственный // Земледелие. – 2018. – № 7. – С. 26-29.

7. Макарычев, С. В. Физические свойства, гидротермические режимы почв и методы их исследования: учебное пособие. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2020. – 57 с. – Текст: непосредственный.

8. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почвы / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 416 с. – Текст: непосредственный.

**References**

1. Shulgin A.M. Snezhnaia melioratsiia i klimat pochvy. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1986. – 72 s.

2. Khabarov S.N. Agroekosistemy sadov iuga Zapadnoi Sibiri. – Novosibirsk: Izd-vo Nauka SO, 1999. – 308 s.

3. Makarychev S.V. Teplofizicheskoe sostoianie plodovykh sadov Altaiskogo Priobia / S.V. Makarychev, I.V. Gefke, A.V. Shishkin. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2008. – 191 s.

4. Abaimov V.F. Dendrologiia. – Moskva: Izd-vo «Akademii», 2009. – 363 s.

5. Shein E.V. Teorii i metody fiziki pochv / E.V. Shein, L.O. Karpachevskii. – Moskva: Grif i K, 2007. – 616 s.

6. Bolotov A.G. Opredelenie profilnogo raspredeleniia temperatury pochvy na osnovanii temperatury ee poverkhnosti / A.G. Bolotov, E.V. Shein, M.A. Mazirov, A.I. Martynov // Zemledelie. – 2018. – No. 7. – S. 26-29.

7. Makarychev S.V. Fizicheskie svoistva, gidrotermicheskie rezhimy pochv i metody ikh issledovaniia: uchebnoe posobie. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2020. – 57 s.

8. Vadiunina A.F. Metody issledovaniia fizicheskikh svoistv pochvy / A.F. Vadiunina, Z.A. Korchagina. – Moskva: Agropromizdat, 1986. – 416 s.

